



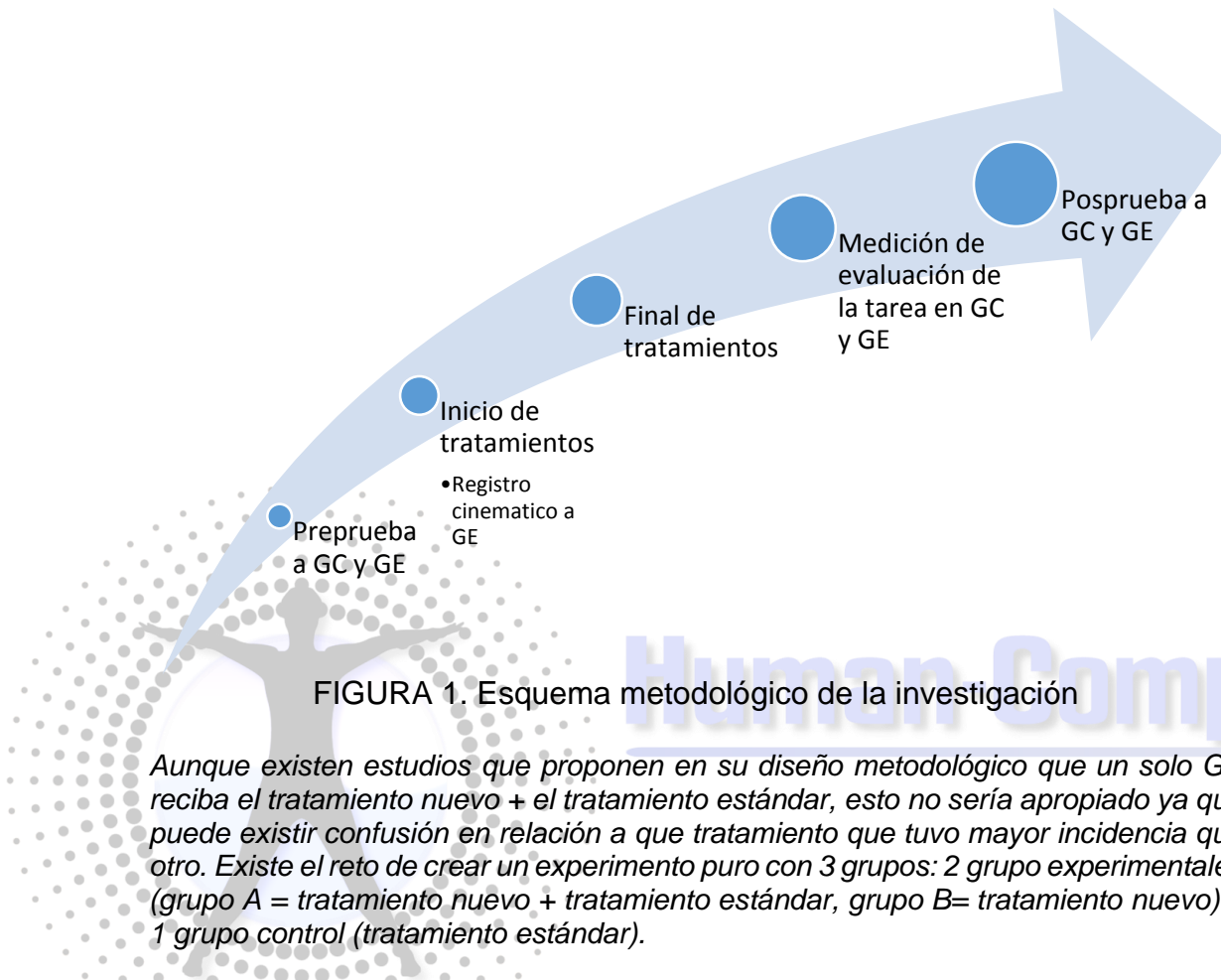
## **PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO Y ANALISIS DE DATOS “EFICACIA DE UNA TERAPIA FISICA ASISTIDA CON VIDEOJUEGO SOBRE EL EQUILIBRIO POSTURAL EN PACIENTES CON ESCLEROSIS MULTIPLE”**

Debido a las grandes oportunidades que nos brinda el sensor Kinect de registro de datos posicionales y angulares de cada uno de los puntos de distribución en las principales articulaciones del cuerpo humano, y gracias al software **BioCirac** diseñado por HCI Group Spin-off, que nos permite realizar las conversiones a ángulos de Euler, podemos visualizar el comportamiento cinemático y cuantitativo de cada paciente mientras esta interactuando con un Exergame. Ahora bien, a pesar de que un análisis biomecánico usado en el ámbito clínico nos puede permitir especificar el progreso de cada paciente, se siguen usando instrumentos de medición escalares, que aunque son muy subjetivos permiten discriminar con mayor facilidad a pacientes con ciertos problemas motrices, en nuestro caso en pacientes con esclerosis múltiple. Uno de los problemas motrices más reportados por estos pacientes, son los deterioros que tienen con el equilibrio y más específico la inestabilidad postural, que se hace evidente en las actividades de la vida diaria de estos pacientes, siendo este uno de los problemas más reportados en estos pacientes dentro de la literatura científica.

Por consiguiente, para determinar los efectos de una terapia asistida con videojuegos sobre el equilibrio postural en pacientes con esclerosis múltiple, debemos probar en qué tipo de tratamiento (terapia física convencional o asistida con un videojuego especializado) se evidenciaran cambios significativos concretos, siendo ambos tratamientos dirigidos para mejorar el equilibrio postural. Para poder probar estas diferencias significativas necesitamos una experimentación pura en pacientes con esclerosis múltiple, con un tamaño muestral adecuado ( $n=30$ ) y que tengan una discapacidad leve a moderada debido a esta patología y que no presenten ningún otro desorden o alteración mental, física o psicológica con otra patología, y que puedan consentir voluntariamente el ingreso a este estudio.

Con este tamaño muestral podemos dividir de manera aleatoria y controlada la experimentación, donde un grupo control (GC) recibiría tratamiento estándar o convencional para el equilibrio postural, y un grupo (GE) recibirá como tratamiento experimental, terapia física asistida con el Exergame especializado para el equilibrio postural, y después se observaran los efectos que tuvo el tratamiento en cada uno de los grupos de acuerdo a las mediciones que se realicen (Ver FIGURA 1).

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*



*Aunque existen estudios que proponen en su diseño metodológico que un solo GE reciba el tratamiento nuevo + el tratamiento estándar, esto no sería apropiado ya que puede existir confusión en relación a que tratamiento que tuvo mayor incidencia que otro. Existe el reto de crear un experimento puro con 3 grupos: 2 grupo experimentales (grupo A = tratamiento nuevo + tratamiento estándar, grupo B= tratamiento nuevo) y 1 grupo control (tratamiento estándar).*

Ahora bien, **durante** todo el **tratamiento experimental** donde cada paciente jugará aproximadamente 30 minutos 2 veces por semana permaneciendo en dos diferentes posiciones de juego distribuidas en intervalos de descansos como mecánica del juego, el sensor Kinect registrará ciertos datos de **captura de movimiento óptico sin marcadores** como técnica instrumental para evaluar las estrategias sensorio-motrices que utiliza el paciente mientras esta interactuando con el Exergame. A estos datos interpretados como variables de razón (cuantitativos) se les realizará un:

- Análisis anatómico cualitativo del movimiento identificando fases, acciones, articulaciones y demás parámetros cinemáticos.
- Análisis cinemático posicional o angular de los puntos de distribución articulares más importantes usando el **BioCircac** (Ver FIGURA 2).
- Análisis de variabilidad de patrones de movimientos posicionales o angulares como predictores cinemáticos mediante representaciones gráficas de TSD (Ver FIGURA 3).

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

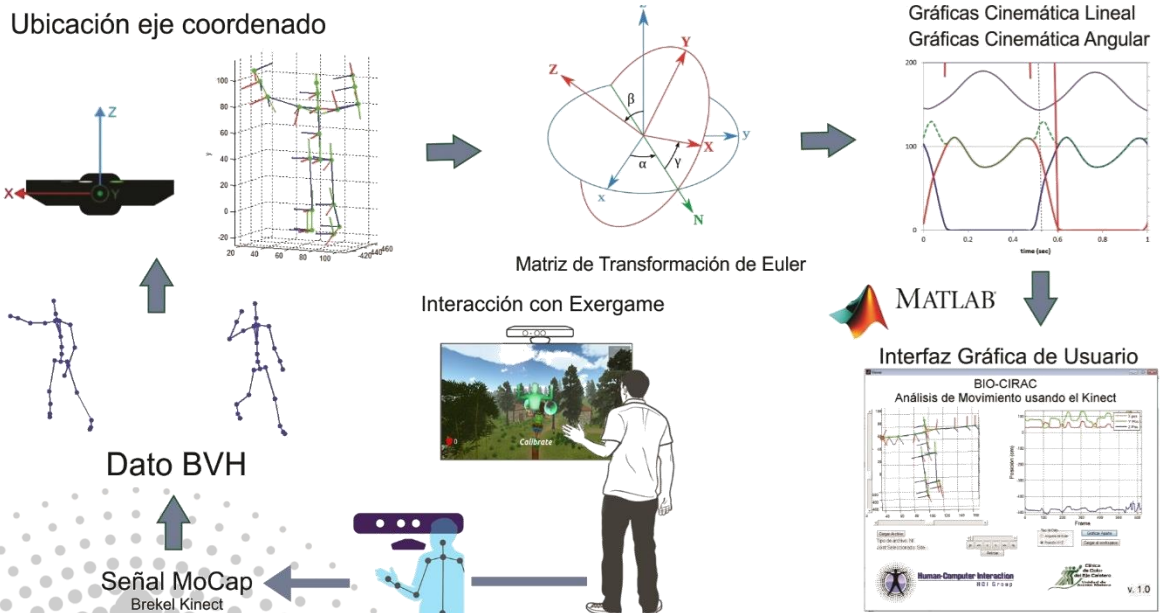


FIGURA 2. Procedimiento de captura y análisis de movimiento en la investigación.

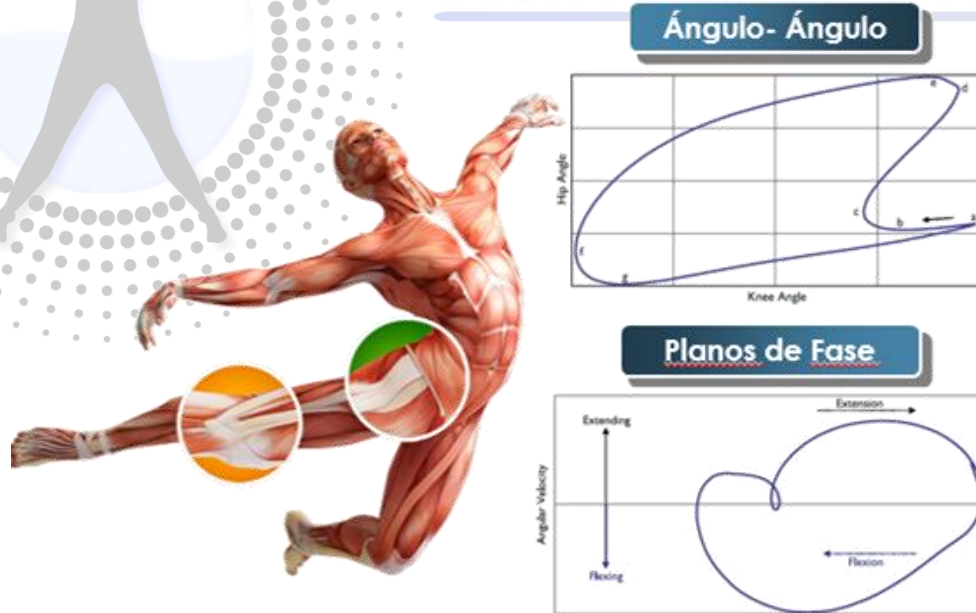


FIGURA 3. Representaciones graficas basadas en los principios de la TSD.

*Spain, Mancini, Horak, and Bourdette (2014) Concluyeron que la variabilidad en ciertos patrones de movimientos puede ser un indicador clave en el empeoramiento de la marcha y el equilibrio, como factor discapacitante y de progresión de la EM. Mientras que Petit (2012) afirmo respecto a la evaluación de equilibrio, que las*

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

*medidas no lineales no parecen ser una forma eficaz para diferenciar entre pacientes controles sanos y pacientes con EM con discapacidad mínima.*

Existe la posibilidad de que los datos de distribución articular de los miembros inferiores de cadera, rodilla y tobillo, que han sido reportados por (Chua, Hyngstrom, Ng, & Schmit, 2014a, 2014b) como articulaciones importantes para mejorar la función de movimiento, pueden estar relacionados como predictores cinemáticos importantes que nos permita generar una mejor descripción de movimiento en relación a curvas ángulo versus ángulo y planos de fase como representaciones graficas basadas en los principios de la TSD (Ver FIGURA 3).

Con este respectivo filtrado de datos podremos responder a preguntas como por ejemplo: *¿Qué puntos de distribución articular presentaron un registro fiable y en que posiciones del juego? ¿En qué posición de juego hubo mayor variabilidad en patrones de movimiento? ¿En qué posición hubo un mayor tiempo promedio de juego de todos los pacientes?*

Ahora bien, para determinar la efectividad clínica como objetivo de la investigación, se registrara como medida principal de resultado **antes y después del tratamiento** en cada grupo, los datos de la **escala de equilibrio de Berg** interpretados como variables ordinales cualitativas, este instrumento ha sido ampliamente utilizado en el ámbito clínico para distinguir pacientes con riesgo de caídas debido a perturbaciones del equilibrio. Además, una vez **terminen los tratamientos en ambos grupos** se evaluara el interés del usuario, el disfrute, la percepción de competencia, la elección percibida, y la sensación de presión o tensión mientras el paciente estuvo realizando la actividad terapéutica, con el **cuestionario de la evaluación de la tarea**, instrumento que ha sido ampliamente usado en estudios con Exergames (Alankus, 2011; Alankus & Kelleher, 2012; Subramanian, Lourenço, Chilingaryan, Sveistrup, & Levin, 2013; P. Weiss, Gal, Eden, Zancanaro, & Telch, 2011; P. L. Weiss, Sveistrup, Rand, & Kizony, 2009).

Una vez se hayan recogido todos los datos en la investigación, se procederá a realizar el análisis de datos partiendo de los siguientes supuestos:

1. **Evaluar la confiabilidad y validez de los instrumentos que se usaran para la medición.**
2. **Explorar los datos obtenidos en la recolección.**
3. **Analizar descriptivamente los datos por variable del estudio.**
4. **Evaluar la confiabilidad y validez de los instrumentos usados para la medición.**
5. **Analizar e interpretar mediante pruebas estadísticas inferenciales las hipótesis planteadas.**
6. **Reporte de hallazgos en los análisis.**

La investigación postula una **hipótesis explicativa tipo casual (bivariada)** que debe ser probada significativamente mediante la prueba no paramétrica (Los resultados de la EEB son de tipo ordinal) de los rangos con signo de Wilcoxon, *El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*



apropiada para dos condiciones experimentales con los mismos sujetos o muestra relacionada/pareada.

### ¿Por qué emplear pruebas no paramétricas?

Entre varias de las razones que resaltan (Gómez Gómez, Danglot Banck, & Vega Franco, 2003) y que acontecerían en nuestro caso, son las siguientes:

- La variable dependiente es medida en escala categórica
- El tamaño de muestra requerido es menor (20 o <)
- Pocas asunciones con respecto a la distribución de la población

Otras razones apuntadas que en nuestra investigación no es posible un obtener tamaño de muestra mínimo de 30 sujetos por grupo, no hay independencia de las observaciones a excepción de datos pareados, y debido a que también la variable dependiente es medida al menos en una escala de intervalo. Por ello, las pruebas no paramétricas suponen las técnicas estadísticas adecuadas de acuerdo a las variables y las muestras y el número de relaciones que vamos a usar en nuestra investigación (ver FIGURA 4).

Variable dependiente	Una muestra (Bondad de ajuste)	Muestras relacionadas dos muestras	> 2 muestras	Muestras independientes dos muestras	> 2 muestras	Pruebas de asociación
Nominal	Binomial $\chi^2$ ;	McNemar	Q de Cochran	Fisher, $\chi^2$ para 2 muestras independientes	$\chi^2$ ; Mantel-Haenszel	Coef. phi, Coef. Cramér, Kappa
Ordinal/intervalo	Kolmogorov-Smirnov de 1 muestra, 2 muestras	Del signo, Wilcoxon	Friedman	Mediana, U de Mann-Whitney	Mediana, Kruskal-Wallis	Punto biserial, Rho de Spearman, tau de Kendall

FIGURA 4. Resumen de las características de las principales pruebas no paramétricas. Tomado de (Gómez Gómez et al., 2003)

Pero, aunque pueda probarse nuestra hipótesis de investigación, los datos de captura de movimiento óptico sin marcadores que se recogieron durante todo el tratamiento experimental nos pueden ayudar para correlacionar los cambios contrastados con la posprueba de la EEB del GE.

### ¿Por qué hacer un análisis de correlación entre variables?

1. Porque las escalas clínicas no son muy sensibles a las leves mejoras en la funcionalidad y tampoco son capaces de establecer las características biomecánicas que explican los cambios clínicos en las puntuaciones obtenidas por los pacientes durante su proceso de rehabilitación. Por lo tanto, es importante encontrar los parámetros cinemáticos que se correlacionen

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

con escalas clínicas. Existen algunas escalas que no solo revelan la discapacidad global del paciente, sino que incluyen elementos específicos relacionados con déficits específicos, como por ejemplo pasa con la EEB al valorar con mayor énfasis estos déficits en los miembros inferiores. Por tanto, parece relevante profundizar en el análisis estadístico tratando de obtener una correlación más específica entre la funcionalidad y los parámetros cinemáticos.

2. Porque si existe una diferencia significativa (hipótesis de investigación verdadera) entre las medias de la posprueba o medida de resultado después del tratamiento del GE con respecto al GC, es necesario correlacionar las medidas clínicas (cuasicuantitativas) con las instrumentales (cuantitativas), para determinar si los parámetros instrumentales están relacionados a condiciones clínicas.

Para realizar esta correlación utilizaremos el coeficiente de correlación biserial ( $r_b$ ), pretendiendo conocer la relación existente entre dos variables: una ordinal y la otra por intervalos o razón. Un elevado número de correlaciones puede tener aumentado la probabilidad de tener valores estadísticamente significativos por casualidad.

Con las anteriores consideraciones sobre, se ha elaborado un flujograma que nos permitirá entender mejor como se llevara a cabo el registro y análisis en nuestra investigación (Ver FIGURA 5). Además, no se descartan realizar análisis inferenciales adicionales de acuerdo a ajustes de para contrastar hipótesis o para encontrar significancias estadísticas con otras técnicas no paramétricas.

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

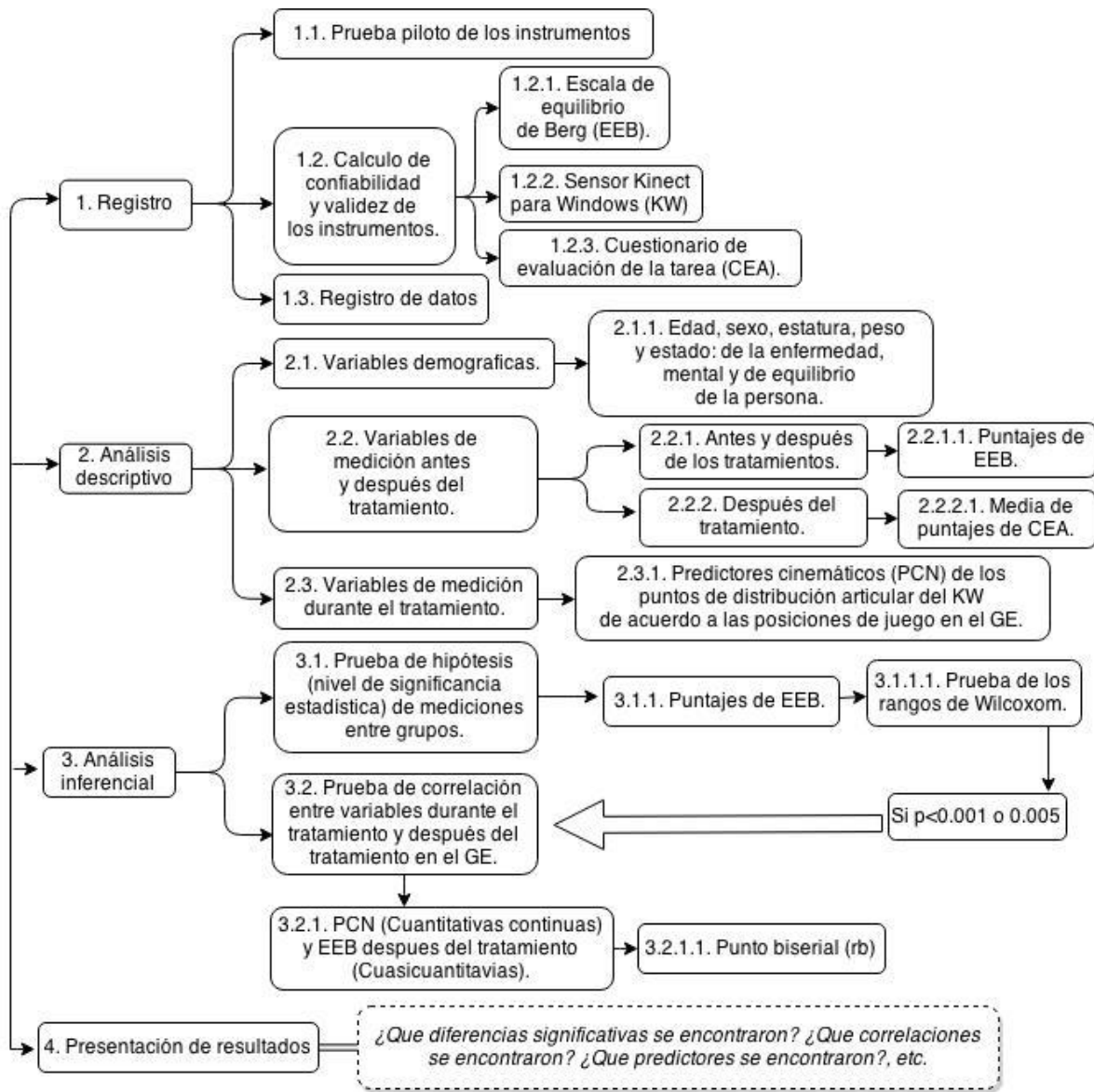


FIGURA 5. Esquema de registro y análisis de los datos obtenidos de la investigación.

En definición concreta, la presente investigación posee (1) una variable independiente de presencia-ausencia con un grupo control y grupo experimental, (1) una variable dependiente con dos tipos de medición: (a) antes y después de los estímulos en los grupos para encontrar diferencias significativas y estimar la hipótesis de investigación, y (b) durante el estímulo del grupo experimental con el fin de encontrar correlación alguna con las mediciones hechas después del estímulo en el grupo experimental, si existe una diferencia significativa del grupo experimental respecto al otro grupo en estas mediciones. La variable de confusión estará relacionado con todas las características de la población que hará parte de *El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

este experimento, las cuales deben ser homogéneas para poder realizar un control a parámetros extraños y poder generalizar el estudio (Ver TABLA 1).

TABLA 1. Resumen variables de la investigación.

Variable	Descripción	Tipo	Instrumento	Técnica	Más
<b>Independiente (Causa-exposición-manipulación)</b>	Ejercicio físico terapéutico asistido con Exergame	Interacción experimental instrumental (presencia-ausencia)	Sensor Kinect para Windows	Realidad virtual con interfaz natural de usuario	Dispositivo de cámaras acopladas para capturar gestos del cuerpo humano mediante algoritmos de rastreo.
<b>Dependiente (Efecto-respuesta-medición)</b>	Equilibrio postural	Medición clínica (Escala tipo ordinal)	Escala de equilibrio de Berg	Escala de valoración motriz	Una medida objetiva de 14 ítems diseñada para evaluar el equilibrio estático y el riesgo de caídas en las poblaciones adultas.
		Medición instrumental (Datos cinemáticos de razón continuos)	Sensor Kinect para Windows	Captura de movimiento óptico sin marcadores	Las características instrumentales del sensor han permitido extraer datos cinemáticos para el estudio de patrones de movimientos como medida objetiva y fiable.
<b>Confusión</b>	Pacientes con EM	Características y criterios individuales	Historia clínica del paciente	Observación y registro escalar de valoración	Precisar una muestra poblacional adecuada en relación con los parámetros

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*



		uales (Edad, sexo, estado biosico logico de la enferm edad.)	ón individu al	óptimos para la experimentación y el contraste de hipótesis.
<b>Otra</b>	Evaluación de satisfacción del tratamiento	Medici ón de tipo ordinal	Cuestionario de evaluación de la tarea del inventario de motivación intrínseca.	Entrevis ta persona l Se aplicara después del tratamiento promediando los puntajes obtenidos por cada uno de los pacientes.

## REFERENCIAS

- Alankus, G. (2011). Motion-Based Video Games for Stroke Rehabilitation with Reduced Compensatory Motions.
- Alankus, G., & Kelleher, C. (2012). *Reducing compensatory motions in video games for stroke rehabilitation*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Chua, M. C., Hyngstrom, A. S., Ng, A. V., & Schmit, B. D. (2014a). Movement strategies for maintaining standing balance during arm tracking in people with multiple sclerosis. *Journal of neurophysiology*, 112(7), 1656-1666.
- Chua, M. C., Hyngstrom, A. S., Ng, A. V., & Schmit, B. D. (2014b). Relative changes in ankle and hip control during bilateral joint movements in persons with multiple sclerosis. *Clinical Neurophysiology*, 125(6), 1192-1201.
- Gómez Gómez, M., Danglot Banck, C., & Vega Franco, L. (2003). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Rev Mex Pediatr*, 70(2), 91-99.
- Petit, D. J. (2012). *The Utilization of Nonlinear Dynamics in the Assessment of Balance and Gait Kinematics in Multiple Sclerosis*. University of Dayton.
- Spain, R. I., Mancini, M., Horak, F. B., & Bourdette, D. (2014). Body-worn sensors capture variability, but not decline, of gait and balance measures in multiple sclerosis over 18 months. *Gait & posture*, 39(3), 958-964.
- Subramanian, S. K., Lourenço, C. B., Chilingaryan, G., Sveistrup, H., & Levin, M. F. (2013). Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke randomized control trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 27(1), 13-23.
- Weiss, P., Gal, E., Eden, S., Zancanaro, M., & Telch, F. (2011). *Usability of a multi-touch tabletop surface to enhance social competence training for children with Autism Spectrum Disorder*. Paper presented at the the Chais conference on instructional technologies research.

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*

Weiss, P. L., Sveistrup, H., Rand, D., & Kizony, R. (2009). Video capture virtual reality: A decade of rehabilitation assessment and intervention. *Physical Therapy Reviews*, 14(5), 307-321.



# Human-Computer Interaction

---

*El presente documento como propiedad intelectual del HCI Group-Spin Off es compartido exclusivamente a través de la cooperación conjunta de ambas entidades. Por lo cual, se hace necesario consultar a los propietarios intelectuales en caso de modificación, reproducción o copia del presente documento.*