

INTERACCIÓ DE COS SENCER: APLICACIONS AL MÓN DE LES NECESSITATS ESPECIALS

Narcís Parés

Universitat Pompeu Fabra

1. Introducció

Jonathan Grudin (1990), un destacat investigador de la interacció persona-ordinador, ho digué ben clar: la història de la informàtica és la història de l'ordinador que s'esforça per sortir del seu contenidor digital vers el món dels usuaris. Al que es referia Grudin era que la interacció persona-ordinador, la comunicació entre un ésser humà i un sistema controlat per un ordinador, ha estat des dels inicis una lluita per incorporar el món físic de l'usuari i adoptar millor la manera en què les persones es comuniquen entre si.

La comunicació anomenada *no verbal*, aquella que s'esdevé a partir de la gesticulació, la postura i la proximitat del cos, és extremament important en la nostra comunicació entre persones. Per aquesta raó és molt important que els ordinadors puguin anar comprenent i adoptant també aquest tipus de comunicació. En aquest sentit, un altre important investigador de la interacció persona-ordinador, Bill Buxton (1986), expressava la preocupació que «els sistemes d'ordinadors fan un ús extremament pobre del potencial dels sistemes sensorials i motors de l'ésser humà» i que cal que «parem més atenció al "llenguatge corporal" dels diàlegs entre persona i ordinador». Tot i haver passat més de vint anys i que la interacció persona-ordinador hagi evolucionat admirablement, encara estem lluny de poder dir que la nostra comunicació amb els ordinadors incorpora de manera satisfactòria el llenguatge corporal.

D'altra banda, les teories contemporànies sobre cognició (Varela *et al.*, 1992; Dourish, 2001; Wilson, 2002; Di Paolo *et al.*, 2007; Barsalou, 2008; Antle, 2009, etc.) descriuen que cal entendre la ment i el cos com una unitat inseparable, en oposició a la visió cartesiana que entenia les dues parts de manera independent i diferenciada. Segons teories com la «cognició corpòria» (*embodied cognition*) o la teoria d'«actuació» o «representació» (*enaction theory*) (Di Paolo *et al.*, 2007), l'ésser humà pot comprendre el món gràcies al fet que té un cos que li permet percebre aquest món i actuar-hi. Davant d'aquestes teories, el disseny d'interacció persona-ordinador de manera natural ha anat explorant com es pot incorporar la interacció de cos sencer. La idea és, doncs, que si l'ordinador permet que els usuaris actuïn amb tot el cos en

aquest procés de comunicació, aquests podran entendre millor el món informacional i experiencial que se'ls ofereix.

En els darrers trenta anys la tecnologia ha anat donant lloc a tota mena de dispositius sensors i de visualització (o, en general, de generació d'estímuls) que, de diverses maneres, han anat contribuint a assolir tipus d'interacció més flexibles, més rics i, en certa manera, més naturals i propers a la interacció entre persones. Això ha donat lloc a tipus d'interaccions que han estat anomenats amb neologismes altisonants com ara *realitat virtual*, *realitat augmentada*, *realitat mixta*, *interacció tangible*, *realitat artificial*, *interacció corpòria* (*embodied interaction*), etc. Aquestes formes d'interacció, o *paradigmes* d'interacció, incorporen d'alguna manera la interacció amb el cos de l'usuari.

Moltes persones s'han apuntat a pujar al carro del sensacionalisme que aquests neologismes sovint promouen. Això ha aixecat tota mena d'expectatives fantàtiques o, senzillament, no assolibles en el moment en què s'oferien, i ha provocat el desencís de molta gent que esperava una oportunitat real de millorar algun aspecte de la seva vida. Per exemple, casos greus en què s'ha il·lusionat familiars de persones amb algun trastorn cognitiu amb solucions miraculoses no demostrades. Tot i que no hem d'oblidar que el frau és igualment rebutjable per molt banal que sigui l'aplicació que s'estigui oferint si aquesta no assoleix allò que promet. Així doncs, les conseqüències ètiques d'aquestes maneres de fer han fet molt mal a aquests àmbits de recerca en els quals hi ha molts investigadors que intenten portar a terme una tasca seriosa i rigorosa, que en molts casos és lenta i feixuga, però altament important i necessària.

Aquesta recerca ens ha de permetre entendre millor les especificitats d'aquests tipus d'interacció i el potencial que ens aporten des d'un punt de vista comunicacional, cognitiu i de generació de significat. És per això que requereix enfocaments interdisciplinaris amb equips d'investigadors de tota mena de camps; des de la informàtica i la tecnologia, fins a la psicologia, passant per la comunicació audiovisual, l'ergonomia, la medicina, el disseny, l'art, etcètera.

Com es pot ja intuir, la interacció de cos sencer té un enorme espectre d'aplicacions que a curt, mitjà i llarg

termini poden canviar la nostra manera de jugar (Bianchi-Berthouze *et al.*, 2007; Díaz i Boj, 2009; Hodgkins *et al.*, 2008; Liljedahl *et al.*, 2005; Lund *et al.*, 2005; Mueller *et al.*, 2003; Parés *et al.*, 2009; Warren, 2003), aprendre (Ackerman, 2004; Alcaraz *et al.*, 2010; Bobick *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 1998; Kynigos *et al.*, 2010; Lindgren i Moshell, 2011; Parés i Carreras, 2007), col·laborar (Carreras i Parés, 2004; Maes *et al.*, 1995), rehabilitar, fer exercici (Davis i Bobick, 1998a; Hämmäläinen *et al.*, 2005; Mueller i Agamanolis, 2008), etc. En aquest article no podem abastar tot aquest espectre. Ni des d'un punt de vista tecnològic, ni de paradigmes d'interacció, ni d'àmbits d'aplicacions. Per tant, ens centrarem en com la interacció de cos sencer pot ajudar el món de les necessitats especials, és a dir: aplicacions que ajudin a entendre millor trastorns cognitius i a la llarga a millorar la qualitat de vida de les persones que els pateixen; aplicacions que ajudin a compensar deficiències provocades per la nostra societat, com ara el sedentarisme; aplicacions que contribueixin a la rehabilitació física de persones que han patit algun accident en el seu sistema motor i/o vascular; aplicacions que ajudin que les persones amb necessitats especials siguin més autònomes i alhora els reforci l'autoestima i els doni una vida un xic més normalitzada. Cal dir que encara ens trobem a les beceroles de tota aquesta recerca, però alguns avenços són ja remarcables i val la pena fer-ne difusió i donar-los suport. A més, també és interessant donar a conèixer que molta d'aquesta recerca s'està realitzant a casa nostra.

Així doncs, en aquest article introduïrem el tipus de tecnologia en què ens centrarem i que dóna lloc al tipus d'interacció anomenat *realitat artificial*. Emfatitzarem les propietats d'interacció que aquesta aporta tant a partir de les seves configuracions com de les formes de comunicació que permet. Un cop establertes aquestes propietats, veurem una panoràmica d'exemples d'aplicacions en l'àmbit de les necessitats especials amb treballs d'aquí i de fora. Finalment, analitzarem en més detall un exemple concret per fer-nos una millor idea de com la interacció de cos sencer pot ajudar en aquest camp.

2. Realitat artificial: la tecnologia i la interacció

La realitat artificial es pot considerar una branca de la realitat virtual. El terme va ser definit a mitjan anys setanta per un enginyer nord-americà anomenat Myron Krueger (Krueger *et al.*, 1985). Krueger va definir un sistema anomenat *videoplac* (semblant al de la figura 1) que mitjançant una càmera de vídeo connectada a un ordinador capturava la silueta de l'usuari. El sistema analitzava la silueta per tal de saber-ne una sèrie de característiques, o paràmetres, i la incorporava en un món digital d'objectes generats per ordinador tot permetent que la silueta i els objectes «virtuals» poguessin interaccionar. D'aquesta manera, el cos de l'usuari (la seva representació com a silueta) podia comunicar-se amb aquesta experiència proposada pel sistema. Tal com Krueger ho defineix: «Una realitat arti-

cial percep les accions del participant en termes de la relació del seu cos amb un món gràfic i genera respostes que mantenen la il·lusió que les seves accions s'estan desenvolupant dins d'aquest món». És a dir, Krueger posa l'accent en la interacció de tot el cos i la relació d'accions que s'esdevé entre usuari i sistema. Això és important ja que l'experiència d'acció es considera més important que no l'experiència de percepció, i per tant dóna suport a les teories cognitives i comunicacionals introduïdes anteriorment.

A partir d'aquest treball seminal, fa ja més de trenta-cinc anys, molts altres investigadors han desenvolupat sistemes amb configuracions diverses i ho han aplicat a un nombre important d'aplicacions. Cal destacar un aspecte important d'aquests sistemes i que pot resultar un xic xocant a més d'un lector. Existeix el clicé associat sovint a la realitat virtual que els entorns virtuals de les experiències han de partir d'una representació en tres dimensions (dita *tridimensional* o *3D*). Això és una restricció que cal desterrar d'entrada ja que la possibilitat de tenir entorns amb representació en dues dimensions (2D) aporta una versatilitat i un ventall de possibilitats molt interessant. De fet, la major part del treball de Krueger en realitat artificial ha estat al llarg dels anys basat en interacció en entorns 2D. I, com veurem més endavant, moltes de les aplicacions que s'han derivat a partir del treball de molts altres investigadors, també.

A continuació veurem quines són les configuracions principals que es troben més habitualment.

2.1. Configuracions bàsiques de la realitat artificial

Tal com s'ha descrit abans, aquests sistemes es basen en una càmera de vídeo connectada a l'ordinador que captura imatges del cos de l'usuari i en detecta la forma i els gestos (figures 1 i 2). A partir d'aquesta captació el sistema per-

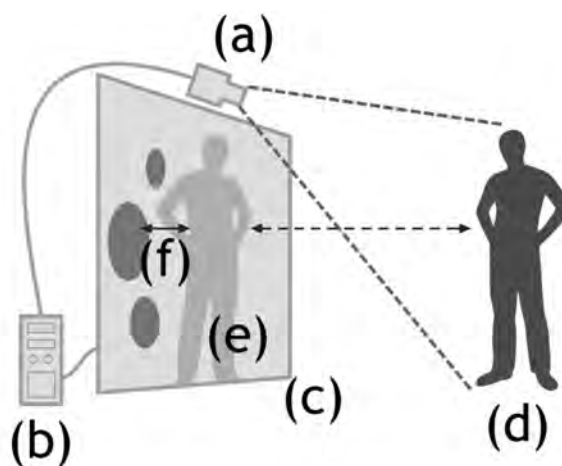


FIGURA 1. Sistema de realitat artificial en configuració de tercera persona: a) càmera de vídeo, b) ordinador, c) sistema de visualització (monitor o pantalla de projecció), d) usuari, e) silueta capturada de l'usuari i mostrada al sistema de visualització i f) objectes virtuals amb què la silueta pot interaccionar.

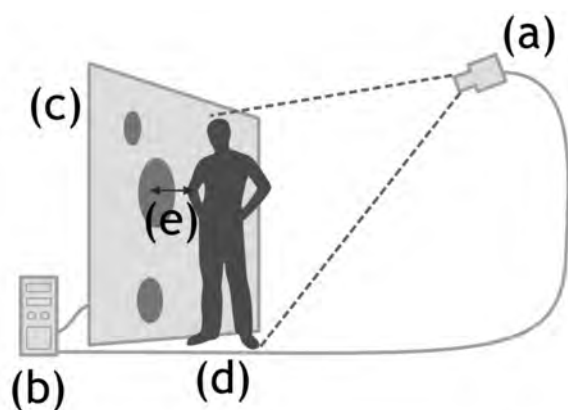


FIGURA 2. Sistema de realitat artificial en configuració de primera persona: a) càmera de vídeo, b) ordinador, c) sistema de visualització (monitor o pantalla de projecció), d) usuari i e) objectes virtuals amb què l'usuari pot interactuar.

met a l'usuari interactuar amb els objectes virtuals. Tot i que els elements de maquinari essencials en general són els mateixos en totes les configuracions, existeixen diverses variants que donen lloc a tipus d'instal·lacions diferents, com veurem més endavant.

En aquest punt, resulta important fer èmfasi que aquests sistemes utilitzen tan sols una sola càmera per a capturar l'activitat de l'usuari. Això fa que aquest s'hagi de situar a una distància concreta en què la càmera el pugui veure sencer i a una mida òptima. Per tant, l'usuari no s'hauria de moure endavant i endarrere, tan sols lateralment. La càmera, doncs, captura aquesta activitat en un sol pla, és a dir, són uns sistemes de detecció de les accions dels usuaris en dues dimensions (2D).

Això té les implicacions següents com a especificitats del sistema. Per una banda, si l'usuari s'apropa o s'allunya de la càmera, tot canviant la distància òptima a la qual s'hauria de situar, aquesta no ho detecta com un «apropament» o «allunyament». Si l'usuari s'apropa, la seva silueta comença a ocupar més tros de la imatge que captura la càmera i, per tant, es detecta com un «engrandiment» de l'usuari. Això fa que la càmera no detecti tan bé les accions de l'usuari i que, en el cas extrem, si aquest s'hi apropa massa, la càmera ja ni tan sols en detectarà la silueta. D'altra banda, si l'usuari s'allunya de la càmera, cada cop apareixerà més «petit» en la imatge i, per tant, els paràmetres que calcularà el sistema seran com si fos un usuari de mida «reduïda». Aquest fet no s'ha de veure com una limitació del sistema, sinó com una especificitat a tenir en compte. Aquesta especificitat no afecta el fet que es puguin fer un gran nombre d'aplicacions molt interessants i útils.

Més enllà de l'aparença externa de les configuracions mostrades a les figures 1 i 2, cadascuna dóna lloc a un tipus diferent de comunicació amb l'experiència, és a dir, cadascuna dóna lloc a un paradigma d'interacció diferent. En aquest article distingirem entre dos paradigmes principals segons les dues configuracions mostrades en les figu-

res 1 i 2. Aquests dos paradigmes s'anomenen *paradigma d'interacció en tercera persona* i *paradigma d'interacció en primera persona*, respectivament.

2.2. Paradigma d'interacció en tercera persona

Aquest paradigma està definit per una configuració com la mostrada en la figura 1. Aquesta configuració és anàloga a l'esquema original del *videoplace* de Krueger (1985). En aquesta configuració la càmera sempre se situa davant de l'usuari just a sobre (o a sota) del sistema de visualització que s'utilitzi. Això força l'usuari (figura 1d) a situar-se a una certa distància de la combinació càmera - sistema de visualització (1a i 1c) de manera que la càmera el capti òptimament. A causa d'aquesta distància del sistema de visualització, i per tal que l'usuari tingui una idea clara de quins objectes virtuals pot afectar i on, el sistema integra la silueta de l'usuari (1e) dins l'entorn virtual. D'aquesta manera l'usuari veu la representació del seu cos amb relació als objectes virtuals. És a dir, que la interacció de l'usuari amb els objectes virtuals es fa de manera *indirecta* a través d'aquest element afegit, la silueta, i per tant s'anomena *interacció en tercera persona*.

Per exemple, suposem que un dels objectes virtuals és una pilota que està estàtica al mig de la pantalla. L'usuari pot moure el seu cos lateralment per tal de desplaçar la seva representació dins l'entorn virtual. Així, l'usuari pot decidir apropar la seva silueta a la pilota. Si la silueta topa (col·lisiona) amb la pilota, aquesta darrera pot ser impulsada. L'usuari, en veure la relació entre la seva silueta i la pilota, pot entendre com pot donar-li una direcció concreta a partir de ressituar el seu cos o una part d'aquest, segons convingui en l'activitat proposada.

2.3. Paradigma d'interacció en primera persona

Tal com es mostra a la figura 2, en aquesta configuració la càmera (2a) se situa darrere l'usuari (2d) i oposada al sistema de visualització (2c). Així, l'usuari queda situat entre la càmera i el sistema de visualització. L'usuari ha de situar-se a una certa distància de la càmera, cosa que en aquest cas, i a diferència de l'anterior, li permet col·locar-se ben a prop del sistema de visualització. Això genera una relació totalment diferent de l'usuari respecte dels objectes virtuals. En aquest cas, la proximitat fa que l'usuari vegi el seu cos directament relacionat amb els objectes virtuals. Aquesta relació *directa* fa que no calgui incloure una representació de l'usuari dins l'entorn virtual; és a dir, no cal incloure una silueta. Com que en aquest cas no hi ha res que faci d'intermediari entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals, aquesta situació s'anomena *interacció en primera persona*.

Tornem a l'exemple de la pilota estàtica a la pantalla. Suposem que l'usuari apropa el seu cos a la zona on està

situada la pilota. Si de sobte fa un gest amb el qual el seu cos (o una part, com el braç) passa per davant de la pilota, l'usuari veurà com la pilota és impulsada en «col·lisionar» amb el seu cos. Així, a l'usuari li sembla que és directament ell qui afecta l'objecte virtual (pilota) sense necessitat de la intermediació d'un tercer element com és la silueta en l'altra configuració.

Cal deixar clar que en aquesta configuració no cal que l'usuari toqui la superfície del sistema de visualització. No ens estem referint a un sistema de pantalla tàctil. Tan sols cal que l'usuari sigui molt a prop de la pantalla i s'esdevingui aquesta relació directa entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals.

2.4. Diferències entre els paradigmes d'interacció en primera i en tercera persona

Si analitzem les diferències entre aquests dos paradigmes veurem que aquestes van més enllà de la simple configuració dels aparells o components dels sistemes. També van més enllà del simple fet de tenir o no una silueta dins l'entorn virtual. La diferència dóna lloc a dos mitjans diferents de comunicació entre persona i ordinador. Aquesta diferència s'origina per com l'experiència és mediatitzada vers l'usuari. Des d'un punt de vista comunicacional i psicològic, podem veure que els processos de percepció i cognició de l'usuari involucrats en cadascun dels dos paradigmes, com a sistemes de comunicació, modifiquen la comprensió de l'experiència de maneres diferents.

Concretament, en el cas del paradigma en tercera persona, l'usuari ha de poder posar en correspondència els seus moviments amb els de la seva corresponent representació visual dins l'entorn virtual de manera que pugui calibrar les seves accions mentre, a distància, intenta interaccionar amb els objectes virtuals. És important emfatitzar aquest punt. Si la imatge de l'usuari no fos integrada dins l'entorn virtual, l'usuari, com que està situat a una distància del sistema de visualització, no tindria gens clar sobre quina part de l'entorn virtual estarien incidint les seves accions. En integrar la seva silueta a l'entorn virtual, aquest sistema es comporta com una mena de mirall digital. La imatge de l'usuari pot ser una senzilla silueta llisa d'un sol color (com en el cas del *videoplace* de Krueger), o bé pot ser una representació detallada fotogràfica (com en molts altres sistemes més actuals), però en tot cas l'usuari reconeix la seva imatge i pot interaccionar amb els objectes virtuals a través seu.

Aquesta situació es podria entendre com a anàloga a quan un nen comença a aprendre a pentinar-se davant d'un mirall, que se li presenten problemes de coordinació de moviments dreta-esquerra quan vol situar la pinta en un punt determinat del seu cap. En el cas de la interacció en tercera persona això ens descriu una dificultat potencial que requereix una adaptació que pot ser més o menys curta depenent de diversos factors i de l'habilitat de l'usuari.

Ara bé, el factor més rellevant que ens tipifica la inter-

acció en tercera persona és el fet que, tot i que l'usuari evidentment es mou en l'espai físic, tota l'acció de l'experiència s'esdevé «dins» l'espai virtual. És a dir, com que l'usuari interacciona amb els objectes virtuals a través de la seva silueta, que també és una representació virtual, tot el centre d'atenció cau sobre l'espai virtual. L'espai físic és certament necessari per tal de poder realitzar les accions, però l'usuari deixa de centrar-se sobre el seu cos per centrar-se en la silueta per saber si els moviments estan tenint l'impacte desitjat sobre els objectes virtuals. Així doncs, aquest paradigma es pot dir que dóna lloc a experiències purament virtuals.

D'altra banda, en el paradigma en primera persona, l'usuari no ha de realitzar aquest vincle mental entre el seu cos i l'espai virtual ja que no hi ha una silueta en la qual s'hagi d'emmirallar. L'usuari és tan a prop del sistema de visualització que pot veure les parts del seu cos en relació directa amb els objectes virtuals representats a la pantalla. L'usuari, doncs, té una relació directa per adyacència del seu cos als objectes virtuals i no requereix un intermediari com la silueta.

Ara bé, això no necessàriament facilita les coses. L'usuari no té els problemes potencials, descrits abans, de calibratge i coordinació respecte a la seva silueta, però ara ha d'entendre la coexistència del seu cos i dels objectes virtuals en dos espais diferents, el físic i el virtual respectivament. És a dir, l'usuari ara ha de centrar la seva atenció en aquella zona de comunicació que forma una estreta pel·lícula i que està composta, per una banda, per l'espai físic en què es mou l'usuari davant la pantalla i, per l'altra, per l'espai virtual en què es mouen els objectes de l'experiència. L'usuari necessita veure el seu cos directament per saber on és i per situar-lo davant la zona de la pantalla on es representen els objectes virtuals que vol afectar. Aquest fort acoblament entre espai físic i virtual, a través d'una relació *cosituada*, dóna lloc a una experiència del que es coneix com a *realitat mixta* (segons defineixen Milgram *et al.*, 1994).

Com que l'usuari directament veu el seu cos adjacent als objectes virtuals i influenciant-los, el paradigma en primera persona podria semblar un tipus d'interacció més natural que no el paradigma en tercera persona, que requereix un element «artificiós» com és la silueta. És a dir, semblaria una forma més propera a la forma en què habitualment relacionem el nostre cos amb l'entorn que ens envolta. No obstant això, l'esforç cognitiu que ha de realitzar l'usuari per tal de fusionar espai físic i virtual no sembla pas trivial.

A l'article de Parés i Altimira (2013) es pot trobar una anàlisi més detallada dels dos paradigmes i un seguit de proves experimentals que es varen realitzar per tal de veure les seves propietats específiques i com es comparaven entre si en algunes aplicacions. Tot i les dificultats aparents descrites d'aquests sistemes, com veurem més endavant, a la pràctica són molt útils i perfectament viables en els dos tipus de paradigmes. Ambdós s'estan emprant de manera molt potent en molts camps i aplicacions, i en especial en

l'àmbit de les necessitats especials estan obrint noves possibilitats reals.

Una darrera diferència entre tots dos paradigmes és que en tercera persona la mida del sistema de visualització no resulta rellevant, mentre que en primera persona la mida té un paper important a descriure l'escala a què funciona l'experiència. És a dir, en tercera persona, l'usuari obté informació d'escala dels objectes virtuals en comparar-los amb la mida de la seva silueta. Com que la silueta es troba dins el mateix espai virtual que els objectes, aquesta passa a ser la referència d'escala. Per exemple, si un objecte virtual és tan alt com la silueta, l'usuari de seguida entén que és un objecte virtual que té una alçada semblant a la seva. Ara bé, aquesta relació no es veu afectada per la mida del sistema de visualització. Ja pot ser una pantalla de projecció gran, com en la figura 1, o una pantalla més petita, de la mida d'un monitor d'ordinador de sobretaula, com en la figura 3, que l'usuari entindrà la relació d'escala de manera semblant a partir de la relació entre la silueta i els objectes virtuals.

En canvi, en el paradigma en primera persona, allò que dóna relació d'escala, allò que passa a ser el referent de tot, és el cos de l'usuari. En aquest paradigma el cos de l'home passa a ser la mesura de totes les coses; allò que Vitruvi ja va definir fa segles (Vitruvius, 2006) i que Leonardo da Vinci immortalitzà en el seu famós esquema *L'home de Vitruvi*. És a dir, la mida relativa entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals és allò que permet a l'usuari entendre quina mida efectiva tenen els objectes virtuals i com ell s'ha de situar respecte dels objectes i com ha d'actuar sobre aquests. Així doncs, la mida del sistema de visualització passa a ser un element no arbitrari. Si el sistema utilitza una pantalla de projecció gran com en la figura 1 i un objecte és tan alt com l'usuari, en canviar el sistema de visualització per una pantalla petita, aquell mateix objecte virtual passarà a ser una miniatura respecte de l'usuari. D'aquesta manera, en interacció en primera persona sempre hem de considerar la relació d'escala entre espai físic i virtual com una part important del disseny de l'experiència.

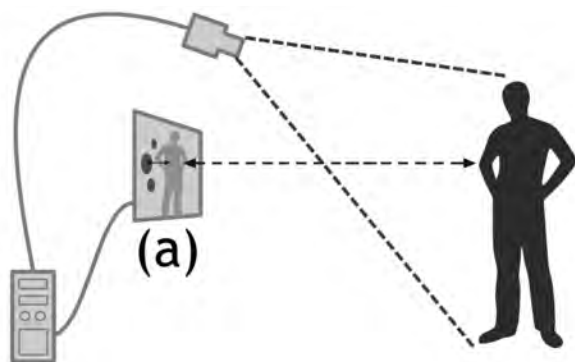


FIGURA 3. Sistema de realitat artificial en configuració de tercera persona amb un sistema de visualització reduït com pot ser una pantalla d'ordinador de sobretaula (a).

2.5. Sistemes de realitat artificial més accessibles en el nostre entorn

Els sistemes de realitat artificial que més fàcilment es poden trobar en el nostre entorn són dins l'àmbit de l'oci, concretament, en els videojocs. En efecte, tot i que Krueger va definir els primers sistemes a mitjan anys setanta no va ser fins al 1999 que la tecnologia es va fer suficientment assequible en cost i prou potent en prestacions per poder arribar a l'àmbit domèstic. Els primers van ser de la casa Logitech, per una banda, i Intel (D'Hooge i Goldsmith, 2001), per l'altra, i ambdós eren sistemes que utilitzaven càmeres tipus *webcam* i estaven pensats per a jocs sobre ordinadors personals domèstics. Tots dos sistemes funcionaven segons el paradigma de tercera persona.

L'explosió d'aquests sistemes, però, va venir de la mà de Sony i la seva videoconsola anomenada PlayStation 2. A aquesta videoconsola, s'hi podia connectar una càmera anomenada EyeToy que permetia una interacció de realitat artificial segons el paradigma de tercera persona. Aquest sistema va ser continuat en la PlayStation 3 amb la nova càmera anomenada senzillament Eye.

Els lectors poden també estar-ho relacionant amb el sistema aparegut més recentment anomenat Kinect pertanyent a la videoconsola Xbox de Microsoft (i que també pot ser connectat a un ordinador personal, tot i que ja és una opció per a usuaris avançats). Aquest sistema funciona sobre una tecnologia de captació de moviments de l'usuari força diferent a la de la resta de sistemes esmentats (i que no entrarem a descriure per tal de no desviar-nos del nostre objectiu en aquest article). No obstant això, la major part d'experiències interactives que aquesta tecnologia permet es poden associar perfectament a un sistema de realitat artificial en tercera persona.

Com es pot veure, tots els sistemes de realitat artificial que s'han comercialitzat fins ara han utilitzat el paradigma d'interacció en tercera persona. Si es pensa en les propietats i diferències descrites en les seccions anteriors, això no resulta sorprenent. Essencialment, la raó es fonamenta en la darrera diferència entre els paradigmes de primera i tercera persona. És a dir, el sistema en tercera persona funciona igual independentment de la mida del televisor o pantalla d'ordinador que tingui l'usuari a casa seva. Per tant, resulta molt més flexible i pot abastar un segment de mercat molt més ample, malgrat que no es tinguin en compte els avantatges i inconvenients de cada paradigma respecte de cada tipus de joc o experiència interactiva oferta.

3. La realitat artificial i les aplicacions per a persones amb necessitats especials

3.1. Context general

En els darrers quinze anys, la utilització i la importància de la realitat virtual han anat incrementant-se en àmbits com

el de la rehabilitació (Kizony *et al.*, 2004c; Rizzo i Jounghyun, 2005), en què s'han aportat clars avantatges sobre estratègies de rehabilitació tradicionals, tal com descriu Holden (2005). Per exemple, les tècniques de rehabilitació motora sovint comporten exercicis molt tediosos i monòtons. Les tecnologies que descrivim poden aportar una faceta més divertida que no tan sols faci més passadora l'activitat, sinó que a més motivi els pacients a realitzar-la. Un altre exemple és incrementar l'autoestima dels pacients a partir de poder anar regulant millor el nivell de dificultat de les tasques. A més, aquestes tecnologies sembla que prometin la possibilitat que les activitats de rehabilitació les puguin realitzar els pacients de manera autònoma, sense tant d'ajut dels terapeutes o assistents, i fins i tot de manera no supervisada. Altres avantatges d'aquestes tecnologies són, per exemple, la possibilitat d'anar enregistrant una seqüència temporitzada d'un gran nombre de paràmetres que es poden mesurar dels pacients durant les sessions de rehabilitació. Això permet, per una banda, una anàlisi important *a posteriori* de l'estat del pacient per tal de poder avaluar-ne el progrés. Per altra banda, també pot permetre que el sistema es vagi adaptant automàticament a l'evolució del pacient i així optimitzar les sessions. Dins les tecnologies de realitat virtual més habitualment utilitzades hi ha les de realitat artificial basades en sistemes de visió per computador amb una càmera, com els descrits en seccions anteriors.

Alguns sistemes, com el Vivid GX, desenvolupat originalment pel Vivid Group del Canadà, que després es transformà en l'empresa actual GestureTek, resulten molt costosos. Tot i la seva sofisticació i potencial, el seu alt cost fa difícil que puguin arribar a grups de recerca en rehabilitació i encara més difícil als usuaris finals que han de realitzar les rehabilitacions. A més, aquests sistemes estan pensats com a eines de desenvolupament d'aplicacions que requereixen equips d'informàtics per a desenvolupar noves experiències. Això també fa difícil l'accés d'aquestes eines a psicòlegs i terapeutes. No obstant això, tenen uns avantatges clars, ja que poden ser molt adaptats i ajustats a les necessitats concretes de cada tipologia de pacients.

Per altra banda, els sistemes comercials basats en videoconsoles abans esmentats tenen un cost molt assequible tant per a equips i personal mèdic, com per a pacients. Això facilita que els pacients es puguin acabar beneficiant dels avantatges d'aquests sistemes. No obstant això, aquests són sistemes tancats que no poden ser modificats i, per tant, no poden ser acuradament adaptats a les necessitats concretes de cada grup de pacients o a cada individu.

Aquesta partició d'entorns i eines segurament desapareixerà d'aquí a uns quants anys, en què la tecnologia evolucionarà fins a un punt en què el cost baixarà i la flexibilitat augmentarà. No obstant això, considerem que per tal de desenvolupar experiències realment adequades a les necessitats dels diversos col·lectius de pacients, sempre caldran equips interdisciplinaris en els quals col·laborin psicòlegs, terapeutes, dissenyadors d'interacció, ergonòmits, experts en sensors, etcètera.

Malgrat tot, molts investigadors han pogut realitzar proves en rehabilitació i teràpies (Brooks i Petersson, 2005; Burke *et al.*, 2008; Flynn *et al.*, 2007; Haik *et al.*, 2006; Kizony *et al.*, 2004a; Kizony *et al.*, 2004b; Parés *et al.*, 2006; Parés *et al.*, 2005) i han pogut aprofitar els avantatges importants de les propietats d'aquests sistemes de realitat artificial. En concret: del fet que són sistemes que no requereixen enlairar el cos de l'usuari amb cables, ni sensors ni marcadors (no són *intrusius*); que són molt robustos, ja que no cal manipular cap dispositiu físic (com ara un ratolí o altre comandament) i que, per tant, no pateixen degradació ni maltractament; que són sistemes que, com que permeten la interacció de cos sencer, aporten una naturalitat important d'ús que en facilita molt l'aprenentatge i la continuïtat d'ús, i, finalment, que aquesta interacció de cos sencer no requereix un control motor fi que demani unes habilitats especials dels usuaris.

3.2. Exemples d'aplicacions en rehabilitació i discapacitats

Un dels treballs més importants en aquesta àrea és el de Kizony, Weiss, Katz i la resta d'investigadors del Departament de Teràpia Ocupacional de la Facultat d'Estudis de Benestar Social i Salut de la Universitat de Haifa, a Israel. Aquestes investigadores han establert les bases d'una important recerca en la rehabilitació motora de persones que han patit un ictus i els ha provocat la paràlisi d'un braç o una cama. Aquests pacients han de realitzar exercicis periòdics molt tediosos per anar movent l'extremitat paralyzada.

En primer lloc, aquestes investigadores han analitzat la viabilitat d'aquestes tecnologies en el camp de l'anomenada *rehabilitació virtual* a través del sistema Vivid GX (Kizony *et al.*, 2004a; Kizony *et al.*, 2004c). Elles proposaren també un model jeràrquic de tres nivells de contextos: l'«espai d'interacció», la «fase de transferència» i el «món real», per explicar l'impacte de rehabilitació d'aquestes tecnologies en la vida diària dels pacients (Kizony *et al.*, 2004a). La idea és que aquests sistemes, tot jugant, motivin els pacients a realitzar una sèrie de moviments equivalents als que realitzarien en una teràpia convencional, però passant una bona estona. Això és important, ja que en un ictus no són els músculs del membre paralyzat allò que pateix una lesió; el que deixa de funcionar correctament és una part del cervell encarregada del control d'aquell conjunt de músculs del membre. Aquesta part del cervell pot quedar afectada a causa d'una manca d'arribada de sang a causa d'un coàgul que obtura un vas sanguini d'aquella zona, o bé, provocat per un vessament pel trencament del vas sanguini. En quedar inutilitzada aquella zona del cervell, el que cal és que una altra part que encara estigui en bon estat passi a substituir-la en el control del membre afectat. Això és el que es coneix com a *plasticitat del cervell*. Aquest és un procés molt lent i encara força desconegut, i en alguns casos es dona amb èxit i en d'altres no. Així, en cas que es recuperi la mo-

bilitat, habilitat i coordinació del membre paralytitzat, els pacients han de poder tornar a realitzar tasques aparentment tan senzilles com cordar-se una camisa, pentinar-se, menjar o escriure. És a dir, que han de poder traslladar les habilitats recuperades a les seves activitats diàries.

Malauradament, com s'ha explicat abans, l'alt cost dels sistemes Vivid GX els fa poc adients per a un ús realment generalitzat en centres de rehabilitació, i encara menys a les cases dels pacients. Per aquesta raó també van explorar les possibilitats d'utilitzar els sistemes de baix cost com l'EyeToy de la PlayStation 2 i ho van comparar amb el sistema Vivid GX (Kizony *et al.*, 2004b). Elles van trobar que els aspectes lúdics d'aquests sistemes basats en videoconsol·les generaven una motivació molt positiva en els pacients i que el seu baix cost realment permetia un accés generalitzat i constant en el temps. Malgrat això, la impossibilitat de graduar el nivell de dificultat dels jocs a les capacitats específiques de cada pacient, a causa que són sistemes tancats, generava en molts casos importants nivells de frustració en alguns pacients aguts d'ictus. La frustració és un efecte indesitjat que es dona quan el pacient no pot obtenir bons resultats en els jocs que se li proposen. Van trobar que això pot influenciar la implicació del pacient en la tasca i, en general, l'efectivitat de l'ús d'aquests sistemes en la rehabilitació.

També van comparar la rehabilitació d'aquests sistemes de realitat artificial amb sistemes de realitat virtual que utilitzen casc de visualització (Kizony *et al.*, 2005). Segons la seva recerca, els primers tenen un enorme potencial i viabilitat per davant dels segons ja que l'ús dels cascos de visualització acostuma a causar efectes col·laterals amb més freqüència. Aquests efectes poden ser, per exemple, marejos i altres malestars associats a estar molta estona amb aquests cascos de visualització, que priven de tenir una visió de l'entorn físic i restringeixen la percepció als estímuls visuals mostrats en sistemes formats per petites pantalles i conjunts de lents. A més, els de realitat artificial obtenen una eficàcia similar als de realitat virtual amb casc, però a un cost molt menor i sense tantes molèsties d'ús.

Darrere de Kizony i la resta d'equip, han vingut altres investigadors que han analitzat l'ús i viabilitat dels sistemes EyeToy de la PlayStation 2 i que, com veurem, han assolit resultats encoratjadors. Brooks i Petersson (2005) van provar aquests sistemes en hospitals, en unes activitats suplementàries a la teràpia habitual, contribuint al procés de rehabilitació com a eina per augmentar la motivació en nens i nenes. Aquesta recerca sobretot analitza la viabilitat d'introduir aquests sistemes en hospitals, les problemàtiques de trobar un espai adequat, les possibles restriccions de la tecnologia i les diverses visions dels equips mèdics de diferents hospitals. Flynn *et al.* (2007) han provat aquest sistema en un pacient d'ictus crònic i han obtingut bons resultats de recuperació. A més, com que no han trobat efectes adversos del sistema sobre el pacient, plantegen la

possibilitat que els pacients puguin fer-ne ús a casa per ells mateixos sense necessitat de supervisió. I un exemple més és el de Haik *et al.* (2006), que van provar amb èxit aquests sistemes en rehabilitació de cremades com a manera de distracció del dolor.

Alguns projectes han decidit optar per desenvolupar els seus sistemes propis. Per exemple, Burke *et al.* (2008) varen posar en pràctica un sistema totalment desenvolupat per ells per aplicar a la rehabilitació de pacients amb extremitats superiors paralytitzades per accidents vasculars. L'objectiu principal era definir jocs amb dissenys al màxim d'ajustats a les necessitats dels pacients i alhora poder ajustar-ne la complexitat de la manera més adequada per a cada persona. Un altre exemple és el de Herbelin *et al.* (2008), que varen utilitzar sistemes en tercera persona per a un rang de diverses discapacitats, obrint portes de noves línies de recerca. En aquest treball es mostra com utilitzant eines obertes i lliures (*open source*) es pot començar a prototipar experiències adequades i ajustades als pacients i alhora motivar la discussió amb terapeutes i metges. Una de les eines interessants utilitzades per fer prototipus ràpids per provar diverses opcions i aproximacions de jocs va ser la plataforma Second Life de Linden Labs.

A Catalunya, investigadors com Toni Granollers, del grup Griho de la Universitat de Lleida, o Cèsar Mauri, de la Universitat Rovira i Virgili, fa anys que sumen esforços per investigar l'aplicació de tecnologies de cos sencer per ajudar persones amb problemes greus de control motor, com, per exemple, amb paràlisi cerebral (Mauri, Solanas i Granollers, 2012). En aquests sistemes s'intenta que els pacients assoleixin un millor control dels seus sistemes musculars, els quals pateixen moviments convulsius per un mal funcionament del control motor des del cervell. També aquí, a Catalunya, a la Universitat Pompeu Fabra (UPF) el grup Specs utilitza tecnologia d'interacció de cos sencer per ajudar a la rehabilitació motora d'extremitats superiors amb parèsia provocada per algun accident vascular mitjançant el sistema basat en la realitat virtual Rehabilitation Gaming System (RGS) (Cameirao *et al.*, 2011).

Tots els sistemes que utilitzen realitat artificial apliquen el paradigma d'interacció en tercera persona. La interacció en primera persona és, de fet, poc habitual. Aquest paradigma va ser definit per primer cop pel nostre equip de recerca en un projecte finançat per la Unió Europea anomenat MEDiate (Parés *et al.*, 2005; Parés *et al.*, 2006). Aquest projecte va desenvolupar un espai interactiu per a nens amb autisme amb baix nivell funcional amb l'objectiu d'explorar com poder-los donar sensació de control i sensació d'agència.¹ A la secció següent expliquem aquest projecte en detall com a cas d'estudi d'aquests sistemes aplicats a les necessitats especials. Analitzarem els seus

1. La sensació d'agència és aquella en la qual una persona percep que, com que té control de l'entorn que l'envolta, se sent vinculada a l'entorn i que aquest no li és aliè.

avantatges i com s'han aprofitat les seves especificitats. Com a evolució del projecte *MEDIATE*, també hem desenvolupat el projecte *SIIMTA*, una experiència de realitat artificial en primera persona per millorar el rendiment de les sessions de musicoteràpia en nens amb autisme.

El meu grup també ha estat desenvolupant un sistema anomenat *tobogan interactiu* (Parés *et al.*, 2009): un tobogan inflable augmentat amb tecnologia de realitat artificial en primera persona per ajudar a compensar els estils de vida sedentaris dels nens i nenes que provoquen problemes de salut en el creixement, obesitat, etc. Segons l'OMS,² a Europa (i altres zones desenvolupades del món) els nens i nenes realitzen, de manera significativa, menys activitat física que els nens de fa deu, vint o trenta anys. Segons l'OMS també, una de les raons principals d'aquest sedentarisme són els mitjans interactius domèstics, com, per exemple, videoconsoles i videojocs, ordinadors, Internet, les xarxes socials, els mòbils, etc. Com que aquests mitjans estan tan arrelats ja en la cultura i la vida diària dels nens d'avui dia, i com que aquests mitjans també tenen avantatges clars, no resulta lògic que deixin d'utilitzar-los. Així, una sèrie de grups de recerca de diversos llocs del món hem endegat iniciatives per tal d'aconseguir que els nens i nenes facin activitat física sense adonar-se'n tot jugant amb mitjans interactius especials. Aquests sistemes, anomenats *exergames*, es basen en videojocs que fan que la interacció entre l'usuari i el sistema comporti algun tipus de moviment del cos. En el nostre cas hem dissenyat un tobogan inflable en què la superfície lliscant (de 4 x 3 m) és també pantalla de projecció dels entorns virtuals de videojocs pensats específicament per ser jugats en un entorn com aquest. Un sistema de visió per ordinador detecta on són els nens i com interaccionen amb els objectes virtuals. Aquest és, doncs, un sistema de realitat artificial en paradigma en primera persona, que augmenta amb tecnologia interactiva una plataforma de joc físic prou coneguda i natural pels nens. Així, tot jugant amb els videojocs els nens fan activitat física sense quasi adonar-se'n. Aquesta recerca és encara molt preliminar i estem treballant intensament per tal d'aconseguir resultats que ens permetin poder començar a plantejar-ne un ús regular en processos de teràpia i rehabilitació i així poder incidir en una millora de la qualitat de vida. La qüestió essencial és poder controlar la quantitat i la qualitat de l'activitat física automàticament, dins d'uns límits saludables definits per experts mèdics o en educació física.

Tots aquests projectes representen tan sols una part de la recerca en la tecnologia d'interacció de cos sencer aplicada a les necessitats especials. Com s'ha pogut observar, hi ha una quantitat important de projectes relacionats amb la rehabilitació motora per raons evidents associades a l'activitat física que promou la interacció de cos sencer. Els avantatges cognitius que aquest tipus d'interacció pot aportar són encara molt desconeguts i, per tant, cal

seguir-hi treballant, però el potencial que s'albira és encoratjador i demana sumar esforços i diversificar els àmbits d'aplicació.

4. *MEDIATE*: un cas concret d'aplicació de realitat artificial per a nens amb autisme

Les persones amb trastorn dins l'espectre autista (TEA), i en especial els nens, sembla que tenen una especial predilecció pels sistemes audiovisuals i, en especial, controlats per ordinador. El TEA és encara molt desconegut i, tot i la recerca important que s'està duent a terme i els grans avenços realitzats en els darrers deu anys, hi ha moltes incògnites sobre l'origen d'aquest trastorn, les seves tipificacions (ja que comprèn un espectre amb un rang amplísim), les seves necessitats especials, etcètera.

4.1. *El TEA*

El TEA és tipificat per tres característiques bàsiques segons la visió tradicional: dificultats importants de desenvolupament en la comunicació, en la socialització i en la imaginació.³ No obstant això, darrerament es tendeix a definir com un trastorn de les habilitats socials en general. És un trastorn que afecta des del naixement i durant tota la vida. Té molts graus d'intensitat i les persones amb graus menys intenses (de mitjà i alt grau de nivell funcional) poden arribar a aconseguir un cert grau d'autonomia quan són adultes a partir de teràpies i estratègies educatives.

En aquest context de discapacitats, una dificultat que pateixen les persones amb TEA és que tenen una baixa sensació de control del món que les envolta. Els resulta difícil comprendre que poden afectar el món i que aquest els respondrà coherentment. Per tant, perceben el món com a caòtic i impredecible. Això ocorre de manera més aparent en les persones amb TEA de baix nivell funcional.

4.2. *L'origen del projecte MEDIATE i el seu context*

A causa de la manca de sensació de control descrita abans, un grup d'investigadors de diverses universitats europees ens vam aplegar el 2000 per realitzar un projecte de recerca que ajudés els nens amb TEA de baix nivell funcional i sense capacitat de comunicació verbal a assolir sensació de control i, si fos possible, sensació d'agència (la sensació d'estar vinculat al món i que aquest no és aliè). L'objectiu era fer-ho amb una experiència lúdica a partir de tecnologia interactiva i de manera multimodal, és a dir, utilitzant tantes modalitats d'estímul com fos possible. A més es volia que durant l'estona de joc els nens i nenes poguessin

2. Organització Mundial de la Salut.

3. National Autistic Society del Regne Unit (NAS): <www.nas.org.uk>.

ser autònoms i no depenguessin dels pares o cuidadors per poder fer l'activitat.

El projecte *MEDIATE* (Parés *et al.*, 2005; Parés *et al.*, 2006) va ser guiat en els aspectes psicològics per les psicòlogues Francesca Happe (1999), de l'Institut de Psiquiatria del King's College de Londres, i Pamela Heaton, del Goldsmiths, també de Londres. El consorci estava, a més, format per grups de recerca de la Universitat de Portsmouth (Regne Unit), del Hogeschool voor de Kungsten Utrecht (Holanda) i de la UPF.

Fins aquell moment, les tecnologies interactives s'havien aplicat a l'àmbit de les persones amb TEA de manera molt minoritària. Essencialment existien dues referències importants. La primera, l'ús de sistemes de realitat virtual basada en casc de visualització, realitzat per la investigadora Dorothy Strickland (1996). L'objectiu era ensenyar a nens amb TEA les qüestions bàsiques necessàries per poder creuar un carrer de manera segura. El casc de visualització és un aparell que cobreix tot el camp visual de l'usuari, l'aïlla de l'entorn físic i li permet explorar un entorn virtual a través d'un sistema de visualització situat dins del casc. Per tant, aquests sistemes són molt intrusius sobre el cos de l'usuari. Així, aquests sistemes amb el casc de visualització són poc adients per a nens amb aquest trastorn, ja que resulta molt difícil que acceptin posar-se un aparell que els envaeix tant el cos i que els pren tot referent de l'entorn físic. Per tant, tan sols ho va poder provar amb dos nens.

L'altra referència era el projecte europeu *Aurora*, liderat per la investigadora Kerstin Dautenhahn (1999), en què s'utilitzaven petits robots de diverses formes i capacitats com a elements de joc. Aquests intentaven potenciar essencialment l'estratègia d'imitació per tal de captar l'atenció i concentració dels nens amb TEA. Un dels robots proposats era un ninot de roba que tocava un timbal. Al nen amb autisme se li donava també un timbal per tal que imités les accions i ritmes que el petit robot li anava proposant. Altres robots eren com petits vehicles amb rodes (de la mida d'un gos petit) que intentaven convèncer els nens que els seguisin per jugar. Aquests robots exhibien comportaments com apropar-se al nen a poc a poc i, en arribar ben a prop, girar cua i allunyar-se ràpidament del nen per veure si aquest el seguia. D'aquesta manera es volia observar millores d'actitud en els nens amb TEA, intentar allunyar-los de comportaments repetitius i estereotipats i, finalment, ajudar-los a mantenir un estat d'ànim relaxat que els permetés centrar-se millor en activitats pedagògiques posteriors. Els resultats varen ser limitats, però es van trobar alguns elements de disseny d'interacció amb robots interessants.

4.3. La tecnologia de *MEDIATE* i les decisions de disseny d'interacció de cos sencer

El projecte *MEDIATE* es va plantejar utilitzar tecnologia no intrusiva, és a dir, que no envaís el cos dels nens amb

sensors, marcadors ni cables. D'aquesta manera, es va dissenyar un espai interactiu multimodal en el qual tots els elements interactius havien d'estar inserits en l'espai i no envair el cos del nen.

Així, *MEDIATE* es va concretar com un espai hexagonal, irregular, d'uns sis metres de diàmetre intern (figura 4). La configuració espacial comptava amb dues grans pantalles de projecció que omplien dues parets de l'hexàgon per a la interacció amb estímuls visuals (figura 5); una paret amb estructures tubulars que en ser tocades actuaven com un instrument musical i tàctil, i una paret amb estructures encoixinades que generava vibracions relaxants de diferents freqüències i intensitats: qualsevol so generat pel nen obtenia una resposta en forma d'eco a través de diversos sons, i el terra generava sons a partir de la detecció de les passes del nen. Aquest espai era, a més, desmuntable i transportable (en un camió) per tal de poder-lo provar amb nens de diversos llocs d'Europa.

Entrant més en detall en aquests sensors situats a l'espai per tal de no envair el cos dels usuaris, trobem en primer lloc els sensors situats sota terra que detectaven les passes dels nens. Aquests sensors formaven rajoles d'1 x 1 m i, per tant, donaven una localització de baixa resolució sobre on se situaven els nens. Però, a més, quan el nen feia una nova passa detectaven aquest canvi de pressió sobre el terra. També detectaven si el nen passava el seu pes d'una cama a l'altra. Aquestes dades servien a l'entorn per respondre amb sons que feien d'eco de les passes del nen. Aquests sons inicialment eren sons de passes sobre diferents tipus de materials, però si el nen interaccionava amb

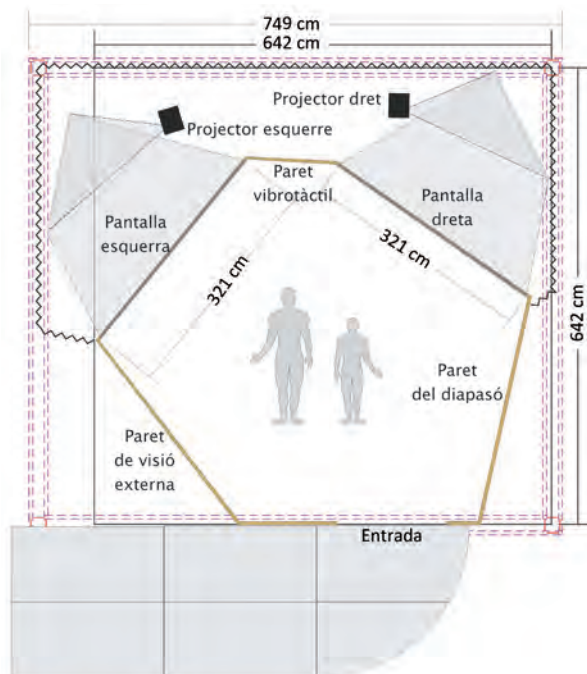


FIGURA 4. Vista en planta de l'espai interactiu multimodal *MEDIATE* (es mostren les figures de dos usuaris, un adult i un nen, com si estiguessin ajaguts a terra per donar noció de l'escala de l'espai).

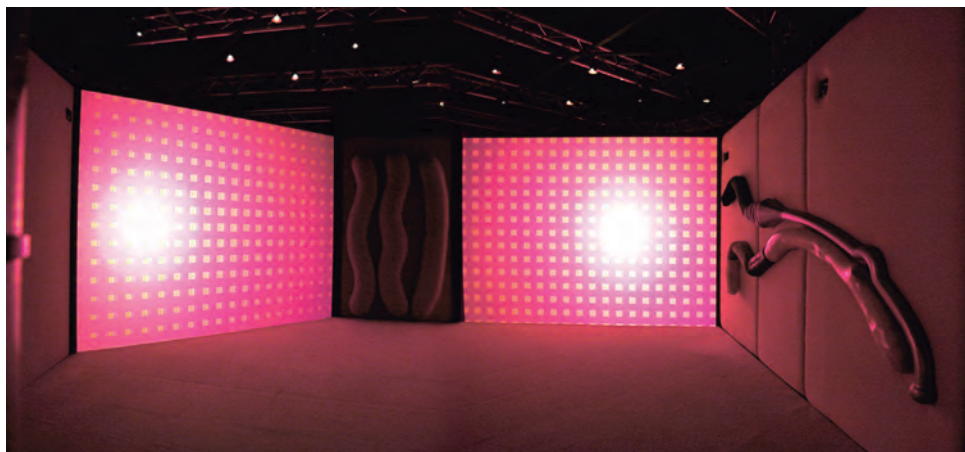


FIGURA 5. Vista panoràmica interna, des de l'obertura d'entrada, de l'espai interactiu de cos sencer multimodal anomenat MEDIANTE.

aquesta modalitat de manera creativa els sons podien evolucionar cap a opcions més abstractes o musicals. Un altre exemple eren els sensors piezoelèctrics situats dins d'estructures tubulars en una de les parets. Aquests detectaven si el nen tocava, acarona o picava les estructures. Aquestes estructures esdevenien un instrument musical tàctil molt ric. Els nens podien tenir la sensació tàctil dels diferents materials (feltre, suro, fusta, metall, goma, plàstic, etc.) mentre rebien resposta musical per part del sistema. Finalment, uns sensors de pressió sota estructures encoixinades en una altra paret detectaven la pressió exercida pels nens sobre aquestes estructures. Amb aquests sensors es podia detectar on pressionaven les estructures encoixinades i amb quina força. La resposta era en forma de vibracions de baixa freqüència, semblants a les dels aparells de relaxació muscular, la intensitat i freqüència de les quals depenia de la força i la localització de l'acció del nen.

Tots aquests sensors detectaven tan sols accions localitzades en alguna zona concreta de l'espai. És a dir, eren mesures locals en aquella zona i, per tant, no aportaven una visió global del sistema. Tot i ser molt útils per detectar accions locals dels nens, es volia poder fer un seguiment global de les accions dels nens dins l'espai de joc,

poder-lo situar amb més precisió dins l'espai, poder veure el tipus de formes i gestos que realitzava amb el cos, la velocitat amb què ho feia, etc. A més, la interacció amb estímuls visuals de gran format (dues pantalles de 2,6 x 2 m) havia de permetre interaccionar-hi a diverses distàncies. Així, el nostre grup de recerca a la UPF va proposar la utilització de sistemes de realitat artificial per tal de poder dotar el sistema i proveir els nens amb una interacció de cos sencer no intrusiva, lliure, espontània i autònoma.

A més, el tipus d'activitats lúdiques que el consorci va definir com a adequades per als nens havien de ser molt clares pel que fa a acció-reacció, i donar així una clara sensació de control. Per tant, no havien de caldre instruccions ni explicacions de cap mena. Els nens havien de poder entrar a l'espai interactiu i, quasi sense adonar-se'n, començar a jugar amb una sèrie de possibilitats que s'anaven desplegant davant d'ells. D'aquesta manera, la interacció de cos sencer també resultava de gran ajut. Els nens, tan sols pel fet d'entrar, ja activaven respostes del sistema. Amb petits desplaçaments en una direcció o una altra, el sistema ja els podia anar obrint petites portes vers jocs senzills amb imatges, sons o vibració-tacte. Qualsevol petita gesticulació o canvi postural podia donar lloc que el sistema els proposés una activitat divertida (figura 6).

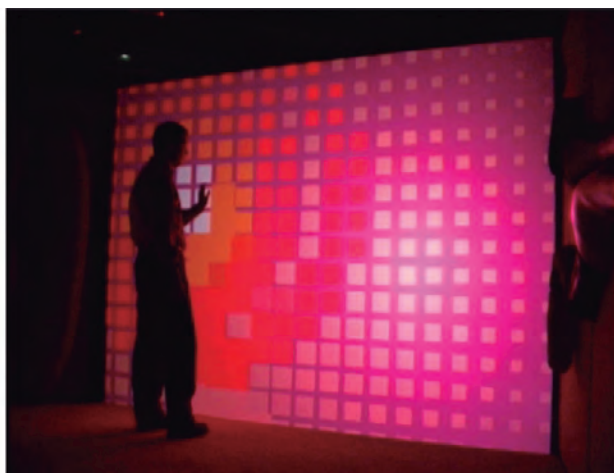
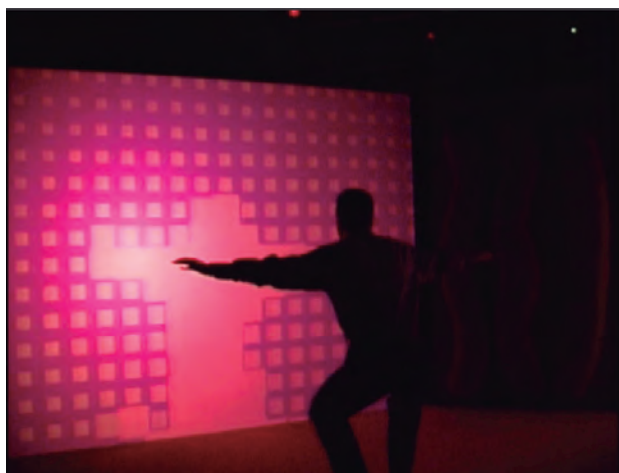


FIGURA 6. Dos instants de la interacció visual de cos sencer amb el sistema de MEDIANTE.

4.4. Interacció en paradigma de primera persona

En aquell punt, en què les experiències de realitat artificial fins aquell moment havien estat totes en paradigma de tercera persona, es varen detectar una sèrie de limitacions i dificultats potencials que aquest paradigma ens imposava.

Per una banda, la interacció en tercera persona força els usuaris a allunyar-se del sistema de visualització, tal com s'ha explicat a la secció 2.2. En un espai multimodal, en què els nens havien de tenir una activitat de cos sencer, lliure i amb plena autonomia, no podíem pretendre mantenir els nens a una certa distància de les pantalles de projecció. Semblava força evident que els nens voldrien apropar-se a les parets i fins i tot tocar-les, atrets per les imatges que s'hi projectarien. Si els haguéssim hagut de limitar, hauríem hagut de posar algun tipus de barrera física o barana, o bé que algú els hagués anat explicant que no havien de fer-ho. Això hauria trencat tota la fluïdesa i l'autonomia dels nens i fins i tot els podia haver generat frustració.

D'altra banda, la interacció en tercera persona força l'usuari a interaccionar amb els objectes virtuals a través d'aquest tercer element, la silueta, que s'incorpora a l'entorn (secció 2.2). A l'equip de MEDiate ens va preocupar que aquesta silueta no fos identificada per l'usuari com el seu propi cos i li resultés un obstacle més que no un facilitador de la interacció. També ens preocupava que si la representàvem fotogràficament, a l'estil dels sistemes del Vivid Group o de l'EyeToy de la PlayStation 2, fins i tot el poguéssim sobtar i li provoqués un rebuig. A més, des del punt de vista de la interacció, també ens preocupava que la silueta imposés un salt qualitatiu pel que fa al control de l'acció dins l'entorn virtual (tal com es descriu a la secció 2.4). Aquesta possibilitat, en aquests nens que sovint presenten dificultats motores i que precisament tenen dificultats per entendre el seu control sobre l'entorn que els envolta, ens podia donar resultats molt negatius en l'ús de l'espai.

Aquestes raons ens van portar a analitzar les diverses alternatives que teníem i així vam arribar a definir la interacció segons el paradigma de primera persona descrit a la secció 2.3 i segons la configuració de sistema mostrada a la figura 2.

4.5. Resultats de MEDiate

L'espai de MEDiate va ser provat en quatre ciutats europees: Londres, Hilversum (Holanda), Barcelona i Portsmouth. En total hi van jugar noranta nens i nenes d'edats cronològiques entre set i dotze anys i amb un nivell funcional baix de TEA. Això significa un estudi a gran escala i amb una logística molt complexa. No obstant això, el projecte no tenia unes pretensions terapèutiques en aquesta primera fase d'aproximació al disseny d'aquestes tecnolo-

gies per a l'àmbit de les persones amb TEA. Com s'ha dit abans, tan sols es volia veure si es podia aportar sensació de control i agència en l'activitat lúdica de cada nen dins l'espai.

Segons els estudis de les psicòlogues i els seus equips d'investigadors dins de MEDiate, l'espai va aconseguir que un alt percentatge de nens i nenes (aproximadament més d'un 80 %) assolissin la desitjada sensació de control, i una part important d'aquests van assolir també sensació d'agència. Això sembla mostrar que el disseny d'interacció, el paradigma i la configuració tecnològica seleccionats van ser encertats i que obren portes a noves exploracions i estudis per veure com es pot continuar millorant la vida d'aquests nens i nenes.

5. Conclusions generals

Hem vist com la interacció de cos sencer aporta un enorme rang de possibilitats en molts àmbits de la nostra vida. Hem vist també que existeixen un gran nombre de tipologies d'interacció de cos sencer. En aquest article ens hem centrat en un tipus concret, el de la realitat artificial. Aquest és un tipus basat en tecnologia de visió per ordinador a través de càmeres que capturen la silueta del cos dels usuaris. Aquests sistemes determinen paràmetres de l'usuari que informen sobre la seva posició, postura i gestos i permeten la interacció d'aquests amb entorns i objectes virtuals.

Dins dels sistemes de realitat artificial hem vist que existeixen dues filosofies diferents d'interacció, dos paradigmes: el de tercera persona i el de primera persona. Hem vist les seves especificitats i diferències, i hem vist com es pot aprofitar cadascun d'aquests segons convingui a l'aplicació.

En aquest article ens hem concentrat en l'aplicació d'aquests sistemes a les necessitats especials, com ara trastorns i discapacitats, que aporten funcionalitats de rehabilitació, entrenament, motivació, etc., tant en àmbits motors com cognitius. Hem vist una panoràmica d'exemples d'aplicacions en aquest àmbit mostrant l'enorme potencial que tenim davant.

Finalment hem vist en més detall un cas concret de l'aplicació d'aquestes tecnologies a les necessitats especials. En concret, al trastorn de l'espectre autista, a través del projecte finançat per la Unió Europea MEDiate.

Comparat amb l'història de recerca d'altres camps de coneixement, com ara la física, la química, fins i tot les ciències socials, la recerca en interacció persona-ordinador «acaba de començar». Tot i l'enorme potencial que s'albira davant nostre en aquest camp i en (pràcticament) tots els àmbits de les nostres vides, és clar que encara ens trobem a les beceroles i cal continuar la recerca per entendre millor com utilitzar aquestes tecnologies en benefici de les persones, tinguin necessitats especials o no. ■

6. Bibliografia

- ACKERMAN, E. K. *Constructing Knowledge and Transforming the World. A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments*. Ed. a cura de M. Tokoro i L. Steels. Amsterdam: IOS Press, 2004, part 1, cap. 2, p 15-37.
- ALCARAZ, S.; PARÉS, N.; MORA, J. *Interactive Learning Experience on Nanotechnology. ITS'10 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. 2010, p. 301. DOI 10.1145/1936652.1936729.
- ANTLE, A. N. «Embodied child computer interaction – Why embodiment matters». *ACM Interactions* (març-abril 2009), p. 27-30.
- BARSALOU, L. W. «Grounded cognition». *Annual Review of Psychology*, 59 (2008), p. 617-645.
- BIANCHI-BERTHOUBE, N.; WOONG KIM, W.; PATEL, D. «Does Body Movement Engage You More in Digital Game Play? and Why?». A: PAIVA, Ana C.; PRADA, Rui; PICARD, Rosalind W. (ed.). *Proceedings of the 2nd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII '07)*. Berlín; Heidelberg: Springer, 2007, p. 102-113.
- BOBICK, A. F.; DAVIS, J. W.; INTILLE, S. J.; BAIRD, F.; CAMPBELL, L. W.; IVANOV, Y. A.; PINHANEZ, C. S.; SCHUTTE, A.; WILSON, A. «The KidsRoom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 8, núm. 4 (agost 1999), p. 369-393. DOI 10.1162/105474699566297.
- BROOKS, A.; PETERSSON, E. «Play therapy utilizing Sony EyeToy®». A: SLATER, M. (ed.). *Eighth International Workshop on Presence*. 2005, p. 303-310.
- BURKE, J. W.; MORROW, P. J.; MCNEILL, M. D. J.; McDONOUGH, S. M.; CHARLES, D. K. «Vision Based Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation». A: *Conf. & Proc. International Machine Vision and Image Processing Conference, 2008. IMVIP'08*. 2008, p. 159-164.
- BUXTON, W. «There's More to Interaction than Meets the Eye: Some Issues in Manual Input». A: NORMAN, D. A.; DRAPER, S. W. (ed.). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale; N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1986, p. 319-337.
- CAMEIRÃO, M.; BERMÚDEZ, S.; DUARTE, E.; VERSCHURE, P. «Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the Rehabilitation Gaming System». *Restorative Neurology and Neuroscience*, vol. 29, num. 5 (2011), p. 287-298. DOI 10.3233/RNN-2011-0599.
- CARRERAS, A.; PARÉS, N. *Designing an interactive installation for children to experience abstract concepts in new trends on human-computer interaction*. Londres: Springer, 2004.
- D'HOOGHE, H.; GOLDSMITH, M. «Game Design Principles for the Intel® Play™ Me2Cam virtual game system». *Intel Tech.* (quart trimestre 2001).
- DAUTENHAHN, K. «Robots as Social Actors: Aurora and the Case of Autism». A: *Proceedings CT99, The Third International Cognitive Technology Conference*. Agost 1999. San Francisco, 1999.
- DAVIS, J.; BOBICK, A. «Virtual PAT: A Virtual Personal Aerobics Trainer». In *Workshop PUI 1998*. 1998, p. 13-18.
- DÍAZ, D.; BOJ, C. «Hybrid Playground». 2009 <<http://www.lalalab.org/hybrid.htm>>
- DI PAOLO, E.; ROHDE, M.; STEWART, J.; GAPENNE, O. «Horizons for the enactive mind: Values, social interaction, and play». A: *Enaction: Towards a New Paradigm for Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press: Awaiting Publication, 2007.
- DOURISH, P. *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interactions*. Cambridge: MIT Press, 2001.
- FLYNN, S.; PALMA, P.; BENDER, A. «Feasibility of Using the Sony PlayStation 2 Gaming Platform for an Individual Post-stroke: A Case Report». *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 31, núm. 4 (2007), p. 180-189. DOI 10.1097/NPT.0b013e31815d00d5.
- GESTURETEK. *The Mandala Gesture Xtreme System*. <<http://www.vjvincent.com/index.html>>, <<http://www.gesturetek.com/>>, <http://www.gesturetek.com/gesturefx/press/press_ts2.php>
- GRUDIN, J. «The Computer Reaches Out: The historical continuity of interface design». A: *Chi'90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1990, p. 261-268. DOI 10.1145/97243.97284.
- HAIK, J.; TESSONE, A.; NOTA, A.; MENDES, D.; RAZ, L.; GOLDAN, O.; HOLLOMBE, I. «The Use of Video Capture Virtual Reality in Burn Rehabilitation: The Possibilities». *Journal of Burn Care & Research*, vol. 27, núm. 2 (2006), p. 195-197.
- HÄMÄLÄINEN, P.; ILMONEN, T.; HÖYSNIEMI, J.; LINDHOLM, M.; NYKÄNEN, A. «Martial Arts in Artificial Reality». A: *Proc. CHI 2005. Conference on Human Factors in Computing Systems*. Portland, Oregon: ACM Press, 2005, p. 781-790.
- HAPPÉ, F. *Autism, an introduction to psychological theory*. Londres: Psychology Press, Taylor & Francis Group, 1999.
- HERBELIN, B.; CIGER, J.; BROOKS, A. L. «Customization of gaming technology and prototyping of rehabilitation applications». A: *Proceedings of Seventh International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, Porto, Portugal*. 2008.
- HODGKINS, P.; CAINE, M.; ROTHBERG, S.; SPENCER, M.; MALLISON, P. «Design and testing of a novel interactive playground device». A: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, vol. 222, núm. 4 .Part B: *Journal of Engineering Manufacture*. Professional Engineering Publishing, 2008, p. 559-564.
- HOLDEN, M. «Virtual environments for motor rehabilitation: Review». *CyberPsychology & Behavior*, vol. 8, núm. 3(2005), p. 187-211.
- JOHNSON, A. E.; ROUSSOS, M.; LEIGH, J.; VASILAKIS, C.; BARNES, C.; MOHER, T. G. «The NICE Project: Learning Together in a Virtual World». A: *Proceedings of VRAIS '98, Atlanta, Georgia, March 14-18, 1998*. 1998, p. 176-183. DOI 10.1109/VRAIS.1998.658487.
- KIZONY, R.; KATZ, N.; WEISS, P. L. «Virtual reality based intervention in rehabilitation: relationship between motor and cognitive abilities and performance within virtual environments for patients with stroke». A: *Proc. 5th Int. Conf. on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT)*. Reading, UK: The University of Reading, 2004a.

- KIZONY, R.; RAND, D.; WEISS, P. L. «Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony Play Station II Eye Toy». A: *Proc. 5th Int. Conf. on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT)*. Reading, UK: The University of Reading, 2004b.
- KIZONY, R.; RAND, D.; WEISS, P. L.; KATZ, N. «Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation». *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 1, art.12 (2004c).
- KIZONY, R.; RIZZO, A.; RAND, D.; WEISS, P. L.; KATZ, N.; FEINTUCH, U.; JOSMAN, N. «Comparision of two VR platforms for rehabilitation: Video Capture vs HMD». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments*. vol. 14, núm. 2 (2005), p. 145-160.
- KRUEGER, M.; GIONFRIDDO, T.; HINRICHSEN, K. «Videoplace - An Artificial Reality». A: *CHI'85 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. San Francisco, Ca: 1985, p. 35-40. DOI 10.1145/1165385.317463.
- KRUGLANSKI, O.; PARÉS, R.; RIBAS, J. J.; SOLER, M. «Analyzing the Adequacy of Interaction Paradigms in Artificial Reality Experiences». *Human-Computer Interaction* [Taylor & Francis], vol. 28, núm. 2 (2013), p. 77-114. DOI 10.1080/07370024.2012.688469.
- KYNIGOS, C.; SMYRNAIOU, Z.; ROUSSOU, M. «Exploring rules and underlying concepts while engaged with collaborative full-body games». A: *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'10)*. Nova York: ACM, 2010, p. 222-225. DOI 10.1145/1810543.1810576.
- LILJEDAHL, M.; LINDBERG, S.; BERG, J. «Digiwall: an interactive climbing wall». A: *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE. Nova York: ACM, 2005, p. 225-228. [València, 15-17 juny 2005]
- LINDGREN, R.; MOSHELL, J. M. «Supporting children's learning with body-based metaphors in a mixed reality environment». A: *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'11)*. Nova York: ACM, 2011, p. 177-180. DOI 10.1145/1999030.1999055.
- LUND, H. H.; KLITBO, T.; JESSEN, C. «Playware Technology for Physically Activating Play». *Artificial Life and Robotics Journal*, vol. 9 (2005).
- MAES, P.; DARRELL, T.; BLUMBERG, B.; PENTLAND, A. «The ALIVE system: Full-body interaction with autonomous agents». A: *Proceedings of Computer Animation 1995*. Ginebra: IEEE Press, 1995.
- MAURI, C.; SOLANAS, A.; GRANOLLERS, T. «A Nonformal Interactive Therapeutic Multisensory Environment for People With Cerebral Palsy». *International Journal of Human-Computer Interaction* [Taylor & Francis], vol. 28, núm. 3 (2012), p. 202-212,. DOI 10.1080/10447318.2011.581894.
- Microsoft Xbox Kinect*. <<http://www.xbox.com/es-es/kinect>>.
- MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. «Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum». A: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Bellingham: SPAI, 1994, p. 282-292. (Proceedings of SPIE; 2351-34)
- MUELLER, F.; AGAMANOLIS, S. «Exertion interfaces». A: *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Florència, Itàlia, 5-10 abril 2008). Nova York: ACM, 2008, p. 3957-3960.
- MUELLER, F.; AGAMANOLIS, S.; PICARD, R. «Exertion interfaces: sports over a distance for social bonding and fun». A: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '03*. Nova York: ACM, 2003, p. 561-568.
- PARÉS, N.; CARRERAS, A. «Designing an Interactive Installation for Children in a Museum to Learn Abstract Concepts». A: *Proceedings ED-MEDIA 2007- World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. Vancouver, Canada, June, 25-29. 2007*, p. 3454-3459.
- PARÉS, N.; CARRERAS, A.; DURANY, J.; FERRER, J.; FREIXA, P.; GOMEZ, D.; SANJURJO, A. «Starting Research in Interaction Design with Visuals for Low Functioning Children in the Autistic Spectrum: A Protocol». *CyberPsychology & Behavior* [New Rochelle, NY: Mary Ann Liebert, Inc. Publishers], vol. 9, núm. 2 (abril 2006), p. 218-223.
- PARÉS, N.; MASRI, P.; WOLFEREN, G. van; CREED, C. «Achieving Dialogue with Children with Severe Autism in an Adaptive Multisensory Interaction: the MEDIATE project». *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. Special Issue on Haptics, Virtual, and Augmented Reality*, vol. 11, núm. 6 (novembre-desembre 2005), p. 734-743.
- PARÉS, N.; SOLER, J.; FERRER, J. «A novel approach to interactive playgrounds: the interactive slide project». A: *Proceedings of the International Conference on Interaction Design and Children, IDC 2009*. Como: ACM Press, 2009, p. 131-139.
- Reality Fusion Game Cam. <http://www.usbman.com/Reviews/gamecam_reality%20fusion.htm>.
- RIZZO, A.; JOUNGHYUN, G. «A SWOT Analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 14, núm. 2 (2005), p. 119-146.
- Sony PlayStation Eye*. <<http://es.playstation.com/ps3/>>.
- Sony PlayStation Eye-Toy*. <<http://www.eyetoy.com>>.
- STRICKLAND, D. «A virtual reality application with autistic children». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments* [Cambridge: MIT Press], vol. 5, núm. 1 (1996), p. 319-329.
- VARELA, Francisco J.; THOMPSON, Evan T.; ROSCH, Eleanor. *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge: MIT Press, 1992. ISBN 0-262-72021-3
- VITRUVIUS. *Ten Books on Architecture, EBook#20239*, 31 desembre 2006. <<http://www.gutenberg.org/files/20239/20239-h/29239-h.htm>>. [Consulta: 7 març 2014]
- WARREN, J. (2003). *Unencumbered full body interaction in video games*. Tesi. 2003. <http://a.parsons.edu/~jonah/thesis/jonah_thesis.pdf>
- WERTSCH, J. *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, N. Y.: M. E. Sharpe, 1981.
- WILSON, M. «Six views of embodied cognition». *Psychonomic Bulletin and Review*, vol. 9, núm. 4 (2002), p. 625-636.