



# VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18  
junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



## TELEOPERACIÓN CON DISPOSITIVOS HÁPTICOS: RETO PARA LA EDUCACIÓN POR SIMULACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD.

<sup>a</sup> Barrera-Gálvez Rosario; <sup>b</sup> Solano-Pérez Claudia Teresa; <sup>b</sup> Busto-Villarreal José María y <sup>c</sup> Díaz-Pérez Luis E.

<sup>a</sup> Profesor Investigador del Área Académica de Enfermería, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [rosario\\_barrera@uaeh.edu.mx](mailto:rosario_barrera@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Profesor Investigador del Área Académica de Medicina, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. [claudia\\_solano@uaeh.edu.mx](mailto:claudia_solano@uaeh.edu.mx); [josem@uaeh.edu.mx](mailto:josem@uaeh.edu.mx)

<sup>c</sup> Director General Adjunto de Planeación de Infraestructura, Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud, Secretaría de Salud Federal, México. [luis.diazp@salud.gob.mx](mailto:luis.diazp@salud.gob.mx)

### RESUMEN

Hoy en día la interacción entre la Medicina, la Computación y la Robótica se ha vuelto inevitable, ya que estas ciencias realizan un trabajo conjunto con humanos capaces de rehabilitar su salud gracias a la repetición continua de movimientos con teleoperación de dispositivos complejos. Estas máquinas (o robots), proporcionan sensación de presencia al usuario que ejecuta acciones frente a un dispositivo tecnológico mientras que las dos funciones (máquina-humano) se intersectan en entornos virtuales.

Con el objetivo de conocer la mejor forma para aplicar la interacción sistémica entre máquina-humano-entorno virtual dentro de las ciencias de la salud, se llevó a cabo una investigación en las carreras de Medicina, Odontología y Enfermería en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; la muestra estuvo conformada por universitarios de estas carreras, debido al contacto tripartito que su profesión exige: humanos (profesión salud), entorno virtual (computación) y dispositivos hápticos (robótica).

Se utilizó un diseño transversal descriptivo con enfoque experimental observacional, incluyendo variables como: esfuerzo (control de impedancia), frustración (en el usuario), medición de carga mental (usuario), estrés por realizar la actividad (usuario) y se realizó una prueba de esfuerzo, combinada con medición de signos vitales antes y después, con posterior evaluación de estrés a través del instrumento NASA-TLX.

Entre los resultados más relevantes se hizo notar la presencia de estrés, con 40% de participantes que demostraron aumento en la demanda mental para combinar teleoperación del dispositivo háptico y ejecución en el entorno virtual. La temporalidad de interacción entre el estudiante y el dispositivo háptico en cuanto a la primera vez de uso o si tenía previo conocimiento en juegos de realidad virtual también tuvo relevancia en este estudio. Se continuará con la investigación para obtener mayores resultados.

**Palabras clave:** teleoperación en ciencias de la salud; educación por simulación; estrés y entornos virtuales.



# VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18 junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



## 1. INTRODUCCIÓN

Con los cambios globales y la evolución tecnológica y de información, ahora las formas de reacción entre individuos es variable; las herramientas técnicas que tenemos al alcance son varias: dispositivos electrónicos para localización, explicación y adiestramiento, entre otros.

En el mismo sentido, la robótica ha revolucionado el mundo de la medicina siendo una herramienta coadyuvante en análisis y en la terapia física. Los robots tienen sistemas que evocan movimientos a través de protocolos prediseñados los cuales identifican y evalúan movimientos dinámicos así como trastornos de coordinación. Para los sistemas de interacción física hombre robot, los esquemas clásicos de evaluación corresponden a la medición de las variables físicas que describen el desempeño del sistema robótico, particularmente la convergencia y la energía de intercambio.

De acuerdo con la literatura [1], lo más recomendable en evaluación de plataformas es el uso de esquemas que permitan realizar un análisis extensivo en muestras de personas que se asumen sanas, así como verificar el desempeño global con análisis estadístico descriptivo y con perspectivas de predicción y diagnóstico como posibles trabajos futuros.

## 2. TEORÍA

Los sistemas de información han permitido dar un orden en el desarrollo de las organizaciones, en otras épocas las tareas se desarrollaban de manera manual y repetitiva; lo cual hacía que se perdiera tiempo y esfuerzo por parte del ser humano. Con la llegada de los sistemas de información estas tareas se automatizaron y la cantidad de esfuerzo que ahora tiene que hacer el hombre, es menor comparada con el de otros tiempos. La toma de decisiones dentro de una organización debe soportarse en información oportuna y veraz, características que coinciden con el desarrollo de los sistemas de información, lo que justifica su existencia y la agilidad de captar, almacenar, procesar y rescatar los datos, todo ello para contar con una planeación y control organizacional [2].

La robótica es la rama de la tecnología que se dedica al diseño, construcción, operación, disposición estructural, manufactura y aplicación de los robots<sup>1</sup>. La robótica combina diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería de control y la física; así como el álgebra, los autómatas programables, la animatrónica y las máquinas de estados. El uso original del término **Biofeedback** (bio-retroalimentación), se refiere a una técnica que se emplea para controlar las funciones fisiológicas del organismo humano, mediante la utilización de un sistema de retroalimentación que informa al sujeto del estado de la función que se desea controlar de manera voluntaria<sup>2</sup>.

El término biofeedback está compuesto por la palabra griega *bio*, que significa vida, y la inglesa *feedback* que significa retroalimentación o retroinformación, por lo tanto biofeedback podría traducirse por *bio-retroalimentación*, por ello la importancia de describir la investigación de Daniel David Palmer [3] final del siglo XX.

El concepto de **tarea orientada a la formación repetitiva** sugiere que la terapia de bio-retroalimentación debe ser durante el movimiento dinámico relacionado para optimizar la mejoría

<sup>1</sup> Robot, es la palabra Checa más difundida en todo el mundo.

<sup>2</sup> <http://audiologiaondas.com/biofeedback/>



# VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18  
junio 2016

Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



de la función motora; la tecnología avanzada actualmente facilita el diseño de sistemas de retroalimentación biológica que poseen diversos parámetros, visualización de señal avanzada y sofisticados sistemas de control para el uso en biofeedback orientado a las tareas [4] de rehabilitación neuromotora.

De esta manera, ofrece opciones para los pacientes con problemas motores, ya que al usar una máquina con desarrollo de tareas de forma repetida, puede mejorar la salud y calidad de vida del usuario-paciente.

Los **Dispositivos Hápticos**, son el resultado de décadas de investigación activa en la industria y en laboratorios de universidades. En las décadas de los 50's y 60's, cuando la realidad virtual no existía, la investigación se orientó al desarrollo y mejoramiento de sistemas tele robóticos. En dicho sistema, el operador humano controla un brazo maestro que transmite sus comandos de movimiento a un esclavo remoto. El esclavo sigue a la entrada del maestro, interactuando con ambientes peligrosos tales como: nuclear, espacio exterior o sitios submarinos.

El primer sistema de teleoperación estaba constituido únicamente de transmisiones mecánicas para que el esclavo estuviera muy aproximado a los movimientos del maestro. Un primer servomecanismo eléctrico fue desarrollado en 1954 por Goertz y Thompson en el Laboratorio Nacional de Argonne [5]. Los servo actuadores reciben señales de retroalimentación a los sensores del esclavo, y aplican fuerzas a la mano del operador humano, quien sujeta al maestro. En este sentido, el operador humano siente como si él estuviera manipulando directamente al sistema remoto.

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

La teleoperación, representan una herramienta tecnológica que a través de dispositivos hápticos de entrenamiento de alto desempeño y sus aplicaciones en cirugía, manejo de herramienta, entretenimiento y operación remota de sistemas robóticos complejos, así como de vehículos móviles no tripulados, los cuales permiten validar el interés de la comunidad científica en proponer estrategias nuevas y novedosas en construcción, planificación, control, decisión en condiciones de contingencia y operación en ambientes con incertidumbre. La realización de este proyecto permitió una evaluación del comportamiento del ser humano, utilizando el método de base en la carga de trabajo con la interacción basada en el protocolo NASA TLX [6] a partir de los indicadores de esfuerzo, frustración, carga mental, carga temporal y estrés, y su relación con la usabilidad y la utilidad en sistemas de interacción hombre-robot; además de las variables de medio ambiente (luz, ruido, humedad y temperatura), lo que permitió identificar los cambios de las personas que participaron en sus signos vitales antes y después de realizar la tarea [7].

El protocolo **NASA TLX**, es un métodos subjetivos y ponderado es una herramienta con que se realizó la evaluación "teleoperación con dispositivos hápticos: reto para la educación por simulación en ciencias de la salud". Este es un procedimiento de valoración multidimensional que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis sub-escalas, cuyo contenido es el resultado de la investigación dirigida a aislar de forma empírica y a definir los factores que son de relevancia en la experiencia subjetiva de carga de trabajo. El NASA TLX (Task Load Index) es un procedimiento de valoración multidimensional que da una puntuación global de carga de trabajo, basada en una media ponderada de las puntuaciones en seis sub-escalas, de éstas, tres se refieren a las demandas impuestas a la persona (demandas mentales, físicas y temporales) y las otras tres se refieren a la interacción de la persona con la tarea (esfuerzo, frustración y rendimiento o performance). La



# VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

16-18 junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"



carga no es una característica inherente a la tarea sino que es el resultado de la interacción entre los requerimientos de la tarea, las circunstancias bajo la que se desarrolla y las capacidades, conductas y percepciones del operador.

Para realizar la aplicación del instrumento NASA TLX se definieron 5 pasos a seguir:

1. Diseñar el cuestionario en el formato de las 6 sub-escalas, generalmente consta de 6 preguntas.
2. Capacitar al usuario que realizará la tarea de la carga de trabajo que se va a medir y sobre el cuestionario de NASA TLX.
3. Definir la ponderación que se le dará a cada sub-escala.
4. Aplicar el cuestionario a cada uno de los usuarios.
5. Contar con el software que permitirá realizar el análisis de los datos.

La investigación se orientó a un estudio de tipo **observacional** con diseño **transversal** (con datos captados únicamente en el momento de la realización de la tarea de navegación con guiado kinestésico mediante el dispositivo Phantom Omni ), **retrospectivo** (puesto que se observó el fenómeno, tratando de identificar sus antecedentes y causas), y **descriptivo** (de carácter demográfico y estadístico), ya que no hubo intervención por parte del investigador, limitándose a medir y analizar las variables de resultado la evaluación subjetiva y multidimensional de la tasa de carga de trabajo en sus dos dimensiones: demandas solicitadas a las personas (mentales, físicas y temporales) y la interacción de la persona con la tarea (esfuerzo, frustración y rendimiento) además de los parámetros ambientales como temperatura, humedad relativa y nivel de iluminación en el área de trabajo, a través de una tarea de navegación en un ambiente virtual dinámico tridimensional y las variables demográficas [8]. Para el análisis se recurrió a la estadística descriptiva [9], a partir de herramientas como la distribución de frecuencias, proporciones, medidas de tendencia central, de dispersión y de correlación entre las variables [10].

## Resultados de la investigación

Los participantes en la muestra del estudio fueron seleccionados toda vez que cumplieron con los criterios de inclusión, exclusión y/o eliminación; se obtuvieron resultados confiables de 204 encuestas, de una muestra de 248 participantes que se tenían contemplada, por lo que al respecto se cumplió con el cometido de evitar un error de selección y con la muestra del 95% de confiabilidad con un límite de aceptación del 1.65 con un error aceptable 0.05, mismo que es la diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población que se está dispuesto a aceptar con un nivel de confianza que se ha definido. Los resultados fueron de 204 encuestas que cumplieron con todas las características, de estas 123 corresponden a usuarios femeninos y 81 a masculinos. Al preguntarles a los participantes ¿tienen experiencia en juegos de realidad virtual?, se identificó que el 76% no y el 24% si tiene experiencia. En la temperatura corporal de los 204 participantes encuestados con datos válidos, se identificó una variación de grados en 45 registros que van del -2.1 al 2.7 puntos; en el cero encontramos 32 registros de los participantes que se mantuvieron estables en el desarrollo de la investigación; es decir el 16% de los participantes no presentó ningún cambio en su temperatura corporal.

Se puede deducir que el cuerpo humano al realizar un esfuerzo, sufre un incremento de su temperatura corporal; esto se debe a los movimientos de sus músculos y a la tensión de la carga mental ejercida. La frecuencia cardiaca se tomó en reposo los resultados obtenidos se registro al iniciar un rango de 52 a 104 pulsaciones y la finalizar la tarea de carga se registraron de 56 a 105 pulsaciones por minuto. Se identificó una media al iniciar de 71.6 pulsaciones y al finalizar de 76



pulsaciones por minuto. El 35% de los participantes no registró ningún cambio en su presión arterial sistólica tomada al inicio del experimento y al final de él. Al realizar el extracto de información se identificó que el 30% de los participantes del PE de medicina no registraron cambios; para el caso del PE de Odontología se identificó el 39% de los participantes y para el PE de Enfermería se identificó el 32% de los participantes sin cambios. La variación o estabilidad de la presión arterial podría estar relacionada con la experiencia del participante con juegos de realidad virtual, de los cuales se identificó el 41% que si tiene experiencia en juegos de realidad virtual, se mantuvo estable en su presión arterial.

Dentro de la investigación y con el dispositivo háptico Phantom Omni, tenemos comunicación con una computadora, por medio de la cual se envía la consigna al dispositivo para ejecutar el guiado háptico; esto permite tener un desplazamiento del dispositivo en el espacio de trabajo proporcionando así los valores de la posición y velocidad, los cuales se analizaron determinando el desempeño de los participantes. Se analizaron los datos del guiado activo, donde los participantes tuvieron diferentes tiempos en la carga de trabajo identificando como un mínimo de 10 segundos; un máximo de 133 segundos y un promedio de 32 segundos. Como se muestra en la siguiente gráfica.



Fuente: n=204 archivos analizados 2014.

En la grafica, se puede identificar que los participantes realizaron en promedio 233 movimientos en el espacio de trabajo con un mínimo de 75 movimiento y un máximo de 952 movimiento; además de identificar las colisiones para el primer ejercicio donde en promedio fueron 71 y como máximo 393 y como mínimo 0 es decir una persona realizó la trayectoria sin colisiones.

#### 4. CONCLUSIONES

Con respecto a la evaluación que se realizó para identificar el nivel de estrés generado por las personas que participaron en la investigación; podemos decir, que el 40% de los participantes identificó una carga de trabajo; aún con ello todos los participantes realizaron la actividad de manera satisfactoria. Por lo anterior, se infiere que a los participantes se les generó estrés de una u otra manera en la realización de la carga de trabajo ya que presentaron una reacción fisiológica en el organismo en el que entran en juego diversos mecanismos de defensa para afrontar una situación que se percibe como amenazante o de demanda incrementada; además de la comprobación con los resultados obtenido a través del cuestionario NASA TLX que se les aplicó. Es decir al 40% de los participantes, les generó estrés el hecho de estar realizando la actividad que



**VII** CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD  
 "GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

**16-18**  
 junio 2016  
 Unidad de Seminarios, BUAP

consistió en el uso de la realidad virtual y de un brazo robótico. Esta información sirve para en un futuro diseñar Sistemas de Interacción Física Hombre-Robot con características que sean más ergonómicas para los usuarios.

La justificación de dicho resultado, es la tendencia en el uso de sistemas robóticos acoplados total o parcialmente en el cuerpo humano. El flujo de energía que permite validar la transmisión de conocimiento a través de canales kinestésicos, representa una variable muy relacionada con la demanda física y que implica efectos sobre el esfuerzo. La convergencia de movimiento del robot (posición y velocidad de consigna) está estrechamente relacionada con la demanda temporal y tiene efectos sobre el nivel de frustración en el desarrollo de la tarea. La demanda mental corresponde a las características de la tarea y su planificación. El rendimiento o desempeño general de la interfaz con el usuario en el lazo de control, corresponde a las mejores de estabilización y baja carga de trabajo. Sin embargo, en las condiciones que se diseñó la tarea de interacción, es evidente el alto nivel de estrés al que fue sometido el usuario. La discriminación de usuarios que efectuaron la tarea, fue gracias a la instrumentación de parámetros ambientales y de signos vitales; lo que permite garantizar mayor confiabilidad en el resultado obtenido.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rosario Barrera-Gálvez, Tesis Evaluación de un Sistema de Interacción Físico Hombre-Robot basado en el Protocolo NASA TLX, Mineral de la Reforma, Hidalgo. México. UAEH-CITIS, 2014
- [2] Senn, James A. Análisis y Diseño de Sistemas de Información; McGraw-Hill 2da. Edición, Julio 1992.
- [3] José Antonio J. Carrobes, La bioretroalimentación en la rehabilitación neuromuscular: revisión y estudio de casos, Revista Latinoamericana de Psicología, vol. 15, núm. 1-2, 1983, pp. 215-236, Fundación Universitaria Konrad Lorenz, Colombia
- [4] Steven L Wolf and Jiping He. Rehabilitation, Recent developments in biofeedback for neuromotor. He Huang1. 3:11 doi: 10.1186/1743-0003-3-11, 2006, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2006.
- [5] Goertz, R. and R. Thomson. Electronically Controlled Manipulator y Nucleonics. Pág. 46-47, 1954.
- [6] Hart, Sandra G. Development of NASA-TLX (Task Load Index); Results of Empirical and Theoretical Research. Aerospace Human Factors Research.
- [7] Rosario Barrera-Gálvez, José Manuel Fernández-Ramírez; Omar A. Domínguez-Ramírez «DESIGN AND INTEGRATION OF A HUMAN-ROBOT,» European Scientific Journal, vol. 2, nº ISSN: 1857- 7431, pp. 170-180, 2015
- [8] Cabrero-García, J., Richart-Martínez, M. Apuntes de Metodología de la Investigación I. España: Universidad de Alicante. , 2000.
- [9] Coolican, H. Métodos de Investigación y Estadística en Psicología. México: Ed. Manual Moderno. 3ª Ed. 2005.
- [10] Wales, J., Sanger, L. Estadística inferencial. USA, Enciclopedia metodológica., 2001.
- [11] Marakas, Jame A. O'Brien y George M. Sistemas de Información Gerencial; Mc Graw Hill, 2013.
- [12] Muñoz Cruz V. Gestión y planificación de sistemas y servicios de información. En García



CONACYT    CCADET    CIO    PUEBLA    INNS

# VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"GENERACION DE NUEVAS TECNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18 junio 2016  
Unidad de Seminarios, BUAP

UASLP    ACADÉMICA REGIÓN ALTIPLANO    UANL    CENIT    JOSLYN    Surge Suppression

Gutiérrez AL. (ed) Introducción a la documentación información y periodística. Sevilla: Alcalá de Guadaira; 1998.

[13] Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, P. Metodología de la investigación. México; Ed. McGraw-Hill Interamericana, 4ª Ed., 2006