

Herramientas de simulación 3d en evaluación de riesgo ergonómico (scoping review)
3d simulation tools in ergonomic risk evaluation (scoping review)

Ing. Anchaluisa Parra Luis Marcelo, Ing. Priscila Manuelita Sánchez Velasco

CONFLUENCIA DE
INNOVACIONES CIENTÍFICAS
Enero - junio, V°5-N°1; 2024

- ✓ **Recibido:** 30/12/2023
- ✓ **Aceptado:** 12/01/2024
- ✓ **Publicado:** 30/06/2024

PAIS

 Santo domingo, Ecuador

INSTITUCIÓN

-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
-  Instituto Superior Tecnológico Vicente Fierro

CORREO:

- marcelin_9631@hotmail.com
- manuelitasanchez93@gmail.com

ORCID:

-  <https://orcid.org/0009-0003-5824-4075>
-  <https://orcid.org/0000-0002-8611-4476>

 **FORMATO DE CITA APA.**

Anchaluisa, L. (2024). Herramientas de simulación 3d en evaluación de riesgo ergonómico (scoping review). Revista G-ner@ndo, V°5 (N°1.), 17-27.

Resumen

El propósito del presente trabajo es determinar la utilidad del uso de las nuevas herramientas de simulación en 3D para la evaluación de riesgo ergonómico en el trabajo de oficina en un cuerpo docente, para lo cual se realizó una revisión sistemática de tipo SCOPING REVIEW, Para esto se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, biblioteca Cochrane Plus, Google académico, Redalyc y Scielo usando términos DeCS/MeSH 3d simulation, ergonomic risk ; unidos por el operador booleano AND y los filtros Adultos, desde 2014.

Palabras clave: Simulación 3d, riesgo ergonómico, Trastornos musculoesqueléticos

Abstract:

The purpose of this work is to determine the usefulness of the use of new 3D simulation tools for the evaluation of ergonomic risk in office work in a teaching body, for which a systematic review of the SCOPING REVIEW type was carried out. For this A search was carried out in the databases PubMed, Cochrane Plus library, Google scholar, Redalyc and Scielo using terms DeCS/MeSH 3d simulation, ergonomic risk; united by the Boolean operator AND and Adult filters, since 2018.

Key Words: 3d simulation, ergonomic risk

Introducción

La ergonomía laboral es una disciplina que analiza el espacio laboral, herramientas y tareas de trabajo de forma que se adapten con las características fisiológicas, anatómicas y psicológicas del empleado, con el objetivo de conservar su salud mental y física.

A lo anteriormente indicado si tomamos en cuenta que el artículo número 325 de la constitución de la república del Ecuador del 2018 establece que “El Estado garantizará el derecho al trabajo. Se reconocen todas las modalidades de trabajo, en relación de dependencia o autónomas, con inclusión de labores de auto sustento y cuidado humano; y como actores sociales productivos, a todas las trabajadoras y trabajadores.”

Se torna de vital importancia la evaluación ergonómica, para establecer un plan de acción en los docentes del INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO TSACHILA que realizan la modalidad de trabajo de oficina, debido a que la institución tiene esta actividad de trabajo, como estrategia para alcanzar sus objetivos previstos.

Esto implica que el personal docente debe adaptar un espacio de trabajo en la unidad con mobiliarios existentes en la institución muchos compartidos, que, de no estar adaptados o diseñados con los modelos ergonómicos internacionales certificados, constituyen un factor de riesgo de enfermedades profesionales por riesgos ergonómico.

Estos espacios de trabajo involucran utilizar ordenadores de mesa además de teclados, pantallas y mouse.

Tomando en cuenta lo descrito y asumiendo que el principal objetivo de la Ergonomía es "adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano" (Asociación Española de Ergonomía), poder aunar una tecnología que nos permita comprender y analizar con precisión el comportamiento musculoesquelético, biomecánico y biométrico de las personas durante la realización de tareas laborales es un gran avance para esta disciplina; es así como Las herramientas de simulación ergonómicas, permiten el modelado humano, de diferentes

dimensiones antropométricas, evaluando la interacción entre los usuarios y entorno, lo que permite diseñar productos, de trabajo sin la necesidad de construir un prototipo físico, alcanzando de esta manera reducir los Trastornos musculoesqueléticos (TEM), que constituyen una de las primeras causas del origen de enfermedades laborales.

Por todo lo indicado se ha realizado una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar estas nuevas herramientas y determinar un posible escenario para su correlación en el marco del trabajo de oficina en una institución educativa de ciencias aplicadas.

Métodos Y Materiales

Se realizó una revisión sistemática de tipo cualitativa mediante Método panorámico o de alcance (scoping review). Partiendo de la hipótesis: ¿Las herramientas de simulación 3D pueden ser útiles para evaluación de riesgo ergonómico en docentes del Instituto Superior Tsachila? Para esto se realizó una búsqueda en las bases de datos: PubMed, Biblioteca Cochrane Plus, Google Académico, Redalyc y Scielo usando términos DeCS/MeSH 3d simulation, ergonomic risk,; unidos por el operador booleano AND y los filtros Adultos, desde 2010.

Análisis de resultados

- **SISTEMA HADA**

El sistema HADA, es un sistema innovador que se ha usado en sectores como son, las cadenas de montaje de empresas automovilísticas, industrias energéticas y en áreas tan variadas como en puestos de camareras de piso de cadenas hoteleras.

Se compone de una serie de sensores inerciales que se colocan al trabajador y un software para la captura y análisis del movimiento. La información proporcionada por los sensores durante la captura en campo, en combinación con un software de animación 3D, permiten reproducir el movimiento del trabajador con un modelo biomecánico, posibilitando llevar a cabo una valoración ergonómica ágil y precisa.

Este tipo de sistema nos permite capturar imágenes 3D en tiempo real del operario (aun sin ser captadas por las cámaras), obteniendo información correspondiente a movimientos articulares (biomecánica), con absoluta exactitud pudiendo realizar simulaciones de posturas y movimientos, análisis de factores clave (aplicación de fuerza, repetitividad, tiempos de exposición, posturas, tiempos de recuperación), evaluaciones específicas de riesgos, e incluso diseños del puesto de trabajo en entornos virtuales. Siendo aplicable a evaluación ergonómica de puestos de trabajo, de forma rápida, objetiva y precisa, mediante los métodos REBA, NIOSH y OCRA.

- **RAMSIS.**

Este software se emplea fundamentalmente para simulaciones de ajuste y alcances de usuarios y condiciones de visibilidad en diferentes entornos, tanto de ocio como de trabajo. Los campos de aplicación son muy variados. Algunos de ellos son la automoción, el transporte, los habitáculos, productos de consumo.

- **MANNEQUINPRO.**

Mediante esta herramienta CAD de modelización humana se simulan entornos 3D de trabajo con diferentes percentiles de diversas poblaciones mundiales, ayudando al diseño de productos y puestos de trabajo. Esta herramienta nos permite comprobar que personas de diferentes características antropométricas puede ver, alcanzar, pasar, sentarse, etc. sin adoptar posturas inadecuadas o forzadas, de tal manera que se comprueba a priori, y antes de que se construya un prototipo físico, la adaptación ergonómica del diseño a los futuros usuarios. Este análisis se complementa además con herramientas de evaluación ergonómica que proporcionan

resultados sobre el riesgo ergonómico existente llevando a cabo un análisis postural y de esfuerzo.

Modelos de confort térmico. El IBV desarrolla modelos matemáticos y empíricos, así como ensayos para validarlos, con el fin de establecer una aproximación a la relación entre la percepción de humedad y temperatura en diferentes zonas y el confort térmico que percibe el usuario.

- MOVE HUMAN – FORCES (O FORCES).

Evalúa el riesgo musculoesquelético en la realización de tareas repetitivas “a alta frecuencia”, característico de entornos de producción con ciclos de fabricación cortos, así como también el riesgo por posturas forzadas. Fue desarrollado por el grupo de investigación ID_ERGO (Investigación y Desarrollo en Ergonomía) perteneciente al Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de la Universidad de Zaragoza. Usa un sistema de captura de movimiento con sensores inerciales, en los propios puestos de trabajo, que nos permite trasladar el movimiento capturado a un modelo biomecánico de antropometría similar al sujeto observado. Incluye un motor de cálculo de esfuerzos en las articulaciones, que tiene en cuenta las dimensiones antropométricas del modelo, fuerzas externas realizadas por el trabajador en cada instante, fuerzas de reacción en los puntos de apoyo (en distintas situaciones, sentado o de pie con uno o dos pies apoyados, o con alguna mano apoyada), y considera también las fuerzas de inercia sobre los centros de gravedad de los distintos segmentos corporales, derivadas de las aceleraciones lineales y angulares alcanzadas durante la tarea . Está enfocado para su aplicación por expertos en Salud Laboral, especialmente los que trabajan en el área de ergonomía de los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales.

De los métodos indicados el sistema MH FORCES es el mas relevante ya que este reemplazaría al sistema OCRA, principalmente ya que este reduce los tiempos de evolución y

carece de la subjetividad que podría darse en el componente humano, para esto indicaremos los resultados del estudio de JOSE JAVIER MARIN ZURDO Prof. Universidad de Zaragoza. Coord. Grupo ID ERGO. I3A España, en el que compara el método MH-FORCES vs EL METODO OCRA.

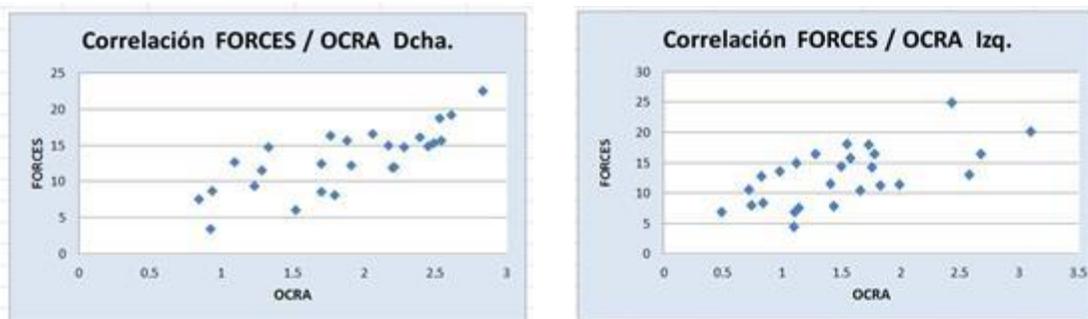
Método mh-forces para valoración del riesgo de trastornos musculoesqueléticos derivados de movimientos repetitivos, comparación con método ocra

Este estudio realizó la evaluación ergonómica de 26 puestos de trabajo repetitivo, de una línea de montaje de electrodomésticos ubicado en Zaragoza con las siguientes características:

- Los tiempos de ciclo son cortos, entre 30 y 34 segundos.
- La jornada laboral de trabajo repetitivo fue de 430 minutos y están programadas varias pausas, sin embargo, algunas horas no tenían un tiempo de descanso de mínimo 10 min, dando un total 3 horas sin recuperar.
- Un 25% de los puestos realizaban su tarea en postura sentada.

Una vez que se aplicó ambos métodos a los 26 puestos de trabajo, el análisis estadístico de los datos ha arrojado los siguientes resultados:

“Aplicando el coeficiente de correlación de Pearson, se ha encontrado una correlación fuerte y positiva de los resultados para el lado derecho ($r = 0,76$, $p < 0,001$) y para el lado izquierdo algo más débil, pero también positiva ($r = 0,63$, $p < 0,001$) y en ambos casos significativas. Estos resultados parecen indicar que ambos métodos están valorando el riesgo de modo bastante similar, si bien y con mayor correlación en el brazo derecho que en el izquierdo.



Diagramas de correlación OCRA / FORCES

Para los datos cualitativos de niveles de riesgo [0-Bajo, 1-Moderado, 2-Alto].

- Los resultados de ambos métodos en los 26 puestos evaluados, no presentan un nivel alto en nuestra escala, por lo que el valor 2 (Riesgo Alto) no aparece en ningún caso.

- Las tablas de contingencia para ambos lados del cuerpo, muestran un porcentaje de “acuerdo perfecto” superior en el lado derecho (0,76%) y más bajo para el izquierdo (0,65%), que corresponde a un grado de acuerdo moderadamente alto.

- Hay que destacar que se observa que los porcentajes de puestos con “Riesgo bajo” son algo mayores en OCRA que en FORCES, en brazo derecho (57% respecto a 50%), y esta diferencia es más acusada para el brazo izquierdo (84% respecto 57%).

		FORCES Dch* OCRA_Dch					FORCES Izd* OCRA_Izd		
				OCRA_Dch				OCRA_Izd	
				Riesgo Bajo	Riesgo Moderado			Riesgo Bajo	Riesgo Moderado
FORCES_Dch	Riesgo Bajo	Count	11	2		Count	14	1	
		Expected Count	7,5	5,5			12,7	2,3	
		% of Total	42,3%	7,7%			53,8%	3,8%	
	Riesgo Moderado	Count	4	9		Count	8	3	
		Expected Count	7,5	5,5			9,3	1,7	
		% of Total	15,4%	34,8%			30,8%	11,5%	
Total		Count	15	11		Count	22	4	
		% of Total	57,7%	42,3%		% of Total	84,6%	15,4%	

Tablas de contingencia OCRA / FORCES, derecha e izquierda.

- Se han calculado una serie de estadísticos para valorar la relación de las variables y se han obtenido resultados significativos únicamente para el lado derecho. Así, el test Chi cuadrado

de Pearson ha arrojado un valor de 7,21 con $p < 0,05$, que nos indica que ambos métodos están relacionados.

- También aportan información positiva el estadístico Tau-b de Kendall (0,54 con $p < 0,001$), lo cual indica asociación débil entre ambos métodos y el análisis de concordancia Kappa (0,53 con $p < 0,005$) con un valor de que refleja un grado de acuerdo moderado.

- En relación con la comparativa los datos cualitativos de niveles de riesgo entre ambos métodos, se deduce que los resultados son positivos para el brazo derecho, pero para el izquierdo no han sido concluyentes por no resultar estadísticamente significativos.” (ref.22)

Conclusión

El análisis de experimentos de simulación, los experimentos de laboratorio relacionados con la simulación ergonómica y la simulación ergonómica computarizada desempeñan un papel crucial en la evaluación y mejora de la ergonomía de los sistemas de trabajo. Estos métodos nos permiten identificar y corregir problemas ergonómicos potenciales antes de implementar un nuevo sistema de trabajo. Gracias a estos métodos, podemos evaluar cómo los trabajadores se adaptan a diferentes aspectos del entorno laboral, como movimientos repetitivos y postura corporal. También nos permiten realizar cambios o ajustes en el diseño del espacio de trabajo, las herramientas y los equipos utilizados, para asegurar la comodidad y seguridad de los trabajadores. Mejorar la ergonomía de los sistemas de trabajo reduce los riesgos de lesiones o enfermedades ocupacionales, y a su vez aumenta la productividad y eficiencia laboral. Los trabajadores se sienten más cómodos y saludables, lo que se traduce en una mayor satisfacción y una menor cantidad de ausentismo laboral.

}

Referencias bibliográfica

- Apud, Elías, & Meyer, Felipe. (2003). la importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud. *Ciencia y enfermería*, 9(1), 15-20. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532003000100003>
- Esser Díaz, Joyce, Vásquez Antúnez, Nora, Couto, María Dolores, & Rojas, Mariana. (2007). Trabajo, ergonomía y calidad de vida.: Una aproximación conceptual e integradora.. *Salud de los Trabajadores*, 15(1), 51-57. Recuperado en 26 de noviembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382007000100005&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez Ruíz, Yordán, Pérez Mergarejo, Elizabeth, & Vázquez Veloz, Lamberto. (2013). Introducción de mejoras ergonómicas: Beneficios para la organización. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 36(2), 183-192. Recuperado en 26 de noviembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702013000200010&lng=es&tlng=es.
- Dul, Jan & Neumann, W.. (2008). Ergonomics contribution to company strategies. *Applied ergonomics*. 40. 745-52. 10.1016/j.apergo.2008.07.001.
- Training with mannequins improves safety, efficiency. (2005). *ED management : the monthly update on emergency department management*, 17(5), 55–57.
- Spivey B. E. (1969). Mannequin for practice of techniques and procedures. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)*, 82(4), 487–488. <https://doi.org/10.1001/archoph.1969.00990020489012>
- Fritz, P. Z., Gray, T., & Flanagan, B. (2008). Review of mannequin-based high-fidelity simulation in emergency medicine. *Emergency medicine Australasia : EMA*, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2007.01022.x>
-

- Ghi, T., Rizzo, G., & EGEO Group (2020). The use of a hybrid mannequin for the modern high-fidelity simulation in the labor ward: the Italian experience of the Ecografia Gestione Emergenze Ostetriche (EGEO) group. *American journal of obstetrics and gynecology*, 222(1), 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.07.023>
- Boulet, J. R., Murray, D., Kras, J., & Woodhouse, J. (2008). Setting performance standards for mannequin-based acute-care scenarios: an examinee-centered approach. *Simulation in healthcare : journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 3(2), 72–81. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e31816e39e2>
- Laguerre, J. (2019). La tendinitis laboral, riesgos ergonómicos en Odontología. *Revista Sam Gregorio*, . doi: <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i35.933>
- Lu, T. W., & Chang, C. F. (2012). Biomechanics of human movement and its clinical applications. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 28(2 Suppl), S13–S25. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2011.08.004>
- Ding, M., Baba, R., Masanthia, K., Ricardez, G. A. G., Takamatsu, J., & Ogasawara, T. (2018). Estimation of the Operating Force From the Human Motion. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2018*, 1751–1754. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2018.8512702>
- Koopman B. H. (2010). Dynamics of human movement. *Technology and health care : official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 18(4-5), 371–385. <https://doi.org/10.3233/THC-2010-0599>
- Hnat, S. K., van Basten, B. J. H., & van den Bogert, A. J. (2018). Compensation for inertial and gravity effects in a moving force platform. *Journal of biomechanics*, 75, 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.05.009>
-

- Won, J., & Hogan, N. (1995). Stability properties of human reaching movements. *Experimental brain research*, 107(1), 125–136. <https://doi.org/10.1007/BF00228024>
- ECKERT H. (1965). A CONCEPT OF FORCE-ENERGY IN HUMAN MOVEMENT. *Physical therapy*, 45, 213–218. <https://doi.org/10.1093/ptj/45.3.213>
- Lynn, A. M., & Yemm, R. (1971). External forces required to move the mandible of relaxed human subjects. *Archives of oral biology*, 16(12), 1443–1447. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(71\)90081-1](https://doi.org/10.1016/0003-9969(71)90081-1)
- Ryu, H. X., & Srinivasan, M. (2023). Human force control may trade-off force error with central tendency and recency biases. *bioRxiv : the preprint server for biology*, 2023.09.19.558388. <https://doi.org/10.1101/2023.09.19.558388>
- McIntyre, J., Gurfinkel, E. V., Lipshits, M. I., Droulez, J., & Gurfinkel, V. S. (1995). Measurements of human force control during a constrained arm motion using a force-actuated joystick. *Journal of neurophysiology*, 73(3), 1201–1222. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.73.3.1201>
- Feyzabadi, S., Straube, S., Folgheraiter, M., Kirchner, E. A., Kim, S. K., & Albiez, J. C. (2013). Human force discrimination during active arm motion for force feedback design. *IEEE transactions on haptics*, 6(3), 309–319. <https://doi.org/10.1109/TOH.2013.4>
- Cashaback, J. G., McGregor, H. R., & Gribble, P. L. (2015). The human motor system alters its reaching movement plan for task-irrelevant, positional forces. *Journal of neurophysiology*, 113(7), 2137–2149. <https://doi.org/10.1152/jn.00901.2014>
- Marin, J., Martínez J, Bone M, Metodo de evaluación ergonómica de tareas repetitivas, basado en simulación dinámica de esfuerzos con modelos humanos. **Arch Prev Riesgos Labor 2014; 17 (Espec Congr 1): 2** https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=1&i=0017
-
-