

# Un ambiente de simulación y de realidad virtual para asistir el diseño de redes hidráulicas

Jaime Muñoz Arteaga<sup>1</sup>, Jannet Cruz Pérez<sup>2</sup> y Gustavo Rodríguez Gómez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas de Información de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.  
Av. Universidad # 940, Bosques. Aguascalientes, México. C.P. 20100.

[jmunozar@correo.uaa.mx](mailto:jmunozar@correo.uaa.mx)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tlaxcala, Departamento de Ciencias Básicas Ingeniería y tecnología. Calzada Apizaquito s/n. Apizaco, Tlax., México. C.P. 90300

[jcruzfperrez@hotmail.com](mailto:jcruzfperrez@hotmail.com)

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE). Coordinación de ciencias computacionales. Luis Enrique Erro #1, Sta. Ma. Tonantzintla, Puebla México

[grodrig@inaoep.mx](mailto:grodrig@inaoep.mx)

**Resumen.** El diseño de redes hidráulicas es reconocido como una tarea difícil ya que es necesario plantear propuestas en términos de modelos y requiere un alto nivel de abstracción para optimizar el desempeño del traslado del flujo de un medio a otro. A pesar de que los ambientes de simulación facilitan el trabajo del diseñador en la creación, mantenimiento y ejecución de los modelos de redes hidráulicas, estos ambientes solo pueden ser usados por diseñadores expertos pues dificultan el aprendizaje hacia diseñadores novatos e inclusive llegan a complicar la capacitación. Con el fin de mitigar este problema, el presente trabajo propone integrar las facilidades de la realidad virtual en los ambientes de modelado y simulación. El resultado de dicha integración es el sistema VRASE el cual asiste al usuario en el análisis, la verificación, el aprendizaje y la exploración de los modelos de redes hidráulicas como se observan en el mundo real.

**Palabras clave:** Redes hidráulicas, Modelado, Simulación y Realidad Virtual

**Abstract.** The modeling of hydraulics nets is considered as an important task for the development of simulators training. This work proposes a simulation environment called for design hydraulics nets represented in three dimensions inside a virtual world in order to help the user to analyze, verify and explore the models of hydraulics nets with elements represented as they are in the real world. Using this environment makes easy the user task, saving cost, time and effort.

**Keywords:** Hydraulic nets design, Modeling, Simulation and Virtual reality.

## 1 Introducción

La realidad virtual es usada como una herramienta de análisis y exploración de modelos. Aún si la expresión “realidad virtual” en si mismo es paradójico ya que se compone de dos términos totalmente opuestos “Real” y “Virtual”, es difícil tener una definición exacta, sino mas bien variantes tal como la siguiente: “Disciplina que permite la visualización, manipulación e interacción con ordenadores y datos extremadamente complejos”[1], dentro de esta disciplina existen clasificaciones por lo que es importante aclarar que se usara la realidad virtual de escritorio. Un sistema de simulación de realidad virtual cuenta con tres grandes características a saber, *la simulación, la interacción y la percepción* [2]. La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y simular dicho modelo con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o de evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un criterio o conjunto de ellos, para el funcionamiento del sistema.

El área de la hidráulica es “la rama de la mecánica que tiene por objeto, por medio del análisis y la experimentación unidos, estudiar el movimiento y el equilibrio de los fluidos, y especialmente del agua” [3]. Así el diseño de redes hidráulicas “es la conexión de elementos que permiten el transporte del fluido con cierta velocidad y cierta cantidad según los requerimientos establecidos o acordados”.

El propósito de este trabajo es el diseño y experimentación de redes hidráulicas asistido por un ambiente de simulación de realidad virtual, manipulando los modelos gráficos correspondiente a equipos tales como, bombas, tubos, depósitos, reactores etc, así como fluidos, estos fluidos van desde agua hasta sustancias que ponen en riesgo vidas humanas, experimentando, modificando variables, tantas veces como se desee hasta obtener el resultado esperado.

## 2 Problemática en el Diseño de Redes Hidráulicas

Es necesario tener conocimiento y experiencia para implantar y mantener en operación eficiente una red hidráulica, ya que si algún elemento falla (por ejemplo una tubería), las consecuencias representa una gran pérdida de recursos. Por otro lado una red hidráulica transporta fluidos que pueden ser desde agua hasta sustancias que representan algún riesgo para el bienestar humano, por lo que es necesario estar muy seguro del tipo de material y equipo que deberá transportar los fluidos, la cantidad necesaria, presión, velocidad etc., con el fin de evitar pérdidas materiales así como humanas.

El diseño de redes hidráulicas es reconocido como una tarea difícil ya que es necesario de la intervención de una serie de conocimiento y acciones a realizar por el diseñador. Una gran mayoría de las fallas se debe a la falta de experiencia por parte del diseñador, por lo que conviene facilitar el diseño de modelos para visualizar en cada etapa un panorama en donde puede haber posibles fallas y actuar anticipándose a estas. Enseguida es mostrado el proceso general que involucra el diseño de redes hidráulicas tradicional. (ver Fig. 1)

Ahora bien, ya que todo este desarrollo se mueve en función del tiempo y costos, entre mayor sea el tiempo mayor es la inversión. Una falla en el cálculo de diseño en cualquiera de sus puntos en las etapas, afecta fuertemente el desempeño de la red, además puede generar consecuencias catastróficas según la naturaleza del fenómeno a tratar.

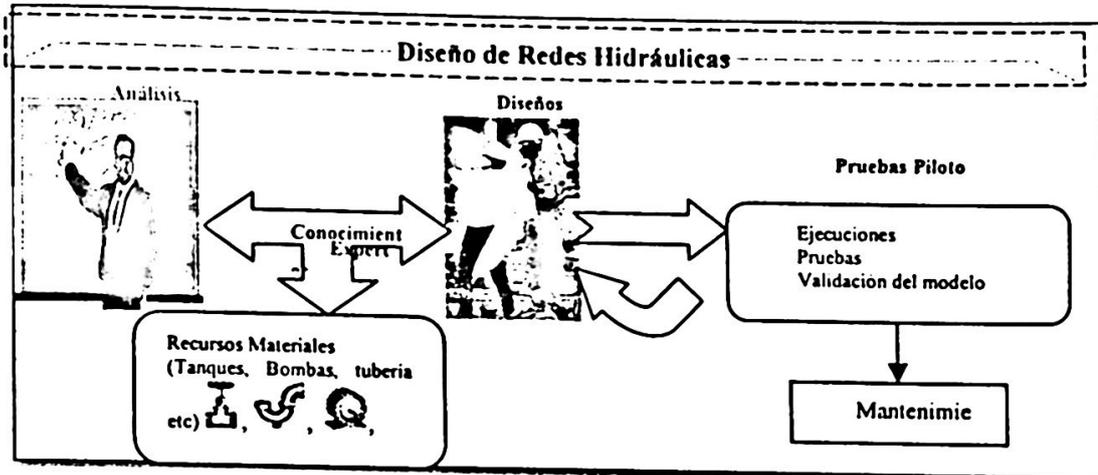


Fig. 1. Proceso tradicional para diseñar redes hidráulicas.

Para el diseño de una red es necesario el conocimiento y experiencia del (los) diseñador (es) experto(s) para lograr resultados satisfactorios, y para expresar el conocimiento se lleva a cabo una serie de procedimientos, o ciclo de vida de la red hidráulica, en la que se inicia con el análisis, diseño, experimentación y mantenimiento, en cada una de estas etapas podríamos encontrar dificultades, puntos vulnerables que se describen en a continuación en la Tabla 1

Tabla 1. Puntos vulnerables en las etapas del diseño de redes hidráulicas

Etapas	Posibles puntos en los que se pueden encontrar problemas
Análisis	-Formulación problema
	-Recolección de datos
	-Análisis de requerimientos (características del medio y equipo a instalar)
	-Estimación de Tiempos
Diseño	-Cálculos Matemáticos
	-Diseño y Elaboración de Planos
Experimentación	-Pruebas de los modelos propuestos
	-Análisis de resultados
Mantenimiento	-Cambio de equipo
	-Calibración de equipo

Durante el diseño pueden encontrarse puntos vulnerables en el *análisis*, como el no tomar en consideración aspectos del fenómeno a analizar, lo cual puede traer como consecuencia datos erróneos que afectan el planteamiento del problema. Al mismo tiempo repercute en el modelo del *diseño* en la definición de ecuaciones matemáticas erróneas y evita dar una solución adecuada para representarlas en planos. Dando

como resultado una *experimentación* que arroja resultados inconsistentes o no deseados. Todo este proceso genera perdidas y consumo de tiempo. Además, el diseño de redes hidráulicas exige el trabajo de un conjunto de expertos por lo que es necesario que estos estén capacitados, organizados y tomen en consideración aspectos como los antes mencionados en cada una de las etapas para un rendimiento eficaz y eficiente de la conexión de las tuberías a instalar.

### 3 El Diseño de Redes Hidráulicas Asistido por Computadora

En este trabajo proponemos encapsular el conocimiento, experiencia y fundamentos del diseñador experto en redes, ocultar la complejidad del modelado matemático, y presentar una solución representada en un ambiente de simulación y de realidad virtual. (Fig. 2).

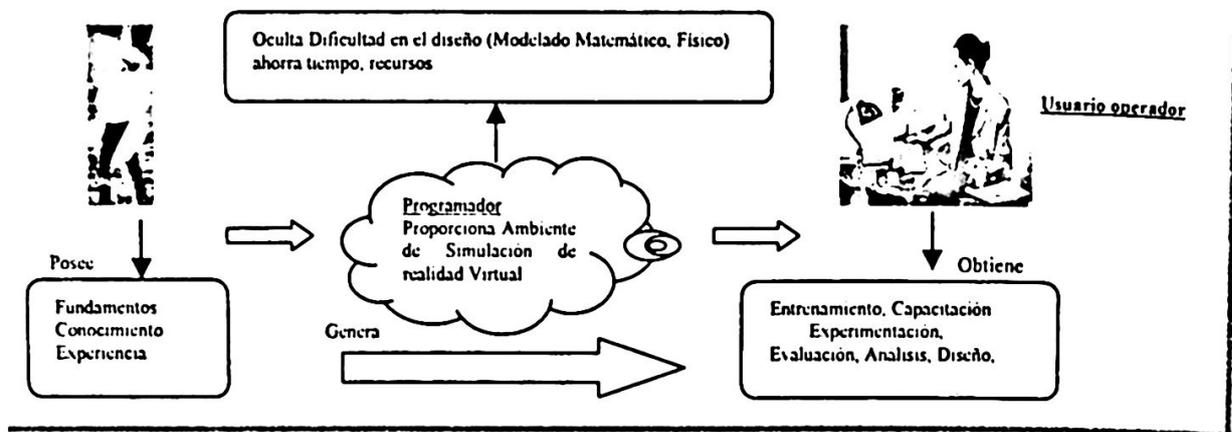


Fig. 2. Diseño de redes hidráulicas asistido por ambientes de simulación y de realidad virtual

Nuestro objetivo es integrar realidad virtual con el fin de ofrecer una herramienta de diseño para redes hidráulicas que facilite la tarea difícil de diseño, ahorrando tiempo, ofreciendo capacitación y experimentación al usuario común o inexperto. Es importante indicar que el objetivo de integrar la realidad virtual a los ambientes de modelado y simulación no es con el fin de atenuar las ventajas que ya se ofrecen al usuario. Las ventajas de un ambiente de simulación y de realidad virtual aquí se pueden clasificar conforme a los criterios establecidos por [2] aspectos de *interactividad, de simulación y de percepción*.

**Tabla 2.** Ventajas de un ambiente de diseño interactivo, simulación y con realidad virtual

Interactividad	Simulación	Percepción
-Agiliza el diseño, análisis	- Experimentación	- Representación real
- Selección de equipo	- Facilidades de análisis	- Vistas de observación
- Conexión de Equipos	- Exploración	- Traslación, rotación
- Facilidad de uso	- Animación	- Sonidos 3D
-Transparencia	- Estimación	- Desplazamiento 3D
	- Inspección	- Inmersión

- *La simulación* representa la actividad del fenómeno físico y llevar acabo experiencias, con el fin de comprender su comportamiento.
- *La interacción* se da mediante la modificación de estado de las variables de equipo a actuar, modificando y experimentando en algún punto o situación del fenómeno
- *La percepción* ofrece un cierto grado de percepción al usuario a través de los sentidos (vista, oído y tacto), y se recibe viendo la simulación del comportamiento del fenómeno y escuchando algún efecto de sonido en la animación y manipulando mediante el ratón modificando el estado del equipo.

La importancia de integrar la realidad virtual a los ambientes de modelado y simulación es el de incrementar las facilidades de diseño de tal manera que resuelvan la problemática planteada en la sección anterior en lo que corresponde al diseño de redes hidráulicas. La realidad virtual en ambiente de simulación beneficia resolviendo los problemas de diseño de redes hidráulicas como es mostrado en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Solución a la problemática por medio de un ambiente de simulación de realidad virtual.

Etapas	Solución propuesta para el usuario en el diseño de redes hidráulicas mediante realidad virtual
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Especificación de estados y variables del equipo a actuar</li> <li>•Selección de equipo a interactuar mediante un menú</li> </ul>
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Oculta la complejidad del modelo matemático</li> <li>•Visualización del diseño 3D (como en los planos)</li> <li>•Colocación de cada elemento dentro del ambiente</li> <li>•Desplazamiento dentro del ambiente</li> <li>•Conexión de equipos que intervienen en la simulación</li> </ul>
Experimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Apoyo al experto</li> <li>•Capacitación del usuario diseñador inexperto</li> <li>•Transparencia en la experimentación</li> <li>•Visualización del fenómeno 3D</li> <li>•Interacción en forma directa con el equipo</li> <li>•Navegación 3D (rotación, traslación, escalas)</li> </ul>

- Sonidos de equipos como si fuera real
- Evaluación de la forma de conexión y especificación de estados
- Análisis de Resultados
- Repetición de Experimento
- Modificación de Experimento
- Validación de hipótesis

Mantenimiento

- Sustitución de componentes (equipo)
  - Evitar riesgos antes de hacer modificación en equipo real
- 

- En la etapa de análisis de acuerdo a las condiciones del problema podemos establecer los parámetros iniciales y configuraciones de cada equipo a intervenir, seleccionándolo según las necesidades, sin que generen recursos perdidos en caso de equivocación (ver tabla 3).
- En el diseño, hacia cualquiera de los dos tipos de usuario, oculta la complejidad de los cálculos, pero no de los resultados, de esta forma el usuario puede saber si es que es lo deseado o esperado, en otro caso vuelve a intentar (ver tabla 3). Además de poder colocar el equipo en una posición (x,y,z), desplazándose de un lado a otro, insertando, retirando o conectando componentes dentro del área de trabajo.
- En la experimentación es la evaluación de lo que se espera un mayor realismo, repetición del proceso, modificación de variables, etc.
- En el mantenimiento para un modelo ya existente pues suele haber cambios, es decir colocar equipo con características diferentes, entonces regresamos a la experimentación, pero la ventaja es que no se arriesgan recursos materiales ni humanos al menos sin estar seguros de que va a funcionar (ver Tabla 3).
- En la capacitación ya que los simuladores de realidad virtual representan y facilitan el manejo de los objetos tal como aparecen en el mundo real así los refleja la computadora, llegando a convertirse una herramienta para entrenamiento y aprendizaje.

#### **4 VRASE Un Ambiente de Simulación de Realidad Virtual**

En esta sección se da a conocer el ambiente de simulación de realidad virtual VRASE (“Virtual Reality and Simulation Environment”), propone una solución para la capacitación y diseño de redes hidráulicas mediante un ambiente que favorecerá el entrenamiento de los futuros expertos en redes hidráulicas.

La ventaja de tener una herramienta para el diseño de redes hidráulicas con espacios de realidad virtual es que nos permite manipulación directa sobre el ambiente virtual, nos permite proponer y obtener actividades y resultados siempre diferentes durante la experimentación. VRASE cumple con tres aspectos fundamentales: simulación, interacción, percepción. Lo que da como resultado una herramienta factible para el diseño de redes hidráulicas y capacitación al usuario.

La arquitectura de VRASE esta orientada a objetos, donde cada elemento es independiente en cuanto su funcionalidad, lo que facilita al usuario la elección y manipulación de los elementos a usar, un tiempo de ejecución mas corto, etc.

En la creación del ambiente virtual se desarrolla en VRML (Lenguaje de modelación de mundos Virtuales), este lenguaje por si solo permite la creación de animaciones estáticas entre el usuario y el ambiente, sin embargo para el diseño de redes hidráulicas se requiere de animaciones dinámicas, donde el usuario necesita equipo a insertar, modificar o borrar, además de la modificación del estado de las variables para ver el comportamiento de la simulación en un lapso de tiempo, y todo esto para la evaluación de los resultados. JAVA permite dar el funcionamiento dinámico del sistema y para poder otorgar estas características al ambiente de simulación es necesario hacer uso de EIA (External Autoring Interface), esto significa tener los módulos dinámicos fuera del VRML, comunicándose con scripts mediante eventos de entrada y salida.

De esta manera puede realizarse la ejecución más rápida además de aligerar el tamaño de los archivos. El acceso a VRASE es mediante una conexión al servido por Internet, lo que permite al usuario accesarlo desde cualquier lugar, con la única condición de disponer de algún visualizador para archivos \*.wrl como CosmoPlayer, que se encuentra en Internet disponible. En la figura 3 representa la comunicación entre VRML y Java mediante EIA.

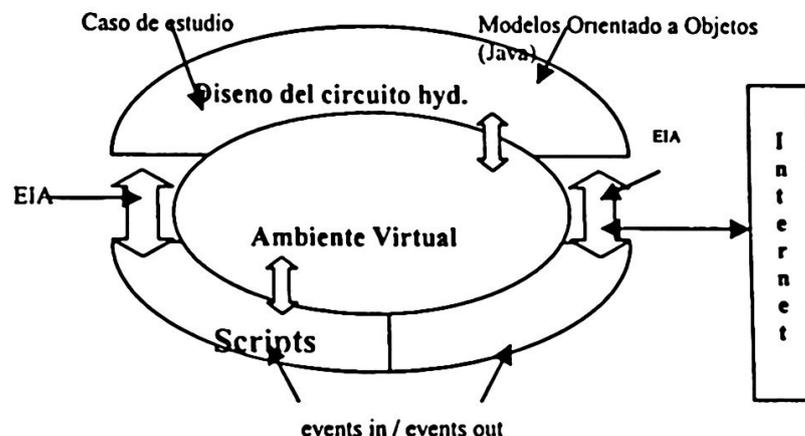


Fig.3 Comunicación de JAVA, VRML, y EIA para simulación dinámica.

El modelo arquitectónico del sistema esta basado en el conocimiento del experto y pretende cubrir las necesidades que surgen en el usuario inexperto con el fin de dar una solución de un fenómeno. El programador es el mediador entre el conocimiento y la experimentación del usuario dentro del ambiente virtual. En la (Fig 4) se establece la arquitectura del sistema compuesta por tres grandes módulos: Los modelos y el controlador de la interacción y la Interfaz de Usuario”, puntualizaremos cada parte del sistema según el modelo conceptual arquitectónico.

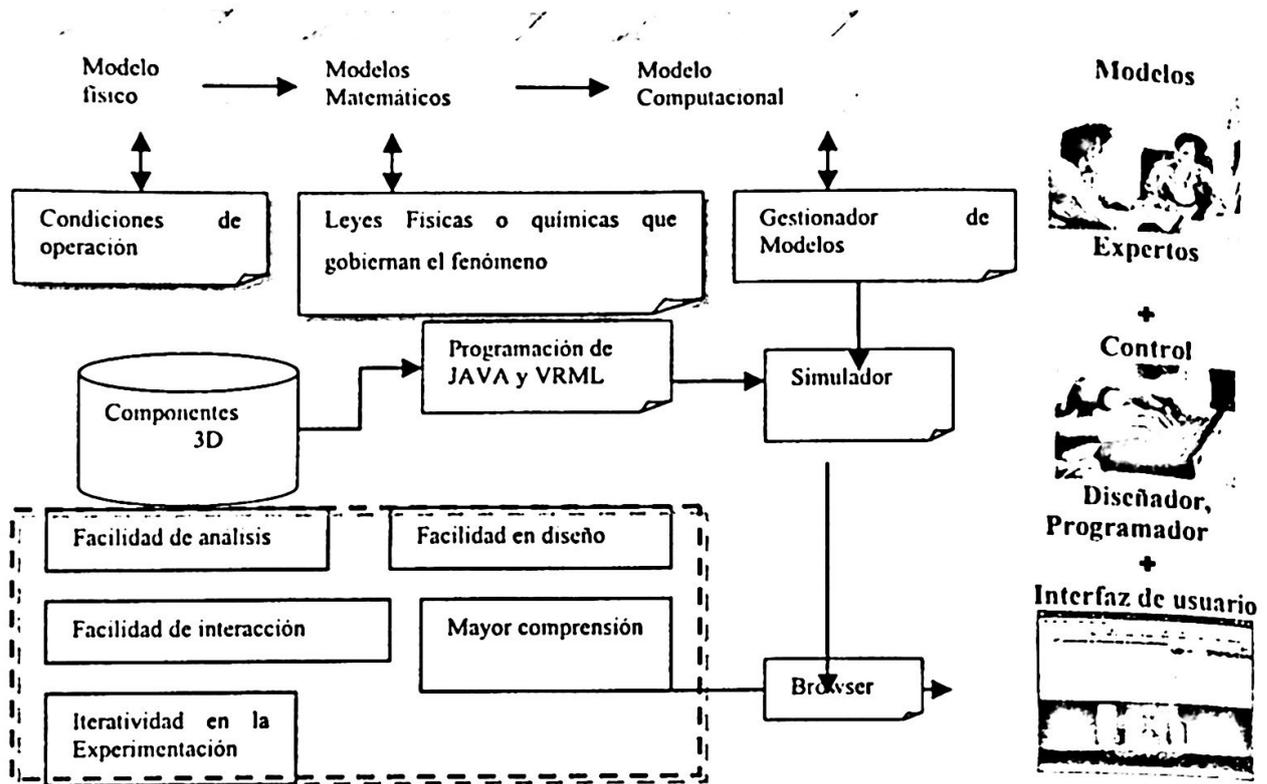


Fig. 4. Modelo arquitectónico del ambiente de realidad virtual y simulación.

Los Modelos están basados en los conocimientos del experto, básicamente interviene el modelado Físico y Matemático es donde se definen las leyes físicas que gobiernan el fenómeno así como los estados de cada componente dentro de la red (paro, inicio, cambio).

**Controlador de la interacción** es dado por el trabajo del programador, en este punto entra la simulación mediante el modelo computacional, esto significa la codificación del modelo matemático y un método de solución para resolverlo mediante el uso de la computadora. Esto requiere la declaración de variables, definición de funciones, cláusulas condicionales, restricciones que permitirán al usuario interactuar con el ambiente.

**Interfaz de usuario** Permite al usuario tener un mejor análisis, de lo que ve, una mayor interacción o comunicación con el sistema, interactuando y experimentado cuantas veces lo desee obteniendo resultados de la experimentación, además de la facilidad de diseño y conectar los equipos a actuar, observando el resultado del diseño.

Por la otra parte, favorece al usuario diseñador con modelos mas reales, con la capacidad de colocarlos en alguna posición de tres dimensiones (x, y, z) y distribuirlos según su criterio de modelado a fin de obtener resultados esperados o aun los inesperados. Disponiendo de un conjunto de equipo para redes hidráulicas de los que puede colocar 1,..., n según los necesite, para la experimentación, modificando el estado de equipo, posición, etc. Aprendiendo y capacitando al usuario.

## 5 Trabajos Relacionados

El ambiente de modelado y simulación VRASE es puesto en comparación con otros ambientes de simulación en la Tabla 4. Los criterios de comparación son en base a un conjunto de criterios generales para los ambientes de simulación y de realidad virtual. En función del grado de aportación que ofrece un trabajo a un criterio se cuantifica de la manera siguiente con un 3 de buen nivel de aportación, 2 de Regular, 1 de Suficiente y 0 de nula aportación.

**Tabla 4** Comparación de Ambientes para el Diseño de Modelos.

	LabView [4]	TI [5]	AF [6]	MGFP [7]	EVEC [8]	CIPRES [9]	SIMU2 [10]	VRASE
Simulación	3	3	3	3	3	3	3	3
interacción,	3	3	3	3	3	3	3	3
Percepción	1	1	1	1	2	3	3	2
Gráficos 3D,	0	0	0	3	3	3	1	3
Navegación	1	1	1	1	3	3	2	3

Conforme a la tabla LabView[4], TI[5], AF[6], y MGPF[7] asisten efectivamente al diseñador en la tarea de realización de modelos de redes hidráulicas ofreciendo un ambiente de modelado y simulación en solo dos dimensiones sin ofrece las facilidades de realidad virtual que el presente trabajo preconiza. En cambio los ambientes EVEC[8], CIPRES[9], SUMU2[10], efectivamente utilizan escenarios tridimensionales que permiten desarrollar experimentos virtuales interactivos pero no en el dominio de los modelos de redes hidráulica. Ahora bien, el sistema VRASE aquí propuesto toma ventaja sobre los sistemas anteriores ya que toma aspectos de simulación, así como simulación con realidad virtual para asistir eficientemente al diseñador en su tarea con modelos lo mas cercanos a la realidad y apoyándolo en la validación y verificación de dichos modelos con las facilidades de la realidad virtual.

## 6 Conclusiones

El presente documento preconiza la integración de la realidad virtual en los ambientes de modelado y simulación de redes hidráulicas. Una de las principales ventajas a ofrecer es la facilidad de interacción con un modelo de la red hidráulica el cuales es representado y manipulado de forma mas real de manera que el usuario se vea inmerso en un ambiente mas familiar, ofreciendo así un ambiente capaz de satisfacer al diseñador experto como al diseñador iniciado. Además el ambiente de simulación y de realidad virtual VRASE es propuesto como una herramienta que asiste al usuario en el análisis, el mantenimiento, el aprendizaje y la exploración de los modelos de redes hidráulicas. El objetivo a alcanzar con el ambiente VRASE es encapsular el conocimiento, experiencia y fundamentos del diseñador experto en redes, ocultar la complejidad de los modelos, y presentar una solución representada en un ambiente de simulación y de realidad virtual.

## Reconocimientos

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación de ciencias básicas con clave 2002-C01-40022-Y. Los autores agradecen el apoyo económico recibido por parte de CONACYT.

## Referencias

1. Ledesma Ma. Jesús, Introducción a la Realidad Virtual, Ingeniería Neuro sensorial, Departamento de ingeniería Electrónica (2000)
2. Ortega, J.A., Burgos, M. A., Vera G.: La Realidad Virtual y sus Posibilidades Didácticas, Universidad de Granada. Universidad de Malanga (2001)
3. Sotelo, G.: Hidráulica General. (ed.) : Limusa, Vol. 1. Fundamentos, (1996) 111-1134.
4. Nacional Instrument LabView 6i, copyright Nacional Instrument July (2000)
5. Morales, E., Sucar, E.: Tutores Inteligentes, ITESM Campus Morelos, Temixco, Morelos, México, European Conference on Artificial Intelligence, Wokshop. Model based reasoning for intelligent education environments, (1998) 58-83.
6. Applied Flow Technology, AFT Fathom V5.0, USA, website: [www.aft.com](http://www.aft.com), (2002)
- 7 Roldan, E., Tavira, J.: Automatización del modelado de Redes Hidráulicas con aplicación de Simuladores para Entrenamiento, Boletín IIE (1997)
- 8 Torres, G.A., Nuñez, G.: Espacios Virtuales de Experimentación Cooperativa Laboratorio Virtual de Cinemática, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas, Pachuca Hidalgo(2001)
9. A. Felipe, F. Sarti, J. Rodenas.: Entornos de Realidad Virtual a la Protección Radiológica. Departamento de Generación Nuclear. Madrid España Y Universidad Politécnica deValencia Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Valencia(2001)
10. Gómez, B., Salve, R., Burgos, E., Herrero, P., Quiros F., Largo, P.: Simulación Virtual para lanificación de Interven ciones en Entornos. TECNATOM, CIEMAT, UPMCNA (2002) lleve