

---

## Sistemas de Captura de Movimiento – EXOCAP

---

### Sistemas de Captura de Movimiento - EXOCAP

**Mauricio Gómez , Ing. Electrónico.**  
**John Nicholls Anzola, Ing. Electrónico.**  
**Daniel Barrero, Ing. Sistemas, PhD.**

[mg1974@tutopia.com](mailto:mg1974@tutopia.com) , [Johnnicholls128@hotmail.com](mailto:Johnnicholls128@hotmail.com) , [daniel.barrero@polymtl.ca](mailto:daniel.barrero@polymtl.ca)

#### Resumen.

En este trabajo presentamos la elaboración de software y hardware para interactuar con mundos de realidad virtual y realidad aumentada con software de libre distribución y tecnología disponible en el mercado Colombiano. Igualmente se presentan diversas posibilidades para la elaboración de múltiples interfaces humanas para aplicaciones en sistemas interactivos de realidad virtual y realidad aumentada. Estos principios se pueden aplicar a sistemas de Teleoperación de robots y Animación en Tiempo Real.

#### Introducción a la Realidad Virtual.

Desde un punto de vista tecnológico la Realidad Virtual posee diversas significaciones: la combinación de la potencia de una computadora sofisticada de alta velocidad, con imágenes, sonidos y otros efectos, una representación virtual del mundo real. Una serie de tecnologías capaces de transferir las sensaciones del mundo real a un mundo simulado, etc.

En general cuando se habla de realidad virtual (RV) los escenarios o mundos digitales se generan de manera similar al funcionamiento de los juegos de video 3D como Quake, Grand Theft Auto o los tradicionales Simuladores de Vuelo, donde el usuario se encuentra inmerso en un mundo completamente irreal. Pero este no es el único tipo de realidad virtual posible, en contraste con este tipo de aplicaciones clásicas existe también la Realidad Aumentada (RA). En la cual solo se generan algunos objetos o personajes digitalmente y mediante diversas tecnologías se hacen coincidir las imágenes generadas con imágenes reales correspondientes al entorno actual del usuario. Ejemplos del potencial de este tipo de tecnología lo vemos frecuentemente en el cine, donde los escenarios o los actores son filmados en un entorno real y son complementados por actores o escenarios virtuales: e.g. la estampida de animales en la película “Jumanji”, o los escenarios y escenas de combate en “The Matrix”.

Para efectos prácticos, EXOCAP lo define como “Software interactivo de animación tridimensional en tiempo real de alto rendimiento compatible con cualquier

dispositivo de interfaz humana”. Esta definición permite abarcar la realidad virtual, y todo lo concerniente con la realidad aumentada bajo una misma área de investigación.

#### 1. DEMOSTRACIÓN DE UN MUNDO DE REALIDAD VIRTUAL

El software desarrollado por EXOCAP para esta demostración está basado en la creación de una serie de extensiones al lenguaje de programación Lua (<http://www.lua.org>), las cuales permiten conectar sistemas de adquisición de datos desarrollados en Colombia como exoesqueletos, brazos palpadores, guantes de realidad virtual entre otros. Estas extensiones se realizaron a manera de evolución del programa de libre distribución Doris (<http://doris.sourceforge.net/>) basado en Lua.

#### 2. FUNCIONAMIENTO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA ENTORNOS VIRTUALES.

EXOCAP utiliza técnicas de digitalización de señales análogas a digitales proporcionadas por transductores de cualquier movimiento a números binarios. Principalmente sensores de Ángulo, de los cuales a partir del movimiento de una articulación se obtiene un número representativo del ángulo de dicha articulación. La tarjeta diseñada consta de 40 canales Análogos los cuales se entregan de manera digital al computador por medio de su puerto paralelo.

#### 3. DEMOSTRACIÓN DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON EL PALPADOR

---

## Sistemas de Captura de Movimiento – EXOCAP

---

EXOCAP demuestra la adquisición de datos a partir de un brazo mecánico a una representación virtual del mismo, por medio del programa “Doris”.

### 4. EXOESQUELETOS

Inicialmente EXOCAP desarrollo un pequeño prototipo de un brazo manipulador el cual consta de 5 sensores análogos de posición, los cuales mediante una tarjeta de conversión análogo / digital le entrega los datos al computador en formato digital. Por software se hace coincidir cada una de las medidas con un ángulo en un modelo simulado del mismo brazo desarrollado con OpenGL, lo cual nos lleva a seguir los movimientos del brazo mediante técnicas de animación en tiempo real.

Posteriormente utilizando la misma tecnología se elaboro un brazo que forma parte de un exoesqueleto electromecánico en el cual se descubrió que parte del diseño que actualmente ofrecen algunas compañías se puede mejorar.

Existen varios tipos de Exoesqueletos:

#### Exoesqueletos Electromecánicos.

Desde el punto de vista técnico un **EXO-ESQUELETO ELECTROMECHANICO [1]** es una interfaz de carácter electromecánico, que traduce en señales eléctricas los movimientos del cuerpo como codos, rodillas, dedos, posición en el espacio o incluso la pulsación de diferentes formas de interruptores para interactividad de tiempo real. Estas señales son convertidas a formato digital por medio de conversores análogo/digital, los cuales la computadora interpreta como, ángulos, posiciones o señales de interacción pertenecientes a cada una de las partes del cuerpo.

Actualmente en el mundo se están empleando exoesqueletos comerciales como los de la firma METAMOTION Gypsy's [2], para captura de movimiento con fines de animación de Avatar's. Esta empresa ofrece varias opciones con el exoesqueleto como:

Grabar los movimientos del esqueleto en formato BVH.

Grabar los movimientos del esqueleto usando el formato nativo de Gypsy's utilizando los drivers para el software de animación 3D.

Grabar los movimientos con drivers personalizados que se pueden escribir con el SDK de Gypsy SDK.

Usar un software de captura personalizados como el Kaydara FiLMBOX con el cual se pueden grabar movimientos del esqueleto, editarlos, o exportarlos a otro software de animación.

Este sistema utiliza un giroscopio para determinar cambios en la dirección a partir de una posición inicial.

#### Exoesqueletos electromagnéticos

Por otro lado los exoesqueletos electromecánicos no son la única solución para hacer animaciones de avatars. También encontramos sistemas de captura de movimiento magnéticos. Encontramos empresas como Ascensión Technology Corporation [6] o Polhemus a rockwell collins company [7] que se dedican a este tipo de tecnología. Es un poco menos complicada de utilizar ya que se puede adaptar mejor al cuerpo, cosa que será muy difícil de alcanzar con exoesqueletos hechos a base de sensores de rotación mecánicos como el estudiado anteriormente, pero la cantidad de medidas que se puede tomar es muy inferior por lo que la captura del movimiento es muy limitada.

#### Captura de movimiento mediante cámaras de vídeo.

Otras empresas dedicadas a la captura de movimientos como es Peak Performance Technologies. [3] o Motion Analysis [4] lo hacen por intermedio de cámaras de vídeo. Esta ultima empresa aunque utiliza sistemas de captura de movimiento no se limita a animaciones de avatar's sino que además ofrecen servicios de análisis de movimientos para múltiples aplicaciones entre las que se encuentra el estudio de

## Sistemas de Captura de Movimiento – EXOCAP

movimientos humanos para el desarrollo de la robótica.

A partir de estos tipos de sistemas de captura de movimientos se puede resumir:

Características	Sistema Mecánico	Sistema Magnético	Sistema por Video
Interferencia eléctrica y metálica	No	Si	No
Rango	1.2KM	6 metros	6 metros
Requiere ambientes altamente controlados	No	Si	
Ruido a la salida	No	Si	No
Dificultad para usar	Poca	Poca	Alto
Problemas con múltiples sistemas funcionando simultáneamente	No	Si	Si
Dificultad para calibrar	No	Si	No
Precio	Normal	Normal	Alto

Lo anterior más otras características llevo a EXOCAP a desarrollar el exoesqueleto electromecánico.

### Exoesqueleto desarrollado por EXOCAP.

Inicialmente se desarrollo un pequeño brazo con la misma tecnología con la que se construiría el exoesqueleto con el fin de explorar de viabilidad de montar un exoesqueleto completo. Este pequeño brazo finalmente se convirtió en un practico manipulador para aplicaciones en

tiempo real. Las características de este brazo manipulador son:

- Estructura en aluminio.
- Transductores de posición: sensores de rotación mecánicos.
- Hardware: Basado en el chip de conversión Analógicos a Digital

La estructura se decidió hacer en aluminio ya que este es un metal blando y liviano. La ventaja de trabajar en un metal blando es su facilidad para maquinarse. En cuanto al hecho de que es liviano le permite al usuario utilizarlo fácilmente sin mayor esfuerzo.

También se decidió utilizar como sensor de rotación de 270 grados los cuales por una posición determinada entregan una señal la cual a través de conversores analógico / digital se puede convertir en un número equivalente al ángulo en el que se encuentra ubicada la articulación medida en un momento determinado.



Luego se elaboro un prototipo de exoesqueleto electromecánico del cual se mejoraron algunas partes de los sistemas que se ofrecen actualmente.

El sistema de la firma METAMOTION Gypsy's se tomo como modelo, y una vez reproducido se descubrieron varios problemas que este tiene. El principal radica en la forma en que se esta censando la articulación del hombro.

## Sistemas de Captura de Movimiento – EXOCAP



Hombro de Exoesqueleto de **METAMOTION Gypsy's** [2].

Nota: Viendo esta gráfica analice el intentar subir el brazo hacia el lado y luego mandarlo hacia delante y descubrirá que este movimiento tan básico no se puede realizar. Esto es el conocido problema de Gimbal Lock.

Como se observa en la gráfica para censar este movimiento utilizan 2 o 3 sensores de rotación mecánicos encontrados en un solo punto (depende de la articulación que se quiera digitalizar). Esto es una representación mecánica del manejo de los ángulos con las técnicas de Euler. EXOCAP soluciona esto desde dos puntos distintos, ambos de manera innovadora y exitosamente. Uno de ellos consiste desplazarse por la superficie de una esfera lo cual fácilmente se puede hacer imitando la tecnología que utilizan los "mouse" de escritorio, de manera que matemáticamente se estaría trabajando con Cuaterniones. La otra solución es parte de la demostración



EXOCAP también observo que existen unos elementos telescópicos los cuales resultan supremamente peligrosos cuando se utiliza el exoesqueleto en estudio. Cuando usted se

coloca el sistema e intenta subir el brazo de lado, lo más posible es que la varilla que se observa en la gráfica quede peligrosamente cerca de su ojo. En el desarrollo de esta investigación se descubrió que con el nuevo sistema de movimiento descompuesto no es necesario utilizar (por lo menos en el hombro) estos telescópicos ya que cuando se sube el brazo el exoesqueleto se dobla un poco en la parte del codo.

En el codo solo es necesario un sensor puesto que este movimiento se hace en dos dimensiones. Para la muñeca se utilizan solo dos sensores.

En cuanto a la detección de Posición o Orientación se puede utilizar el producto FASTRAK de la firma **POLHEMUS** [7] el cual es descrito con mayor detalle en la página: <http://www.polhemus.com/ftakds.htm>

Para la interfase entre el traje y el computador se utilizo un sistema de conversión Análogo / Digital el cual convierte simultáneamente 40 canales análogos a digital cada uno con una resolución de 10 bits equivalente a 1024 puntos de digitalización. Ya que la alimentación del sistema es de 2.5 voltios se puede decir que se tiene una resolución de 0.0024 voltios por escalon. El sistema transmite la información de modo serial de modo que por el puerto paralelo se pueden tener 5 chips funcionando simultáneamente que es lo mismo a tener un conversor de 40 canales Análogo / Digital con 8 canales de conversión simultáneos.

Mecánicamente toda la estructura se armo en aluminio para hacerlo mas liviano y los sensores de posición que se utilizaron fueron potenciómetros lineales iguales a los utilizados en la primera fase del proyecto con el primer prototipo del manipulador.

En cuanto al costo se estima que para este prototipo se invirtieron alrededor de 20'000.000 de pesos, sin incluir mano de obra y capacitación.

### 5. Nuevas tecnologías de captura de movimiento en Colombia (exocap).

El paso siguiente consiste en el desarrollo de transductores menos invasivos (Los componentes mecánicos tienden a restringir un poco el movimiento del actor), los cuales

---

## Sistemas de Captura de Movimiento – EXOCAP

---

actualmente se han utilizado exitosamente en el desarrollo del guante de Realidad Virtual desarrollado por EXOCAP. Estos sensores son una versión especial de sensores de fibra óptica adaptada a la medición de ángulos corporales.

### 6. Demostración de adquisición de datos con el guante

Se hace la demostración de adquisición de datos mediante el nuevo tipo de sensores desarrollados por EXOCAP aplicados a sistemas de captura de movimiento, en este caso un guante de interacción con mundos virtuales y animación de avatars.

### 7. Realidad aumentada (demostración)

La Realidad Aumentada “Intenta mejorar la percepción del mundo real agregando información gráfica y textual. Es la combinación de gráficos en 3D y texto superimpuesto sobre imágenes y vídeo reales, en tiempo real. La RA puede utilizar los mismos dispositivos utilizados en ambientes virtuales.” [8].

La RA ha sido tomada por EXOCAP para la animación de “Sets virtuales” en tiempo real permitiendo reducir costos en el montaje de set complejos sin necesidad de aumentar las horas de edición en estudio. Esta tecnología consiste en montar la cámara de filmación en un brazo mecánico, el cual le entrega la posición x,y,z y orientación al mundo generado por computador de esta en todo momento de manera que se recalcula la escena constantemente para hacer coincidir la cámara virtual con la cámara real. El resultado final es la ubicación en tiempo real de objetos generados con computador sobre la escena real a manera de hologramas.

### Referencias:

[1] EXO-ESQUELETO.  
<http://www.mecad.org/afasia/exoesqueleto.html>

[2] METAMOTION Gypsy's  
<http://www.metamotion.com/> Exoesqueletos comerciales

[3] Peak Performance Technologies  
[http://www.peakperform.com/anim\\_prods.htm](http://www.peakperform.com/anim_prods.htm)

[4] Motion Analysis  
<http://www.motionanalysis.com/applications/movement/gait/gallery.html>

[5] Magnetic Motion Capture Systems  
<http://www.cs.umd.edu/users/thanarat/Research/mocap.html>

[6] Ascensión Technology Corporation  
<http://www.ascension-tech.com>

[7] Polhemus a rockwell collins company  
<http://www.polhemus.com/home.htm>

[8] Copyright (C) pending Miguel Angel García Ruiz / University of Sussex  
<http://www.cogs.susx.ac.uk/users/miguelga/rv/tsld015.htm>