Agradecimientos

Abstract

El presente Proyecto realiza la introducción al diseño y elaboración de entornos de realidad virtual para su integración e utilización en los sistemas BCI existentes. El sujeto que los utilice debe experimentar la impresión virtual de encontrarse en tres ambientes reales: el interior de una vivienda, la Escuela de Telecomunicaciones de Málaga y un simulador de vuelo que sobrevuela la ciudad de Málaga.

El principal objetivo en la elaboración de estos entornos virtuales es la de poder provocar al sujeto que se sumerge en ellos la sensación de encontrarse verdaderamente en estos mundos, haciéndole olvidar, en la medida de lo posible, que se trata de ambientes sintéticos no reales.

Los mundos virtuales desarrollados complementan el feedback visual realimentado al usuario de los sistemas BCI actuales, facilitan su adaptación y hacen más cómoda y entretenida utilización. Además estos entornos virtuales, desarrollados con técnicas de Realidad Virtual, recrean situaciones y ambientes reales y conocidos por usuarios potenciales, sirviendo de escenarios seguros dónde evaluar la respuesta y comportamiento de los sistemas BCI existentes, como paso previo a su estudio y explotación en el mundo real.

Palabras Clave

BCI (Brain Computer Interface)

Entornos/mundos virtuales

Realidad Virtual

Modelado 3D

Índice General

[1 INTRODUCCIÓN 5](#_Toc242807175)

[1.1 Sistemas BCI 5](#_Toc242807176)

[1.1.1 ¿Qué es un sistema BCI? 5](#_Toc242807177)

[1.1.2 Características 9](#_Toc242807178)

[1.1.3 Problemática 10](#_Toc242807179)

[1.2 Realidad Virtual 12](#_Toc242807180)

[1.2.1 Antecedentes 13](#_Toc242807181)

[1.2.2 Definición y conceptos vinculados 13](#_Toc242807182)

[1.2.3 Clasificación de la Realidad Virtual 15](#_Toc242807183)

[1.2.4 Aplicaciones de la Realidad Virtual 16](#_Toc242807184)

[1.2.5 Problemas actuales de la Realidad Virtual 18](#_Toc242807185)

[1.3 VRML 20](#_Toc242807186)

[2 OBJETIVOS 22](#_Toc242807187)

[3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS 25](#_Toc242807188)

[3.1 Software de desarrollo 25](#_Toc242807189)

[3.1.1 3D Studio Max 9 26](#_Toc242807190)

[3.1.2 Virtual Reality Toolbox de Matlab 31](#_Toc242807191)

[3.2 Equipamiento hardware 33](#_Toc242807192)

# INTRODUCCIÓN

## Sistemas BCI

### ¿Qué es un sistema BCI?

Un sistema BCI (Brain Computer Interface), o sistema cerebro computador, es cualquier sistema de comunicación que traduce las intenciones del usuario, registradas a partir de las señales eléctricas, magnéticas, térmicas o químicas que genera nuestro cerebro, en órdenes que son interpretadas y ejecutadas por una máquina o un ordenador [1]. De esta forma, un sistema BCI crea un nuevo canal que permite a los usuarios interactuar con su entorno únicamente mediante su actividad cerebral, sin utilizar por tanto el sistema nervioso periférico ni, en consecuencia, el sistema muscular.

El concepto de BCI ha sido objeto de investigación desde hace tres décadas con el objetivo de crear un nuevo interfaz que permitiera a las personas con graves discapacidades motoras - ya se trate de enfermedades degenerativas en las que se pierde progresivamente la capacidad de movimiento (Esclerosis Lateral Amiotrófica, distrofia muscular), o de algún tipo de trauma que haya reducido sus capacidades (apoplejía, lesión cerebral o medular, amputación de algún miembro) -, controlar dispositivos electrónicos (ordenadores, sintetizadores de voz, neuroprótesis, una silla de ruedas, etc.) u otras aplicaciones que les sirvan de ayuda en su vida diaria y les proporcionen mayor independencia.

Si bien la idea subyacente a un sistema BCI surge de la necesidad de establecer nuevos canales de comunicación para personas gravemente discapacitadas, el desarrollo de este tipo de sistemas para un entorno de producción (lamentablemente) requiere de otra clase de aplicaciones que promuevan mayor inversión por sí mismas (aplicaciones militares) o por su número potencial de usuarios (videojuegos). Y es en este último sector, donde empresas como Neurosky o Emotiv están enfocando sus principales esfuerzos.

**UN BREVE RESUMEN HISTÓRICO**

Las tecnologías BCI constituyen un área de investigación relativamente joven, a pesar de hace ya casi ocho décadas que Hans Berger consiguió registrar la actividad bioeléctrica cerebral mediante la electroencefalografía (EEG). Sin embargo no fue hasta la década de 1970 cuando comenzaron a surgir diferentes programas de investigación en torno a BCI, motivados entre otras razones por la observación científica de la correlación entre las señales de EEG y los movimientos reales (e incluso imaginados) de los usuarios, así como determinadas actividades mentales de éstos [[2]](http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/clinph/article/PIIS1388245702000573/abstract).

El potencial médico de la tecnología BCI quedó patente a finales de los 90 mediante la implantación de un electrodo en el córtex motor de un paciente que presentaba parálisis por debajo de su cuello y había perdido la facultad del habla, de forma que el paciente era capaz de comunicarse moviendo un cursor en un ordenador [[3]](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9665587). Desde entonces la investigación en las tecnologías BCI, aún requiriendo la colaboración de múltiples disciplinas (biotecnología, ingeniería biomédica, nanotecnología, ciencia del conocimiento, tecnología de la información, informática, neurociencia, matemática aplicada, etc.), ha experimentado un gran crecimiento.

De hecho, en el año 2001 nació un evento bianual, la competición BCI, en la que cualquier investigador podía demostrar la eficiencia de su sistema BCI (o parte de él) contra una serie de señales cerebrales proporcionadas por algunos de los más importantes grupos de investigación sobre BCI. Gracias al continuo apoyo de la Red Temática de Excelencia [PASCAL](http://www.pascal-network.org/), subvencionada por la Comisión Europea en el 6º y 7º Programa Marco, se han celebrado hasta 4 ediciones de esta competición, la última aún en marcha.

En lo que se refiere a la Escuela Técnica Superior de Telecomunicaciones de Málaga desde 2008 se realizan investigaciones en este sector desarrolladas por el grupo de investigación DIANA del Departamento de Tecnología Electrónica. El objetivo principal de este grupo es la obtención, procesado y evaluación de señales EEG con el fin último de desarrollar un sistema BCI capaz de gobernar una silla de ruedas real. Previamente a la explotación en entornos reales se están realizando integraciones de los sistemas BCI en entornos de Realidad Virtual utilizados para entrenamiento de los usuarios o simulando su utilización en entornos virtuales que emulen ambientes conocidos reales. Y es en este punto donde tiene significado la elaboración de este proyecto.

**DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES FUNCIONALES**

A pesar de su corta historia como área de investigación, los sistemas BCI han atraído a muchos investigadores de diferentes disciplinas durante la última década con el objetivo común de desarrollar un interfaz hombre máquina fiable y eficiente controlado por las señales recogidas directamente del cerebro. No obstante, cada grupo de investigación ha generado su propio sistema BCI, de forma que las diferentes tecnologías y diseños empleados hace prácticamente imposible establecer comparaciones directas entre unos y otros. Aún así, es posible describir a alto nivel los diferentes componentes funcionales que puede presentar un sistema BCI.

La siguiente figura muestra el modelo funcional genérico al que podrían responder la práctica totalidad de los sistemas BCI [[4]](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1200910) [[5]](http://www.springerlink.com/content/076264g811475800/) [[6]](http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/10/28897/01300799.pdf?temp=x), si bien muchos de ellos no integran todos los componentes o funciones recogidas en dicho modelo.

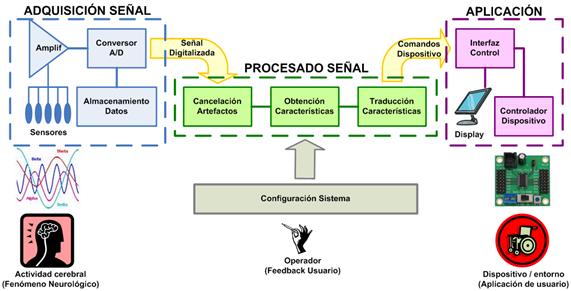


Figura ‑: Sistema BCI - Modelo funcional genérico

Se distinguen 4 bloques funcionales:

1. **Adquisición de señal**, cuyo objetivo es el registro de la actividad cerebral del usuario y su adecuación al bloque de procesado de señal. Se trata por tanto de capturar el fenómeno neurológico que refleja las intenciones del usuario mediante sensores (electrodos en el cuero cabelludo, microelectrodos implantados en la superficie del córtex) y preparar la señal registrada para su procesado posterior mediante etapas de amplificación y digitalización. Aunque para el procesado en tiempo real y, en consecuencia, para el funcionamiento del sistema BCI no resulta necesario almacenar la señal registrada, casi todos los sistemas BCI incorporan esta etapa con objeto de permitir posteriores análisis y procesados de la misma (por ejemplo utilizando algoritmos de procesado diferentes).
2. **Procesado de señal**, que recibe la señal digitalizada y la transforma en los comandos que entiende el dispositivo sobre el que usuario está actuando. Este bloque funcional se divide en tres etapas que actúan de forma secuencial:
3. **Cancelación de artefactos**, componente que se encarga de eliminar los artefactos (ruido debido a otro tipo de actividad bioeléctrica como por ejemplo la que resulta del movimiento ocular o muscular) que contaminan la señal de entrada. Una gran parte de los sistemas BCI no incluyen esta etapa de procesado mientras que otros la consideran parte de la obtención de características.
4. **Obtención de características**, que traduce la señal cerebral de entrada en un vector de características en correlación con el fenómeno neurológico asociado a la señal. Dependiendo del entorno de trabajo, esta etapa puede recibir otros nombres: reducción de ruido, filtrado, preprocesado o detección / clasificación de pico.
5. **Traducción de características**, que transforma el vector de características en una señal de control adecuada al dispositivo que se pretende controlar. Cuando la señal de control generada es un valor discreto (conjunto de posibles valores), se habla de clasificación de características. También existen otros términos para referirse a esta etapa, como función de decodificación (utilizada normalmente por los investigadores que trabajan con microelectrodos implantados).
6. **Aplicación**, bloque funcional que recibe los comandos de control y realiza las acciones correspondientes en el dispositivo a través del controlador del mismo. En algunos sistemas BCI, la señal procesada es expandida o transformada a través del interfaz de control, por ejemplo, en el caso de un menú que permite diferentes acciones sobre el dispositivo (comandos) que son seleccionadas mediante el movimiento de un cursor (señal procesada). Este bloque también puede incorporar una pantalla que proporcione **feedback** al usuario.
7. **Configuración**, que permite a un operador **definir los parámetros del sistema**, como por ejemplo, determinadas variables para las diferentes etapas del procesado de señal. El operador no tiene por qué ser una persona técnica que ajuste el sistema BCI, sino que puede ser el propio usuario del sistema o, en el caso más deseable, algoritmos automáticos que ajustan el comportamiento del sistema en función de los resultados obtenidos y el feedback del usuario.

[1] <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4412807>

[2]<http://www.journals.elsevierhealth.com/periodicals/clinph/article/PIIS1388245702000573/abstract>

[3] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9665587>

[4] <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1200910>

[5] <http://www.springerlink.com/content/076264g811475800/>

[6]<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/10/28897/01300799.pdf?temp=x>

### Características

Las características que permiten diferenciar los diversos sistemas BCI son las siguientes:

* **Bidireccional:** El sistema BCI debe ser bidireccional para que se trate de un buen sistema. Es decir, debe proporcionar y obtener información del cerebro. Proporcionar información al cerebro es sencillo, pero obtenerla a partir del estudio de la señal eléctrica cerebral es más problemático. La complejidad de las medidas de las señales se reduce si las medidas se centran en áreas específicas de la actividad cerebral, como el área concerniente a la función motora.
* **Modo de operación:** Puede ser síncrono, si la clasificación y análisis de las señales se hacen a través de ventanas de tiempo, o bien asíncrono, si el análisis y la clasificación de las señales se hace de forma ininterrumpida.
* **Tipo de registro:** Las señales son registradas a través de electrodos colocados en zonas concretas del cuero cabelludo mediante técnicas no invasivas. O bien, son registradas mediante técnicas invasivas, que requieren cirugía para implantar los electrodos en el cerebro. Las técnicas invasivas son las que obtienen mejores valores de señal, debido a que los valores de la señal están en unidades de microvoltios. Sin embargo, las técnicas no invasivas son las más sencillas de colocar y por tanto, de encontrar voluntarios.
* **Características necesarias de la señal captada:** Las señales que se captan en un sistema BCI son las electroencefalográficas. Estas señales están formadas por los llamados ritmos cerebrales, que son ondas cerebrales asociadas a un estado de concentración concreto y estudiadas en el dominio de la frecuencia.

Los ritmos cerebrales se corresponden a la actividad cerebral que se genera al realizar de forma consciente o no, algún tipo de tarea mental. Se distinguen distintos tipos de señales, que se clasifican en función de la banda de frecuencia que ocupen. En la Tabla 1-1 puede verse la clasificación de ritmos cerebrales.

|  |  |
| --- | --- |
| Ritmo Cerebral | Banda de Frecuencia (Hz) |
| δ | <4 |
| θ | 4-8 |
| α , μ | 8-12 |
| β | 12-32 |
| γ | >32 |

Tabla ‑: Clasificación de ritmos cerebrales

Las ondas δ, θ y γ no son de interés, porque no están relacionadas con la función motora. De hecho, las ondas δ aparecen sólo durante el sueño, las ondas θ aparecen en períodos de estrés emocional y frustración, y las ondas γ aparecen como respuesta a estímulos sonoros o luces relampagueantes.

La producción de ondas α en la mayoría de las personas se asocia al estado de relajación con los ojos cerrados. Pero en el momento que se realice una actividad física o mental, estas señales desaparecen o se reducen.

La característica más importante de los ritmos μ y β es que están relacionados con las funciones motoras. Se captan sobre las zonas del córtex más directamente relacionadas con las funciones motoras.

Se ha demostrado que imaginar un movimiento (sin llegar a ejecutarlo físicamente) produce efectos similares en estas ondas cerebrales, que el hecho de ejecutar físicamente dicho movimiento. A esto se le denomina imagen motora.

El concepto de imagen motora es el que se utiliza para detectar estados mentales en sistemas BCI, ya que la producción de este tipo de ondas (μ y β), puede ser regulada por la mayoría de las personas tras un entrenamiento y es especialmente interesante en el caso de personas con discapacidades motoras.

* **Estrategia empleada para la tarea mental a ejecutar:** Se trata de determinar que tareas mentales deben realizar los sujetos bajo estudio para que las señales cerebrales correspondientes a ellas sean distinguibles y por tanto, sean fáciles de clasificar.

Las tareas mentales más habituales que se discriminan son el reposo y la imaginación de un movimiento.

* **Tipo de feedback:** Se suele proporcionar un feedback de tipo visual, es decir, el sujeto podrá ver a través de una pantalla u otro dispositivo de visualización (cascos de realidad virtual, gafas estereoscópicas,…), cómo está realizando la tarea mental. Si su actividad es correcta, la interfaz enviará refuerzos positivos para continuar en esa línea y en caso contrario, dará refuerzos negativos para que se ponga empeño en mejorar en la siguiente ocasión.

### Problemática

Es el momento de recordar que el objetivo último del grupo de investigación DIANA del Departamento de Tecnología Electrónica es gobernar una silla de ruedas real a partir de la adquisición, procesado y clasificación de patrones encefalográficos de un sujeto.

En la actualidad, la gran mayoría de los grupos de investigación centran sus esfuerzos en el procesado de la señal y en la clasificación de patrones EEG, sin embargo todos coinciden en la importancia de investigar sobre el desarrollo de técnicas de entrenamiento basadas en técnicas de *biofeedback*, que permitan a un sujeto generar de forma fiable un mismo patrón electroencefalográfico en función de sus deseos [1], [7]. Dichos sistemas, por muy buenos que sean sus algoritmos de obtención de características y clasificación, no tendrán éxito ni utilidad alguna si no pueden ser usados por sus principales destinatarios: sujetos con importante discapacidad física. Si a la dificultad de controlar las señales EEG, se le acompaña de un entrenamiento no adecuado, el resultado será la frustración y el abandono por parte de muchos de los sujetos. Sin lugar a duda, el progreso de estos sistemas radica en el desarrollo de técnicas de entrenamiento.

Para aprender a controlar las señales EEG, resulta imprescindible proporcionar algún tipo de *feedback* al sujeto que le permita conocer su evolución [1], [8]. En BCI, y en especial en los basados en componentes frecuenciales, el feedback consiste en indicar al sujeto si a lo largo de una prueba, el estado mental que ha alcanzado durante unos segundos ha sido reconocido o no correctamente. En el proceso de aprendizaje y entrenamiento de un sujeto en el uso de un sistema BCI hay que tener en cuenta diversos aspectos que cabe minimizar:

* El tiempo que se emplea en la adaptación del sujeto es variable, pudiendo resultar en ocasiones excesivo.
* El tiempo de respuesta de un sistema BCI puede resultar problemático. Los sujetos bajo estudio esperan observar casi instantáneamente el resultado producido por su actividad mental.
* Evitar circunstancias de frustración o cansancio del sujeto que está utilizando el sistema BCI es fundamental para obtener resultados satisfactorios.

Uno de los mecanismos mejor asimilados por el usuario de un sistema BCI para experimentar el biofeedback, y con los que mejores resultados se obtiene, es sumergiéndolos en entornos virtuales en los que sus decisiones y procesos mentales sean traducidos en acciones representadas en el mundo virtual. De esta manera el proceso de aprendizaje se realiza de forma más rápida y entretenida, evitando así situaciones de agotamiento que deterioran el nivel de concentración que estos sistemas requieren para garantizar la certidumbre de las señales EEG obtenidas.

Actualmente los entornos virtuales desarrollados en la Escuela de Telecomunicaciones de Málaga utilizados para sumergir a los usuarios de estos sistemas BCI son de escasa resolución original y las realidades que representan no sumergen al individuo en escenarios en los que se puedan distinguir situaciones o ambientes reales conocidos.

Los mundos virtuales desarrollados no distan de entornos simples y de poca elaboración que pueden representar laberintos de simples paredes o espacios abiertos con basto detalle de modelado. Estos entornos han servido hasta el momento de ensayo y adiestramientos de los usuarios de sistemas BCI para su entrenamiento en el uso de estos sistemas, pero no los sumerge en entornos virtuales que se pudiesen aproximar a las situaciones reales en las que, posiblemente, estos sistemas tengan mayor aplicación.

Con la elaboración de este proyecto se intenta cubrir esta carencia. Se suministra a los sistemas BCI de mundos de **Realidad Virtual** con un alto nivel de realismo, en los que sumergir a los sujetos para experimentar, en primera persona y en tiempo real, el *biofeedback* de sus decisiones de la manera más próxima a como se experimentaría en una situación real. De esta manera, se refuerza el elemento *feedback* realimentado al usuario, que consigue un gran impacto visual para permitir al sujeto generar patrones encefalográficos de mayor fiabilidad.

Además, se solventa así una problemática de uso a tener en gran consideración, como es la peligrosidad de la integración de los sistemas BCI en entornos reales, en los que imprevistos, decisiones equivocadas, situaciones de cansancio y frustración, o procesos mentales mal interpretados podrían ocasionar graves accidentes para el usuario. Por tanto como paso previo a su explotación en situaciones del mundo real es conveniente observar y evaluar el comportamiento de los sistemas BCI en sus homónimos virtuales, en los que los usuarios se encuentren seguros y protegidos y su integridad física no corra peligro alguno.

[1] J.R Wolpaw et al., “Brain-computer interface technology: A review of the first international meeting”, *IEEE Trans. Rehab. Eng*. Vol. 8, pp. 164-173, June 2000.

[7] C. Guger et al., “How many people are able to operate an EEG-Based Brain-Computer Interface (BCI) ”, *IEEE Trans. On Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 11, Nº 2, pp. 145-147,June, 2003.

[8] D. McFarland, L. McCane, and J. Wolpaw, “EEG-Based Communication and control: Short-Term Role of Feedback”, *IEEE Trans. Rehab. Eng*., vol. 6, Nº. 1, pp. 7-11, March 1998.

## Realidad Virtual

Para conseguir estos mundos sintéticos envolventes, en los que sumergir a los usuarios de los sistemas BCI, es necesario recurrir a técnicas de Realidad Virtual para su implementación.

Realidad Virtual (RV) es una de las áreas de investigación y desarrollo más reciente en la industria de la computación. Existen diversas formas de emplear la tecnología de realidad virtual, teniendo como premisa, crear medios más intuitivos para que humanos y computadores trabajen juntos. Esta tecnología ha trascendido a muchos otros campos del saber humano, de tal forma que hoy en día se empieza a aplicar en la ciencia, ingeniería, medicina, diseño y fabricación etc. Y se dice que comienza a aplicarse porque diariamente se le encuentran nuevas áreas de aplicación.

### Antecedentes

A finales de la década de los 80's, los gráficos por computadora entraron en una nueva época. No fue solo que las soluciones tridimensionales (3D) comenzaran a reemplazar los enfoques bidimensionales y de dibujo de líneas (2D), sino que también se empezaron a vislumbrar y a esbozar los primeros espacios de trabajo totalmente interactivos generados a través de las computadoras, que inicialmente fueron muy rudimentarios.

En la década de los 90’s los recientes avances tecnológicos, trajeron consigo un enriquecimiento a los espacios interactivos, recientemente desarrollados, enriqueciéndolos con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, sensitivos, auditivos y de todo tipo que afectan al usuario de manera interactiva y que lo sumergen aún mas en ese mundo generado por computadora, haciendo que estos sean cada vez mas similares a la realidad misma.

### Definición y conceptos vinculados

El concepto “Realidad Virtual” agrupa dos términos diametralmente opuestos: “Realidad” y “Virtual”. El término “Realidad” seria todo aquello que tuviera una existencia verdadera y efectiva; en cambio “Virtual”, la segunda parte del concepto, se usa frecuentemente en oposición a efectivo o real o como aquello que tiene existencia aparente y no real, es decir, un espejismo.

Esta contraposición de términos utilizados ha creado no poca polémica entre los seguidores y aun detractores de esta tecnología en cuanto a que si es apropiado llamarla de esta manera o no, pero sin profundizar en que tan correcta o incorrecta es la utilización de estas palabras podemos decir que una aplicación de Realidad Virtual es una construcción diseñada para estimular a los sentidos y cuya función primordial es sustituir la percepción espacio-temporal del sujeto para hacerle creer que está donde no está y concederle el ser a lo que no es.

Algunas definiciones de Realidad Virtual dicen lo siguiente:

• Un entorno en tres dimensiones sintetizado por computadora en el que varios participantes acoplados de forma adecuada pueden atraer y manipular elementos físicos simulados en el entorno y, de alguna manera, relacionarse con las presentaciones de otras personas pasadas, presentes o ficticias o con criaturas inventadas.

• Un sistema interactivo computarizado tan rápido e intuitivo que la computadora desaparece de la mente del usuario, dejando como real el entorno generado por la computadora, por lo que puede ser un mundo de animación en el que nos podemos adentrar.

• La Realidad Virtual es aquella forma de trabajo donde el hombre puede interactuar totalmente con la computadora, generando espacios virtuales donde el humano puede desempeñar sus labores y donde el humano se comunica con la computadora a través de dispositivos de interacción.

• Un sistema de realidad virtual es un sistema interactivo usado para crear un mundo artificial o sintético en el cual el usuario tiene la impresión de estar presente, navegar y manipular al resto de los objetos.

Para vivir esta experiencia de realidad virtual en su totalidad es necesario poseer algunos dispositivos especiales, como gafas o guantes con sensores, que permiten experimentar sensaciones reales recreadas gracias a las computadoras; pero debido a lo caro que pueden resultar estos dispositivos también se desarrollan aplicaciones que nos permiten recrear mundos simulados en un monitor de computadora, logrando que las escenas virtuales y los movimientos del visitante dentro de estas tengan un dominio y una armonía que imiten casi a la perfección los movimientos y vistas que tendría en un mundo real.

A continuación se presentan algunos conceptos vinculados con la Realidad Virtual necesarios para la comprensión de este proyecto.

* **Objeto virtual:** es un modelo abstracto de un objeto real que tiene atributos que lo definen y puede tener comportamiento propio. Un objeto virtual puede tener asociado luces y sonidos como parte de sus atributos. El objeto virtual está definido por una geometría generalmente asociada a un conjunto de polígonos.
* **Comportamiento:** es un conjunto de reacciones de un objeto que actúa en respuesta a un estímulo procedente de su medio externo, y es observable objetivamente.
* **Ambiente virtual:** es el escenario que rodea al usuario y a los objetos virtuales. El ambiente virtual tiene atributos que lo definen y puede tener comportamiento. Entre los atributos que puede tener un ambiente virtual están las luces y los sonidos.
* **Mundo Virtual:** está compuesto por el ambiente virtual y todos los objetos virtuales contenidos dentro de él (el Mundo Virtual vacío tiene un Ambiente Virtual por defecto a pesar de no contener objetos).
* **Escena:** es la imagen de un Mundo Virtual que el usuario visualiza en un momento dado.
* **Inmersión:** puede definirse como la presentación de pistas sensoriales que convencen perceptivamente a los usuarios de que ellos están rodeados por el ambiente generado por computadora. Para elevar la sensación de inmersión del usuario dentro del mundo virtual, se deben representar fielmente comportamientos físicos de los objetos como la gravedad y las colisiones entre los objetos.
* **Navegar:** se dice que el usuario navega dentro del mundo virtual cuando cambia su posición y/o orientación dentro de este.
* **Sistema de Realidad Virtual:** es un conjunto de dispositivos de hardware y software que ubican al participante en un ambiente generado por computadora que aparenta ser real. Este cuenta con una interfaz entre la computadora y, los sistemas perceptivos y musculares del usuario. El sistema puede estar conformado por los siguientes componentes:
* *Dispositivos visuales*: presentan a los ojos del usuario el mundo 3D generado por la computadora.
* *Sistemas de rastreo*: dispositivos que proveen información sobre la posición y orientación de un objeto.
* *Dispositivos de entrada*: Son dispositivos que permiten la interacción entre el humano y el Mundo Virtual. Entre estos dispositivos periféricos se puede mencionar el guante de datos, *joystick* y sistemas de reconocimiento de voz, o los propios sistemas BCI.
* *Sistemas de sonido*: Dispositivos usados para la generación de sonido 3D (sonidos localizados) dentro del mundo virtual. Los sonidos localizados pueden ser asociados a objetos o pueden ser usados para mejorar la sensación de inmersión en el ambiente.
* *Dispositivos hápticos*: Son dispositivos de entrada y salida que pueden medir la posición y fuerza de la mano del usuario y otras partes del cuerpo cuando se esté manipulando un ambiente virtual.
* *Hardware gráfico y de cómputo*: Los sistemas gráficos y de cómputo se refieren al hardware usado para controlar la operación completa del ambiente virtual.
* *Herramientas de software*: Algunas herramientas de software para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual son librerías y *toolkits*, sistemas de aplicaciones ó ambientes para desarrollo completo, integrando cada aspecto de la creación de una aplicación de RV (modelación, codificación y ejecución) en un paquete sencillo.

### Clasificación de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual la podemos clasificar como:

* **Inmersiva:** el objetivo de estos sistemas es conseguir que el usuario tenga la sensación de estar presente en el mundo artificial. Para lograrlo se valen de dispositivos especiales de visualización y de sensores, que debe usar el visitante al sitio virtual, para recrear una serie de efectos visuales y sensitivos que provocan la sensación de realidad de una manera más concreta.
* **No Inmersiva:** este tipo de sistemas se valen únicamente de dispositivos de visualización normales, como lo son los monitores o pantallas de computadoras, y para lograr el efecto de relieve se pueden utilizar gafas estereoscópicas para la recreación del mundo virtual, las sensaciones no logran el grado de realidad alcanzado con la Inmersiva.
* **De Proyección:** existen distintos grados de proyección en estos sistemas, algunos están basados en que el usuario se introduzca en una habitación o adminículo cerrado en cuyas paredes se proyectan una o más imágenes del mundo virtual.

Los mundos virtuales son otra forma de clasificación de la RV. Las diferencias entre las clases están dadas por las cosas que se pueden hacer dentro del mundo virtual.

* **Mundo Muerto**: es aquel en el que no hay objetos en movimiento ni partes interactivas, por lo cual sólo se permite su exploración. Suele ser el que vemos en las animaciones tradicionales, en las cuales las imágenes están precalculadas y producen una experiencia pasiva.
* **Mundo Real**: es aquel en el cual los elementos tienen sus atributos reales, de tal manera que si miramos un reloj, marca la hora. Si pulsamos las teclas de una calculadora, si visualizan las operaciones que esta realiza y así sucesivamente.
* **Mundo Fantástico**: es el que nos permite realizar tareas irreales, como volar o atravesar paredes. Es el típico entorno que visualizamos en los videojuegos, pero también proporcionan situaciones interesantes para aplicaciones serias, como puede ser observar un edificio volando a su alrededor o introducirnos dentro de un volcán.

### Aplicaciones de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual no es del dominio exclusivo de los videojuegos ni tampoco está restringida a lo puramente tecnológico o científico. Es un medio creativo de comunicación al alcance de todos ya que explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro de un entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar. A continuación, vamos a ver algunos ejemplos que están en fase de comercialización y/o de desarrollo.

En la **arquitectura,** se utiliza la RV para interactuar con modelos de edificios y de espacios, lo que da la posibilidad de pasear por nuestra futura casa, ver cómo va a quedar la cocina con un tipo de mobiliario determinado o evaluar cómo responde un diseño determinado de sala acústica.

En **medicina,** se han desarrollado modelos de pacientes para simular operaciones, con el beneficio que supone de cara a la práctica de los procedimientos quirúrgicos.

En **educación** las posibilidades son máximas, permitiendo la simulación de laboratorios

de física, la exploración planetaria, los estudios anatómicos sin daños y, en general, cualquier materia en la que podamos hacer la pregunta *¿qué pasaría si...?*

En el **diseño,** se pueden ver los resultados antes de llevarlos a cabo, analizando sus posibilidades con rapidez y sin errores, como ocurre cuando se diseña un coche o una intrincada red de conducciones para una central de energía.

El campo **militar** es un sector especialmente interesante para aplicar la RV, pues se pueden simular batallas sin pérdidas humanas o facilitar el aprendizaje de vehículos especiales.

Las empresas del sector del **entretenimiento** son las que más han invertido en la RV (exceptuando el sector de defensa), haciendo posible que podamos disfrutar con simuladores de naves voladoras o adoptar la personalidad de un guerrero en el asalto a un castillo, entre otras.

Las **comunicaciones** ven en la RV una posibilidad fantástica para proporcionar a los televidentes canales de programas virtuales con la máxima capacidad interactiva, por lo que ya se están desarrollando en algunos países.

El **deporte** también sale beneficiado de la RV, permitiendo, por ejemplo, entrenarse para el juego de frontón o pedalear por la orilla de un lago sin salir de casa.

El **arte** no se ha olvidado de la RV, existiendo museos virtuales y la posibilidad de asistir a una obra teatral o una actuación musical determinada sin más exigencias que disponer del sistema de RV adecuado.

La **aeronáutica** es un sector especialmente adecuado para utilizar la RV, pues el ahorro que supone el entrenamiento de los pilotos en los simuladores, y en el caso de los astronautas, la posibilidad de simular situaciones que van a presentarse en el espacio, hacen rentable casi cualquier inversión.

La **telepresencia** es un área nueva que aprovecha las posibilidades de la RV para permitir que una persona pueda actuar como si estuviese en un lugar, estando realmente en otro sitio. Esto hace posible situaciones como que un bombero pueda entrar en una casa incendiada, siendo en realidad un robot el que hace la acción, pero dirigido por un bombero a salvo.

La **discapacidad física** de ciertas personas puede ser amortizada utilizando técnicas de RV, y, por ejemplo, una persona muda podría hablar en un auditorio heterogéneo utilizando el lenguaje de las manos sin problemas, pues los gestos de su mano serían enviados a un sintetizador que se encargaría de producir las palabras correspondientes. El desarrollo de los procesadores de señales biológicas permitirá que las señales cerebrales y musculares puedan ser interpretadas por el ordenador, haciendo posible que personas con discapacidades físicas extremas o con necesidades de respuestas muy rápidas (como los pilotos en combate), puedan efectuar acciones sin necesidad de medios manuales o sonoros.

### Problemas actuales de la Realidad Virtual

En términos del estado actual de la tecnología, existe aún un número de problemas importantes por resolver para poder garantizar el uso sistemático de esta tecnología a nivel de usuario. Entre estos problemas destacan:

* Representación.
* Realimentación háptica (“haptic feedback”).
* Demora (“lag”) en tiempo de respuesta.
* Ángulo de visualización.
* Malestar por uso prolongado.

A continuación, se explican los términos mencionados y el porqué de sus inconvenientes:

* **Representación:** Un mundo virtual está constituido por polígonos que son los bloques básicos de la computación gráfica. Los polígonos unidos en “mallas” sirven para representar objetos y escenarios, resultando indispensables en la constitución de mundos virtuales. El número de polígonos utilizados en la descripción de un objeto o escenario influye en la percepción de la imagen. Si el número de polígonos es elevado la imagen es más fina, pero también es necesaria una mayor velocidad de procesamiento para presentar la imagen en tiempo real.

En la actualidad los dispositivos de Realidad Virtual como mucho pueden producir de 7000 a 10.000 polígonos por segundo. Son valores insuficientes ya que se ha estimado que para representar imágenes del mundo real se necesitan entre 80 y 100 millones de polígonos por segundo. Sin embargo, estas necesidades son flexibles gracias a que el ser humano posee una muy adaptable capacidad de percepción. Por ejemplo, los dibujos animados son ampliamente aceptados con un mínimo de 500 polígonos.

La imagen creada a través de Realidad Virtual debe presentar una serie de características:

* Poseer tridimensionalidad.
* Sincronizar los cambios en perspectiva originados por los desplazamientos del usuario, incluyendo la resolución de problemas de visibilidad de múltiples objetos.
* La imagen requiere de tratamiento mediante sombras y efectos especiales para mantener la credulidad.
* Existe una información complementaria de sonido, tacto y fuerza.
* **Realimentación háptica:** El problema principal dentro de la realimentación háptica se refiere al denominado “feedback de fuerza”, es decir al efecto que busca imitar a la realidad oponiendo campos de fuerza que permitan, por ejemplo, al chocar o empujar objetos, obtener una oposición o rechazo de parte de los mismos.

La realimentación de fuerza, hasta para los objetos más sencillos, es una muy difícil tarea y los despliegues hápticos no son diseñados como simples máquinas de tacto, sino más bien como ambientes de los cuales una persona puede alcanzar algún conocimiento de propiedades asociadas con los objetos representados (tales como peso y solidez).

* **Demora:** La demora es la medida de tiempo entre el momento en el que una persona ejecuta una acción y el momento en el que el computador la registra.

La demora implica un problema en aplicaciones virtuales, puesto que son en tiempo real y exigen una perfecta sincronización entre las acciones del usuario y el mundo virtual.

* **Ángulo de visión:** Al ángulo de visión resulta difícil precisarle un campo óptimo de visión en Realidad Virtual ya que, lo que en un caso puede resultar adecuado, en otro puede no serlo. Así, por ejemplo, si se le ofrece un amplio campo de visión a una persona que necesita concentrarse para cumplir una tarea específica, son más los problemas que se le crean que los beneficios, porque un amplio campo de visión pudiera ofrecerle muchas distracciones. En el otro extremo, si se le da un campo de visión muy estrecho a una persona que está buscando alcanzar una percepción global, resultará inefectivo.
* **Malestar por uso prolongado:** Se estima que un 10% de los usuarios de Realidad Virtual están afectados por el malestar derivado del uso prolongado. En este sentido, se han detectado síntomas de incomodidad y hasta de nausea durante experiencias de Realidad Virtual, si la tasa de cuadros por segundo de la imagen virtual tiene unos valores determinados.

Una forma de combatir el malestar es la inclusión de un período de “entrenamiento” o adaptación a la experiencia virtual. Las investigaciones actuales detectaron que la nausea tiende a ocurrir durante la exposición inicial de un usuario a frecuentes movimientos de arranque y detención, y cambios en la aceleración.

## VRML

VRML es un acrónimo de “Virtual Reality Modeling Languaje” (Lenguaje De Modelado De Realidad Virtual). Que es el formato estándar internacional (ISO/IEC 14772) de archivos para describir multimedia interactiva 3D en Internet. La primera versión (VRML 1.0) fue creada por Silicon Graphics Inc. Basada en el formato de archivo de Open Inventor. La segunda versión de VRML agrego, significativamente, más capacidades interactivas. Fue diseñado primeramente por el equipo VRML de Silicon Graphics con contribuciones de los investigadores de SONY, MITRA y muchos otros. VRML 2.0 fue revisado por el grupo de discusión vía email ([www-vrml@vrml.org](mailto:www-vrml@vrml.org)) y aprobado y aceptado después por muchas compañías y desarrolladores. En diciembre de 1997, VRML97 reemplazo al VRML 2.0 y fue formalmente liberado como el estándar internacional ISO/IEC 14772.

El lenguaje de Modelado de Realidad Virtual es un formato de archivo para describir objetos y mundos interactivos 3D. VRML fue diseñado para ser usado en Internet, intranets y en sistemas locales, también para ser el formato universal de intercambio para gráficos y multimedia 3D integrados, puede ser usado en una gran variedad de áreas de aplicación en la ingeniería, visualización científica, presentaciones multimedia, entretenimiento, educación, páginas WEB y mundos virtuales compartidos.

**Características**

* Facilita el desarrollo de programas de computadora capaces de crear, editar y mantener archivos VRML, así como la conversión automática, a formato VRML, de otros formatos de archivos 3D comúnmente usados.
* Provee la habilidad para usar y combinar objetos dinámicos 3D dentro de mundos VRML y permite su reutilización.
* Tiene la capacidad de agregar nuevos tipos de objetos no definidos explícitamente en VRML.
* Puede ser implementado en una gran variedad de plataformas sin disminuir su rendimiento o capacidades.
* Creación de entornos 3D de un tamaño arbitrario.
* Representación de objetos multimedia y 3D estáticos y animados con hipervínculos para otros medios como texto, sonidos, películas e imágenes. Los browsers VRML, así como otras herramientas autorizadas para la creación de archivos VRML, están disponibles para una amplia variedad de plataformas.
* Permite definir nuevos objetos dinámicos 3D.

La semántica de VRML describe un funcionamiento abstracto basado en el tiempo, interactivo 3D y de información multimedia. No define dispositivos físicos o cualquier otro concepto dependiente de la implementación (p. e. Resolución de pantalla o dispositivos de entrada), además, no asume la existencia de un ratón o algún dispositivo de despliegue grafico.

Cada archivo VRML establece, explícitamente, un sistema de coordenadas para todos los objetos definidos en el archivo así como para todos los objetos incluidos por el archivo. Explícitamente define un conjunto de objetos 3D y multimedia, además, puede especificar hipervínculos para otros archivos y aplicaciones y definir el comportamiento de los objetos.

# OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es el diseño e implementación de mundos tridimensionales virtuales que puedan ser utilizados con los sistemas BCI existentes desarrollados por el Departamento de Tecnología Electrónica, más exactamente con el sistema BCI capaz de gobernar, a través de patrones cerebrales, los movimientos de una silla de ruedas.

Estos mundos virtuales se desarrollan utilizando técnicas de Realidad Virtual que logren sumergir al sujeto usuario del sistema BCI en un ambiente lo más cercano a la realidad posible, proporcionándole la sensación visual de encontrarse en los tres entornos siguientes:

1. El interior de una vivienda.
2. La planta baja de la Escuela Técnica Superior de Telecomunicaciones de Málaga.
3. Un simulador de vuelo, recreando el vuelo sobre la ciudad de Málaga y alrededores.

Los tres mundos de realidad virtual desarrollados deben proporcionar un entorno muy motivador e integrador de manera que el usuario reproduzca y reconozca en ellos, en tiempo real, cada una de las decisiones tomadas e interpretadas por el sistema BCI. Además conforman un elemento de feedback de gran impacto visual para el usuario evitando, en la medida de lo posible, síntomas de cansancio y frustración que perturben el control de las señales EEG y la generación de patrones encefalográficos fiables.

Los mundos virtuales implementados representan además ambientes familiares y fácilmente reconocidos por los usuarios potenciales de estos sistemas, estos son, alumnos y personal investigador y docente de la ETS de Telecomunicaciones de Málaga, por lo que se facilitan así los procesos de adaptación y aprendizaje en el uso de estos sistemas.

Un objetivo más es diseñar los mundos virtuales de modo que la integración con los sistemas BCI y más concretamente con la Interfaz de navegación existente, capaz de gobernar los movimientos de la “silla”, se produzca de manera casi inmediata.

Por otro lado los mundos virtuales elaborados modelan virtualmente situaciones o ambientes reales, no ficticios, en los que el uso y explotación de los sistemas BCI pueden tener amplia aplicación (como es el caso particular de gobernar una silla de ruedas), por tanto sirven como simulación del comportamiento y evaluación de estos sistemas, proporcionando así un paso previo cara a su explotación en el mundo real.

Por último, los mundos virtuales son modelados con la herramienta CAD (Computer Aided Disign) de diseño tridimensional, 3D Studio Max 9 .Por tanto este proyecto intenta incrementar el conocimiento de esta herramienta para el modelado de mundos de Realidad Virtual e incentivar así a otros estudiantes a seguir esta línea de investigación y aplicación en sistemas BCI.

Una vez planteados los objetivos generales, se pasa a describir de manera más concreta los tres mundos desarrollados en este proyecto.

**VIVIENDA VIRTUAL**

El primer mundo virtual nos sumerge en un entorno muy usual para cualquier individuo, como es el interior de una vivienda estándar, en el que podemos encontrar los recintos más habituales: entrada, salón, dormitorio, baño y terraza, cada uno de ellos decorado con el mobiliario pertinente. Se trata de una sola planta ya que la interfaz de navegación (con la que se realiza la integración) gobierna una silla de ruedas con la imposibilidad de subir o bajar escaleras. Por tanto puede asemejarse a la vivienda de un individuo con la imposibilidad de mover sus extremidades y limitado a una silla de ruedas, de ahí que las puertas tengan suficiente tamaño y los espacios sean lo suficientemente amplios.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE TELECOMUNICACIONES DE MÁLAGA VIRTUAL**

El segundo mundo virtual desarrollado nos puede hacer vivir la experiencia, en primera persona, de un autentico “paseo virtual” por los exteriores de la planta baja de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Málaga, pudiendo recorrer sus rincones y distinguiendo cada uno de sus edificios. Del mismo modo, se desarrolla en detalle todo aquello visible desde la planta baja, dado que igualmente se integra con el sistema BCI existente que introduce y gobierna la silla de ruedas virtual a través de un interfaz de navegación.

Este entorno es muy conocido por todo aquel que pueda llegar a leer este proyecto y conforma así un mundo virtual idóneo, atractivo y entretenido para los sujetos experimentales, alumnos, personal investigador, y en definitiva para todo aquel que realice ensayos de los sistemas BCI en estudio elaborados por el Departamento de Tecnología Electrónica.

**SIMULADOR DE VUELO**

El objetivo del Simulador de Vuelo es plantear un mundo virtual para el entrenamiento de los usuarios de los sistemas BCI. En este caso el feedback no se realiza directamente sobre la visualización en primera persona del usuario sumergido en el mundo, sino que, básicamente, se trata de gobernar los movimientos de un avión que sobrevuela la ciudad de Málaga como si se tratara de un videojuego. Se pueden realizar giros, ascensos y descensos del avión. Este mundo virtual sirve como entrenamiento y familiarización previa del interfaz de navegación con el que se realiza la integración ya que el nivel de interacción del usuario en el mundo es mucho más sencillo al no existi, por ejemplo, posibilidad de colisión.

Por otro lado, aún utilizando las mismas herramientas de modelado 3D que en los mundos anteriores, sigue una perspectiva de diseño algo distinta que cabe destacar. Además la interfaz de navegación con la que se integra ya no debe gobernar una silla de ruedas, por lo que ha sido necesario, utilizando Matlab y el toolbox de realidad virtual, crear y adaptar la lógica capaz de realizar los movimientos del avión en el mundo virtual.

# HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A continuación, se realiza una exposición de la herramienta software usada en el proceso de modelado de los mundos virtuales. Se realiza una breve introducción a la herramienta de modelado tridimensional 3D Studio, y una explicación del *Virtual Reality Toolbox* necesario para hacer interactuar el entorno virtual con el sistema BCI.

Además se realiza una descripción del hardware de adquisición y procesado de señales EEG, propio del sistema BCI con el que se realiza la integración de los mundos elaborados, con el que finalmente se comprueba la integración y respuesta visual obtenida.

## Software de desarrollo

Existen tres modalidades para construir mundos virtuales:

1. Un editor de textos.

Para crear un mundo de realidad virtual se puede utilizar un simple fichero de texto, creado manualmente con un procesador cualquiera, que se debe guardar con la extensión .WRL. Pero esta solución implica un dominio del lenguaje del VRML, que no es tan sencillo como, por ejemplo, el del HTML, para la creación de páginas WEB. Además, para escenas muy complejas, es muy difícil confeccionar el código a mano, y en ocasiones puede ser necesario recurrir a programas editores de VRML.

1. Una aplicación editora o *builder* de VRML.

Existen editores con interfaz visual capaces de crear mundos de Realidad Virtual directamente en formato VRML. Como ventaja estos editores permiten modelar escenarios, sin necesidad de programar directamente en lenguaje VRML. Aunque reducen el tiempo de modelado respecto a la programación directa en lenguaje VRML, para modelar mundos virtuales complejos no son del todo adecuados. Existen limitaciones en cuanto al nivel de detalle y acabado de los modelos diseñados que repercute enormemente en el resultado obtenido. Otro inconveniente más es el código generado, que puede ser mucho más voluminoso para conseguir los mismos efectos que con el método manual.

Un ejemplo de este tipo de editores son VrmlPad de PararellGraphics o VRealm-Builder distribuido en la instalación de Matlab.

1. Un modelador 3D o herramienta CAD especializada con capacidad conversora a VRML.

Tienen todas las ventajas e inconvenientes de los builders de VRML pero, además, minimizan el tiempo de modelado, permitiendo efectos de acabado y detalle mucho mejor conseguidos que los editores de VRML. Son los adecuados para la creación de entornos virtuales que pretenden representar la realidad de la forma más fiel posible. Explotan toda el potencial de VRML.

Como inconveniente principal se encuentra la calidad de la traducción al lenguaje VRML que finalmente pueden conseguir. Puede generar ficheros VRML de gran tamaño, aunque la mayoría de las programas de diseño CAD incorporan herramientas de exportación a VRML configurables dependiendo del resultado que se pretende obtener.

Para la realización de los mundos virtuales de este proyecto se ha utilizado esta tercera opción, siendo la herramienta CAD de modelado utilizada 3D Studio Max 9 de Autodesk.

### 3D Studio Max 9

3D Studio Max 9 (3DStudio en adelante) es un completo entorno que soporta amplia gama de técnicas de modelización desde modelización de bajo número de polígonos hasta modelización de objetos compuestos y modelado de malla. Cuando nuestro modelo básico ha sido construido, podemos asignarle texturas para mejorar la percepción más realista del usuario. Para completar la escena, diferentes puntos de luz pueden añadirse a la escena para iluminarla y además también podemos incorporar cámaras para capturar partes de la escena en diferentes intervalos de tiempo.

**INTERFAZ DE DESARROLLO**

Al igual que otros programas 3DStudio cuenta con menús, y barras de herramientas, pero una gran diferencia con otros programas, es que en este programa, la mayor parte de la ventana es abarcada por visores, los cuales contienen diferentes vistas como: vista de planta, perspectiva, vista desde una cámara, etc. Aquí se muestra una vista general del interfaz de 3DStudio:

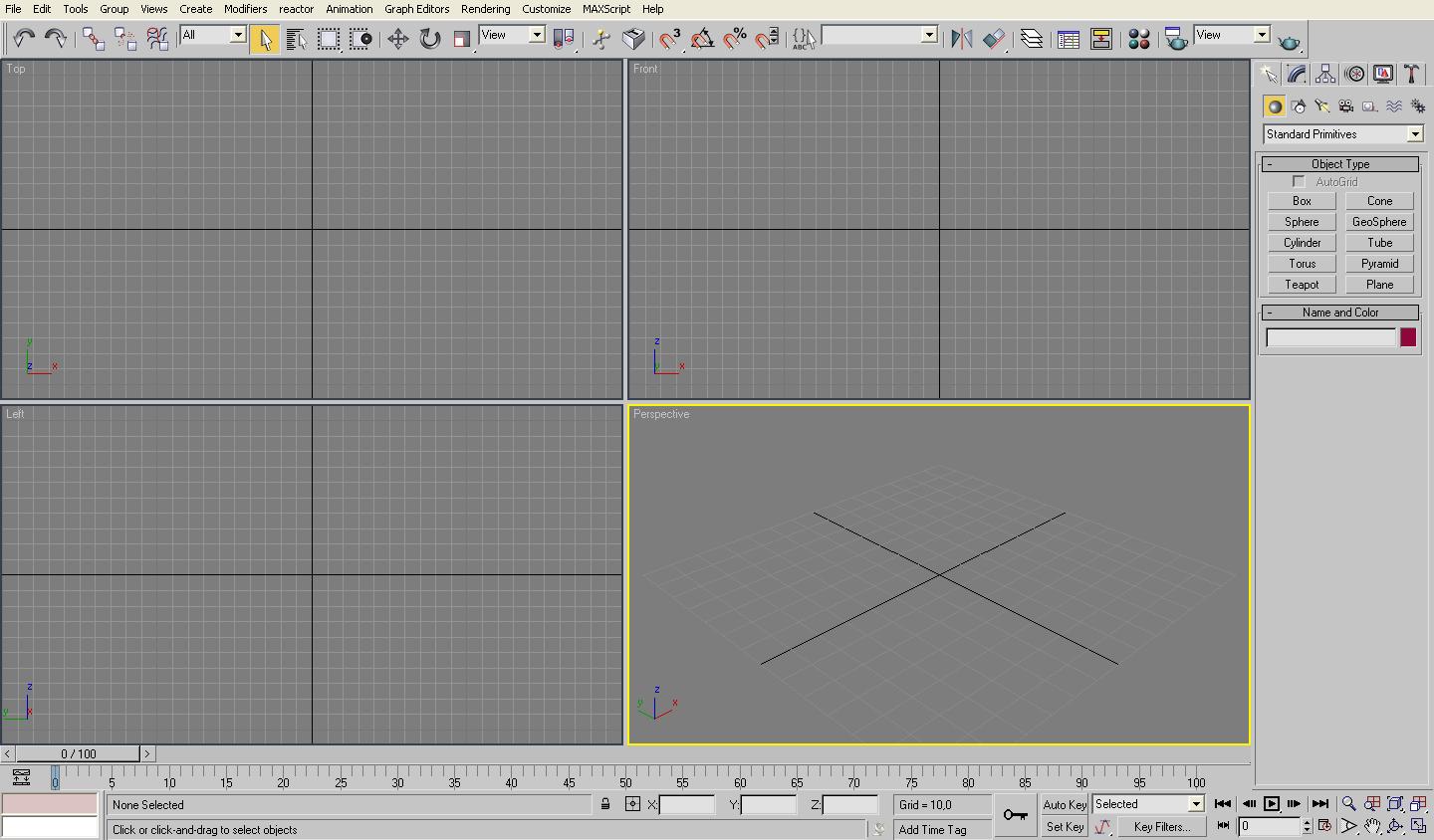


Figura ‑: Interfaz 3DStudio

**OPCIONES, MENUS Y BARRAS DE HERRAMIENTAS**

Podemos extendernos en el uso de las distintas opciones que tiene 3DStuidio y perdernos por sus menús y barras de herramientas, pero este no es el objetivo de este proyecto.

La mejor manera de adentrarse en el uso de una herramienta de estas dimensiones es mediantes tutoriales y ejemplos. No obstante, a continuación a modo de guía esquemática se muestran una serie de tablas resumen que describen y localizan las distintas herramientas más relevantes que se han utilizado para la elaboración de los tres mundos virtuales que se describen en este proyecto.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | BARRA DE MENUS |
| Bmenus.bmp | | |
|  | **MENU FILE** | |
| NEW | Nos permite crear una nueva escena | |
| RESET | Reinicia y borra todos los datos de una escena, para así trabajar desde cero con otra escena | |
| OPEN | Abre escenas previamente guardadas | |
| SAVE AS | Guarda una escena con un nombre decidido por el usuario. | |
| SAVE SELECTED | Guarda el objeto/s seleccionado/s de una escena. | |
| MERGE | Este comando nos permite agregar escenas y/o objetos dentro de la escena de trabajo, haciendo que los objetos u escenas adheridas no estén vinculadas con las guardas en la escena de referencia. | |
| IMPORT | Una de los opciones más importantes ya que mediante está podemos agregar geometría de otros programas o en otros formatos distintos a 3ds MAX, entre los más importantes están: dxf, dwg (ambos archivos de AUTOCAD), ai (de ilustrador) y 3ds. | |
| EXPORT | Sirve para exportar tanto escenas como objetos en diferentes formatos como wrml, dwg, dxf, entre otros. | |
| EXPORT SELECTED | Cuando se requiere exportar un objeto o una selección de objetos esta es la opción ideal. | |
| VIEW IMAGE FILE | Con esta opción se pueden previsualizar archivos de imágenes sin necesidad de abrir un programa especializado para esta acción. | |
| EXIT | Cierra el programa de 3ds MAX. | |
|  | **MENU EDIT** | |
| UNDO (Ctrl+Z) | Deshace la última acción sobre un objeto o una serie de objetos. | |
| REDO(Ctrl+Y) | Regresa a la última acción realizada. | |
| DELETE (Sup) | Borra el o los objetos seleccionados. | |
| CLONE | Sirve para crear copias de geometría. | |
| SELECT ALL | Selecciona todo dentro de la escena. | |
| SELECT INVERT | Cambia la selección, es decir selecciona lo que no estaba seleccionado. | |
| SELECT BY Name, Color, Region | Permite escoger dentro de una lista el nombre a seleccionar. O por color, o por región. | |
| OBJETS PROPERTIES | Mediante está opción se tiene acceso al cuadro de propiedades, en el cual se puede ver nombre del objeto, coordenadas, caras, vértices, layers, etcétera. | |
|  | **MENU GROUP** | |
| GROUP | Se pueden crear bloques de objetos con esta opción para no tener que seleccionar uno por uno. | |
| UNGROUP | Deshace el grupo de objetos y cada objeto se vuelve independiente. | |
| OPEN | Cuando se crea un grupo es posible abrir este para modificar alguno o algunos objetos del grupo. | |
| CLOSE | Una vez que se modificó algún objeto, se procede a cerrar el grupo, para evitar más modificaciones. | |
| ATTACH | Nos permite agregar más objetos al grupo. | |
| DETTACH | Nos permite desvincular del grupo a un objeto. | |
| EXPLODE | Simplemente descompone el grupo haciendo que cada objeto sea independiente. | |
| ASSEMBLY | Nos permite la creación de grupos más la adición del asistente luminaria. | |
|  | **MENU VIEW** | |
| UNDO VIEW CHANGE | Vuelve al estado anterior de la vista | |
| REDO VIEW CHANGE | Vuelve al estado posterior de la vista, rehaciendo el cambio en la vista. | |
| CREATE CAMERA FROM THE VIEW | Agrega una cámara, la cual encuadra lo que se visualiza en el visor activo. | |

Tabla ‑: Barra de menús de 3DStudio

|  |  |
| --- | --- |
|  | PANEL DE COMANDOS |
| PANELCOMANDOS.JPGEl panel de comandos es una parte importante ya que desde este se puede crear cualquier tipo de geometría, modificar geometrías, acceder a los diferentes submenús de mallas, splines, luces, cámara, etcétera. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image076.jpg CREATE (Panel de creación): Nos permite crear casi todos los elementos dentro de 3ds MAX, entre los cuales se encuentran: | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image078.jpg GEOMETRY | Nos permite crear todas los objetos básicos, como cubos, esferas, conos, así como objetos de composición como terrenos. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image080.jpg SHAPES | Nos permite crear objetos bidimensionales, como rectángulos, círculos, arcos, etcétera. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image082.jpg LIGHTS | Nos permite adicionar luces a nuestro trabajo. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image084.jpgCAMERAS | Mediante esta opción podemos definir vistas en nuestra escena, añadiendo cámaras. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image086.jpg HELPERS | Son objetos que solamente son de referencia para el desarrollo de un proyecto.  Aquí encontramos objetos propios de **VRML 97,** como los sensores de proximidad o ProximitySensor. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image092.jpg MODIFY(Panel de modificadores): Los modificadores son de suma importancia, ya que mediante estos podemos cambiar el aspecto de un objeto, a nuestra gusto, así como ajustar algunos parámetros con respecto a materiales y cámaras. Los que se han utilizado en este proyecto se describen a continuación. | |
| UVWmap | Mapea texturas adecuándolas a formas básicas tridimensionales planares, esféricas, cilíndricas, en forma de caja… |
| Optimize | Optimiza el número de prismas o polígonos del elemento al que se le aplica. |
| Normal | Este modificador aporta la posibilidad de visualizar y manejar las propiedades de las normales de un elemento 3D. |
| Edit Mesh | Al aplicar este modificador se puede acceder a cada uno de los prismas o conjunto de prismas que compone un elemento 3D. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image088.jpgSPACE WARPS (Efectos especiales).-Producen distorsiones o ciertos efectos en los objetos. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image090.jpg SYSTEM (Sistemas).- Son un conjunto de objetos, que actúan como un sistema, por ejemplo, sistema de huesos. Un sistema de huesos son un conjunto de articulaciones de objetos vinculadas entre sí, los cuales conforman la estructura de un personaje, para animarlo. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image094.jpg HIERACHY (Panel de jerarquías).- Nos muestra las opciones cuando los objetos están vinculados entre sí, de igual manera las diferentes opciones del pivote de los objetos, el cual se puede ajustar a conveniencia del usuario. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image096.jpgMOTION (Panel de movimientos).- Contiene información de movimientos de los objetos animados como su trayectoria desde el punto inicial al punto final. Es utilizado para escenarios animados. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image098.jpgDISPLAY (Panel de presentación).-Nos permite definir las características de los objetos mostrados en los visores, como ocultar, congelar, mostrar propiedades del objeto, etc. | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image100.jpg UTILITIES (Utilidades).- Contiene diversas opciones principalmente de plug-ins, como por ejemplo reactor, MAXscrip. | |

Tabla ‑: Panel de comandos de 3DStudio

|  |  |
| --- | --- |
|  | BARRA DE HERRAMIENTAS (Barra Principal) |
|  |  |
|  | **Barra de selección** |
| <http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image015.jpg>SELECTION FILTER | Nos permite filtrar selecciones, por ejemplo si únicamente queremos seleccionar luces, seleccionamos de la lista Light. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image017.jpgSELECT OBJET | Nos permite seleccionar un objeto o una serie de objetos. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image019.jpg SELECT BY NAME | Nos permite seleccionar mediante un nombre en específico, se pueden filtrar las selecciones, por ejemplo que únicamente nos muestre el nombre de todos los objetos de la geometría. |
|  | **Barra de transformación** |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image024.jpgMOVE | Nos permite desplazar objetos a nuestro gusto y conveniencia, si se presiona F12, se despliega el conmutador de transformaciones en el cual podemos especificar las coordenadas donde queremos que se nuestro objeto se sitúe. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image025.jpgROTATE | Nos permite hacer rotaciones, en los distintos ejes de simetría. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image027.jpg ESCALE | Nos permite reducir o aumentar el tamaño de objetos mediante un porcentaje de escala, hay 2 formas de escalar objetos, uniforme el objeto conserva la proporción, no uniforme; el objeto no conserva la proporción, puede ser escalado en los 3 ejes de simetría independientemente. |
|  | **Barra de materiales** |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image070.jpgMATERIAL EDITOR | Despliega una ventana donde se diseñan y seleccionan los materiales, que después pueden aplicarse como texturas para los objetos |

Tabla ‑: Barra de herramientas (barra principal)

|  |  |
| --- | --- |
|  | VISORES Y BARRA DE EXPLORACION DE VISORES |
| VIEWPORT (Visores).- Está conformado por 4 visores, y están definidos por vista de planta, frontal, vista de la parte izquierda y perspectiva, así como distintas vistas de objetos como vista desde una luz, cuadrícula, de forma, aunque estos se pueden configurar a la necesidad del usuario, cada visor puede configurarse de distinta manera, sin que afecte a los demás visores.  VISORES.JPGBarra de exploración de visores.- Nos permite explorar la escena, mediante: | |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image105.jpg ZOOM | Nos permite observar todos los objetos dentro de los distintos visores. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image108.jpgZOOM | Realiza un zoom, de forma que los objetos contenidos en los visores sean visibles abarcando los distintos visores. |
| ZOOM EXTENDED OBJET | Realiza un zoom solamente al objeto seleccionado de manera que este abarque los visores. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image109.jpgFIELD OF VIEW | Nos permite ampliar o disminuir el campo visual. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image110.jpg PAN | Nos permite arrastrar la orientación de los objetos para ubicarlos donde se requiera. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image111.jpgROTATE | Nos permite rotar las distintas vistas contenidas en los diferentes visores, principalmente en la vista perspectiva. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image112.jpgZOOM WINDOW | Nos permite seleccionar un rectángulo, en el cual se centrará el acercamiento. |
| http://www.foro3d.com/tutoriales/3ds_max_en_procesos_creativos_de_arquitectura_archivos/image114.jpg VIEWPORT TOGGLE MAX/MIN | Permite cambiar entre visualizar los 4 visores a visualizar un visor en específico. |

Tabla ‑: Visores y barra de exploración

### Virtual Reality Toolbox de Matlab

Este conjunto de herramientas de Matlab es una solución para visualizar e interactuar con sistemas dinámicos en entornos tridimensionales de realidad virtual. Extiende las capacidades de Matlab y Simulink en el mundo de los gráficos de realidad virtual.

Se ha utilizado en este proyecto para visualizar y comprobar que los mundos de Realidad Virtual elaborados responden a las órdenes que reciben del sistema BCI con el que se realiza su integración.

El procesado de las señales encefalográficas está implementado con código Matlab. Son necesarias una serie de herramientas, propias de Matlab, que sean capaces de trasladar este procesado y sus resultados a cambios y actualizaciones sobre el mundo virtual. El Toolbox de Realidad Virtual es el encargado de esta tarea, proporcionado la interacción del sistema BCI con el mundo virtual. Por tanto es conveniente conocer su funcionamiento y capacidades en el tratamiento de entornos virtuales.

El Toolbox de Realidad Virtual incluye muchas funciones para crear y visualizar sistemas dinámicos que manejan entornos virtuales. Además provee interacción virtual en tiempo real, es decir, es capaz de hacer responder los mundos virtuales y sus propiedades en cada instante. Algunas de las funciones más importantes de este Toolbox son las siguientes:

**Soporte para VRML**

El Toolbox de Realidad Virtual de Matlab es capaz de interaccionar con mundos virtuales desarrollados bajo la especificación ISO del estándar de modelado tridimensional VRML97, descrito en el apartado XXX.

Como ya se ha comentado los mundos virtuales elaborados en este proyecto son finalmente traducidos a este estándar y este Toolbox puede interpretarlos y visualizarlos.

**Visores o navegadores VRML**

Incorpora visores o *browsers* para visualizan los mundos virtuales en VRML97, permitiendo un completo control de navegación en el interior del entorno tridimensional.

Existen dos maneras de visualizar el mundo virtual. La primera es la herramienta de visionado interna de mundos virtuales, *Orbisnap*, que posee el *Virtual Reality Toolbox por defecto,* y la segunda es empleando el *blaxxun Contact* si el visionado se realiza a través de la Web. En el proyecto se emplea la herramienta de visionado interna del *Virtual Reality Toolbox*.

**Editores de VRML**

Existe la posibilidad de utilizar el software propietario V-Realm Builder que incorpora la instalación de Matlab para crear mundo virtuales directamente bajo es estándar VRML, pero como se ha comentado en el apartado 3.1.

**Interfaz Matlab**

Para poder usar las características de los mundos virtuales, hay que escribir un fichero-M que use la interfaz de MATLAB para *Virtual Reality Toolbox* (por ejemplo, crear, abrir, y cerrar mundos virtuales).

MATLAB provee comunicación para el control y manipulación de objetos de Realidad Virtual usando objetos MATLAB. Después de crear estos objetos y asociarlos a un mundo virtual, se puede controlar a través de funciones. Algunas de las funciones más utilizadas en este interfaz son las siguientes:

* ***vrdrawnow***. Actualiza la visualización actual del mundo virtual.
* ***vrworld***. Crea un objeto Matlab que representa un mundo virtual. Uso: *Mi\_mundo=vrworld(‘nombre\_fichero’.).*
* ***vrworld/close***. Cierra el mundo virtual. Uso: *close(objeto\_vrworld)*.
* ***vrworld/delete***. Borra el mundo virtual de la memoria. Uso: *delete(objeto\_vrworld).*
* ***vrworld/get***. Devuelve en un objeto los valores de las propiedades del objeto *vrworld*. Uso: *x=get(objeto\_vrworld, ‘nombre\_propiedad’).*
* ***vrworld/nodes***. Realiza un listado de los nodos disponibles en el mundo virtual. Uso*: nodes(objeto\_vrworld).*
* ***vrworld/open***. Abre el mundo virtual. Uso: *open(objeto\_vrworld)*.
* ***vrworld/view***. Visualiza el mundo virtual en el visor. Uso: *view(vrworld\_object)*.
* ***vrnode***. Crea un nodo o un manejador a un nodo (objeto\_*vrnode*) existente en el mundo virtual. Uso: *Mi\_nodo=vrnode(objeto\_vrworld, ‘nombre\_nodo’)*.
* ***vrnode/delete***. Borra el objeto *vrnode*. Uso: *delete(objeto\_vrnode).*
* ***vrnode/fields***. Devuelve los campos VRML del objeto *vrnode*. Uso: *fields(objeto\_vrnode)*.
* ***vrnode/get***. Devulve el valor de la propiedad del objeto vrnode (de un nodo VRML). Uso: *x=get(objeto\_vrnode, ‘nombre\_propiedad’).*
* ***vrnode/getfield***. Devuelve el valor de un determinado campo del objeto nodo. Uso: *x=getfield(objeto\_vrnode,‘nombre\_campo’).*

## Equipamiento hardware

En este aparato se incluye el equipo de trabajo en el que se ejecutará el sistema final, como el resto de equipos necesarios para la adquisición y procesado de datos. A continuación, se enumerarán los equipos empleados:

* Ordenador *Pentium Core2Duo 1.7 GHz*, *1 Giga* de memoria *RAM* y *tarjeta gráfica de 256 MB*. Además posee el sistema operativo Microsoft *Windows XP*, la versión de *Matlab 7.2* y el *Virtual Reality Toolbox 4.3*.
* Polígrafo de 4 canales EEG, Modelo *V75-08* de *Coulbourn Instruments LabLinc*. Se utiliza para amplificar las señales EEG del sujeto.
* Tarjeta de adquisición de datos *DAQCard-6024E* y drivers asociados (NI-DAQ versión 8.0.1) de *Nacional Instruments*. Es el componente encargado de traducir las señales analógicas del sujeto en formato digital para que puedan ser tratadas por el ordenador.
* Gorro dotado de electrodos o *ElectroCap*. Es el medio para transmitir las ondas cerebrales del sujeto hasta el polígrafo.
* Generador de señales. Este componente permite comprobar la respuesta visual del sistema integrado sin la necesidad de utilizar sujetos reales en el estudio. Se simulan las señales EEG del sujeto con señales generadas por un generador de señal, generalmente variando la amplitud de una señal sinusoidal, con el objetivo de observar la respuesta del mundo virtual a las órdenes interpretadas por el procesado BCI.