

El uso de captura de movimiento corporal para el análisis de discapacidades en miembros superior o inferior: Caso de uso: hemiplejía

Abraham Briseño Cerón, Universidad Politécnica de Sinaloa, Sinaloa, México

Omar A. Domínguez Ramírez, Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas, Hidalgo, México

Ismaylia Saucedo Ugalde, Universidad Politécnica de Sinaloa, Sinaloa, México

Resumen: Todos los objetos pueden presentar movimiento y para su estudio es importante realizar una caracterización lo más natural posible. El movimiento de locomoción del sistema óseo del ser humano es complejo y para realizar el análisis, modelado y representación de los movimientos es una tarea ardua, sin embargo con el desarrollo de las tecnologías de la información permiten capturar las trayectorias de movimiento, ahorrando tiempo y esfuerzo para el diseño y desarrollo de herramientas de apoyo para áreas como la fisioterapia. En este trabajo se utiliza un dispositivo de captura de movimiento compuesto de ocho cámaras, un traje con marcas reflejantes que son colocadas para identificar cada miembro y articulación básica del cuerpo humano. La captura y representación de los movimientos corporales en personas con hemiplejía es realizada con herramientas 3D, permitiendo revisar, calcular y simular continuamente y tener resultados confiables acerca de esta discapacidad.

Palabras Clave: Captura de movimiento, Análisis y caracterización humana

Abstract: All objects can have movement and their study is important to perform a characterization as natural as possible. The locomotion movement of the human skeletal system is complex. Analysis, modeling and representation of the movements is a difficult task, the development of information technologies to capture motion trajectories, allow to save time and effort for the design and development of support tools for areas such as physiotherapy. In this research we use a motion capture device with eight cameras, 34 markers organized which are placed to identify each body segment and basic body articulation. The capture and representation of body movements in hemiplegia people is using with 3D tools, allowing to check, calculate and simulate continuously and have reliable results about this disability.

Keywords: Motion capture, Analysis and human characterization

Introducción

EL HOMBRE SE ha caracterizado por experimentar cambios en su estilo de vida poco saludable, esto debido al incremento en el consumo de tabaco, alcohol, dietas ricas en grasas, nulo ejercicio físico, estrés emocional, laboral y social, entre otras, que le ha ocasionado fuertes riesgos y daños en su salud.



Una de las principales enfermedades originadas por este nuevo estilo de vida del ser humano y que viene incrementándose recientemente, es la enfermedad vascular cerebral (EVC), que se define como la interrupción del suministro de la sangre que llega al cerebro y que provoca la muerte de las neuronas o de las células cerebrales, debido a la falta de oxígeno.

La EVC puede ocurrir cuando una arteria cerebral se obstruye súbitamente y a consecuencia de esto, se corta el flujo sanguíneo al cerebro. Sin oxígeno, el tejido cerebral muere en pocos minutos, lo cual puede provocar para aquellos pacientes que sobreviven, alteraciones orgánicas en el lenguaje y el movimiento de brazos y piernas. Es decir, se enfrentan a incapacidades permanentes, como dificultades en el movimiento corporal, equilibrio, falta de coordinación, trastornos al caminar, parálisis de un lado del cuerpo (hemiplejía), tragar, hablar, disminución en la capacidad visual, entre otros.

Aunque no existe una cura total de las alteraciones sufridas por un accidente cardiovascular, “la tecnología de la rehabilitación” surge como una tecnología de apoyo que evita, neutraliza, compensa o mitiga las limitaciones de las personas y que lo ayuda a reincorporarse a la vida cotidiana, mejorando así su calidad de vida.

Antecedentes

El desarrollo de dispositivos para la captura del movimiento del cuerpo humano (u otro movimiento), permite el análisis inmediato o diferido y la reproducción para el estudio de dichos movimientos. La información capturada puede ser tan general como la simple posición del cuerpo en el espacio o tan complejo como las deformaciones de la cara y las masas musculares. La cartografía puede ser directa, como el movimiento del brazo humano planificado o indirecta, tales como la mano humana y los movimientos de los dedos dependientes del estado emocional de la persona.

El estudio de los movimientos del cuerpo humano viene desde 1836 con los hermanos Weber, quienes capturaron los primeros datos cuantitativos de la distancia temporal y parámetros durante la locomoción humana, estableciendo un paradigma para posteriores estudios en este tema. Después Marley (1873) y Muybridge (1878) cuantificaron patrones del movimiento humano usando técnicas fotográficas. Al mismo tiempo el anatomista Wilhelm Braune y el matemático Otto Fisher realizaron mediciones de segmentos del cuerpo para calcular el conjunto de movimiento/fuerza y los gastos de energía utilizando la mecánica newtoniana (Lars, 2006).

En los la década de los 70s se empezó a capturar el movimiento humano para crear personajes animados. Los estudios Disney trazaron la animación en imágenes de una de sus películas tocando las escenas con el método de la rotoscopia, y a finales de esta década se empezó a animar personajes con ordenador.

Entre 1980 y 1983 en los laboratorios de biomecánica de la Universidad de Simón Fraser se empezó a analizar el movimiento humano mediante un potenciómetro junto a la rodilla digitalizando los datos analógicos para el ordenador. Después en este tiempo se comercializaron los sistemas de seguimiento óptico. Estos sistemas empezaron a utilizar rastreadores ópticos que detectan pequeños marcadores unidos al cuerpo que reflejan la luz, y después con algunas operaciones matemáticas se digitalizó y lograron generar la animación de una marioneta gráfica. En 1989 Kleiser-Walczak analizaron el movimiento utilizando varias cámaras para triangular las imágenes que capturaban pequeños trozos de cinta reflectiva.

colocada en el cuerpo. De aquí se empezaron a capturar las posiciones en 3-D de cada reflecto y por lo tanto las trayectorias.

En 1991 Video system creó un sistema de personalización y animación en tiempo real utilizando junto con el ordenador herramientas como DataGloves y joysticks. En 1992 SimGraphics desarrolló un sistema de seguimiento facial con el uso de sensores mecánicos y electromagnéticos colocados en la barbilla, los labios, la mejilla y las cejas que podía rastrear los movimientos importantes de la cara y creaba un mapa en tiempo real en el ordenador acoplándolo a unos títeres modelados y animándolos (Bodenheimer, 1997).

En la actualidad, los métodos más comunes para una adecuada captura de movimiento humano de tres dimensiones humana, requiere un entorno de laboratorio y la fijación de marcadores, accesorios o sensores a los segmentos corporales. Después de estos estudios se han ampliado los conocimientos de la locomoción del ser humano, generando nuevas técnicas y métodos de captura, como se puede encontrar en <http://www.motion-capture-system.com/resources/history.html>.

Estado del arte

Existe una disciplina muy particular que se enfoca precisamente en explicar la manera de cómo se comporta el cuerpo humano mecánicamente y desarrollando para esto, modelos del cuerpo humano apoyado de otras ciencias biomédicas y tecnologías y de esta manera tratar de identificar la manera de cómo el ser humano puede incrementar su rendimiento, disminuir la probabilidad de una lesión músculo-esquelético o en su defecto para proponer soluciones a aquellas personas que tienen alguna discapacidad por alguna enfermedad o accidente, esta disciplina es la Biomecánica (Decker, 2009).

En apoyo del análisis de la locomoción de los movimientos humanos esta la parte de captura de movimiento, donde es posible medir, modificar, optimizar y utilizar esos movimientos para diagnóstico, planificación de esquemas de rehabilitación o formular nuevas técnicas de mejora de movimientos para lograr un alto rendimiento muscular esquelético. En el área deportiva, como por ejemplo en la natación (Sturman, 1999), registrar los movimientos del atleta dentro del agua, junto con la fuerza y la resistencia del agua, dándole a los científicos una visión más amplia de cómo se genera el movimiento de nadado y como se puede lograr un mejor aprovechamiento por los atletas. También se han registrado movimientos de esgrima para su análisis cinemático y para analizar la técnica de cada deportista en la ejecución del movimiento. En la medicina también es importante el estudio de la locomoción de la persona tanto en miembros superiores como inferiores, por ello se realizan mediciones orientadas al análisis funcional de las articulaciones en pacientes con secuelas de quemaduras (Moeslund, 2006) para poder evaluar que amplitud de movilidad y cuál es la gravedad de las heridas del paciente. En el área de la salud tradicionalmente el terapeuta utiliza técnicas de tacto o de visión para hacer su diagnóstico, siendo un área pertinente para utilizar las tecnologías de la información y sistemas, por ejemplo el capturan los movimientos de un paciente con lesiones músculo-esqueléticas apoyaría a realizar análisis, seguimiento y revisión de las actividades de rehabilitación.

Metodología

Una técnica común para el análisis del movimiento humano se resume en tres pasos esenciales: la definición del modelo teórico idóneo para el análisis, la obtención de las coordenadas 3D de marcadores del área de estudio mediante el uso de tecnología idónea y por último la interpretación y análisis cinemático para el cálculo de los parámetros biomecánicos de interés, como se muestra en la figura 1.

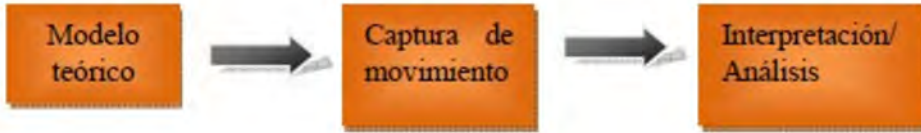


Fig. 1: Metodología para análisis de movimiento humano

Experimento

Para este trabajo de investigación se usó el sistema de captura de movimiento Optitrack; que cuenta con 8 cámaras interconectadas y sincronizadas mediante dispositivos concentradores, con un traje corporal de 34 marcas reflejantes. El software que proporciona el fabricante es Arena, que tiene como fases: calibrar cámaras, espacio de trabajo, exoesqueleto y capturar los movimientos. La captura de datos se puede vincular a programas desarrollados en C++, para manipular los valores de posición y orientación de cada marca en el segmento corporal. Los valores obtenidos pueden ser guardados para su análisis en archivos txt, xls o fbx, para su procesamiento y caracterización.

Para este estudio se comenzó por el miembro superior, teniendo como primer paso la revisión bibliográfica que sirve para tomar como base modelos como los parámetros del modelo Denavit-Hartenberg, que se observan en la tabla 1, (Patriño, 2005), es importante contar con puntos de referencia para planificar las actividades a realizar para la captura de movimiento y en la cual se muestran los grados de movimientos articulares de hombro, codo y muñeca. Tomando esta matriz como base se realizaron muestreos de personas sanas y personas que padecen hemiplejía con la finalidad de estudiar el comportamiento de la discapacidad en el miembro superior, este estudio puede facilitar la elaboración de mecanismos de rehabilitación, mediante el uso de dispositivos robóticos o patrones para rutinas de rehabilitación. Se planificó la actividad que cumpliera con un ciclo donde el paciente realiza movimientos biomecánicos de flexión extensión, supinación, pronación y circunducción. Las pruebas se trabajaron bajo un mismo ambiente para todos los miembros del muestreo, en un ambiente controlado de humedad entre el 75% al 89%, la temperatura de 24°C y la luminosidad de 60 lúmenes, capturando parámetros de 7 personas sanas y 4 personas con hemiplejía.

Tabla 1: Modelo Denavit- Hartenberg

Unión	β_i	Número	α_i	a_i	d_i	θ_i
Base	0	$1_{(0,1)}$	0	a_0	d_0	0
Hombro	{-90 rotación media/ rotación lateral +90}	$2_{(1,2)}$	-90	0	0	β_1+90°
Hombro	{-180 abducción/ aducción +50}	$3_{(2,3)}$	90	0	0	β_2+90°
Hombro	{-180 flexión/ extensión +80}	$4_{(3,4)}$	0	L1	0	β_3+90°
Codo	{-10 flexión/ extensión +145}	$5_{(4,5)}$	90	0	0	β_4+90°
Codo	{-90 pronación/ supinación +90}	$6_{(5,6)}$	90	0	L2	β_5+90°
Muñeca	{-90 flexión/ extensión +70}	$7_{(6,7)}$	90	0	0	β_6+90°
Muñeca	{-15 abducción/ aducción +40}	$8_{(7,8)}$	0	L3	0	β_7

Cada marca de colocada a un segmento del cuerpo, está identificad mediante en nombre del miembro y un número consecutivo, esto permite revisar la rutina n veces para analizar y calcular el comportamiento o daño por algún padecimiento. Puede realizarse con cálculos muy complejos o bien con trigonometría sencilla, una de las formas básicas es calcular los ángulos de movimiento mediante triángulos, debido a que las marcas colocadas en los segmentos del cuerpo forman dicha figura como se observa en la figur 2.

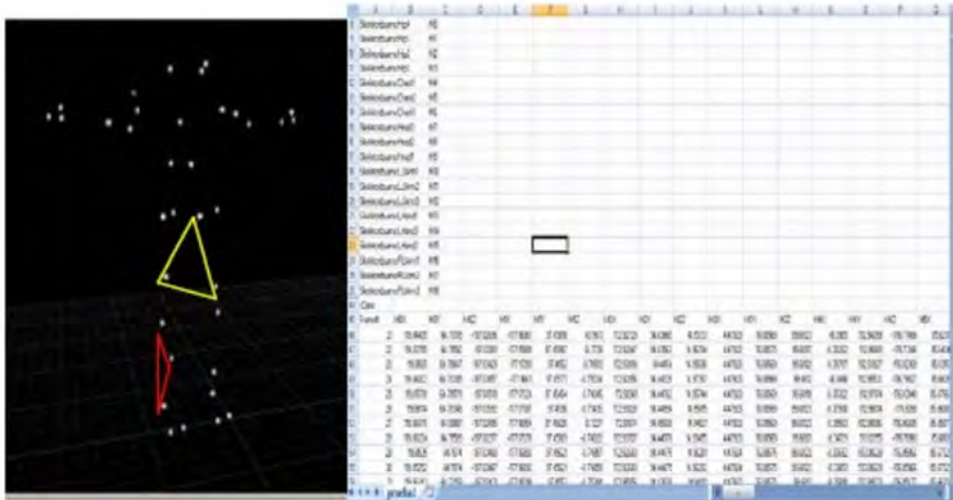


Fig. 2: Captura de la trayectoria y datos de posición de las marcas.

Con los datos obtenidos, se realizan cálculos para conocer comportamiento, daños, patrones o comprobar teorías, como el ejemplo de la tabla 2.

Table 2: Cálculos de los ángulos de movimiento de persona sana 1

ARTICULACIÓN	MOVIMIENTO	ÁNGULO EN GRADOS
HOMBRO	FLEXIÓN	177.4337
HOMBRO	EXTENSIÓN	141.8856
HOMBRO	ABDUCCIÓN	86.21
HOMBRO	ADUCCIÓN	11.84
HOMBRO	ROTACIÓN MEDIA	45.0254
HOMBRO	ROTACIÓN LATERAL	66.1072
CODO	FLEXIÓN	45.1602
CODO	EXTENSIÓN	152.3405
CODO	PRONACIÓN	62.4131
CODO	SUPINACIÓN	0
MUÑECA	FLEXIÓN	145.55
MUÑECA	EXTENSIÓN	119.6595
MUÑECA	ABDUCCIÓN	167.143
MUÑECA	ADUCCIÓN	49.4704

Cabe señalar que en este estudio, se obtuvieron los primeros datos con personas hemipléjicas con un rango de edad de 35 a 60 años y la atención fue dentro de los primeros seis meses después de presentarse el EVC, a nivel médico este tiempo es el pertinente para una rehabilitación con buenos resultados. Los pacientes para este muestreo son del sexo femenino, sin embargo no es indicador para que este padecimiento sea frecuente en mujeres, por lo que es necesario obtener resultados de pacientes en diversas regiones y realizar un análisis comparativo entre los diferentes géneros. En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en el paciente.

Table 3: Paciente con hemiplejia 1

ARTICULACIÓN	MOVIMIENTO	ÁNGULO EN GRADOS
HOMBRO	FLEXIÓN	0
HOMBRO	EXTENSIÓN	0
HOMBRO	ABDUCCIÓN	0
HOMBRO	ROTACION MEDIA	0
HOMBRO	ROTACION LATERAL	0
HOMBRO	ADUCCIÓN	86.21
CODO	FLEXIÓN	70.3354
CODO	EXTENSIÓN	156.6067
CODO	PRONACIÓN	0
CODO	SUPINACIÓN	62.4131
MUÑECA	FLEXIÓN	0
MUÑECA	EXTENSIÓN	25.7955
MUÑECA	ABDUCCIÓN	0
MUÑECA	ADUCCIÓN	0

También se consideró la movilidad de la mano por lo que con ayuda de un guante de datos de 5 sensores, se obtuvo la siguiente información en donde se puede observar el comportamiento en los dedos pléjicos de la mano derecha, como se observa en la figur 3.

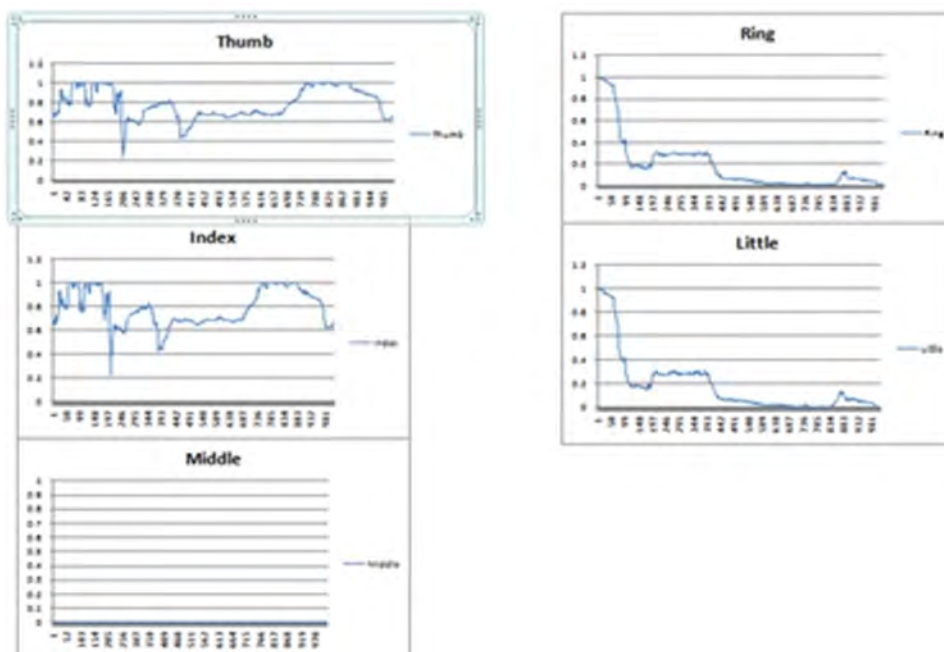


Fig. 3: Comportamiento de los dedos de mano pléjica.

Se puede observar en las gráfica anteriores (figur 3) que el paciente muestra movimientos mínimos en sus dedos y casi nulo movimiento en el dedo medio, por lo que el terapeuta puede sugerir el trabajo de rehabilitación para realizar el agarre de objetos. Para el caso del miembro inferior es importante determinar un ciclo de marcha y tener presente de que puede requerir asistencia para realizar la actividad, como se muestra en la figur 4.

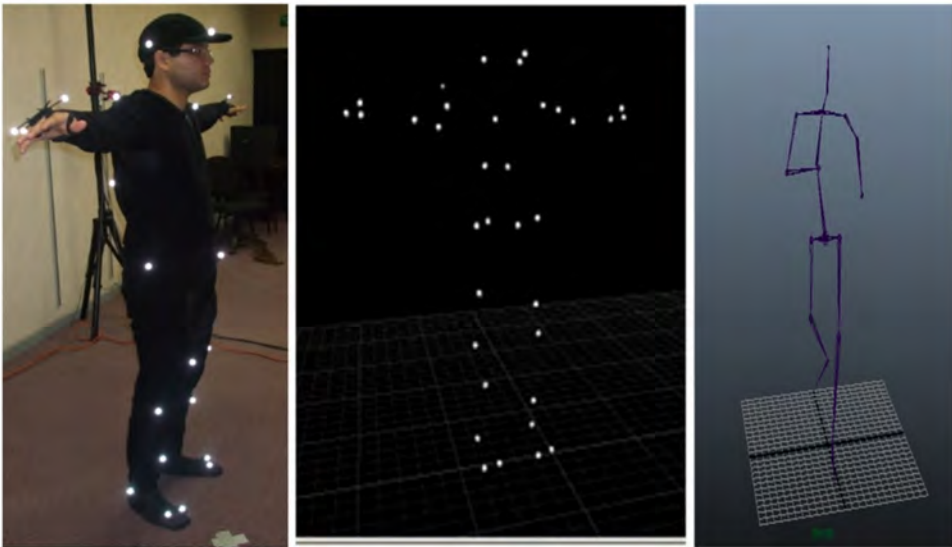


Fig. 4: Movimiento de marcha.

Es importante contar con la información previa, es decir los estudios sobre la marcha de personas sanas, para determinar rangos y patrones, tal y como se realizó para miembro superior. Este tipo de estudios de investigación a través de sistemas de captura hace posible la grabación del movimiento y analizarlo en reproducción a 360°, es decir se tienen diversas vistas, permitiendo así estudios completos por las perspectivas que se tienen.

Conclusión

El uso de equipo de captura de movimiento facilita la detección de anomalías, posturas o discapacidades en la estructura ósea o muscular, esto permitirá apoyar los estudios de diagnóstico y seguimiento del médico terapeuta, así como a la planeación de las actividades de rehabilitación como: control de miembros, terapia asistida y nuevas formas de medir gradualmente el avance o recuperación para mejorar la calidad de vida del paciente. Es importante mencionar que el uso de las Tecnologías de Información aplicadas desde el análisis o desarrollo de herramientas para personas con discapacidad, es un factor psicológicamente favorable debido a la motivación que presenta el paciente al usar estos dispositivos. Teniendo como hipótesis que las actividades de rehabilitación con el uso de estos dispositivos tecnológicos, pueden ser puntuales y a menor tiempo.

Trabajos futuros

Generar un patrón de movimiento articular en brazo, así como la repercusión del uso de dispositivos robóticos y medición del impacto en las extremidades, para concluir si el avance es gradual y generar software propietario basado en realidad virtual para diagnóstico y rehabilitación en este caso primordial para brazo hemipléjico, así como realizar trabajos para

miembro inferior en un ciclo de locomoción, que permita tener el análisis en las diversas perspectivas del movimiento articular.

Referencias

- Bodenheimer, B., Rose C., (1997) Rosenthal S., Pella J. "The Process of Motion Capture: Dealing with Data".
- Chu C., Chadwicke O., Mataric M. (2003), "Markless Kinematic Model and Motion Capture from Sequences".
- Decker, J., Li H., Losowyj D., Prakash V. (2009). "Wiihabilitation of Wrist Flexion and Extension Using a Wiimote-Based Game System".
- Lars Mündermann, Stefano Corazza, Thomas P Andriacchi, "La evolución de los métodos para la captura de movimiento humano que conduzcan a markerless de captura de movimiento para aplicaciones biomecánicas "Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2006; 3: 6-6.
- Moeslund, T., Hilton A., (2006). "A Survey of advances in vision-based human motion capture and analysis".
- Patringo, J., "Análisis biomecánico del movimiento humano mediante técnicas de visión artificial"
- Pons L. José, "Biomechanics Exoskeletons", Editorial John Wiley & Sons 2008.
- Sturman David J., "A Brief History of Motion Capture for Computer Character Animation", "Character Motion Systems", SIGGRAPH 94: Course 9.
- Zhou H., Hu H. (2004), "A survey- Human Movement Tracking and Stroke Rehabilitation".

Sobre los Autores

Abraham Briseño Cerón: El maestro Abraham Briseño Cerón, tiene la maestría en ciencias computacionales y actualmente cursa estudios de doctorado en ciencias computacionales. Desde el año 2000 incursiona como docente, para el 2001 entra al proyecto de intercambio docente ANUIES-SUCA, a la Universidad Nacional de Ingenierías de Nicaragua. En el 2005 participo impartiendo cursos de maestría y se incorpora a la Universidad Politécnica de Sinaloa. Para el 2006 participa con el instituto CODEMED en los Ángeles California. Cuenta con el perfil PROMEP, del 2007 hasta el 2013. Dentro de los trabajos de investigación más importantes esta el "Sistema integral de información estadística y educativa del estado de Sinaloa", proyecto financiado por CONACYT y el Gobierno del Estado de Sinaloa, para entregar un prototipo y que resulto con un total de 6 publicaciones en congresos internacionales. Se ha participado con la incorporación de trabajos de investigación en dos libros generados por la Universidad Veracruzana y en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Realiza proyectos donde se utiliza la robótica y la realidad virtual para estudios de la kinesiología humana y creación de bípedos tridimensionales, este trabajo dará como producto la creación de diversas publicaciones a nivel internacional y en revistas de impacto.

Dr. Omar A. Domínguez Ramírez: Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas, México

Dra. Ismaylia Saucedo Ugalde: Universidad Politécnica de Sinaloa, México