

Simposio CAiiA-STAR: 'Parámetros extremos. Nuevas dimensiones de la interactividad'
(Barcelona, 11-12 de julio de 2001)

Una estrategia basada en la interacción para aplicaciones de realidad virtual



Narcís Parés

Profesor investigador (Instituto Universitario del Audiovisual)
npares@iaa.upf.es



Roc Parés

Profesor investigador (Instituto Universitario del Audiovisual)
rpares@iaa.upf.es

Resumen: Nuestra investigación se ha centrado desde 1993 en el abanico de posibilidades de la realidad virtual (RV) como tecnología y en encontrar las propiedades específicas de la RV como medio audiovisual digital e interactivo generado en tiempo real. Al estudiar las estrategias utilizadas para desarrollar las aplicaciones de RV descubrimos que normalmente el diseño de las aplicaciones de RV sigue una estrategia dirigida por el contenido, que prioriza el contenido de la aplicación y el contexto. En esta estrategia el tema define un contexto y el contexto es determinante en la elección de la metáfora utilizada en los elementos de interacción y en la interfaz. Sin embargo, el enfoque dirigido por el contenido revela ciertas limitaciones al experimentar con nuevos enfoques en el diseño de la interfaz y explorar las cualidades específicas de la RV como medio de producción de arte o de comunicación audiovisual.

Hemos definido una nueva estrategia que denominamos estrategia *dirigida por la interacción* como una posible forma de superar dichas restricciones. La idea es desarrollar una aplicación centrándonos en cómo el usuario debe interaccionar con la aplicación independientemente de su contenido concreto; en otras palabras, analizando las interfaces, la interacción con los elementos y la participación, manipulación o contribución del usuario de forma que los resultados obtenidos permitan la aparición espontánea del tema final, del contenido, etc. de la aplicación. Esto es especialmente interesante en las aplicaciones creativas o artísticas de RV, pero también en los experimentos de interacción entre persona y máquina (CHI). Queremos presentar el caso concreto de una aplicación artística de RV de la que ha surgido esta estrategia. Esta experiencia de RV con varios usuarios, *El ball del fanalet*, ha sido presentada con éxito en la Fundación Miró y en el Centro de Arte Santa Mònica de Barcelona.

Roc Parés

Buenos días. Gracias. Narcís y yo nos sentimos honrados de estar aquí, en este interesante simposio y sobre todo de estar en esta ciudad, donde el interés por el arte y la tecnología digitales es muy grande. Permítanme que diga que, evidentemente, no nos encontramos en Finlandia, ni en Silicon Valley, en cierta forma estamos apartados del camino trillado de los puntos con más actividad del mapa de la cultura digital. Pero trabajamos duro en tres aspectos

concretos: comprometer la creación de arte con la tecnología y enseñar y llevar a cabo investigación científica relativa a este tema.

Narcís y yo colaboramos desde 1993 en un proyecto llamado Galería Virtual y lo que hoy queremos comunicarles forma parte de dicha producción de trabajo experimental y también de la investigación que está detrás. Empezaremos haciendo un rápido repaso a esta primera parte de la presentación, que solo utiliza la adaptación de lo que hicimos como experimento introductorio a la realidad virtual en 1993, cuando trabajábamos como equipo independiente en el Museo de la Ciencia de Barcelona, y nos centraremos en lo que llamamos demo interactiva-inmersiva de Galería Virtual, en la que intentamos definir nuestro trabajo como artistas trabajando con estos nuevos medios audiovisuales interactivos, y alejándolo lo más posible de la idea o estrategia de imitación, que interpretamos como la duplicación de la percepción humana del mundo.

De modo que lo que vamos a hacer ahora es ver lo que adaptamos del experimento inicial, que utilizaba unos auriculares con monitor. Inmergiaremos al participante en esta experiencia VRML, que ustedes mismos pueden hacer en casa, en el Web.



Imagen 1. Demo interactiva e inmersiva de Galería Virtual

Lo que intentamos es tener esta experiencia sistemáticamente organizada en el sentido que el usuario o el participante note la diferencia entre la manera como queríamos enfocar la tecnología de la realidad virtual como medio de arte y lo que tradicionalmente han sido la producción y difusión del arte en el mundo físico. De forma que empezamos en este punto donde hay una brújula en el suelo apuntando hacia el norte, como símbolo de la orientación geográfica que tiene lugar en los espacios físicos.

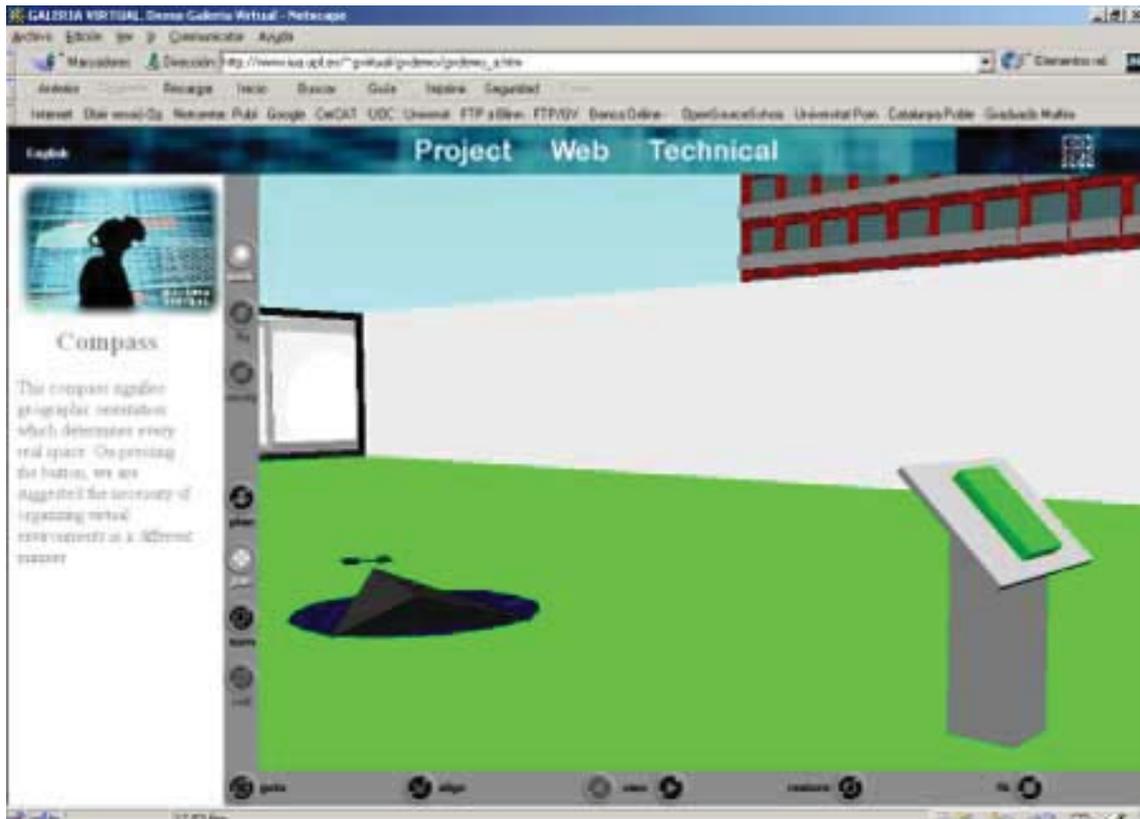


Imagen 2. Inicio de la experiencia de RV: brújula en el suelo apuntando hacia el norte

Y si apretamos un botón vemos que perdemos la orientación geográfica. Eso simplemente sugiere que en la realidad virtual, los artistas que trabajan en nuestra plataforma, la Galería Virtual, deberían buscar las maneras concretas en las que está organizado el espacio virtual e intentar alejarse de la forma en que está organizado el espacio físico.

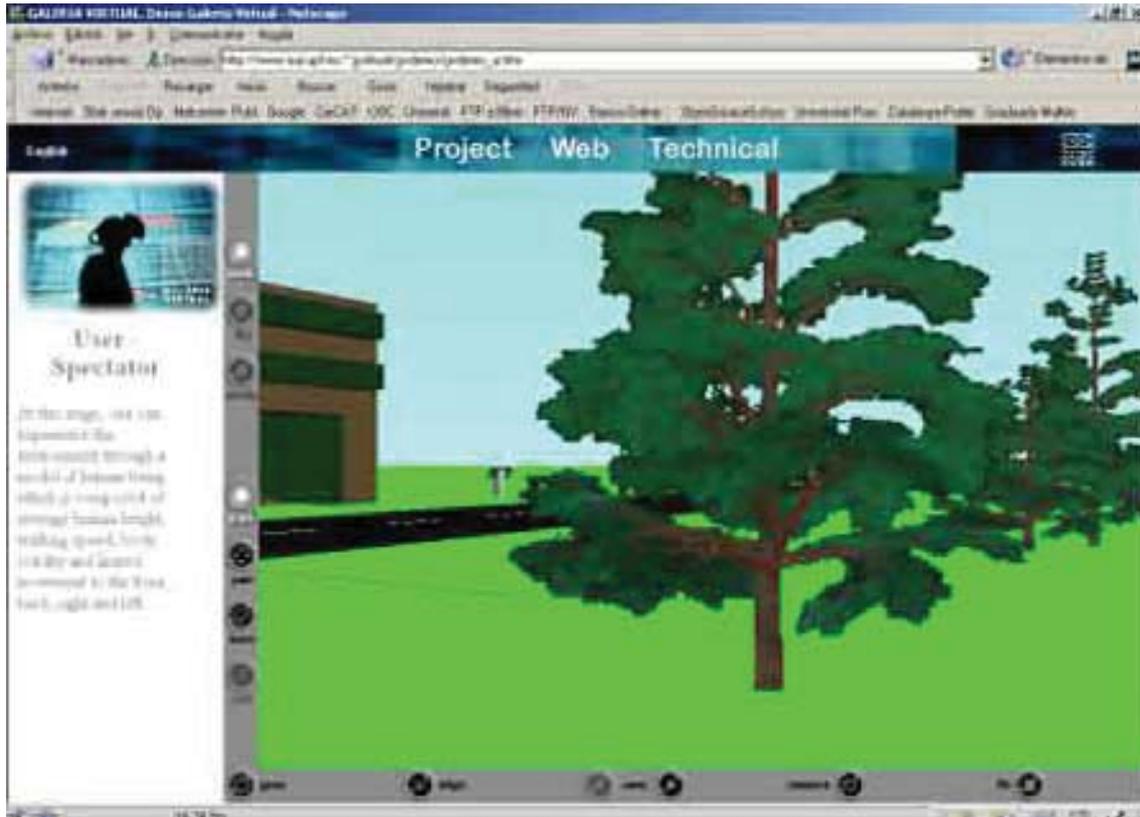


Imagen 3. Pérdida de la orientación geográfica

Lo que también vemos es que estamos interaccionando con este entorno virtual a través de un modelo virtual de un objeto que es una posición en el espacio y que se puede mover, y también son los pasos de alguien que camina por un entorno urbano en esa primera fase. El objeto virtual modelo tiene unas dimensiones relativas que respetan los objetos en este entorno esquemático, o sea que una persona es más baja que una señal de stop o que los edificios, claro. Lo que vemos es que en el espacio físico urbano, por ejemplo, tenemos todas esas señales, entre las que se cuentan los pasos cebra y la señal de stop, que hacen posible el funcionamiento en el mundo físico. Nos planteamos qué señales organizarían el funcionamiento, los comportamientos, etc., en la realidad virtual.

Lo mismo ocurre con el tiempo y los factores climáticos. En la realidad virtual nos gustaría prescindir del sentido de linealidad del tiempo que, como seres humanos, tenemos en el mundo físico, de forma que respecto a este punto solo sugerimos posibles cambios de lo que entendemos como linealidad del tiempo y cambios progresivos entre el día y la noche, que percibimos en el mundo físico.

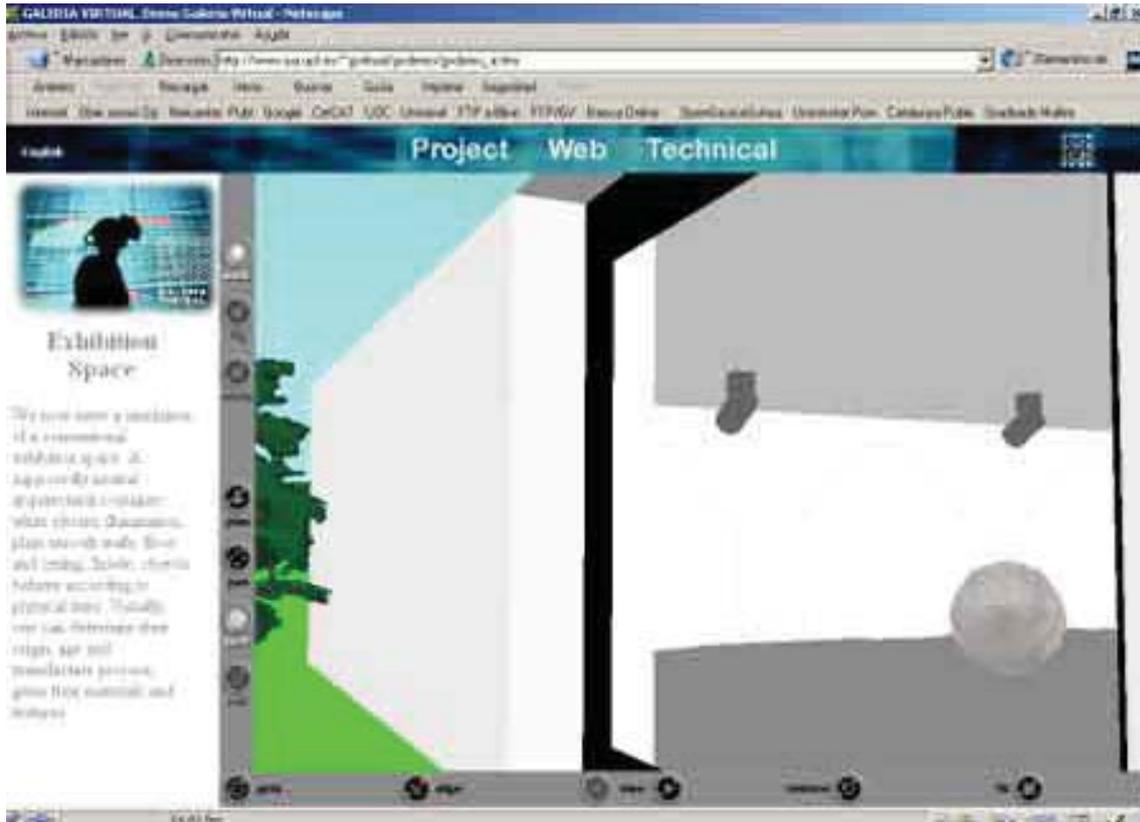


Imagen 4. Edificio con elementos arquitectónicos neutros

Caminando por este entorno, nos encontramos con este edificio blanco que se parece a la típica arquitectura para la comunicación del arte –una galería de arte o un museo de arte. Tiene todos los elementos de una arquitectura neutra, de un espacio arquitectónico con luz eléctrica, suelo plano y paredes blancas. El objetivo de todas las características de una arquitectura para la difusión del arte es la neutralidad. Y pensamos: ¿Qué les ocurre a los objetos como esta esfera de piedra o este bloque de madera, que podrían ser esculturas en el espacio en una exposición de un museo en el mundo físico? Fijémonos, pues, en que, en la realidad virtual los artistas no solo podrían trabajar con objetos nuevos, intentar determinar cuáles son los objetos concretos de la realidad virtual, sino también intentar descubrir cuáles serían los comportamientos concretos de dichos objetos alejándonos de la idea de haberse perdido físicamente.

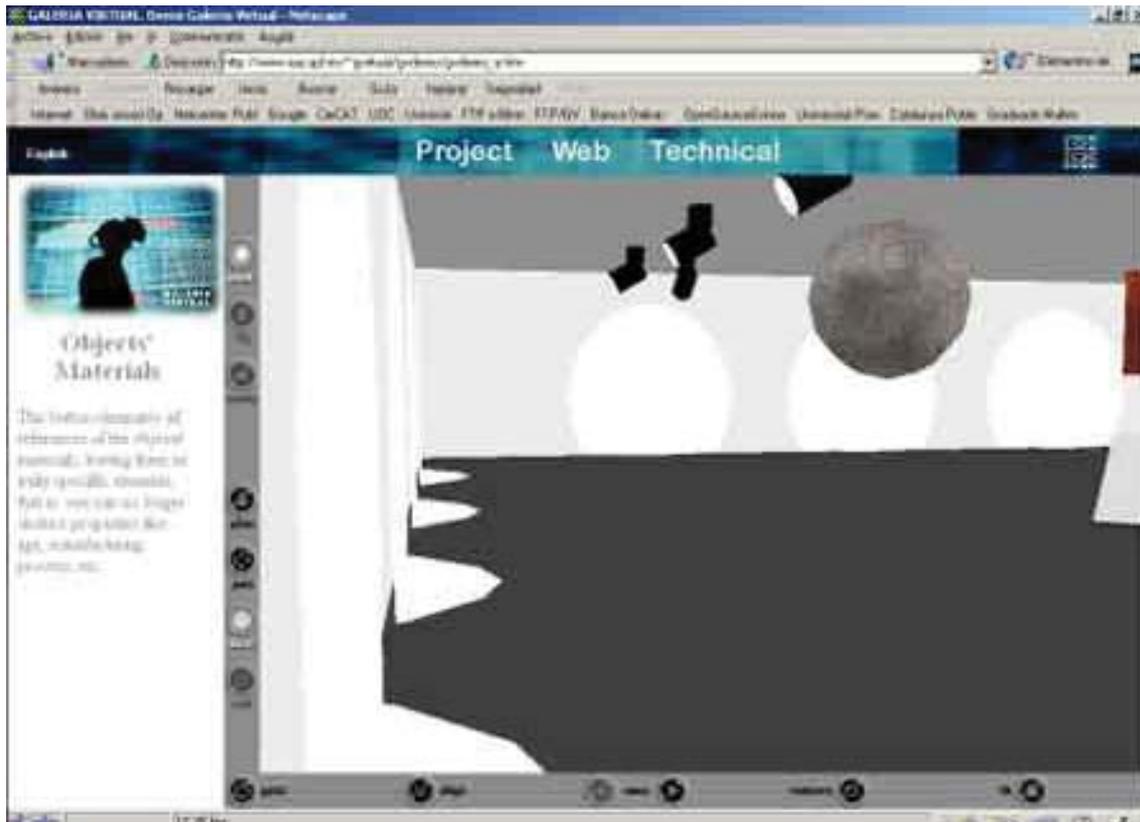


Imagen 5. Los objetos en un entorno virtual tienen un comportamiento determinado.

Luego vemos que esos objetos han sido proyectados con texturas que son texturas digitalizadas de materiales conocidos en el mundo físico. Si apretamos un botón los objetos pierden la referencia, por ejemplo, al bloque de madera –la madera es una referencia a un árbol, un árbol es una referencia a un bosque, un bosque lo es a una montaña, a la naturaleza, al mundo, etc.

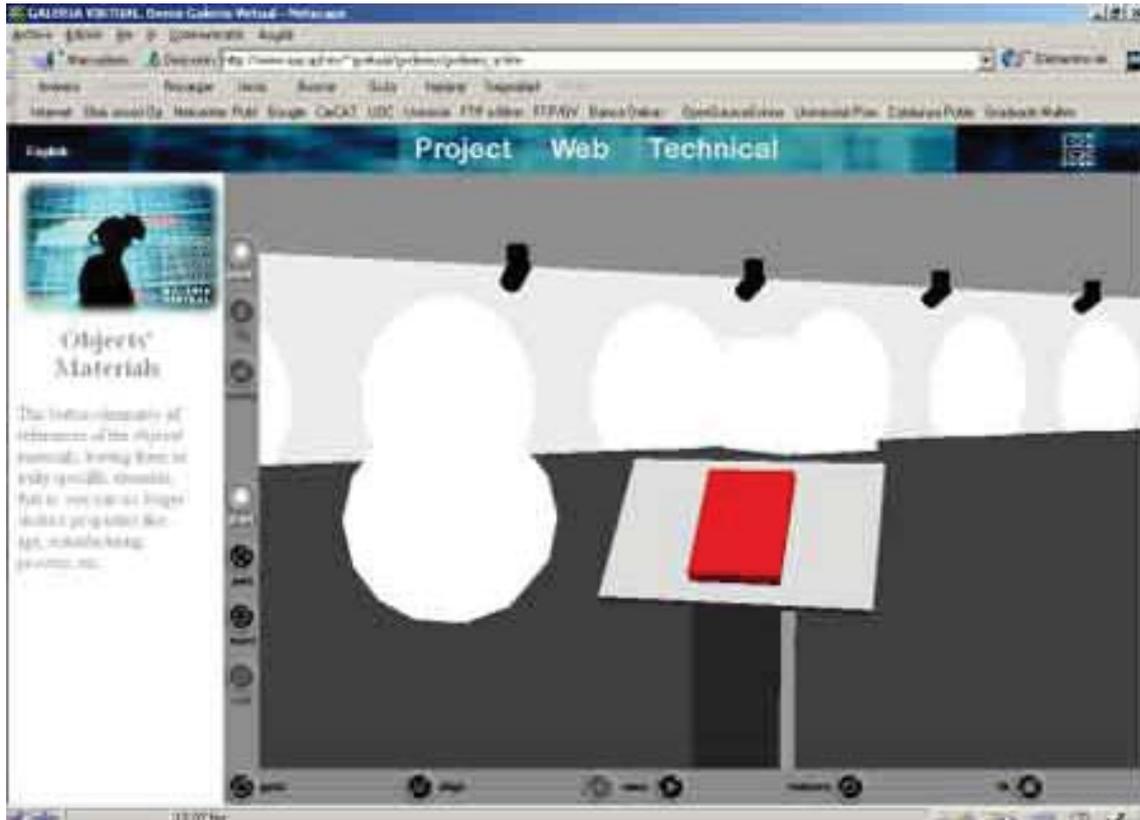


Imagen 6. Los objetos pierden la referencia al mundo físico.

De forma que deconstruimos estas condiciones e intentamos descubrir cómo pueden ser los objetos continuos en el caso de los minimalismos y otras tendencias de la escultura de los años sesenta y setenta, que ya buscaban un sentido más preciso de lo que podría ser un objeto específico, en terminología de Donald Jugg, que habla de objetos específicos e inespecíficos.

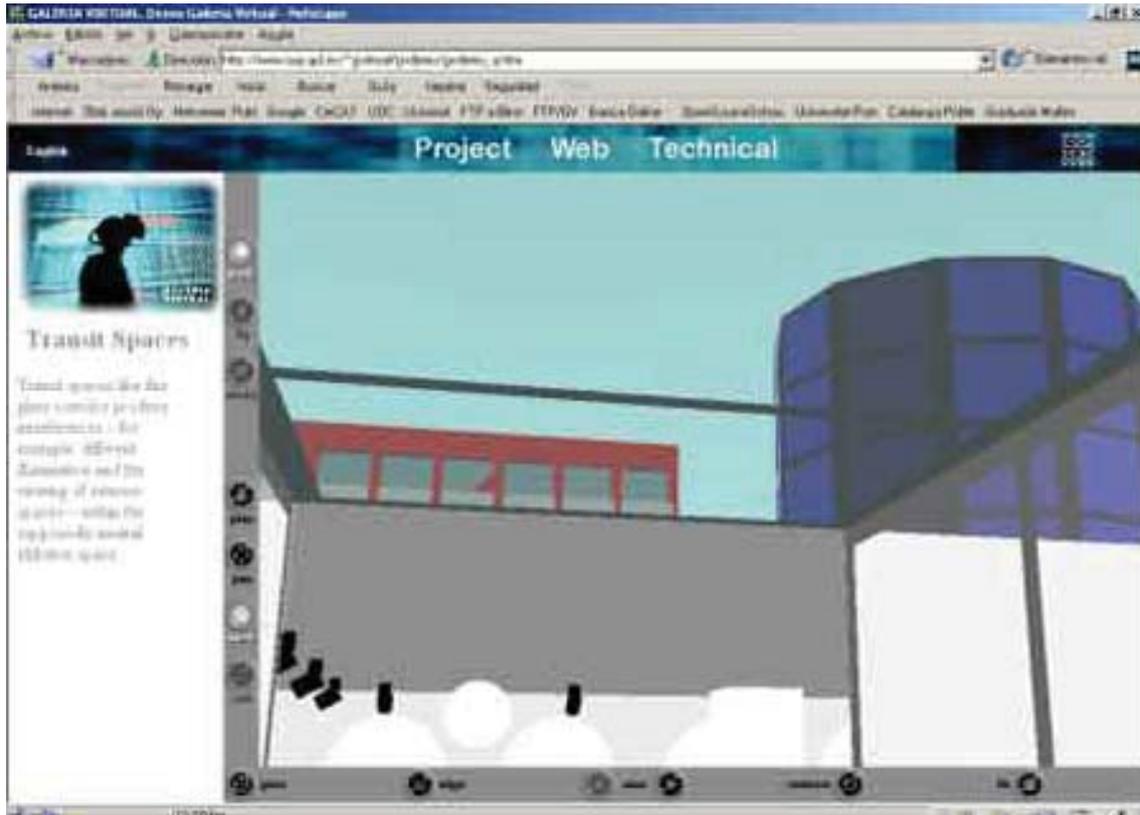


Imagen 7. En la realidad virtual las zonas de paso seguramente desaparecerán.

Ahora nos encontramos en un espacio de tránsito, que es este corredor de vidrio. En arquitectura tenemos estos espacios de tránsito porque debemos trasladarnos de una habitación a otra. Y, de hecho, creíamos que en la realidad virtual estos espacios de tránsito probablemente desaparecerían, porque nos trasladamos de un lugar a otro, quizá enlazando con entornos distintos o como sea.

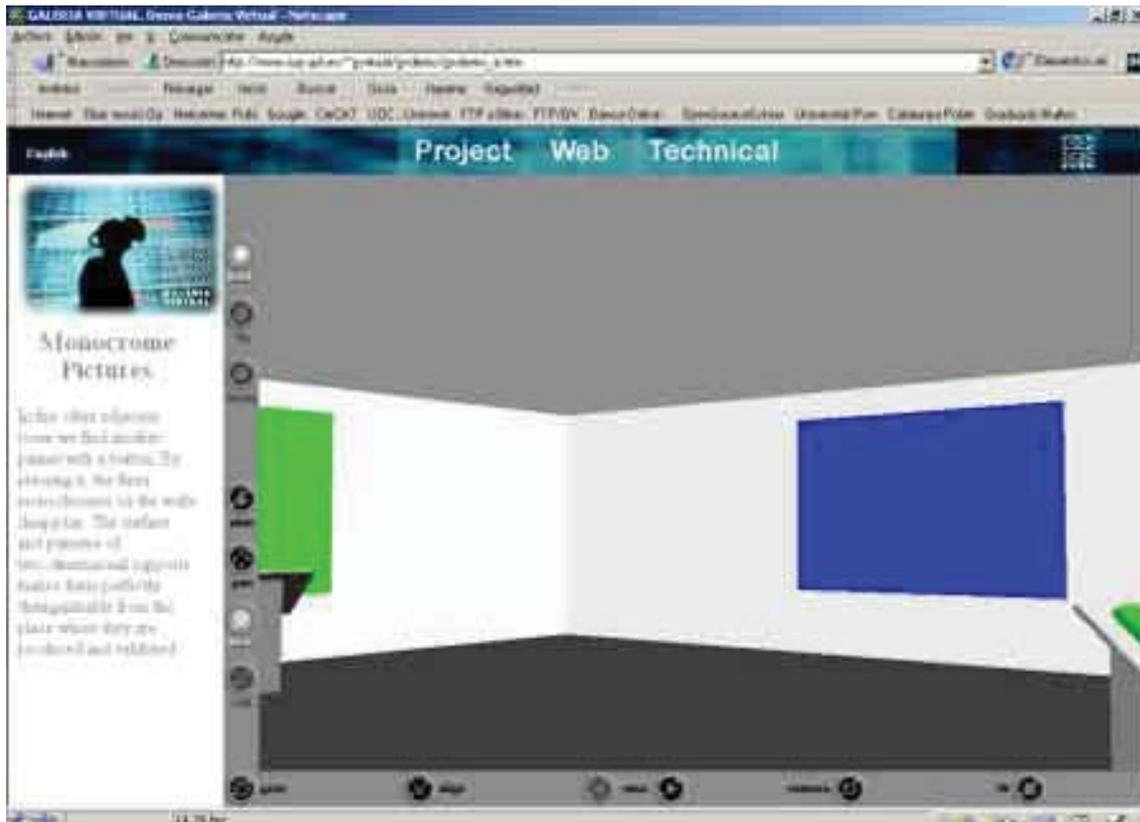


Imagen 8. En los entornos virtuales no se distingue entre la obra y el espacio artístico.

En esta pequeña habitación tenemos tres monocromos colgados en la pared. Queríamos crear que en un entorno virtual no hay diferencia entre la obra de arte y el espacio de arte. Por ejemplo, los tres monocromos colgados en la pared pueden desaparecer: su perímetro y su superficie eran los dos límites de la pieza de arte que los hacían distintos y distinguibles del espacio de la exposición.

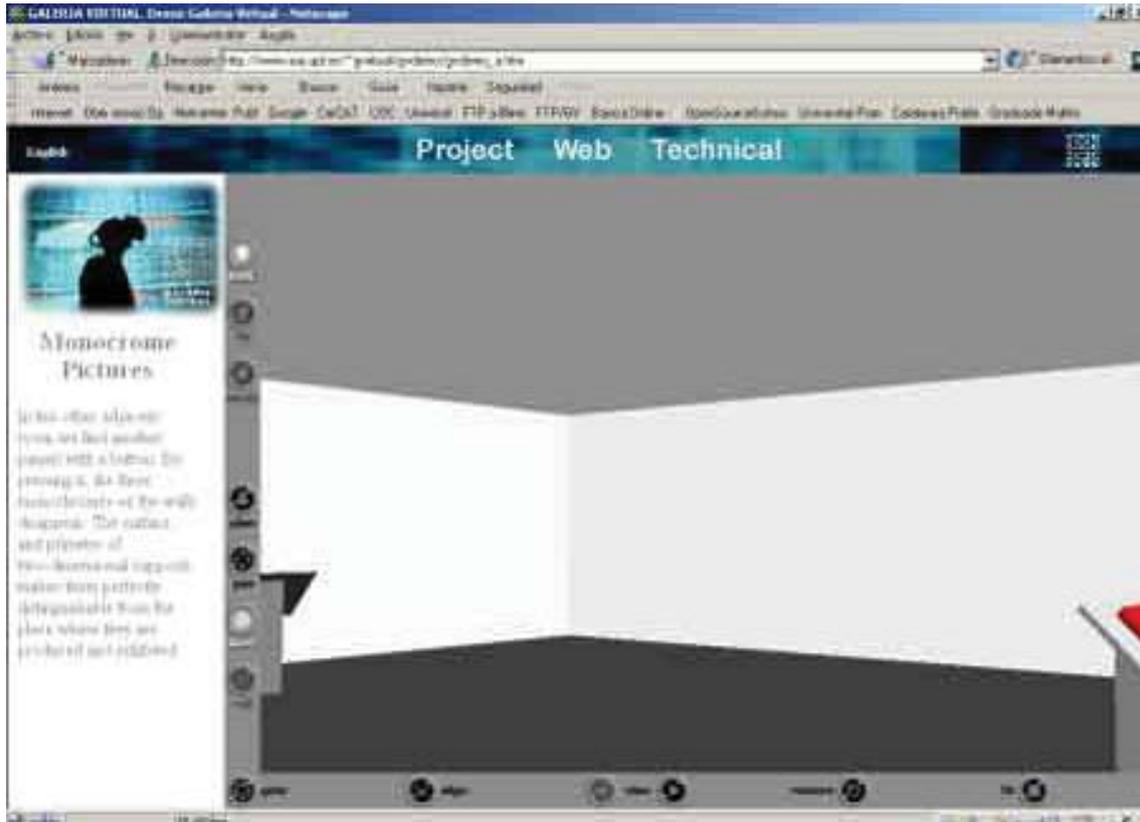


Imagen 9. Los tres monocromos colgados en la pared pueden desaparecer: su perímetro y su superficie eran los dos límites de la pieza de arte que los hacían distintos y distinguibles del espacio de la exposición.

Pero en la realidad virtual queremos trabajar con artistas que encuentren esa continuidad en el desarrollo de los conceptos de espacio, de los objetos, etc.

Lo que vemos es que si estamos deconstruyendo las condiciones de los objetos, del espacio y del tiempo, de todo lo que es realmente exterior al objeto virtual, también podemos trabajar con la supresión de la corporeidad –una de las propiedades que daba al espectador una experiencia limitada del espacio, porque no podía cruzar las paredes ni el techo o el suelo del entorno. Así, perdiendo la corporeidad del objeto virtual, tenemos una percepción totalmente distinta de lo que todavía es un modelo esquemático del entorno virtual.

Y lo que realmente queríamos era hacer eso, y lo hicimos empezando de nuevo y diciendo: "De acuerdo. Vamos a olvidar esta metáfora del espacio físico e intentemos buscar las propiedades específicas de los entornos virtuales".

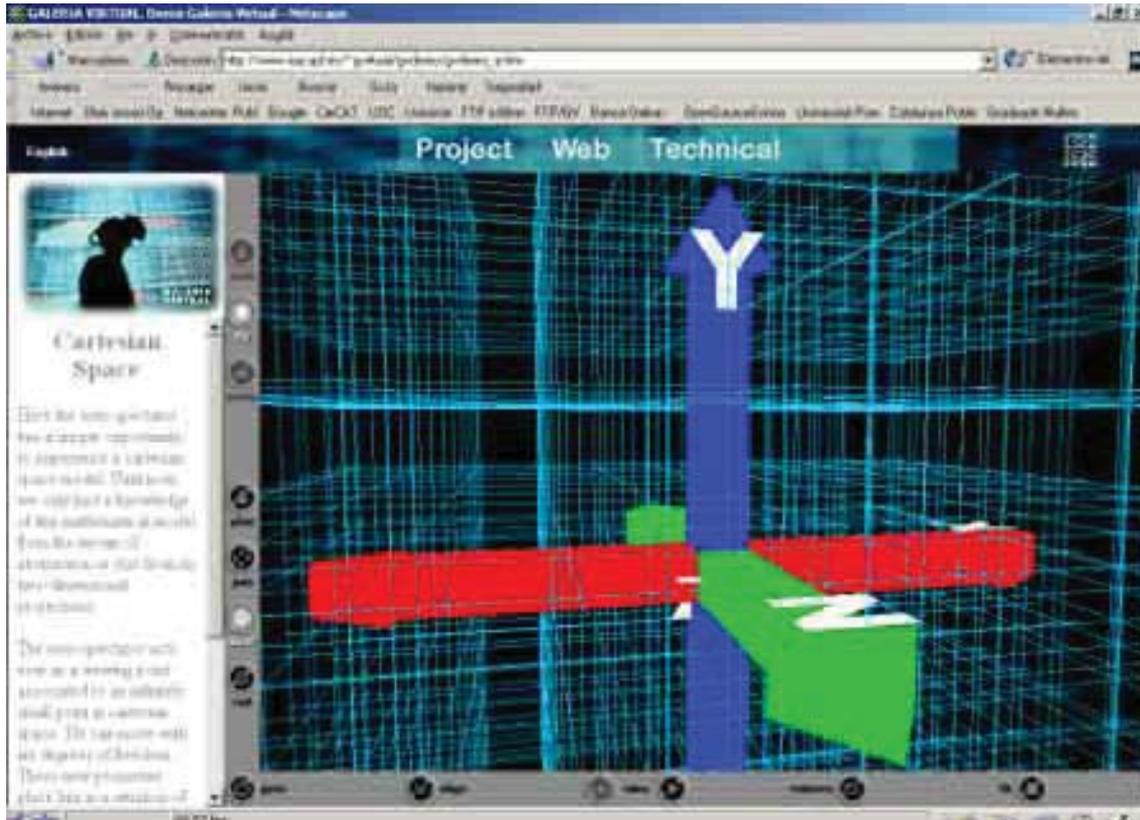


Imagen 10. La realidad virtual, cuando abandona la imitación del mundo físico, también puede llegar a ser una forma de experimentar conceptos matemáticos, como el espacio cartesiano.

Tenemos, pues, este modelo de espacio cartesiano en el que vemos esos tres vectores en tres colores diferentes –rojo, verde y azul–, y las tres últimas letras del alfabeto que designan los tres vectores organizadores del espacio cartesiano.

El espacio cartesiano, tal como lo vemos ahora, es algo que como concepto solo hemos experimentado de una forma limitada viendo diagramas, modelos o esquemas impresos, o en una pizarra cuando aprendíamos matemáticas en el colegio. Pero nunca hemos experimentado ese espacio cartesiano como seres humanos. Vemos que la realidad virtual, cuando abandona la imitación del mundo físico, también puede llegar a ser una forma de experimentar conceptos que podrían ser matemáticos. Está en el espíritu de Ivan Sutherland, uno de los fundadores de la realidad virtual, dar los fenómenos al mundo de los números de la misma forma que tenemos una experiencia del mundo físico.

Pero no queríamos llegar al final con esta idea de que la no-limitación que buscábamos desemboca en este mundo más conceptual del espacio cartesiano, porque creemos que la ciencia y la literatura, pero también el cine, han encontrado sus propias estrategias para crear su propio espacio, distinto del espacio físico, y no necesariamente un espacio cartesiano.

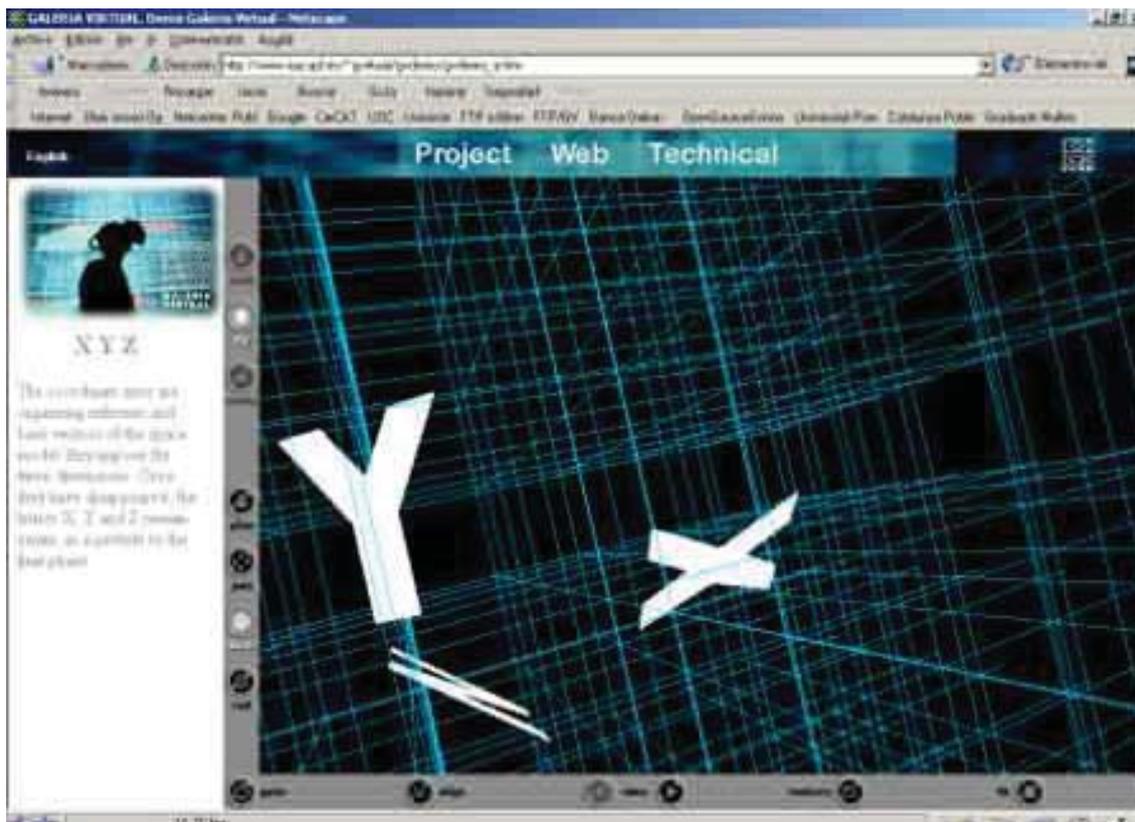


Imagen 11. Tenemos otros tipos de espacios hiperbólicos o de geometría no euclidiana, como la geometría fractal.

Tenemos espacios fractales, tenemos otros tipos de espacios hiperbólicos o de geometría no euclidiana, como la geometría fractal, y por ese motivo también hemos decidido dejar a un lado este constreñimiento mental residual, el espacio cartesiano, y hemos acabado abriendo nuestra plataforma, la Galería Virtual, en este vacío virtual, que es el punto de partida que utilizamos para invitar a los artistas, para invitar a personas como ustedes, personas que piensan y trabajan, prácticos y teóricos, que intentan trabajar en las propiedades específicas de las tecnologías audiovisuales, tan lejos como sea posible de las viejas metáforas estereotipadas de los edificios y la arquitectura, y lo más alejados posible de la metáfora de los medios impresos, especialmente, el libro.

Así pues, este fue el punto de partida de nuestra investigación y producción experimental. No era un texto sino una experiencia de realidad virtual, y desde aquí pasamos a una pieza que hicimos en colaboración con Perry Hoberman –estoy seguro de que la mayoría del público conoce la sorprendente obra de este artista con sede en Nueva York. La pieza se llama *El ball del fanalet* y la utilizaremos como caso paradigmático para la ponencia que hoy presentamos; describiremos la posibilidad de contar con una estrategia dirigida por la interacción para desarrollar una experiencia virtual opuesta a la idea de desarrollar experiencias de realidad virtual a través de un enfoque basado en el contenido.

Narcís va a hacernos la presentación y luego pasaremos un vídeo corto para ilustrarlo.

Narcís Parés

Todo este trabajo de producción o investigación lo hemos llevado a cabo en el Instituto Universitario del Audiovisual de la Universidad Pompeu Fabra. Y el objetivo de este instituto es llevar a cabo investigación y producción experimental así como enseñar los distintos medios digitales. Somos responsables de explorar las propiedades de la RV como medio audiovisual opuesto a una herramienta de simulación. A partir de aquí, hemos intentado alejarnos de la

simulación para explorar cuáles son las propiedades específicas de este medio. En la investigación y en la producción hemos formalizado un nuevo enfoque para el diseño de aplicaciones de las experiencias de la realidad virtual.

Normalmente el diseño de las aplicaciones de RV sigue una estrategia dirigida por el contenido, que prioriza el contenido de la aplicación y el contexto. Es decir, los promotores tienen una idea y se centran en esta idea para dirigir otro desarrollo, que incluye el desarrollo conceptual, y poner estas ideas en práctica. El tema define el contexto y el contexto es absolutamente vital para la metáfora, para los elementos de interacción y para el diseño de la interfaz.

Las fases elementales de una estrategia dirigida por el contenido son en primer lugar definir el tema de la aplicación y después definir el tipo de aplicación y el tipo de usuario. A partir de aquí hay que identificar varias cosas, como los objetos virtuales necesarios, los datos implicados, los procesos que tendrán lugar, las interfaces de entrada y salida, las herramientas para modelar objetos y las herramientas de desarrollo de las aplicaciones. Esta estrategia también puede describirse como una "estrategia de arriba abajo", porque pasamos de un elevado grado de abstracción al nivel más bajo del desarrollo, la herramienta.

Pero esta estrategia dirigida por el contenido tiene limitaciones evidentes para las personas que experimentan con aplicaciones artísticas o para personas que quieren trabajar en ello y que quieren estudiar las propiedades específicas de este medio, las cualidades de interacción y las interfaces que pueden diseñarse. A partir de aquí, definimos la estrategia dirigida por la interacción.

Cuando desarrollamos una aplicación centrándonos en cómo va a interaccionar el usuario con ella, la llamamos una estrategia dirigida por la interacción. Todavía no tenemos ninguna idea del contenido, solo sabemos qué tipo de interacción queremos que tenga el usuario. Queremos determinados modelos específicos de interacción entre el usuario y la experiencia de realidad virtual, o sea que en primer lugar analizamos las interfaces, analizamos la interacción con los elementos, la participación, la manipulación o la contribución del usuario y el resultado es la emergencia espontánea del contenido, el tema o el aroma específico de la aplicación.

Las etapas básicas de esta estrategia son empezar con las interfaces de entrada, las interfaces de salida y el tipo de usuario con el que queremos trabajar. A continuación se define el tipo de aplicación. Y a partir de aquí, se obtiene, si fuera necesario, el tema de la aplicación que permite identificar metáforas y todo lo que gira a su alrededor. Y entonces se llega al nivel bajo del desarrollo, que incluye la definición de procesos, los objetos virtuales, etc. O sea que, en cierto sentido, también podríamos designar esta estrategia, estrategia "de abajo hacia arriba", aunque no sea exactamente opuesta a la estrategia dirigida por el contenido.

Esta estrategia dirigida por la interacción la descubrimos experimentalmente porque la pieza *El ball del fanalet*, de Perry Hoberman y nuestra, fue diseñada así pero de forma inconsciente. Mientras la desarrollábamos, empezamos definiendo qué queríamos que hicieran los usuarios y solo más adelante obtuvimos todos los temas, y fue durante este proceso que nos hicimos conscientes de la existencia de esta nueva estrategia, que enfocábamos el diseño de las aplicaciones de realidad virtual de una forma diferente.

A continuación veremos un vídeo corto sobre la pieza y acabaremos haciendo un resumen y viendo cómo esta estrategia surgió de la pieza.



Imagen 12. *El ball del fanalet*

[Vídeo]

El ball del fanalet es una experiencia con varios usuarios que utiliza la tecnología de la realidad virtual. Un componente importante del trabajo es la exploración de las posibilidades sociales de este medio.

Tiene lugar en una pista circular de aproximadamente seis metros de diámetro sobre la que se proyecta desde arriba una imagen generada por ordenador en tiempo real.



Imagen 13. *El ball del fanalet* tiene lugar en una pista circular.



Imagen 14. Los participantes reciben uno de los cuatro *fanalets*.

Al entrar en la pista los usuarios reciben uno de los cuatro fanalets, una linterna de papel típica de un baile popular catalán.



Imagen 15. © Película "La Plaça del Diamant", TVE

Cada fanalet contiene una bombilla de color con una pila y un sensor de posición. El sensor informa de la posición al ordenador y permite seguir la posición de cada fanalet en un espacio tridimensional.



Imagen 16. Un sensor permite seguir la posición de cada *fanalet* en un espacio tridimensional.

Las dos dimensiones horizontales se utilizan para colocar un círculo de luz de color que se proyecta al suelo, directamente debajo de cada fanalet. La tercera dimensión (altura) se utiliza para determinar la medida y la brillantez del haz de luz, de modo que su comportamiento imita el efecto de una fuente de luz que sale del fanalet: cuando se baja el fanalet, el reflejo empequeñece y se hace más intenso; al elevarlo, el reflejo se hace más grande y borroso. Eso hace que los usuarios tengan la impresión de que el foco de luz es proyectado directamente por su fanalet y les da una sensación intuitiva e inmediata de cómo interactuar con la obra.



Imagen 17. Las dos dimensiones horizontales se utilizan para colocar un círculo de luz de color que se proyecta al suelo, directamente debajo de cada *fanalet*.

Un haz de luz es una especie de ventana que da a un plano virtual sobre el suelo que, de lo contrario, se queda sumergido en la oscuridad. Espontáneamente y al azar se generan por la pista unos pequeños tetraedros de colores (protoobjetos) que brillan durante un rato como brasas incandescentes antes de desaparecer.

Los protos son de uno de los cuatro colores de los fanalets.

Si un usuario consigue iluminar un proto durante su corta vida con el haz de luz adecuado y la intensidad suficiente, el proto crece y se metamorfosea en un objeto articulado. En efecto, el objeto se alimenta de luz.



Imagen 18. El protoobjeto crece y se metamorfosea en un objeto articulado.

Los objetos cubren un amplio abanico: pueden ser mecánicos o biomórficos, abstractos o ornamentados. Cuando el objeto llega a tener unas dimensiones suficientes, se mantiene estable y pasa a estar bajo el control del usuario. En este momento, si el usuario no consigue reducir la intensidad de la luz levantando el fanalet, el objeto crece hasta explotar y dispersa por el suelo una nueva cosecha de protos de colores. Dichos protos pueden ser alimentados por otros usuarios y el ciclo continúa.



Imagen 19. Cuando el objeto llega a tener unas dimensiones suficientes, se mantiene estable y pasa a estar bajo el control del usuario.

Una vez que un objeto ha crecido y se ha estabilizado, se convierte en la "pareja" del usuario. Los movimientos lentos del fanalet se interpretan como "movimientos de acompañamiento", que el objeto sigue mientras baila alrededor del haz de luz.

Cualquier secuencia suficientemente rápida del fanalet se interpreta como un "movimiento de entrenamiento": el objeto sigue este movimiento y después lo repite continuamente por sí solo hasta que se le enseña otro movimiento.

Alternando movimientos rápidos y lentos del fanalet, los usuarios pueden enseñarle, bailar e interactuar con su objeto. Aunque la imagen proyectada sea bidimensional, los propios objetos deben estar diseñados en tres dimensiones de modo que los movimientos hacia arriba y hacia abajo del fanalet afectarán a la orientación y la escala del objeto. Un objeto está formado por tres partes distintas, que siguen el movimiento del fanalet a ritmos ligeramente distintos; esto da a los objetos una apariencia de fluidez, algunos detalles solo quedan a la vista cuando el objeto está en movimiento; es como un pavo real mostrando su plumaje.

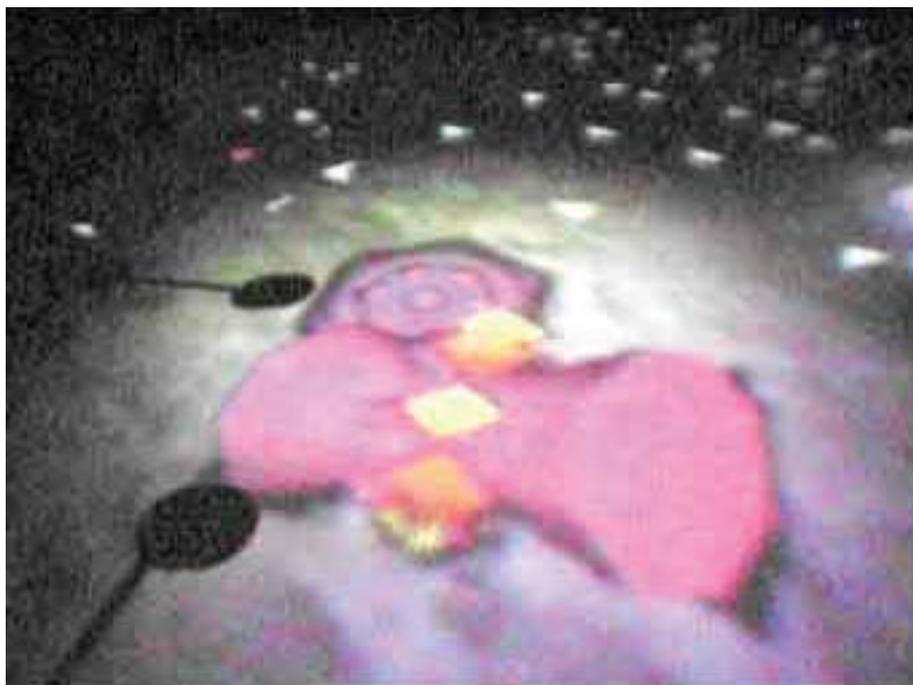


Imagen 20. Los objetos deben estar diseñados en tres dimensiones de modo que los movimientos hacia arriba y hacia abajo del *fanalet* afectarán a la orientación y la escala del objeto.

De estas interacciones surge una danza compleja, cambiante, de participantes y objetos virtuales. En cualquier momento puede entrar en nuevo usuario siempre que queden fanalets, y los usuarios pueden permanecer en la pista el tiempo que deseen. Los espectadores pueden observar confortablemente desde detrás de las barreras circulares que limitan la pista. Algunos usuarios pueden compartir un único fanalet y pasárselo de unos a otros como les plazca. El ambiente es el de un caos informal pero intenso, ya que los usuarios observan e interactúan con sus objetos y entre ellos.



Imagen 21. El ambiente es el de un caos informal pero intenso, ya que los usuarios observan e interaccionan con sus objetos y entre ellos.

Cada suceso de la pieza tiene también un componente audio: un tintineo de cristales cuando aparecen los protos, el soplo de una bomba para inflar neumáticos cuando crecen los objetos, golpes provocados por corrientes de aire cuando se entrena a los objetos, y así sucesivamente.

Una segunda pista de audio estéreo, formada por un repertorio de música de baile y procesada con gran cantidad de resonancias, suena continua y suavemente en el fondo, como si se oyera desde muy lejos.

En cualquier momento después de que dos o más usuarios hayan hecho crecer sus objetos y los hayan entrenado, pueden unir sus fanalets en un gesto ritual que indica que quieren que sus objetos se unan en una danza-objeto con coreografía. Después de una breve fanfarria y una ducha de luz, los haces de luz y los objetos dejan al usuario atrás y realizan una danza en grupo al son de un tambor, realizando los movimientos que han aprendido a hacer mientras siguen un camino con coreografía. Después los haces de luz abandonan la pista y los usuarios pueden volver a empezar el ciclo.

[Fin del vídeo]

El hecho de que hayamos empezado con la metáfora de *El ball del fanalet* podría engañar al observador. De hecho, hemos empezado definiendo que queríamos una proyección sobre el suelo desde el techo. Hemos dicho que queríamos que fuera una experiencia con varios usuarios. Hemos dicho que queríamos que los usuarios explorasen el suelo, el entorno proyectado sobre el suelo; pero en cierto modo no sabíamos que sería con los *fanalets*. Sabíamos que queríamos que la experiencia de varios usuarios fuera una experiencia social, de forma que los usuarios no solo se encontraran en el entorno virtual sino también directamente, cara a cara, lo que es poco habitual en las experiencias de este tipo. Y a partir de aquí, empezamos a pensar que sería una buena idea explorar el entorno a través de los haces de luz. Y luego pensamos que la metáfora de la luz y los aspectos sociales de la instalación eran adecuados para incorporar la metáfora de *El ball del fanalet* como una danza popular catalana.

Roc Parés

Para acabar diré que llegamos a nuestra estrategia dirigida por la interacción de forma experimental. Las estrategias dirigidas por el contenido y por la interacción trabajan con distintos marcos de referencia. Una da un giro completo a la otra. Una estrategia dirigida por la interacción da más libertad en la interacción y el diseño de la interfaz. En cambio, una estrategia dirigida por el contenido es menos flexible, pero también más controlable y rigurosa en la definición de los requisitos, porque tiene un contenido específico del que se quiere definir un requisito.

Y también quisiéramos indicar que estas no son las únicas estrategias posibles, y que se pueden especificar muchas otras, pero, por el momento, hemos encontrado estas dos y las hemos formalizado.

Y como hemos dicho anteriormente, si alguien desea más información, más detalles, tenemos un artículo donde se explica esta estrategia, su formalización y los aspectos técnicos, así como en las webs de Galería Virtual y *El ball del fanalet*.

Muchas gracias.

Enlaces relacionados:

- ➡ Galería Virtual:
<http://www.iaa.upf.es/~gvirtual>
- ➡ *El ball del fanalet*:
http://www.iaa.upf.es/~gvirtual/lghtpls/lghtpl_c.htm
- ➡ Instituto Universitario del Audiovisual (Universidad Pompeu Fabra):
<http://www.iaa.upf.es/new.php3?lng=cas>

Instituciones colaboradoras:



<http://www.caiia-star.net>

Fecha de publicación: diciembre de 2002

Cita recomendada:

PARÉS, Narcís (2002). "Una estrategia basada en la interacción para aplicaciones de realidad virtual".
Artnodes, n.º. 1 [artículo en línea].

DOI: <http://dx.doi.org/10.7238/a.v0i1.666>