

Terapia musical y multisensorial mediante las nuevas tecnologías: proyecto SATI (Sistema Audiovisual Terapéutico Interactivo)

César Mauri Loba
CREA Sistemes Informàtics - Tarragona
cesar@crea-si.com

Mabel García González-Sama
Associació Provincial de Paràlisi Cerebral (APPC) - Tarragona
mggs@tinet.org

Joan Bagés Rubí
Artista Sonoro
CICM (Centre de recherche Informatique et Cration Musicale)
Universidad París 8
joanbir@hotmail.com

Resumen

En este artículo se presenta un proyecto de investigación y desarrollo orientado a ofrecer nuevas oportunidades de interacción, estimulación y creación interactiva a personas afectadas de parálisis cerebral en grados moderado y severo. Basado principalmente en técnicas de visión artificial, SATI permite capturar el gesto del usuario y transformarlo en imágenes, sonido y vibración acordes con éste. Esto proporciona una actividad altamente interactiva, asequible a la mayoría de usuarios a pesar de las limitaciones sensoriales, motrices y mentales. Actualmente se dispone de un prototipo capaz de generar sonido mediante el gesto y procesar las emisiones orales de los participantes para añadirles efectos digitales. Las pruebas realizadas hasta el momento muestran el gran potencial del sistema. Entre los objetivos de la investigación se encuentran los sistemas de visión artificial que permitan una interacción adecuada y las metodologías de análisis que permitan mostrar y mejorar la efectividad del sistema.

1. Introducción

El proyecto consiste en la investigación, desarrollo y aplicación de un sistema audiovisual interactivo para su uso terapéutico con personas con discapacidad. Básicamente un sistema audiovisual interactivo consiste en un sistema de captación del gesto (normalmente no invasivo) basado en técnicas como la visión artificial, los ultrasonidos, el láser, etc. Una aplicación informática se encarga de transformar estos gestos en estímulos sonoros y visuales de acuerdo

con las preferencias del usuario.

La idea es crear una propuesta innovadora que aproveche el potencial de las nuevas tecnologías, para crear espacios sensibles, donde existe una libertad gestual configurable, que se adapta y se caracteriza por la ausencia de constantes inamovibles y, en general, no hay reglas a obedecer. El objetivo es que este sistema se convierta en una herramienta de trabajo que permita la exploración, el juego y la diversión. Y que, a través de esta actividad, sea posible –a veces de forma inconsciente– desarrollar distintas capacidades como la participación, la comunicación o la creatividad, y contribuya, por tanto, a la mejora en la calidad de vida.

El interés de este proyecto de investigación y desarrollo se enfoca a las personas con parálisis cerebral, pero no se descarta que el resultado que se obtenga pueda beneficiar a otros colectivos con discapacidad cognitiva (autismo, síndrome de down, retraso mental, discapacitados con afectaciones propias de la edad avanzada, etc.).

2. Antecedentes

Las propuestas encontradas en la literatura se han multiplicado en los últimos años, en parte por el abaratamiento y mayor disponibilidad de la tecnología y en parte por la creciente sensibilización de la sociedad en general ante la realidad de la discapacidad.

Establecer una clasificación de los sistemas interactivos terapéuticos orientados a personas con discapacidad no es una tarea fácil puesto que en la literatura existen numerosas propuestas que combinan tecnologías dispares para gran diversidad de aplicaciones [6], aun así intentaremos distinguir varias familias en función de su aplicación terapéutica:

- Los destinados a la rehabilitación física, es decir que asisten al usuario o lo motivan para que realice ejercicios de rehabilitación físicos. Su estudio se enmarca en disciplinas como la neurología, ingeniería biomédica y la medicina física y rehabilitadora. Se enfoca a usuarios en fase de rehabilitación post-traumática [32] o con enfermedades como Parkinson [5] por ejemplo.
- Los destinados a la rehabilitación mental, por ejemplo para el entrenamiento de ciertas actividades de la vida diaria como: conducir una silla de ruedas [15], comprar en un supermercado [28] o cruzar una calle [31], para el tratamiento de fobias [21, 25, 22, 27], para el tratamiento de trastornos post-traumáticos [26] o para el tratamiento del autismo [1, 30, 29]. Estos sistemas han estado diseñados con el objetivo de simular la exposición del usuario a una situación con el fin de realizar un aprendizaje o desensibilizarlo.
- Los destinados a fomentar una interacción creativa o expresiva, cuyos objetivos terapéuticos son más amplios e intentan hacer participar al usuario de una forma que, por sus limitaciones físicas o cognitivas, difícilmente podría hacerlo de otra forma. Estos sistemas intentan abarcar un espectro más amplio de usuarios y en particular aquellas personas con trastornos múltiples y profundos.

Nuestro proyecto se encuadraría dentro de esta última categoría. Por lo que nos detendremos en enumerar las principales propuestas que igualmente a ella pertenecen.

2.1. Phil Ellis y el sistema Soundbeam

A principios de los 90 Phil Ellis empieza a aplicar lo que denomina terapia sonora utilizando el sistema Soundbeam¹ en niños con parálisis cerebral, autismo y dificultades de aprendizaje múltiples y profundas (PMLD, *profound and multiple learning difficulties*). La terapia sonora es una propuesta que combina la potencia de las nuevas tecnologías con una respuesta estética al sonido, lo que puede fomentar la interacción y el desarrollo de las habilidades comunicativas. Todo desde un enfoque no intervencionista (o mínimamente intervencionista) [7].

A partir del año 1998 Ellis hace evolucionar la terapia sonora a lo que denomina terapia vibro-acústica (*Vibroacoustic Sound Therapy (VAST)*) y comienza a experimentar con ancianos en residencias de la tercera edad [8, 9]. La terapia vibro-acústica incluye el uso de micrófonos y dispositivos vibratorios (concretamente una plataforma vibratoria del mismo fabricante que Soundbeam). El dispositivo vibratorio se emplea para reforzar los sonidos creados mediante Soundbeam o a través del micrófono y también para facilitar la relajación del participante al final de la sesión promoviendo una sensación general de bienestar físico y mental.

A partir del año 2004 Ellis, ya desde el centro de investigación iMUSE (*interactive Multi-Sensory Environments*)² en la Universidad de Sunderland en el Reino Unido, se centra exclusivamente en la experimentación con personas ancianas combinando las técnicas antes mencionadas con una parte visual. Con ello pretende centrar la atención a través de la inmersión y fomentar la creatividad a través de un acoplamiento intuitivo entre percepción y acción [10].

2.2. Soundscapes

Soundscapes [2] está formado por una librería de herramientas para la captura de la función corporal y por distintos programas para crear la respuesta a partir del gesto. Uno de los usos del sistema Soundscapes –y en definitiva el que nos interesa en el marco de este trabajo– es el de “amplificador de expresión” para personas con discapacidad. Proporciona la posibilidad de generar sonidos e imágenes a partir de cualquier movimiento. Se trata pues de crear un espacio sensible donde es divertido permanecer en él y donde se estimula la motivación y creatividad a través del juego y la diversión.

El uso terapéutico de Soundscapes queda ilustrado en proyectos europeos como *Twi-aysi (The world is - as you see it)* [14] y CAREHERE

¹El sistema Soundbeam consiste en un sensor de ultrasonidos capaz de medir la distancia desde éste hasta el obstáculo más cercano. Esta zona del espacio se divide (virtualmente) en pequeñas regiones a cada una de las cuales se le hace corresponder una nota o acorde musical. El usuario, a través de sus gestos, activa el sensor a diferentes distancias generando sonidos y melodías y creando, de esta forma, un espacio virtual sensible.

²<http://my.sunderland.ac.uk/web/projects/imuse/ahome>

(Creating Aesthetically Resonant Environments for the Handicapped, Elderly and REhabilitation) [3, 13].

2.3. Proyecto MEDIANE

Consiste en una instalación multi-sensorial de grandes dimensiones cuyo principal objetivo es [24] permitir al niño/a con autismo poder divertirse y tener la posibilidad de jugar, explorar y ser creativo dentro de un espacio controlable y seguro. También se pretende que puedan llevarse a cabo estudios de carácter psicológico y que los padres de los niños puedan observar a sus hijos jugando en este entorno.

2.4. Otros proyectos

Además de los mencionados, existen otros proyectos similares como Intelivision [4] y otros que emplean técnicas de visión artificial para la construcción de instrumentos musicales accesibles como por ejemplo Virtual Music Instrument (VMI) [18, 17] o Adaptive Use Musical Instruments [23].

2.5. Sistemas musicales interactivos

El proyecto SATI al igual que los proyectos descritos hasta ahora, también bebe de las fuentes de Sistemas Interactivos Musicales (SMI). Por definición, un sistema musical interactivo [16] reúne las siguientes propiedades fundamentales: está basado en tecnología informática, es suficientemente “interactivo” para afectar y modificar las acciones del intérprete(s), provocando un diálogo entre el intérprete(s) y el ordenador y, genera un resultado musical en tiempo de interpretación, bajo el control de uno o más intérpretes.

3. El proyecto SATI

3.1. Objetivos

No cabe duda que si conseguimos fomentar la participación en una persona con discapacidad mental severa –que normalmente permanece pasiva– esto pondrá en marcha una serie de mecanismos que favorecerán su desarrollo. Este tipo de personas suelen estar retraídas, con muy pocas capacidades para la comunicación, lo que las aísla de su entorno. Poner a su disposición un canal que permita de forma efectiva la comunicación, la expresión de sentimientos, de estados de ánimo e incluso la creatividad contribuirá, sin lugar a dudas, en la mejora de la calidad de vida de esta persona.

Para ello es necesario disponer de las herramientas que proporcionen esta interacción multi-modal de forma eficaz, sencilla y económica. Dada nuestra experiencia [20, 19, 12, 11], creemos que las técnicas de visión artificial empleando dispositivos de bajo coste (webcams) pueden jugar un papel determinante por su versatilidad y economía.



Figura 1: Sistema de captura del gesto en acción

3.2. Descripción del sistema

El sistema SATI consta de dos módulos de software:

- **Sistema de captura del gesto.** Se trata de una aplicación que captura y procesa en tiempo real una señal de vídeo (figura 1). De esta señal puede extraerse una serie de parámetros como:
 - Dirección y cantidad de movimiento dentro de un área determinada. Permite seleccionar el área para la extracción de movimiento voluntario (por ejemplo la cabeza, un brazo, un pie, etc.) y, por su alta sensibilidad, está especialmente indicado para personas con movimientos muy restringidos.
 - Posición de una marca de color. La marca de color –como puede ser un guante o una pegatina– se sitúa sobre el participante (normalmente en una extremidad). Está indicado para movimientos más gruesos.
 - Índice de actividad global. Permite extraer la cantidad de actividad (movimientos) dentro del cuadro de captura. Indicado para una interacción basada en todo el movimiento corporal.
- **Motor audiovisual.** Se trata de otra aplicación de software construida en MAX/MSP³ que procesa la información del sistema de captura de gesto para la generación de la imagen y el sonido⁴. Además incorpora funcionalidades para el tratamiento de los sonidos vocales del participante mediante efectos digitales como reverberación y eco (figura 2).

³<http://www.cycling74.com/>

⁴En la fecha de preparación de este artículo, la parte de imagen está todavía en desarrollo

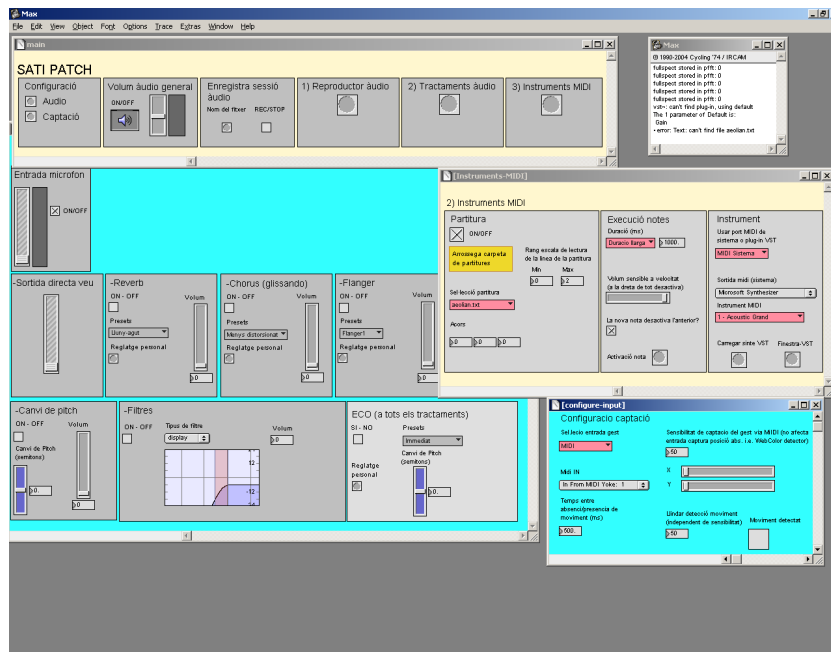


Figura 2: Patch del motor audiovisual

La comunicació entre ambos mòduls se realitza a través del protocol MIDI⁵, muy empleado en el ámbito musical y que permite comunicar ambos programas de manera sencilla, incluso ejecutándose en distintas máquinas.

3.3. Equipo de trabajo

El equipo de trabajo que compone el proyecto es de índole multidisciplinar y a su vez interdisciplinar. Es multidisciplinar, porque confluyen en él diferentes disciplinas que lo requieren como son: del ámbito técnico (ingeniero informático), del musical (un músico y un musicoterapeuta) y del educativo (pedagogos, educadores y profesionales del centro). Pero a su vez decimos que es un equipo interdisciplinar porque estos mismos trabajan de manera coordinada persiguiendo un objetivo común que es desarrollar el proyecto SATI y ese retroalimentación mutua beneficiosa y enriquece tanto al proyecto, a los usuarios y a los profesionales.

En cada sesión se procura que, por lo menos haya dos profesionales junto al usuario. Una figura más técnica que está a los “mandos” del sistema y otra más pedagógica a la cual llamamos “facilitador”, que está con el usuario ayudando a que integre la actividad, se exprese como le plazca y se desinhiba.

Periódicamente se realizan reuniones del equipo para coordinar la línea de trabajo, valorar lo realizado hasta el momento, poner en común los análisis de resultados y proponer mejoras tanto del sistema como del desarrollo de las sesiones.

⁵Musical Instrument Digital Interface

3.4. Perfil de los usuarios

Para poder llevar a cabo el proyecto, y debido a nuestras limitaciones en recursos humanos y de tiempo, agrupamos a los usuarios en tres bloques y escogimos de cada uno, entre 3 y 4 usuarios con el fin de tener la mayor representación del colectivo y comprobar así de manera más eficiente y real la viabilidad del sistema. Estos grupos los definimos de la siguiente manera:

- Grupo A. Usuarios con capacidad intelectual suficiente como para comprender la mecánica de la actividad, que responden de manera consciente y voluntaria a las órdenes dadas. Los objetivos están más allá de que el niño interactúe, se trata de conseguir un perfeccionamiento en las producciones artísticas que hacen con el sistema.
- Grupo B. Usuarios con menos capacidad intelectual que el grupo anterior, pero suficiente como para observar alguna respuesta en el marco de las sesiones de trabajo SATI. Son los que, probablemente, no comprenden, o les cuesta mucho, la mecánica de la actividad o que olvidan su mecanismo entre una sesión y otra. El objetivo principal es que acaben por comprender y puedan disfrutar de sus propias producciones como los del grupo A.
- Grupo C. Usuarios con bajo nivel intelectual y con capacidad de relación con el entorno más limitada que los anteriores grupos, y cuya respuesta ante el sistema es difícilmente observable pero no imposible.

3.5. Desarrollo de las sesiones

Las sesiones duran aproximadamente unos 30 minutos incluyendo preparación, entrada y salida del participante, toma de anotaciones y entrevista final con el facilitador. Normalmente se concretan en 4 bloques de trabajo con voz y 2 con movimiento salvo particularidades pactadas con anterioridad. El orden de estos bloques se permuta, después de algunas sesiones, teniendo en cuenta algún criterio, con el fin de eliminar la influencia del orden de aplicación de los mismos, cansancio u otros. La duración de cada uno de estos bloques es de 3 minutos. Posteriormente se lleva a cabo una entrevista al facilitador donde se reflejan las primeras impresiones tras realizar la actividad. Ésta no suele durar más de 10 minutos. En todos los casos se intenta un enfoque mínimamente intervencionista de forma que el facilitador sólo ayude al usuario a la hora de adentrarse en la actividad.

3.6. Metodología de análisis

El análisis de las sesiones de experimentación se realiza preferentemente a través de los registros (vídeos, sonido, etc.) obtenidos y con la ayuda de herramientas para la anotación de vídeos⁶. En principio interesa estudiar los efectos inmediatos que produce el uso del sistema, aunque es interesante constatar los efectos producidos a largo plazo, si bien no sea posible atribuirlos estrictamente al uso del sistema.

⁶En el proyecto SATI empleamos Anvil, <http://www.anvil-software.de/>

Las variables que se tienen en cuenta en el estudio posterior a las sesiones son (entre otras): atención (de que tipo: dispersa, enfocada, etc.) y durante cuánto tiempo (minutos, segundos, etc.), satisfacción, desinhibición, si ha sido voluntario o inducido, conectividad con la tarea, etc.

El análisis de cada vídeo se realiza, preferentemente, por el facilitador que conoce y sabe interpretar con mayor fidelidad las respuestas del usuario. Para intentar, en la medida de lo posible, establecer y mantener un criterio común de evaluación, se establece un consenso durante las primeras sesiones, y regularmente se realizan reuniones de control para mantener dicho consenso.

3.7. Resultados preliminares

Tras casi un año de experimentación y desarrollo del proyecto SATI, podemos constatar que se trata de una herramienta muy útil para la mayoría de los usuarios con los que se ha probado.

A nivel pedagógico porque favorece a dar continuidad al trabajo integral que se realiza en el resto de áreas como son: la atención, la percepción, la intención comunicativa, la relajación y control muscular entre otras.

Desde un punto de vista terapéutico porque ayuda a los usuarios a fomentar su expresividad, su conectividad con el entorno más inmediato, su imaginación, su gusto por realizar sus propias producciones y oírse a sí mismo, así como, en algunos casos, llevar a término sus propios deseos y fantasías de tocar un instrumento (la guitarra, por ejemplo) que de otra manera, debido a sus dificultades motoras, les sería imposible.

Por último y no menos importante, a nivel lúdico por la importancia que tiene encontrar hoy en día herramientas para las personas afectadas de parálisis cerebral que permitan aprender, jugar y divertirse al mismo tiempo.

4. Conclusiones

La línea de investigación asumida en este trabajo presenta un reto difícil. Por una parte, trabajar con personas con discapacidades severas y múltiples no es tarea fácil: no siempre contamos con su cooperación, resulta muy complejo comunicarse (si es que esta comunicación existe), algunos tienen un estado de salud delicado que obliga a estar atentos a la aparición de posibles crisis y normalmente no nos podrán expresar su opinión de forma clara (por ejemplo, rellenando un cuestionario). Además los resultados no siempre son generalizables ya que habitualmente se va a disponer de poblaciones pequeñas y muy heterogéneas.

Por otro lado hay que tener en cuenta las múltiples disciplinas que se entremezclan: música y arte visual, musicoterapia, informática, psicología, educación especial, fisioterapia, terapia ocupacional e incluso medicina rehabilitadora. Esto implica que para desarrollar un estudio completo es necesario un equipo humano cualificado en estas áreas con un buen nivel de coordinación. Como mínimo deberemos tener herramientas para valorar las propuestas que se planteen y nos permitan extraer conclusiones. Dicha valoración debe ser llevada a cabo por expertos en psicología contando con el asesoramiento de

personas cercanas al participante que puedan ayudar a confirmar o refutar las hipótesis o colaborar en la identificación de respuestas.

Actualmente disponemos de un primer prototipo del sistema que únicamente incorpora sonido y con el cual ya hemos realizado más de 6 meses de experimentación con los usuarios de la APPC. Esta previsto incorporar la parte visual a corto plazo y la parte táctil –mediante vibración– a medio plazo. Estamos además ante un terreno poco explorado por lo que las oportunidades de aportar más luz son variadas. Destacaríamos:

- Elaborar herramientas o metodologías para mejorar la caracterización de los participantes. De esta forma sería más fácil vincular ciertas observaciones con las particularidades de un grupo de usuarios y contribuir, por tanto, a la generalización de los resultados.
- Establecer metodologías de análisis de los efectos del sistema y relacionarlas con el perfil de usuario concreto. También puede ser interesante involucrar a otros participantes en el proceso de análisis (por ejemplo los padres o tutores) o desarrollar técnicas automáticas de análisis.
- Ir hacia sistemas más autónomos y usables por parte de los profesionales. Es decir, a partir de los prototipos desarrollados es necesario derivar aplicaciones informáticas fáciles de usar por parte de las personas encargadas de poner en práctica estos sistemas (profesores, cuidadores, terapeutas ocupacionales, musicoterapeutas, padres, etc.) para que puedan hacer un uso eficaz de los mismos. La realidad, según nuestra experiencia⁷, es que existen numerosas propuestas tecnológicas orientadas a personas con necesidades educativas especiales, pero que la gran mayoría no se utilizan, a pesar de contar con los medios técnicos necesarios, “simplemente” porque son difíciles de usar.

El día a día, el trabajo cotidiano y la colaboración de todos los profesionales que intervienen permiten mejorar la calidad de vida de las personas con parálisis cerebral y en este sentido, creemos que el sistema SATI aportará ese granito de arena para esa mejora. Aún así sabemos que nos queda mucho camino por recorrer y mejorar.

Como se ha dicho, el interés de esta investigación y proyecto se enfoca a las personas con parálisis cerebral, pero no se descarta que el resultado que se obtenga pueda beneficiar a otros colectivos con discapacidad cognitiva (autismo, síndrome de down, retardo mental, discapacitados con afectaciones propias de la edad avanzada, etc.). Tampoco se descarta su aplicación en la vertiente lúdico-educativa para personas sin necesidades especiales.

Referencias

- [1] Francisco Alcantud, Gerardo Herrera, Gabriel Labajo, I. Dolz, C. Gaya, V. Avila, A. Blanquer, J. L. Cuesta, y J. Arnaiz. Assessing virtual reality as

⁷Por ejemplo, una vez asistimos a la lectura de un proyecto de final de carrera donde el estudiante había sido requerido por un centro de atención a personas con parálisis cerebral para que les adaptara un nuevo sistema para la creación de plafones de comunicación. Es decir, la complejidad del programa era tal que necesitaron un profesional en informática para una tarea que debería poder realizar un logopeda!

- a tool for support imagination. En *Computers Helping People with Special Needs*, tomo 2398 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 185–191. Springer, Berlin / Heidelberg, 2002.
- [2] Anthony Brooks. Virtual interactive space(V.I.S.) as a movement capture interface tool giving multimedia feedback for treatment and analysis. En *Int Congr World Confed Phys Ther*, página 289, Japan, 1999.
- [3] Anthony Brooks. CAREHERE: Creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation. En *Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*, páginas 191–198, Oxford, England, 2004.
- [4] Christine Brumback, Liubo Borrisov, Jeffrey Galusha, y Annette Dilorio. Intellivision. En *The Sixth International Conference Ubiquitous Computing*, Nottingham, UK, 2004. University of Nottingham.
- [5] Antonio Camurri, Barbara Mazzarino, Gualtiero Volpe, Pietro Morasso, Federica Priano, y Cristina Re. Application of multimedia techniques in the physical rehabilitation of parkinson's patients. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 14:269–278, 2003.
- [6] Sue Cobb y P.M. Sharkey. A decade of research and development in disability, virtual reality and associated technologies: review of ICDVRAT 1996-2006. *International Journal of Virtual Reality*, 6(2):51–68, 2007.
- [7] Phil Ellis. Incidental music; a case study in the development of sound therapy. *The British Journal of Music Education*, 12:59–70, 1995.
- [8] Phil Ellis. Improving quality of life and well-being for children and the elderly through vibroacoustic sound therapy. En *Computers Helping People with Special Needs*, tomo 3118 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 416–422. Springer-Verlag, 2004.
- [9] Phil Ellis. Vibroacoustic sound therapy: Case studies with children with profound and multiple learning difficulties and the elderly in long-term residential care. *Studies in Health Technology and Informatics*, 103:36–42, 2004.
- [10] Phil Ellis. The development of interactive multisensory environments for expression, 1992 - 2007. Keynote, Luxembourg Society for Music Therapy, Noviembre 25 2006.
- [11] Mabel Garcia y Cesar Mauri. Experiencia de interacción persona-ordenador a través de webcam con usuarios con discapacidad motriz grave y moderadamente afectados:. En *Tecnoneet*, Murcia, 2004.
- [12] Mabel Garcia y Cesar Mauri. Parálisis cerebral y nuevas tecnologías: Ayudas técnicas basadas en visión artificial . En *IV Jornadas Onubenses Sobre Parálisis Cerebral*, 2005.
- [13] i3net. CAREHERE. creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation. <http://www.bristol.ac.uk/carehere/>, Consultado por última vez: Julio 29 2008.

- [14] i3net. Twi-aysi. The world is - as you see it. <http://www.bristol.ac.uk/Twi-aysi/>, Consultado por última vez: Julio 29 2008.
- [15] Dean P. Inman y Ken Loge. Teaching motorized wheelchair operation in virtual reality. En *1995 CSUN Virtual Reality Conference*, Northridge, 1995. California State University.
- [16] Sergi Jordà Puig. *Digital Lutherie: Crafting musical computers for new music's performance and improvisation*. PhD thesis, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, 2005.
- [17] Roger Knox, Andrea Lamont, Tom Chau, Yani Hamdani, Heidi Schwellnus, Ceilidh Eaton, Cynthia Tam, y Patricia Johnson. Movement-to-music: Designing and implementing a virtual music instrument for young people with physical disabilities, Mayo/Mayo 2003.
- [18] Andrea Lamont, Roger Knox, Tom Chau, Yani Hamdani, Heidi Schwellnus, Cynthia Tam, y Patricia Johnson. Converting movements to music new musical exploration opportunities for children in rehabilitation. En *Canadian Association for Music Therapy 29 th Annual Conference*, páginas 26–30, Regina, Saskatchewan, Canada, 2002.
- [19] Cesar Mauri. Interacción persona-ordenador mediante cámaras webcam. En Jesus Lores y Raquel Navarro Prieto, editores, *Interacción 2004*, páginas 366–367, Lleida, Mayo3–7 2004. Universitat de Lleida.
- [20] Cesar Mauri, Toni Granollers, Jesus Lores, y Mabel García. Computer vision interaction for people with severe movement restrictions. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 2(1):38–54, Abril 2006.
- [21] Max M. North, Sarah M. North, y Joseph R. Coble. Virtual environment psychotherapy: A case study of fear of flying disorder. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(1):127–132, Febrero/Febrero 1997.
- [22] Max M. North, Sarah M. North, y Joseph R. Coble. Virtual reality therapy: An effective treatment for psychological disorders. En *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*, páginas 1065–1078. Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, NJ, 2002.
- [23] Pauline Oliveros, Leaf Miller, Zevin Polzin, y Zane Van Dusen. Adaptive use musical instruments: Software musical instrument. <http://bsjeon.net/thisAbility/en/pauline.html>, Consultado por última vez: Septiembre 30 2008.
- [24] Narcis Pares, Anna Carreras, Jaume Durany, Jaume Ferrer, Pere Freixa, David Gomez, Orit Kruglanski, Roc Pares, Ignasi J. Ribas, Miquel Soler, y Alex Sanjurjo. Promotion of creative activity in children with severe autism through visuals in an interactive multisensory environment. En *IDC '05: Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children*, páginas 110–116, Boulder, Colorado, 2005. ACM.

- [25] David-Paul Pertaub, Mel Slater, y Chris Barker. An experiment on public speaking anxiety in response to three different types of virtual audience. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11(1):68–78, 2002.
- [26] Albert Rizzo, Jarrell Pair, Peter J. McNerney, Ernie Eastlund, Brian Manson, Jon Gratch, Randy Hill, y Bill Swartout. Development of a VR therapy application for Iraq war military personnel with PTSD. En *Medicine Meets Virtual Reality 13: The Magical Next Becomes the Medical Now*, tomo 111 de *Studies in Health Technology and Informatics*, páginas 407–413. IOS Press, 2005.
- [27] Cecilia Sik-Lanyi, V. Simon, L. Simon, y V. Laky. Using virtual public transport for treating phobias. En *The Fifth International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*, UK, 2004. University of Reading.
- [28] P.J. Standen y J. J. Cromby. Can students with developmental disability use virtual reality to learn skills which will transfer to the real world? En *1995 CSUN Virtual Reality Conference*, Northridge, 1995. California State University.
- [29] Dorothy Strickland. A virtual reality application with autistic children. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5(3):319–329, 1996.
- [30] Dorothy Strickland. Virtual reality for the treatment of autism. En *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*, páginas 81–86. IOS Press, Amsterdam, 1997.
- [31] Patrice L. Weiss, Yuval Naveh, y Noomi Katz. Design and testing of a virtual environment to train CVA patients with unilateral spatial neglect to cross a street safely. *Occupational Therapy International*, 10:39–55, 2003.
- [32] Patrice L. Weiss, Debbie Rand, Noomi Katz, y Rachel Kizony. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 1, 2004.