

## REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACION COMPUTACIONAL APLICADA AL ENTRENAMIENTO DE OPERARIOS

Gustavo Boroni<sup>\*</sup>, Pablo Vagliati<sup>\*</sup>, Marcelo Vénere<sup>\*</sup>, J. Marone<sup>†</sup>, Marcelo Tosini<sup>†</sup>,  
Eduardo Avila<sup>?</sup>, Oscar Grasso<sup>?</sup>, David Lagar<sup>?</sup>, Ricardo Leisamón<sup>?</sup>

<sup>\*</sup> *PLADEMA-Universidad Nacional del Centro, Provincia de Buenos Aires*  
Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina. TE: 54-(02293)-442202  
e-mail: venerem@exa.unicen.edu.ar, web page: <http://www.pladema.com.ar/>

<sup>†</sup> *INTIA-Universidad Nacional del Centro, Provincia de Buenos Aires*  
Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina. TE: 54-(02293)-440362

<sup>?</sup> *SIAG-Armada Argentina*

<sup>?</sup> *Escuela de Submarinos y Buceo, Armada Argentina*

**Palabras clave:** Geometría Computacional, Realidad Virtual, Entrenamiento.

**Resumen.** *Se presentan los trabajos recientemente realizados en la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) en el área de realidad virtual, orientados al desarrollo de entornos sintéticos que permiten el entrenamiento de operarios. En particular se describe la implementación de un simulador de periscopio de submarino, el cual está formado básicamente por un periscopio real al que se le ha incorporado un par de lentes SVGA en reemplazo de las ópticas convencionales. Los distintos movimientos y controles disponibles en el periscopio son convertidos en señales digitales mediante un dispositivo diseñado especialmente y son ingresados a la computadora sobre la que se genera en tiempo real un modelo tridimensional del escenario que debería visualizarse en los lentes. Se muestra la arquitectura del sistema implementado y se describen brevemente las técnicas empleadas para modelar los distintos elementos relevantes de la escena, tales como estados de mar, efectos climáticos como lluvia, nieve o granizo, representación de barcos y aeronaves, costas, cielos con variados estados de nubosidad y visibilidad e incluso condiciones nocturnas.*

## 1 INTRODUCCIÓN

El concepto realidad virtual ha estado en general asociado a experimentos con computadoras de alta performance vinculadas a dispositivos de IO no-convencionales y más recientemente a la industria de los video-juegos. El ambiente científico-tecnológico no ha utilizado demasiado esta herramienta aún, pero el interés está creciendo sensiblemente en los últimos tiempos. Algunas de las aplicaciones que hoy se observan en la literatura son la exploración de datos tridimensionales, tales como estructuras de moléculas, resultados de simulaciones computacionales o análisis de estructuras cristalinas (en <sup>1</sup> puede verse un panorama). Y también por supuesto el tema que nos interesa en este trabajo, los simuladores orientados al entrenamiento, donde el mejor ejemplo son los simuladores de vuelo.

De hecho puede decirse que los simuladores de vuelo fueron los responsables del nacimiento del concepto realidad virtual y sin duda los principales impulsores de los desarrollos en computación gráfica tridimensional. Fue en la década del '70 cuando las Fuerzas Armadas Americanas invirtieron enormes sumas de dinero para implementar un sistema que permitiera entrenar a los pilotos de caza-bombarderos con el mayor realismo posible. Gracias a estos esfuerzos se optimizaron los procedimientos para renderizar escenarios tridimensionales, dando origen a lo que son hoy los lenguajes de graficación 3D como OpenGL.

Hoy OpenGL es completamente implementado en hardware en placas gráficas accesibles a computadoras hogareñas, por lo que sin duda las aplicaciones de realidad virtual verán un crecimiento notable en el futuro cercano. Algunos ejemplos interesantes son las aplicaciones en medicina, que van desde el diagnóstico por imágenes tridimensionales <sup>2</sup>, hasta intervenciones quirúrgicas virtuales <sup>3</sup>, o el caso que nos interesa en este trabajo: el entrenamiento de personal, ya que ahora es posible recrear un ambiente de trabajo con el grado de realismo suficiente. Algunos antecedentes recientes utilizando equipamiento de bajo costo pueden verse en <sup>4,5</sup>.

En este trabajo se describe otra aplicación de este tipo, que corresponde al caso de operación de submarinos, donde se genera en tiempo real un escenario marítimo tal como se vería a través de un periscopio.

## 2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

La operación de un submarino involucra el manejo de unos pocos instrumentos, tales como sonar pasivo, sonar activo, control de profundidad, controles de timón y planos, control de potencia de motores y por supuesto, del periscopio. En la Escuela de Submarinos y Buceo de la Armada existe un simulador de submarino, llamado ADITACSUB, que en su gran mayoría utiliza el mismo equipamiento que se encuentra en un submarino real (ver figura 1).



Fig. 1: Vista del adiestrador ADITACSUB.

Las señales que recibe cada uno de estos equipos son simuladas con computadoras, lográndose un grado de realismo aceptable, con excepción del periscopio. Para este caso, el simulador utilizaba una representación esquemática y bidimensional sobre un monitor, que escasamente cumplía la función y por supuesto no aspiraba a tener algún grado de realismo.

Como reemplazo de este módulo se adaptó un periscopio real de submarino (el mismo también puede ser visto en la figura 1), sustituyendo el visor y las ópticas por un casco de realidad virtual sobre el cual se proyecta un modelo de visualización tridimensional generado en tiempo real. Las operaciones y movimientos ejecutados sobre el periscopio son transformados en señales digitales e ingresados al simulador para realimentar el modelo visual. Estas operaciones son las siguientes:

- Giro de 360°
- Cambio de ópticas (tres niveles de ampliación)
- Control de elevación entre -10° y 60°
- Cambio de filtros (tres filtros para disminuir intensidad de luz recibida)
- Control de iluminación del retículo (permite iluminar el retículo para visión nocturna)
- Desfasaje retículo estadimétrico (desdobra la imagen con el objeto de estimar distancias)

Todas estas señales son colectadas e ingresadas a la computadora por los puertos serie y paralelo. Además, el sistema recibe desde la dirección del ejercicio (otra computadora) la ubicación y velocidad de los blancos (otros barcos y aeronaves presentes en el escenario) en cada momento. Esta información junto con las características asignadas al escenario (presencia de costa, estado de mar, dirección del viento, condiciones de visibilidad, condiciones climáticas y horario, entre otras), son los datos que precisa el sistema para definir la imagen que será enviada al casco en el periscopio (ver figura 2).

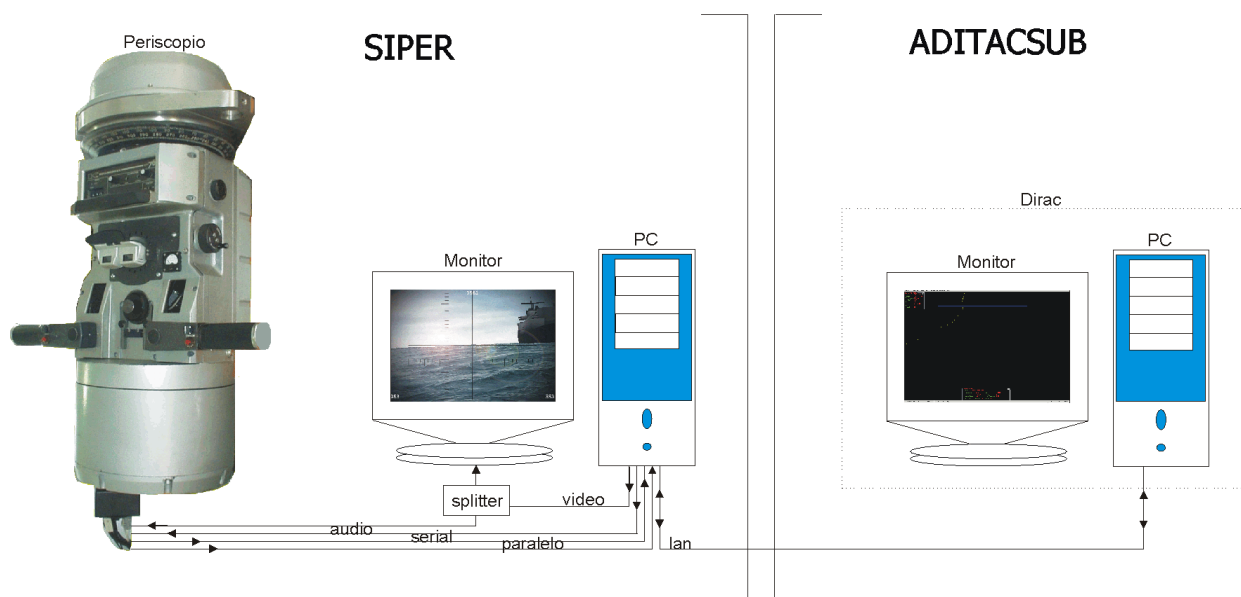


Fig. 2 Esquema de comunicación y envío de señales del sistema.

Para que el efecto sea realista es preciso poder mantener un ritmo no inferior a 10 imágenes por segundo. Esto fue posible trabajando sobre un equipo PC Athlon de 2GHz con una placa de video GeForce4 MX440 AGP8X y 512Mbytes de memoria RAM DDR 333MHz. La figura 3 muestra el sistema en su etapa de desarrollo, con los lentes de realidad virtual ya montados sobre el periscopio, las conexiones que van al puerto paralelo y la PC donde se realiza la simulación.

El desarrollo se realizó sobre VRML (virtual reality modelling lenguaje) para la visualización tridimensional y Java-script para la interacción con el modelo.



Fig. 3: Hardware del sistema: Unidad de periscopio, lentes, conexiones llevando las ocho señales y computadora encargada de la simulación.

### 3 ELEMENTOS SIMULADOS

El modelo visual debía compatibilizar realismo con performance, por lo cual fue necesario recurrir a distinto tipo de trucos para conseguir los efectos deseados. A continuación se listan los requerimientos más importantes que se debieron tener en cuenta y una breve descripción sobre como fueron implementados:

Oleaje: Se contemplaron cinco estados de mar con olas que van de los 10 cm. a los 6 m. La misma se simuló con una superficie triangulada de 70 Km. de diámetro sobre la que se aplican una textura móvil. Esta superficie no es un plano sino un casco esférico para tener en cuenta la curvatura de la tierra, y como puede observarse en la figura 4, ha sido generada en forma adaptada para tener elementos pequeños cerca del centro (posición donde siempre está el periscopio) y grandes en el horizonte. La relación de tamaños entre los elementos más chicos y los más grandes es de 1/10000. Los puntos de esta triangulación deben desplazarse en sentido vertical a un ritmo de 10 veces por segundo, con un dado patrón que simula la forma de las olas.

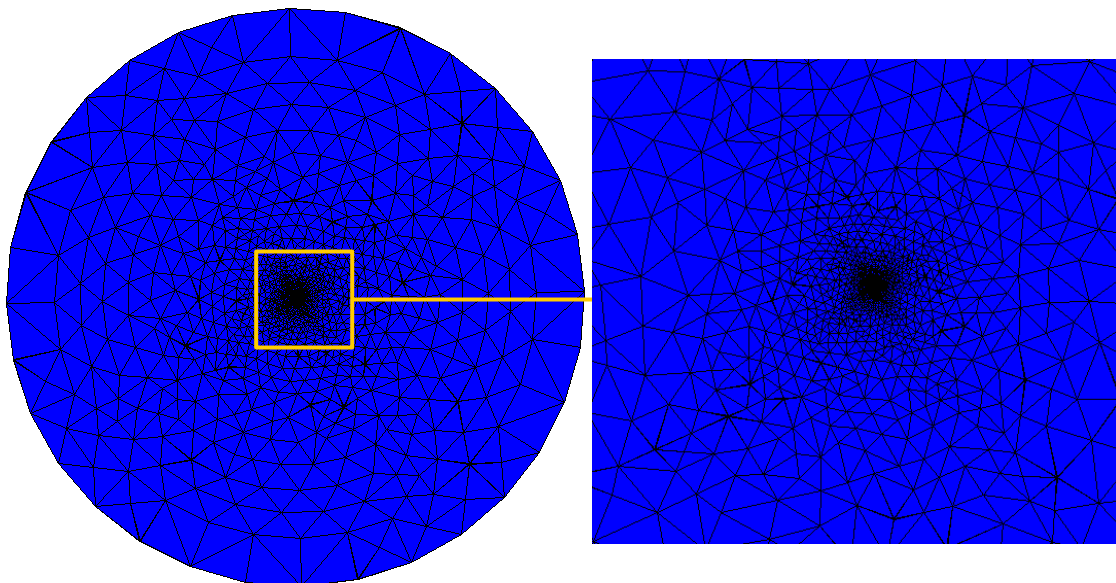


Fig. 4 Discretización utilizada para modelar el agua.

Barcos: Se trata de modelos tridimensionales para los cuales se trató de utilizar menos de 10000 polígonos en cada uno, ya que los mismos deben ser desplazados (movimiento propio) y rotados (rolido y cabeceo) a un ritmo de diez veces por segundo. El sistema soporta hasta 15 barcos en la escena sin pérdida notable en la performance.

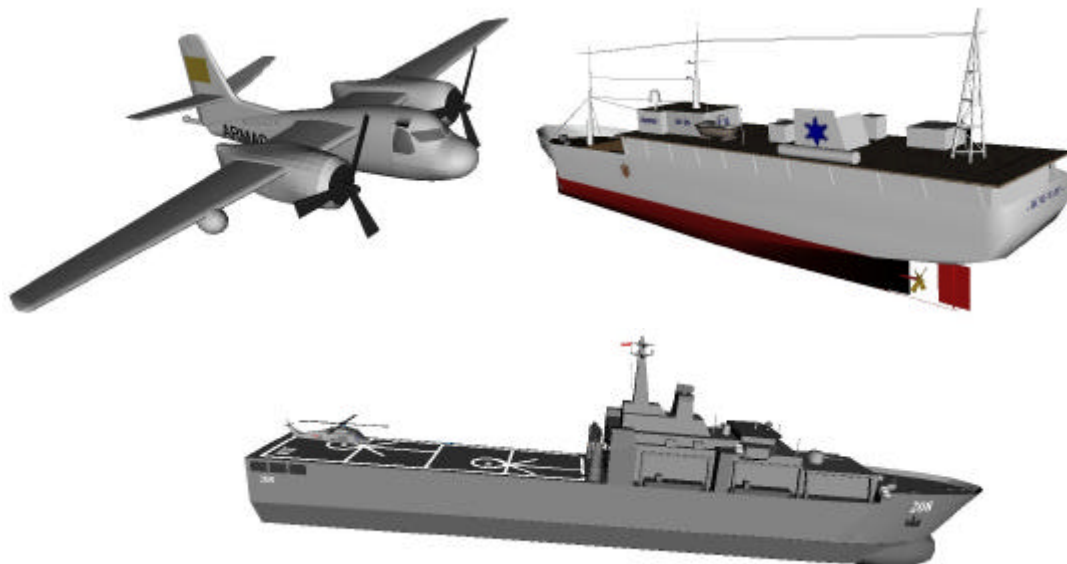


Fig. 5: Algunos modelos incorporados a SIPER2.

Aeronaves: Se incorporaron aviones y helicópteros con un criterio similar al de los barcos. En este

caso no se tiene el movimiento de rolido y cabeceo, pero si el de las hélices. En la figura 5 se muestran algunos de los modelos de avión y barco incorporados.

Bigote y estela: Representa un factor importante para esta aplicación, ya que el tamaño del bigote se utiliza para estimar velocidades. El mismo fue modelado con una superficie móvil con forma de oleaje que acompaña a la embarcación, cuya amplitud está sincronizada con el cabeceo del barco y sobre la que se mapeo una textura. La figura 6 muestra este bigote para un destructor que se desplaza a alta velocidad.



Fig. 6: Representación del bigote para un destructor que se desplaza a alta velocidad. La visibilidad se encuentra reducida por lluvia.

Costas: Un submarino no puede acercarse demasiado a la costa ya que para operar requiere de profundidades superiores a los 30 m. Esto permite una representación muy económica de la misma que consiste en mapear una foto de la costa real a modo de textura sobre un polígono ubicado a la distancia correcta.

Desfasaje del retículo estadimétrico: Esta función se utiliza para medir distancias y consiste en desfasar las ópticas creando una doble imagen superpuesta. Dada la altura del blanco que se supone conocida y se ingresa desde el periscopio y el ángulo desfasado, es posible calcular la distancia. Para simular este desfasaje se debió duplicar a todos los objetos de la escena y se los representa rotados y con un cierto grado de transparencia.

Lluvia, nieve y granizo: Estos efectos fueron incorporados como texturas móviles y traslucidas mapeadas a un polígono colocado frente a la cámara.

Agua contra la calota: Al subir el periscopio o cuando una ola impacta contra el mismo, se produce un escurrimiento de agua frente a la cámara. Este escurrimiento se simula en forma similar a la lluvia, pero se activa solamente cuando el periscopio aflora del agua y durante solo tres segundos.

Cielo: Se consideran distintos estados de cielo: despejado, parcialmente nublado o totalmente nublado. Las nubes son desplazadas en la dirección del viento. Este efecto se logra mediante imágenes mapeadas a los polígonos utilizados como *background*, las cuales son trasladadas según el viento. También se ha representado al sol para el caso de días despejados o la luna y las estrellas en el caso nocturno. Se ha prestado especial atención a los contraluces (como el que se observa en la figura 7) y a los efectos que los mismos producen sobre las ópticas, ya que también son un factor importante durante el entrenamiento. La imagen de la figura 7 corresponde a un día parcialmente nublado y el de la figura 8 a totalmente cubierto.



Fig. 7: Una escena típica del simulador. Corresponde a un estado de mar 2 (relativamente calmo), un cielo parcialmente nublado y con la presencia cercana de un destructor.



El sistema así implementado requirió dos ajustes: por un lado la información con la posición de los blancos en la escena es enviada por la dirección del ejercicio una vez por segundo. En general las embarcaciones no presentan grandes desplazamientos en un lapso de tiempo tan corto, pero bajo ciertas circunstancias, tales como navíos cercanos con velocidades importantes o vistos con ampliación, se observaba un salto no deseado. La situación por supuesto es más grave con las aeronaves. Dado que no era posible reducir este intervalo a menos de 0.5 segundos por problemas de sobrecarga de la red, se optó por trabajar un paso de tiempo atrasado e interpolar internamente entre dos posiciones cada 0.1 segundo. El otro problema es el alto costo computacional del modelo de agua implementado. La dificultad radica en que los puntos de la superficie son desplazados cada 0.1 segundos, con lo cual se cambian las normales de cada triángulo exigiendo un recálculo completo (esto no ocurre con el resto de los objetos de la escena aunque se desplacen, ya que lo hacen en forma rígida). Además el mapeo de la textura también debe ser realizado en forma completa para cada intervalo de tiempo. Por este motivo debió utilizarse la superficie fuertemente adaptada de la figura 3 y reducir el número de polígonos a solo 3500.

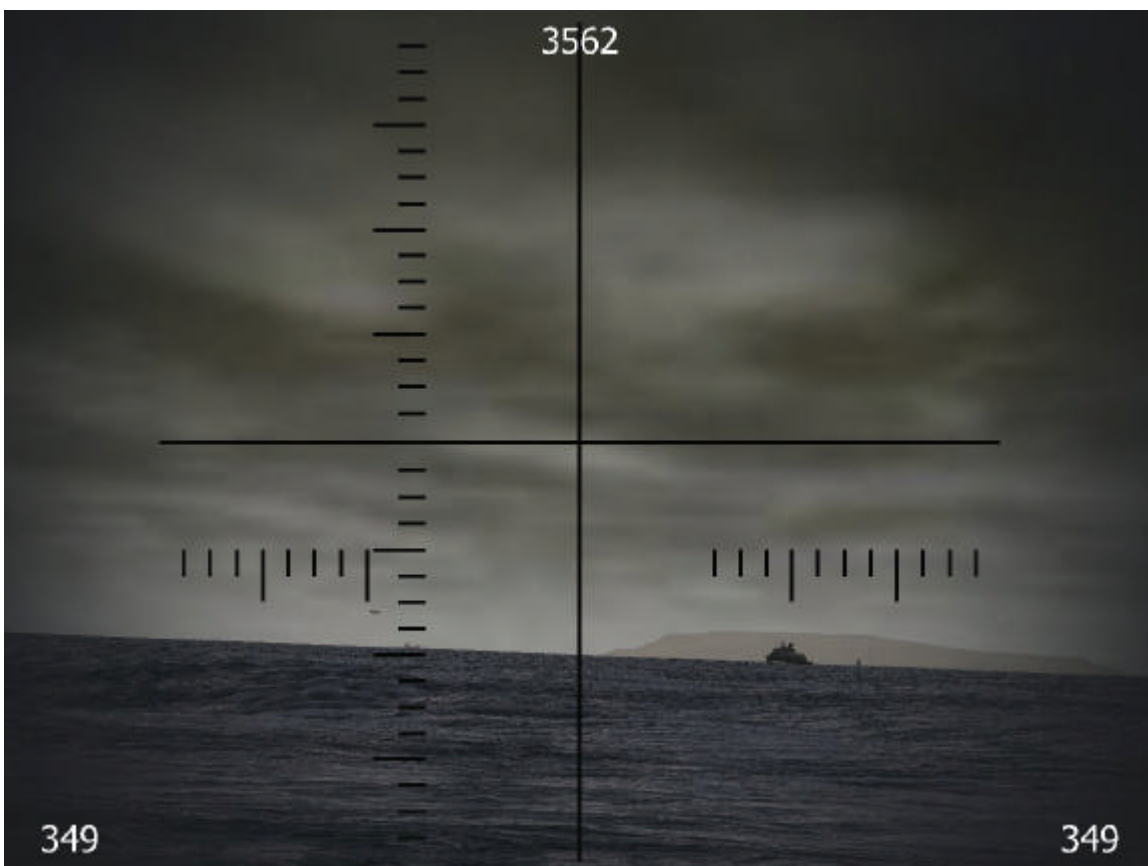


Fig. 8: Otra escena correspondiente a un estado de mar 2 y un cielo totalmente nublado. En el horizonte se observa la presencia de costa.

#### 4 CONCLUSIONES

Se consiguió desarrollar un ambiente de realidad virtual en el cual pueden entrenarse operarios en condiciones prácticamente idénticas a la realidad. Utilizando equipamiento de muy bajo costo y herramientas de software modernas se simuló en tiempo real las imágenes de un escenario tridimensional que se corresponden con lo que debería observar el operador de un periscopio de submarino. El sistema ha sido instalado en la Escuela de Submarinos y Buceo de la Armada y según las referencias obtenidas hasta ahora el modelo implementado tiene un grado de realismo con calidad de imagen superior a los mejores productos conocidos.

#### 5 REFERENCIAS

1. **Van Dam, Forsberg, Laidlaw, LaViola, Simpson**, *Immersive VR for Scientific Visualization: A Progress Report*. IEEE Computer Graphics and Applications. Vol. 20, pp. 26-52, 2000.
2. **M. Del Fresno, M. Vénere**, *Segmentación de imágenes médicas por crecimiento de regiones con conocimiento adicional*. 32º Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa, JAIIO 2003, Buenos Aires, 2003.
3. **Gallangeher, AG.**, *Virtual reality training in laparoscopic surgery: a preliminary assessment of minimally invasive surgical trainer virtual reality*. (MIST VR), Endoscopy 1999, May, 31 (4), pp. 310-313.
4. **I. Otheguy, M. Soriano, G. Boroni, M. Vénere**, *Simulación en tiempo real de un radar de barrido horizontal*. First South American Congress on Computational Mechanics, MECOM 2002, Santa Fé, 2002.
5. **G. Boroni, M. Vénere**, *Un simulador distribuido para entrenamiento de operarios*. VIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, CACIC 2002, Buenos Aires, 2002.