

Uso de ambientes virtuales y selección de parámetros de medidas en la aplicación para el tratamiento de fobias

Mauricio Plaza Torres¹

Resumen

Esta investigación se propone medir los signos vitales del paciente en un ambiente relajado y comparar estos resultados con los signos vitales medidos bajo un ambiente virtual que produzca fobia, mediante el uso de equipos de realidad virtual y ambientes de alturas y espacios cerrados.

Al final de esta investigación se determina si el ambiente virtual tiene alguna influencia en los cambios psicológicos vistos a través de los signos vitales de temperatura, frecuencia cardíaca y frecuencia fundamental de la voz.

Hay algunos parámetros, como la frecuencia cardíaca media, energía de la voz y duración de la voz, que no permiten distinguir la reacción de la persona en ambiente virtual y ambiente de reposo. Algunos otros parámetros como la temperatura, la variabilidad cardíaca y la frecuencia fundamental de la voz permiten distinguir el estado de reposo y ambiente virtual. Solamente los parámetros de temperatura y frecuencia fundamental de la voz son útiles para ambiente virtual de alturas.

Palabras claves: Realidad virtual, trastornos fóbicos, ambientes sintéticos, medidas fisiológicas, sicología.

Abstract

The possibility of discovering some variables that might be measured and of being able to determine the evolution of the patient and the level of the illness in patients with phobias by means of the use of the Vital Signs.

The article talks about the efforts to carry out a research with the goal of measuring vital signs on people who are placed in relaxed environment and then compare them with vital sign measured under condition of a artificially environment, by means of the use of equipments of virtual reality and environments of heights and closed spaces. At the end of this research, we are trying to determine if the virtual environment has any influence in the person's psychological change seen through the changes of the controlled vital signs of temperature, cardiac frequency and fundamental frequency of the voice.

Fecha de recepción: 26 de febrero de 2008
Fecha de aceptación: 16 de abril de 2008

¹ Ingeniero Eléctrico, Universidad de los Andes; candidato a Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Cujac (Cuba). Docente Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Libre, Bogotá, Colombia.

Dirección: Carrera 66 A N° 53-40, Bogotá (Colombia). Tel 571-4232700. 316-8744975. mplaza200@yahoo.com

There are some parameters like the average cardiac frequency, energy of the voice and duration of the voice, which does not allow us to distinguish the reaction of the person in virtual and rest environment. Others parameters like the temperature, cardiac variability and fundamental frequency of the voice let us distinguish the estate of rest and virtual environment. Only the parameter of cardiac variability can be used in the virtual environment of closed spaces and heights. The parameter of temperature and fundamental frequency of the voice are only useful in virtual environment of heights.

Key words: Virtual reality, phobic disorders, vital signs, physiologic measurements, psychology.

INTRODUCCIÓN

Marco teórico

En los niveles de estrés que implican las actividades diarias del ser humano, el número de fobias y la gente que sufre de estas fobias ha aumentado. Los tratamientos de fobia por la exposición directa usada por los psicólogos mostraron ser eficaces, pero en muchos casos puede ser un peligro para la salud física y psicológica del paciente en el tratamiento [1]. Durante el tratamiento puede llegar a suceder un mayor trauma o daño físico como consecuencia de un control incorrecto del ambiente o del procedimiento.

Pensando en la disminución de los traumas causados por el tratamiento de exposición directa, una nueva tecnología conocida como realidad virtual está siendo usada [2], [3].

Los métodos usados en la actualidad para medir la eficacia del tratamiento son las encuestas [1], por este motivo pensamos en la posibilidad de tener una evaluación cuantitativa, diferente a la percepción del paciente, que permita medir en una escala específica el desarrollo del tratamiento y, adicionalmente, su uso como un instrumento de evaluación para el tratamiento de fobias [4].

La utilización de la realidad virtual ha sido una constante en el campo tecnológico [5], [6], [7]. Con la introducción de esta técnica en el tratamiento de fobias, se espera crear situaciones de realidad virtual para el paciente y su exposición directa al ambiente donde el éste puede sufrir una fobia específica, pero en un ambiente de seguridad creado por la computadora. (Figura 1). Se intenta conseguir un mejor control de este ambiente, dan-

do al paciente la posibilidad de cambiar a un ambiente relajado ante una posible reacción psicológica peligrosa, de un modo sencillo, rápido y sin traumas [8].



Figura 1. Centro médico para el tratamiento de fobias:
Mary Levin, University of Washington, USA.

Hay algunas preguntas posibles sobre el uso de esta nueva tecnología en los tratamientos de fobias. Por ejemplo, ¿si es verdad que la realidad virtual crea las condiciones que pueden hacer al paciente sentir los mismos efectos de la vida real? [9] y, en segundo lugar, ¿esta nueva técnica podrá ser un instrumento útil para el tratamiento de fobia, teniendo en cuenta que no hay ningún método válido para valorar sus efectos en el paciente, diferente de la evaluación subjetiva que el doctor hace con base en su percepción, que es el diagnóstico tradicional de este tipo de enfermedad?

Hacer una evaluación simple de la evolución del paciente con procedimientos actuales puede ser peligroso, especialmente para determinar el progreso de éste antes y después del tratamiento, pues su estado físico y psicológico podría ser afectado en un verdadero ambiente.

Una respuesta a esta consideración podría ser encontrada en los signos vitales. Ha sido probado por métodos de especialista médicos, que los signos vitales se afectan con algunos cambios en los niveles de estrés. La

hipótesis planteada en la presente investigación está basada en la identificación y la medida de signos vitales específicos de una persona en un ambiente relajado real, y posteriormente se hace la medida de los mismos signos vitales en un ambiente virtual, que muestra situaciones de peligros posibles o fobia a la que la persona ha sido expuesta. Se pretende encontrar una medida que permita determinar si este ambiente ejerce alguna influencia en el paciente y cuáles serían los signos vitales más adecuados para medir la influencia de la realidad virtual en pacientes con fobias. Los signos vitales identificados y usados en la investigación son la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal.

Otro elemento adicional para tener en cuenta es la frecuencia fundamental de la voz, en el cual se usa un *software* libre para su procesamiento [10]. Esperamos demostrar con esta investigación que el uso de estos parámetros tendría la medida cuantitativa de la influencia de la realidad virtual en los cambios psicológicos del paciente, sin la influencia de criterios personales. Las fobias elegidas para desarrollar este proyecto son la claustrofobia (miedo a estar en espacios cerrados) [11], [12] y la acrofobia (miedo a las alturas) [13].

Situación de estrés y regulación de temperatura

Cuando un paciente está bajo tensión intensa, siente cambios fuertes de sus emociones y sentimientos. Debido a los resultados del alto estrés, se presenta una mala regulación del sistema de calefactor del cuerpo humano. Estos cambios son más notables en algunos sitios de cuerpo donde la irrigación capilar es más alta, por ejemplo, las manos.

La causa física de esta reacción es la segregación hormonal con elementos potencialmente vasoconstrictores, los espasmos de músculos de las paredes de las arterias, la oxidación que dañan las membranas celulares rojas que los hacen más gruesas y la formación de coágulos debido a las plaquetas [14].

Variabilidad cardíaca

Esto se refiere a una arritmia o ritmo no simétrico del nodo sinusal, que realiza la función de marcapasos del corazón [15]. Sucede en la fase de respiración y es un parámetro fácilmente influenciado por cambios emocionales de las personas.

Frecuencia fundamental de la voz

Los músculos del cuerpo humano vibran en una frecuencia específica, esto incluye las cuerdas vocales. En algunas situaciones de tensión, la vibración muscular cambia, al igual que la frecuencia de voz. Algunas técnicas pueden ser usadas para estudiar los comportamientos de las cuerdas vocales. Una de éstas es la frecuencia fundamental de la voz, la cual consiste en la obtención de la frecuencia del sonido producido por las cuerdas vocales, que es muy correlacionado con niveles de tensión y entonación.

La revisión de la literatura que se realizó para esta investigación se centró en los resultados de estadísticas de los desórdenes mentales en la actualidad, que nos indica la relevancia de tener un tratamiento efectivo y medible [1] y da una idea de la importancia y aplicación de los resultados de la presente investigación, así como las herramientas para determinar actualmente la evolución de los tratamientos de fobias mediante encuestas y actitudes de comportamiento [4]. En el área tecnológica, se estudió el uso de la realidad virtual en la medicina, tanto en el área quirúrgica así como en tratamientos de fobias [2]; el estado del arte para la realidad virtual en el tratamiento de fobias; cómo ha evolucionado la realidad virtual en la medicina en los últimos años [7]; el uso de la *cyberterapia* como herramienta en la evolución de los tratamientos mentales con el uso de la tecnología [8] y las diferencias encontradas actualmente de los tratamientos en vivo y con elementos tecnológicos simulados [9].

En área fisiológica se estudiaron los sistemas para determinar variaciones en la frecuencia de la voz ante cambios de estrés [10], motivos fisiológicos del cambio de la temperatura corporal ante situaciones de estrés [14] y la variabilidad cardíaca como una herramienta para medir alteraciones de comportamiento [15].

El objetivo principal es establecer con la investigación, y con algunos instrumentos de realidad virtual, si los productos de ambiente sintéticos producen efectos similares a los verdaderos y la posibilidad de usar estos resultados como un instrumento de medida del tratamiento de fobias.

METODOLOGÍA

Mediante un diseño experimental encontramos la selección de una muestra para la investigación, y se comenzó con algunos estudiantes de ingeniería de la Universidad Libre, Bogotá, Colombia (ULC). A fin de tener un punto de partida para determinar el tamaño de la muestra, usamos un

procedimiento estadístico. El resultado del análisis mostró la necesidad de hacer estudios sobre el total de 308 estudiantes entre 1350 estudiantes en el ULC. Se desea un error estándar de menos de 0.015 y una confiabilidad del 90%. Los individuos seleccionados se sometieron a la prueba de forma voluntaria para cumplir con los requisitos estadísticos y éticos. La muestra de población fue tomada de la base de datos de estudiantes del 2005, momento en que se realizaron las primeras pruebas.

En la muestra de la población seleccionada el 43% de los sujetos manifiestan tener algún tipo de fobia, mientras que el 57% de ellos no.

Del grupo de personas que manifestó algún tipo de fobia, 56% expresó miedo a las alturas, mientras que otro 18% reconoció fobias a los espacios cerrados, y el resto de los individuos reveló algún tipo de fobia diferente.

En el análisis estadístico se usó la distribución de frecuencia, la cual se complementó con ciertas medidas resumen. Las más importante usada en esta investigación es la tendencia central o centralización, que indica el valor medio de los datos, y las de dispersión, que miden su variabilidad. En segundo lugar se usaron medidas que describen el grado de simetría o de concentración de la distribución.

El análisis exploratorio se usó de manera preliminar para determinar la existencia de asimetría y heterogeneidad de los datos muestrales, además de valorar si la distribución de tales datos se aleja de la distribución normal. En virtud de este análisis previo se tomó la decisión más certera acerca del tipo de tratamiento estadístico a la que se sometió la muestra experimental.

Equipos usados

Para producir el ambiente virtual de esta investigación se usaron equipos de realidad virtual como imágenes de 360X360, de espacios cerrados (túneles) y de alturas (montañas); un casco de realidad virtual, *Head Mounted Display True 800 X 600* resolución, PC/SVGA, con protector de medio ambiente; un seguidor infrarrojo, *Head tracker, SmartNav 4*, para seguimiento del movimiento de la cabeza; un sistema polar para frecuencia cardiaca, *Polar S625X*, el cual transmite en RF la frecuencia cardiaca; un micrófono; *software* para procesamiento de voz [9], que permite el análisis de espectrograma, frecuencia fundamental de la voz, energía y duración; un ventilador, para simular el viento en ambiente de alturas y una cámara termográfica (Figura 1), *Flir System* [16]. Los equipos para medir las reacciones de los pacientes ante los ambientes virtuales son: medidor de frecuencia

cardiaca, *software* de procesamiento de voz y cámaras termográficas. Los ambientes virtuales creados para la simular la realidad son luego proyectados en el casco de realidad virtual (Figura 2) [17].



Figura 2. Equipo básico usado para recrear la realidad virtual.

En cada proyecto de investigación, en el cual los resultados tienen una influencia directa con la medicina, y el procedimiento puede tener posibles efectos físicos o psicológicos en los pacientes que están bajo prueba, es necesario cumplir con algunas exigencias que se ajusten a los métodos éticos y de seguridad para las personas de la población seleccionada.

Teniendo en cuenta las implicaciones médicas, algunas sesiones de trabajo fueron realizadas con un equipo de médicos expertos en signos vitales, que hicieron un análisis profundo de la investigación y realizaron algunas recomendaciones:

- Es importante evitar ataques de epilepsia en los pacientes por la fotosensibilidad o una reacción a algunos patrones de estímulo lumínicos con un resultado de problema en la regulación de ECG. Ellos

sugieren un tiempo límite para la sesión de realidad virtual, menor de 3 minutos, pensando en la disminución de la reacción del seguidor infrarrojo y, adicionalmente, es necesario estar comprobando el movimiento de las imágenes durante la sesión para evitar movimientos bruscos que aumenten la probabilidad de epilepsia.

- Para la mano, es necesario para usar material de aislamiento para evitar cualquier transferencia de calor entre las manos y la mesa. Adicional a esto, el investigador debe incluir la pérdida de calor por el ambiente, usando fórmulas de la transferencia del calor.
- En la encuesta inicial debe preguntarse sobre fobias tratadas, diferentes a miedos a la altura y el miedo a espacios cerrados, para tener un cuidado especial con estos pacientes.
- El paciente tiene que leer con cuidado y entender que estas pruebas no representan ningún riesgo físico o mental y su participación es voluntaria. El paciente tiene que firmar al final de la encuesta.
- Antes de comenzar el tratamiento, el paciente tiene que someterse a una prueba visual, porque las personas con problemas visuales pueden sufrir cansancio, por lo cual necesitan una compensación en las gafas de realidad virtual; otra recomendación es no trabajar con esta clase de pacientes.

Mediante un examen de algunos elementos, como la frecuencia cardíaca, la variabilidad cardíaca y la temperatura, igualmente la frecuencia fundamental de la voz, esperamos tener una escala cuantitativa de la evaluación del paciente, especialmente para que los doctores puedan determinar el nivel de estrés del paciente y, por supuesto, el progreso de tratamiento o evolución de las fobias en espacios cerrados y alturas.

La selección de los signos vitales fue determinada por la facilidad en los métodos de medida y la magnitud de los cambios en los niveles de estrés. Por otra parte, no hay estudios que muestren cambios significativos en los otros signos vitales.

Procedimiento experimental

Del análisis anterior, el trabajo experimental consistió en la creación, en primer lugar, de los ambientes virtuales de altura y espacios cerrados para las personas que voluntariamente aceptaron ser parte del análisis.

Con estos ambientes virtuales podemos medir los signos vitales identificados en un ambiente relajado, sin ningún nivel de la tensión, y posteriormente tomar la misma medida en el ambiente virtual creado. Con el resultado se pueden contrastar las dos medidas y determinar si la realidad virtual tiene alguna influencia en los pacientes.

Los pasos para el experimento fueron definidos así:

- En primer lugar, las personas fueron informadas sobre todo el proceso y la posibilidad de rechazar o abandonar la prueba según su voluntad. Luego, los individuos que se sometieron voluntariamente a la prueba, fueron entrenados en el uso de los equipos de realidad virtual en un número de secciones necesarias para que el ambiente fuera cómodo y controlado eficazmente por el usuario, sin sobrepasar 3 minutos por sesión. La gran mayoría de los usuarios no necesitó más de un entrenamiento.
- Una vez que la formación es terminada, se solicitó a la persona llenar una encuesta simple. La única finalidad de esta encuesta es generar un ambiente de reposo que no produzca ningún tipo de estrés. Los datos no son contrastados con los resultados posteriores; sólo es un mecanismo de relajamiento y sirve además para averiguar si tiene síntomas de fotosensitividad. Durante la encuesta, los datos de signos vitales en estado de reposo son registrados.
- En los siguientes pasos, el paciente se sometió a ambientes virtuales de altura y espacios cerrados y el investigador registró las medidas dadas por los signos vitales. El protocolo de la prueba fue revisado por tres médicos: un médico especialista en signos vitales (anestesiólogo jefe), un investigador genético, que revisó los procedimientos de la investigación, y un psicólogo. Posteriormente, las pruebas fueron realizadas por el investigador principal siguiendo las pautas y dejando los casos especiales a los tres médicos mencionados. Con estos resultados se realizó una comparación de los datos encontrados bajo los dos ambientes, a fin de hallar algunas diferencias que permitan validar el método de esta investigación.
- Al final de esta prueba se realizó una nueva encuesta. Se preguntó a los individuos sobre la impresión del experimento y el nivel de estrés que les generaron los ambientes virtuales. Esta información se correlacionó con los datos de los signos vitales.

RESULTADOS

El 47% de las personas que habían manifestado tener miedo a las alturas informaron sentirse un poco afectadas por el ambiente virtual, mientras que un 5% de estos individuos se sintieron muy afectados.

El 8.8% de los individuos sometidos al ambiente virtual manifestaron síntomas como mareo durante y posterior a la prueba. Estos síntomas son conocidos como *motion sickness* o *simulation sickness*.

Para individuos con miedo a las alturas, la frecuencia cardiaca presenta un valor similar en reposo y en el ambiente virtual (reposo: 83.3 bpm o pulsaciones por minuto; ambiente virtual: 84.4 bpm, sig: 0.754). No existe una diferencia significativa entre los ambientes (ANOVA, sig: 0.413) y el promedio de frecuencia cardiaca es similar.

Para la temperatura corporal, después de aplicar un análisis de varianza (ANOVA) para un grupo de sujetos homogéneos que padecen miedo a las alturas, los resultados obtenidos se comparan sus valores medios con la prueba de *Student – Newman – Keuls*. La temperatura corporal no es un parámetro que tenga una diferencia significativa en los dos ambientes. Los cambios de la temperatura promedio en el ambiente virtual de espacios cerrados son bajos (Figura 3).

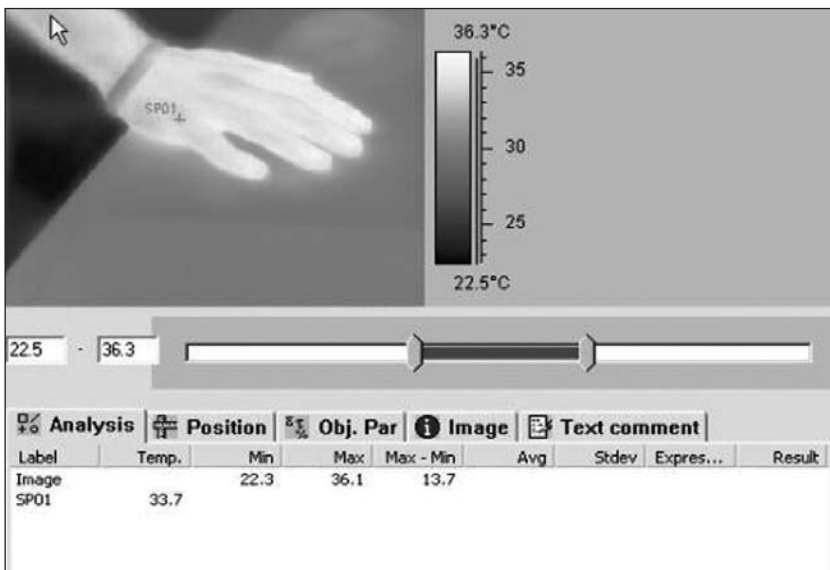


Figura 3. Datos termográficos de la mano

En los individuos con miedo a las alturas, y según el mismo análisis estadístico anterior, se concluyó que el parámetro de frecuencia fundamental de la voz manifiesta un incremento en su valor (Figura 4).

En los individuos con miedo a las alturas, la energía de la voz no presenta cambios significativos según el análisis estadístico ANOVA (Sig: 0.383).

En los resultados de estadística descriptiva, la energía de la voz no presenta cambios significativos en reposo, ambiente virtual de alturas y ambiente virtual de espacios cerrados (81.4, 80.5, 80.7 decibelios, respectivamente).

Este resultado estadístico indica que la energía de la voz no es un parámetro adecuado para determinar la influencia de la realidad virtual en individuos con fobias.

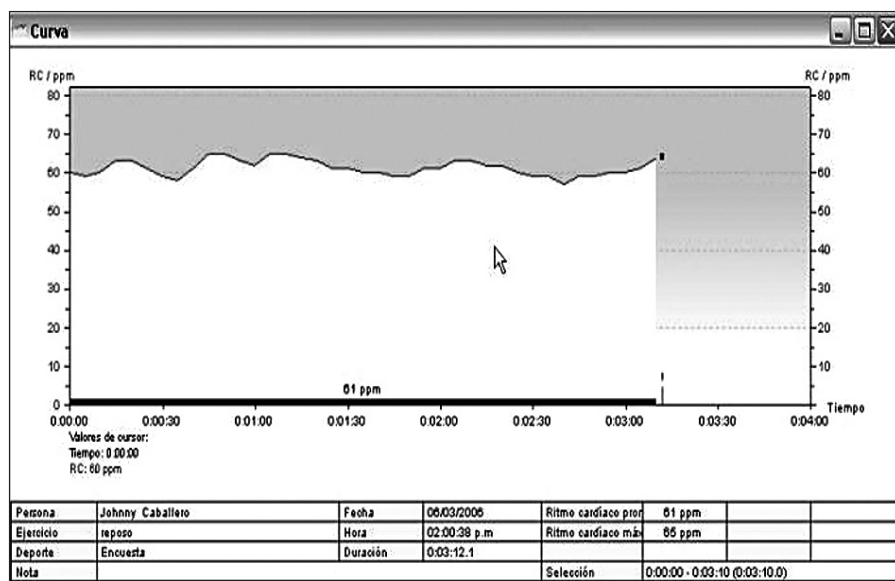


Figura 4. Frecuencia cardíaca de un paciente en sesión de reposo.

Al realizar el análisis estadístico ANOVA, teniendo en cuenta dos grupos de trabajo, uno que corresponde a un ambiente de reposo, y otro que considera ambos ambientes virtuales, se puede observar que existen diferencias en el comportamiento de la variabilidad cardíaca entre el grupo de individuos en estudio, cuando están en estado de reposo, con relación a cuando están bajo el ambiente virtual de alturas o espacios cerrados (Figura 5).

La media de la variabilidad cardiaca cambia en forma significativa, y muestra una disminución en el valor medio, resultado que concuerda con la literatura médica.

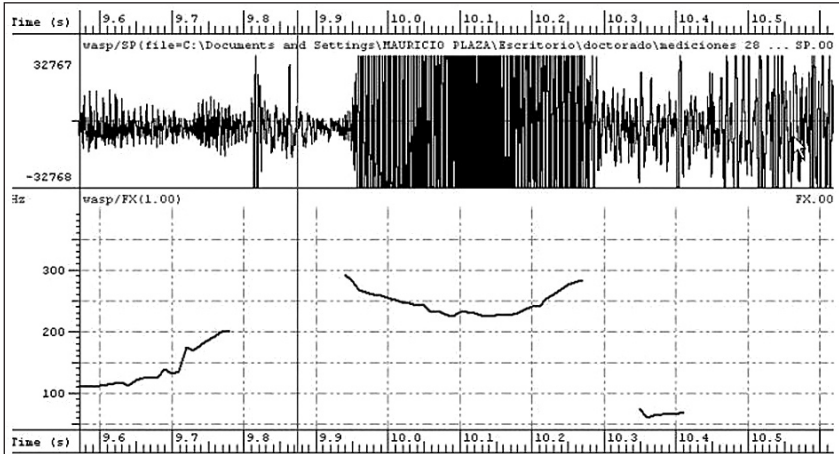


Figura 5. Registros de voz, frecuencia fundamental y energía.

DISCUSIÓN

Los datos encontrados en la prueba anterior muestran que hay algunos parámetros que presentan cambios en los diferentes ambientes. Algunos otros parámetros no sufren ningún cambio, por consiguiente no pueden ser usados para determinar la eficacia de la realidad virtual para el tratamiento de fobia. (Figura 6 y 7).



Figura 6. Puesto de realidad virtual creado para la investigación.



Figura 7. Ambientes virtuales creados.

Con los resultados del rango en que la realidad virtual afecta a los individuos de la prueba se concluye que se deben mejorar las interfaces de realidad virtual para obtener un sistema más ajustado a la realidad. Con los actuales sistemas de realidad virtual existe una diferencia en la forma como el cerebro percibe el mundo real y la realidad virtual. En cuanto a los efectos conocidos como *simulation sickness* y *motion sickness*, son ocasionado por la diferencia entre la respuesta que espera recibir el cerebro y la respuesta que reciben los sentidos. Esto afirma la conclusión anterior de mejorar las interfaces de entrada y salida de los sistemas de realidad virtual.

Con los resultados de frecuencia cardiaca media concluimos que no es un buen parámetro para evaluar si un paciente es afectado por la realidad virtual. De la misma manera, en ambientes virtuales de espacios cerrados,

no existe una diferencia significativa entre los ambientes, y el promedio de frecuencia cardiaca es similar, lo cual indica que no es un parámetro útil en este ambiente.

La temperatura corporal media permite identificar el nivel de estrés de un individuo sometido a ambientes virtuales, comparado con los ambientes de reposo, a través de un incremento leve pero significativo de la temperatura corporal.

En contraste con el ambiente virtual de alturas, la temperatura corporal no es un parámetro útil para determinar la influencia del ambiente virtual de espacios cerrados. Este parámetro solamente puede ser usado en ambiente virtual de alturas. Esto significa que el ambiente virtual de alturas es percibido como más cercano a la realidad, comparado con el ambiente de espacios cerrados.

En esta investigación, la diferencia de los dos ambientes usando la temperatura corporal, muestra un incremento significativo en la temperatura. Un estudio riguroso de la literatura médica manifiesta que un individuo sometido a estrés presenta una disminución de su temperatura corporal. Esta posible discrepancia se explica ya que el ambiente virtual no genera una reacción muy fuerte, pero el miedo al ambiente produce un nivel alto de atención, que se manifiesta con síntomas similares al relajamiento, de lo cual resulta una disminución de la temperatura corporal.

En los individuos con miedo a las alturas, y según el anterior análisis estadístico, concluimos que el parámetro de frecuencia fundamental de la voz es adecuado para determinar si un individuo es afectado emocionalmente por un ambiente virtual de alturas, lo que se manifiesta por un incremento de la frecuencia fundamental de la voz [16].

El parámetro de variabilidad cardiaca, según el resultado de la investigación, es el único que permite identificar el nivel de estrés generado por los dos ambientes virtuales de alturas y espacios cerrados. Los demás parámetros sólo pueden ser usados en ambientes virtuales de alturas. Este resultado nos indica que el ambiente virtual de espacios cerrados no presenta el mismo nivel de similitud con el ambiente real.

La realidad virtual es un instrumento usado por algunos centros médicos para el tratamiento de fobia [3], [18], [20], [21]. Debido a la necesidad de tener un instrumento para medir en una escala cuantitativa la eficacia

del tratamiento y la evolución del paciente con estados de fobias, esta investigación, basada en estudios médicos sobre la influencia del estrés en los signos vitales, trata de determinar la eficacia de la realidad virtual y establecer una escala que puede ser usada por el médico en el tratamiento, para determinar al final qué parámetros son los adecuados para revisar la evolución del tratamiento de fobias por realidad virtual [19].

CONCLUSIÓN

Con los signos vitales y la frecuencia fundamental de la voz encontrada y comprobada, podemos concluir que hay algunos parámetros, como la frecuencia cardiaca media, energía de la voz y duración de la voz, que no permiten distinguir la reacción de la persona en ambiente virtual y ambiente de reposo. Algunos otros parámetros, como la temperatura, la variabilidad cardiaca y la frecuencia fundamental de la voz, nos permitieron distinguir el estado de reposo y ambiente virtual. Solamente el parámetro de temperatura y frecuencia fundamental de la voz son útiles para ambiente virtual de alturas.

El siguiente paso en la investigación es utilizar estos resultados en el seguimiento de un paciente con fobia médica declarada durante todo el tratamiento, bajo la supervisión de un centro médico especializado en fobias, usando realidad virtual.

Los pacientes que son adecuados para este tipo de tratamiento son aquellos sin limitaciones visuales o auditivas, ya que parte del realismo de la realidad virtual se logra con visión binocular y con la diferencia auditiva de sistema receptores de sonido. Por otra parte, los pacientes con fotosensibilidad alta o con algún síntoma de epilepsia por patrones lumínicos deben abstenerse de usar esta metodología. El tiempo límite recomendado para eludir los anteriores inconvenientes, y evitar cansancio o falsos positivos, es de 3 minutos.

REFERENCIAS

- [1] APA – AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-IV TR*, 4th ed., Washington, DC: American Psychiatric Publishing, 2000, 943 p.
- [2] J.A. WATERWORTH, (1999), "Virtual reality in medicine: a survey of the state of the art", In: www.informatik.umu.se/~iwworth/medpage.html.
- [3] C. BOTELLA, R. BAÑOS, C. PERPIÑA y R. BALLESTER, *Realidad virtual y tratamientos psicológicos, Análisis y Modificación de Conducta*, No 24, 1998, pp. 5-26.

- [4] D.C. COHEN. "Comparison of self-report and overt-behavioral procedures for assessing acrophobia", *Behavior Therapy*, vol. 8, No 1, p. 17-23, 1977.
- [5] C. BOTELLA, *El tratamiento de la claustrofobia por medio de la realidad virtual*, I Congreso de la Asociación Española de Psicología Clínica y Psicopatología, Madrid, 1997.
- [6] C. BOTELLA, *Realidad virtual y tratamientos psicológicos*, III Congreso Internacional de Psicología Conductual, Granada, 1997.
- [7] J.M. ROSEN, H. SOLTANIAN, R.J. REDETT, D.R. y LAUB, "Evolution of virtual reality [Medicine]", *Engineering in Medicine and Biology Magazine*, IEEE, vol. 15, No 2, p. 16-22, 1996.
- [8] G. RIVA, "Virtual reality in psychotherapy: review", *Cyberpsychology & Behavior*, vol. 8, No 3, p. 220-230, 2005.
- [9] P.M.G. EMMELKAMP, M. KRIJN, A.M. HULSBOSCH, S. DE VRIES, M.J SCHUEMIE, C.A.VAN DER MAST, "Virtual reality treatment versus exposure in vivo: a comparative evaluation in acrophobia", *Behaviour Research and Therapy*, vol. 40, No 5, p. 509-516, 2002.
- [10] SPS – SPEECH FILING SYSTEM (2008), "*Tools for Speech Research*", Department of Phonetics & Linguistics, University College London, In: www.phon.ucl.ac.uk/resource/sfs.
- [11] C. BOTELLA, R.M. BAÑOS, C. PERPIÑÁ, M. ALCAÑIZ, H. VILLA and A. REY, Virtual reality treatment of claustrophobia: A case report, *Behaviour Research and Therapy*, 6, 1998, pp. 239-246.
- [12] C. BOTELLA, S. QUERO, C. PERPIÑÁ, R.M. BAÑOS, M. ALCAÑIZ, J.A. LOZANO and A. REY, Virtual environments for the treatment of claustrophobia, *International Journal of Virtual Reality*, No 3, pp. 8-13, 1998.
- [13] F. HODGES LARRY, R. KOOPER, C. MEYER THOMAS, O. ROTHBAUM BARBARA, D. OPDYKE, J. GRAAFF JOHANNES, S. WILLFORD JAMES and M. NORTH MAX. Virtual Environments for Treating the Fear of Heights, *IEEE Computer* 28, 7 (July 1995) 27-34.
- [14] M. ALI, (2002), "*Temperature dysregulation in stress*", In: www.majidali.com/temperat.htm.
- [15] R. MCCRATY, M. ATKINSON, W.A. TILLER, G. REIN, A.D. WATKINS. "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability", *The American Journal of Cardiology*, vol. 76, No 14, p. 1089-1093, 1995.
- [16] K.R. SCHERER, "Effect of stress on fundamental frequency of the voice", *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 62, suppl. No 1, p. S25, 1977.
- [17] J. VINCE. *Virtual reality systems*, Cambridge, ACM Press, 1995.
- [18] M. North, S. North and J. Coble, *Virtual reality therapy*, I.P.I. Press, Ann Arbor, Michigan, 1997.
- [19] M. NORTH and S. NORTH, "Virtual environments and psychological disorders", *Electric Journal of Virtual Culture*, 2, pp. 25-34, 1994.
- [20] B. ROTHBAUM, L. HODGES, R. KOOPER, D. OPDYKE, J. WILLIFORD and M. NORTH, "Effectiveness of computer generated (Virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia", *American Journal of Psychiatry*, No 152, pp. 626-628, 1995.
- [21] R. ZAJTCHUK, R.M. SATAVA, "Medical applications of virtual reality", *Communications of the ACM*, vol. 40, No 9, p. 63-64, 1997.