Gestión del cambio para la Sostenibilidad Socioeconómica de las Naciones

Sepúlveda, W. Neiva, C. Suarez, S. y Marín, A. (2025). Sistemas hápticos aplicados a la prevención de lesiones en ambientes de alto riesgo: un enfoque interdisciplinario, En Chirinos, Y., Rojas, D y Barbera, R. (2025). (Eds.), *Gestión del cambio para la sostenibilidad socioeconómica de las Naciones*. Fondo Editorial Servando Garcés. DOI: https://doi.org/10.47212/gestiondelcambiosostenibilidad2025

Capítulo XI

SISTEMAS HÁPTICOS APLICADOS A LA PREVENCIÓN DE LESIONES EN AMBIENTES DE ALTO RIESGO: UN ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO

HAPTIC SYSTEMS APPLIED TO THE PREVENTION OF INJURIES IN HIGH-RISK ENVIRONMENTS: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

Wilmer Geovany Sepúlveda Manrique

Magister en Comunicación Creativa. Fundación Universitaria Compensar. wgsepulveda@ucompensar.edu.co, Bogotá, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9286-8605

Carlos Hugo Neiva Reyes

Ingeniero de Sistemas. Fundación Universitaria Compensar. chneiva@ucompensar.edu.co, Bogotá, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5761-4917

Sergio Felipe Suarez Soto

Magister en Comunicación Transmedia. Fundación Universitaria Compensar. sfelipesuarez@ucompensar.edu.co, Bogotá, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-0860-0615

Andrés Felipe Marín Rodríguez

Especialista en Big Data. Fundación Universitaria Compensar. afelipemarin@ucompensar.edu.co, Bogotá, Colombia. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-3470-394X

Identificación del proyecto

Sistema para la prevención de lesiones en entornos laborales y deportivos: aplicación de IA, modelos biomecánicos y análisis de patrones de movimiento.

Objetivo de la investigación

Analizar los sistemas hápticos aplicados a la prevención de lesiones en ambientes de alto riesgo desde un enfoque interdisciplinario.

Descripción del contexto

La constante de cambio y evolución ha impactado a todos los escenarios posibles haciendo de los avances en tecnología, una pieza clave para el establecimiento de nuevas sinergias en el desarrollo de faenas

disruptivas que se contraponen al conjunto de actividades tradicionales del quehacer humano; las tecnologías disruptivas están generando cambios significativos, a nivel operacional, funcional, táctico, estratégico y de prospectiva (Andrade et al., 2023). En contraste, esta dicotomía que aún persiste con menor influencia gira en torno a la reticencia de escenarios que retícula paradigmas hacía la integración de nuevas formas y métodos de trabajo en todos los ecosistemas posibles.

Es entonces cuando, delineando nuevas fronteras en el uso de tecnologías disruptivas, los sistemas hápticos han venido ocupando importantes peldaños con respecto a la interacción en escenarios reales y virtuales donde es posible absorber la retroalimentación como consecuencia de la acción del usuario dentro de un entorno controlado. Por otra parte, los efectos de la globalización han servido de orientación tecno eficiente para propagar sistematizaciones de manera más organizada, eficaz y segura, situación que no escapa a la seguridad y la salud en el trabajo (SST) (Organización Internacional del Trabajo, 2010) al establecer nuevas formas de trabajo y de apoyo al mismo sostenido en función de los avances tecnológicos imperantes y las Tecnologías de Información y las Comunicaciones.

Esta tendencia, por su parte, persigue entonces el desarrollo de estudios que permitan estimular la prevención de lesiones en ambientes de alto riesgo, logrando con ello la salud del empleado, el buen desempeño de los capitales intelectuales a través de la prevención de accidentes como agente prospectivo derivado de un conjunto de herramientas tecnocientíficas que proporcionen seguridad y salud laboral.

Revisión de la literatura

Los sistemas hápticos son tecnologías que permiten recrear estimulación cinestésica a partir de la percepción de movimiento del cuerpo y de estimulación háptica que deriva de la sensación de manipulación de objetos a través de los dedos y manos. Esta estimulación radica, de hecho, en vibraciones, fuerzas o movimientos simulando escenarios donde es posible percibir estímulos a través de la operación de objetos y, en consecuencia, la recepción de estímulos sensoriales. De acuerdo con lo expuesto por Pérez y Santís-Chaves (2016),

> una interfaz háptica […] es aquel dispositivo que se encarga de reproducir en el usuario lo captado por la sensación de contacto y manipulación de un objeto que se encuentra dentro de un ambiente virtual o en un entorno remoto, simulando las características esenciales al tacto y sujeción de un objeto real, tales como temperatura, textura, peso, contorno, entre otros. (p. 13).

Es entonces, cuando esta estimulación que deriva del contacto con ambientes virtuales digitales establece una comunicación bidireccional y sensorial recreando en el usuario percepciones físicas acerca de los objetos que opera, todo esto, logrado a través de ambientes controlados.

Prevención teórica de los riesgos laborales

Existe desde siempre la necesidad de todo ser humano de accionar las diferentes formas de ostentar su bienestar personal; el trabajo, corresponde a un impulso de todo ciudadano de encaminar sus esfuerzos y, en consecuencia, radicar la capitalización de estos para alcanzar diferentes fines: un bien material y/o un bien inmaterial. Por otro lado, asociado al trabajo, se encuentra la salud, donde la "salud de los trabajadores es un requisito previo esencial para los ingresos familiares" (OMS, 2017, p. s/p) desde del conjunto de acciones consecuentes en el entorno laboral que mitiguen los diferentes riesgos a los cuales se encuentre expuesto, lo que Cabaleiro (2010) define como "relación positiva".

Es entonces, cuando a partir de estos supuestos, se construye el término compuesto acerca de la prevención teórica de los riesgos laborales hace referencia al conjunto de conocimientos que permiten identificar, analizar y clasificar este tipo de peligros con el apoyo de disciplinas como la medicina del trabajo, la ergonomía y la seguridad industrial, que visto como una estrategia, manifiestan políticas, criterios técnicos, principios y/o marcos normativos que orientan a la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) en base al conocimiento científico.

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) hacen referencia a las tecnologías que nos facilitan los procesos de adquisición, transmisión e intercambio de información (Briceño et al., 2018), para Martínez (2022), las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones poseen gran influencia como factor formativo dentro de la PRL, prediciendo y prescribiendo factores de riesgo laboral con la finalidad de erradicarlos o disminuir el percentil de ocurrencia de peligro. Para el autor, algunas de ellas son el Big Data, las Plataformas digitales, los simuladores, entre otros.

Prevención práctica de los riesgos laborales

Por otra parte, existen las tecnologías asociadas a la prevención práctica de los riesgos laborales, que se constituyen como herramientas que permiten evadir situaciones de riesgo dentro de los diferentes espacios de trabajo, definido también como la dimensión operativa de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Dentro de este contingente se encuentran las medidas correctivas y la formación al capital intelectual de las

organizaciones en materia de salud laboral, asimismo, se lleva a cabo el control y las medidas correctivas continuas y necesarias para mitigar factores de riesgo a partir de técnicas específicas de seguridad, higiene, ergonomía y psicosociología.

Dentro de las medidas que permiten mitigar riesgo, se encuentra el despliegue de sistematizaciones que conducen a la mejora de la conducta que ostenta reducir o eliminar la exposición a los mismos dentro de los espacios laborales, entre ellas se encuentran, la inteligencia artificial (IA), los análisis avanzados, la robótica, la automatización, los vehículos autónomos, los drones, los dispositivos inteligentes, las impresoras en 3D, las interfaces hombre-máquina, la Internet de las cosas (IoT), los grandes datos, los sistemas ciberfísicos, la tecnología avanzada de sensores, la nube informática, la computación cuántica, las redes de comunicación, el comercio electrónico minorista, los desechos electrónicos, entre otros, son cada vez más habituales (Stacey y Williams, 2017, citado por Organización Internacional del Trabajo, 2019, p. 29).

Finalmente, este conjunto de acciones que vislumbra mitigar desde el ejercicio práctico y la exposición controlada a variables laborales de riesgo, generar entornos de trabajo más seguros, saludables y productivos.

Metodología

La presente investigación se instituyo bajo el paradigma de investigación cualitativa, que coadyuba a la "comprensión de las interacciones que se dan en la realidad" (Báez y Pérez, 2019, p. 37) para de esta forma producir datos descriptivos. En ese sentido, la investigación cualitativa es inductiva, al desarrollar concepciones y comprensiones a partir de los datos, es holística, donde las personas, los fenómenos y/o los escenarios se evalúan a partir de un todo y fenomenológica, por lo cual, la investigación cualitativa experimenta la realidad tal y como otros la experimentan (Taylor et al., 1987).

Por otra parte, el presente estudio se desarrolló a través de un estudio de tipo documental, donde las fuentes de investigación fueron completadas a partir de documentos principalmente (Reza, 1997; Bereijo, 2002), aplicando para ello la hermenéutica con la finalidad de interpretar los fenómenos sociales que dan un propósito a la presente investigación (Alcalá, 2002). Es cuando la hermenéutica, hace uso de la paráfrasis en la búsqueda del entendimiento de realidades concretas y criticas acerca de él o los objetos de estudio. De esta forma, la presente investigación llevo a cabo la búsqueda, la recolección y el análisis de información a

partir de diferentes fuentes fidedignas, entre las cuales se encuentran revistas científicas, libros y capítulos resultado de investigación, diario de índole nacional e internacional, notas digitales y sitios y repositorios web de instituciones multilaterales.

Finalmente, a partir de esta recolección de información fueron identificados inicialmente 67 documentos, de los cuales, 12 de ellos constituyeron parte del presente estudio por su pertinencia e importancia para la investigación.

Hallazgos

Existen numerosos riesgos asociados a la actividad laboral, riesgos que vienen desde la exposición a productos químicos, como también, riesgos asociados a la exposición de nanomateriales (Organización Internacional del Trabajo, 2010) lo que ha traído como consecuencia que la Organización Mundial de la Salud a través de la resolución WHA60.26 titulada "Salud de los trabajadores: plan de acción mundial" instara a los Estados Miembros a que

> […] hagan lo posible por garantizar la plena cobertura de todos los trabajadores, incluidos los del sector no estructurado, los de las empresas pequeñas y medianas, los trabajadores agrícolas y los trabajadores migrantes y por contrata, mediante intervenciones esenciales y servicios básicos de salud ocupacional destinados a la prevención primaria de las enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo (OMS, 2017, p. s/p).

Es cuando, a partir de esta premisa, uno de los exponentes en Colombia, Chile y España sobre el uso de sistemas hápticos es WayGroup, quien desde hace varios años ha venido diseñando procedimientos inmersivos que involucran elementos visuales, auditivos y táctiles para recrear ecosistemas realistas donde el principal foco de acción es la experimentación de situaciones laborales que vinculan mitigar la siniestralidad y a los sistemas de Realidad Virtual. Estas implementaciones, han demostrado disminuir los peligros asociados a tareas de alto riesgo en un 15% a partir de recrear ambientes digitales enriquecidos con efectos multimedia para lograr una experiencia sensorial única y con mayor fidelidad (La Colonia, 2024).

Además, expone Forbes Colombia (2024) que esta empresa fundada por el colombiano Diego Ramírez ha impactado de forma positiva a más de 700 compañías en los países mencionados, desarrollando simuladores enfocados en la prevención del riesgo laboral. Por otra parte, expone Martínez (2022) que existen herramientas de prevención tales como los simuladores, que fungen como un hibrido entre la prevención

teórica de los riesgos laborales y la prevención práctica de los riesgos laborales que recrea escenarios de entrenamiento sin riesgo desarrollando ambientes de trabajo reales, pero con todas sus variables controladas.

Otro caso de éxito es el ofrecido por Positiva Compañía de Seguros (Forbes Colombia, 2023) (ver Figura 1.), donde a través de sistematizaciones basadas en Realidad Virtual y sistemas hápticos han logrado mitigar el riesgo laboral con tecnología que permite reducir y predecir accidentes. Estos simuladores, se enfocan en la capacitación, formación y entrenamiento kinestésico de roles altos y medios responsables en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en actividades laborales que implica altos riesgos, dando prioridad a la seguridad y los riesgos asociados para algunas tareas específicas.

Figura 1.

Simulación con Tecnologías Inmersiva



Nota. La figura representa la simulación con software en Realidad Virtual implementado por Positiva Compañía de Seguros, descrito por nota de prensa de Forbes Colombia (2023).

Conclusiones

Desde hace décadas, organizaciones a nivel global han vislumbrado mitigar el riesgo dentro de sus áreas de trabajo a través de su gestión y control, situación que redunda en los beneficios coligados con mayor productividad y calidad en el entorno laboral que en muchas ocasiones está relacionado con la implementación de tecnologías de punta. Para ostentar este propósito, es de carácter invaluable ofrecer a los trabajadores ambientes laborales donde premie la salud como un requisito preliminar y básico para los ingresos familiares y el desarrollo económico, que permitan la capitalización al tiempo de una salud laboral estable y pertinente.

Por otra parte, la prevención teórica y la prevención práctica están radicando grandes esfuerzos en implementar herramientas tecnológicas disruptivas que, a través de sistemas hápticos y escenarios virtuales digitales, tales como ambientes generados de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta, permiten la capacitación de los trabajadores a través de la exposición a situaciones laborales reales y de alto riesgo a partir del control de las variables inmersas en estos entornos.

En este contexto, la gestión de estos ecosistemas de formación procura entonces la estimulación sensorial táctil recreando escenarios donde es posible lograr retroalimentación sensorial en tiempo real y producto de la manipulación de objetos y dinámicas de juego.

Las reflexiones anteriores permiten concebir estos espacios de última generación como el escudo efectivo para contrarrestar el riesgo laboral, a través de herramientas tecno eficientes que ostentan altas capacidades para vincular la sostenibilidad y sustentabilidad y la atracción del usuario en aras de mitigar factores de riesgo en múltiples disciplinas del quehacer diario.

Finalmente, es menester para la presente investigación seguir abonando estos espacios de pertinencia social a partir de nuevas sistematizaciones que provean salud laboral en todos los espacios posibles donde la academia funja de catalizador en los diferentes ecosistemas de ciencia para su discusión y socialización.

Asimismo, se espera que, con el presente estudio se introduzcan nuevas formas para el quehacer académico y científico, de la absorción de sistematizaciones que propendan por el bienestar colectivo, donde se favorezca la creatividad para dar solución a las problemáticas actuales y venideras que vincule a todos los actores del proceso toda vez que se logre la hegemonía colectiva para satisfacer necesidades reales.

Agradecimientos

A La Dirección de Investigación Nacional de La Fundación Universitaria Compensar. Este capítulo es resultado de un proyecto de investigación intitulado "Sistema para la prevención de lesiones en entornos laborales y deportivos: aplicación de IA, modelos biomecánicos y análisis de patrones de movimiento" que se encuentra en desarrollo.

Fuentes de financiamiento: La institución financiadora es Fundación Universitaria Compensar.

Conflictos de interés: Los autores declaran expresamente no tener intereses en conflicto para el desarrollo de este producto resultado de investigación.

Fuentes Bibliográficas

Alcalá Campos, R. (2002). *Hermenéutica: teoría e interpretación*. México: UNAM, Campus Acatlán.

Andrade, P., Sandoval, H., Arzuaga, M., y Ardila, J. (2023). Modelo de gerencia disruptiva para el cambio organizacional en la industria postmoderna. *Revista Temario Científico*, https://doi.org/10.47212/rtcAlinin.1.123.3

Bereijo Martínez, A. (2002). Bases teóricas del análisis documental: La calidad de objetivos, procesos y resultados. España: Universidad Carlos III.

Briceño, J., Rojas. D., Chirinos, Y., Alaña, Y. (2018). E-competencias, apropiación social y actitudes hacia las TIC – TAC – TEP en las necesidades formativas del docente: En: Chirinos, Y., Ramírez, A., Godínez, R. Barbera, N. y Rojas, D. (2018). (Eds.), *Tendencias en la Investigación Universitaria. Una visión desde Latinoamérica*. Vol. III. Fondo Editorial Universitario Servando Garcés. DOI: http://doi.org/10.47212/tendencias2018vol.iii.9

Cabaleiro Portela, V. (2010). *Prevención de riesgo laboral* . Ideaspropias Editorial.

Forbes Colombia. (18 de 09 de 2023). *Así la realidad virtual ha cambiado los procesos de seguridad y salud en el trabajo; miles de empleados ya la usan*. Recuperado el 16 de 04 de 2025, de https://forbes.co/2023/09/18/capital-humano/empleados-usan-realidad-%20virtual-en-procesos-de-seguridad-laboral

Forbes Colombia. (9 de 04 de 2024). *Con esta tecnología un colombiano se propuso mitigar riesgos laborales: ya beneficia a más de 750.000 trabajadores en tres países*. Recuperado el 16 de 04 de 2025, de https://forbes.co/2024/04/09/emprendedores/con-esta-tecnologia-%20un-colombiano-se-propuso-mitigar-riesgos-laborales-ya-beneficia-a-mas-de-750-000-%20trabajadores-en-tres-paises

La Colonia. (27 de 05 de 2024). *Tecnología háptica en función de la prevención de riesgos laborales*. Recuperado el 16 de 04 de 2025, de https://lacoloniaportal.com.uy/tecnologia- haptica-en-funcion-de-la-

prevencion-de-riesgos-laborales/

Martínez Gómez, F. (25 de 04 de 2022). *El papel de la tecnología en prevención de riesgos laborales*. Recuperado el 15 de 04 de 2025, https://www.prolaboral.com/es/blog/el-papel-de-la-tecnologia-en-prevencion-de-riesgos-laborales.html?srsltid=AfmBOoqaIUkd288HcRRvWVZyERBociatKWy6F-MELM6pBFj5Ics2_Jar

OMS. (30 de 11 de 2017). *Protección de la salud de los trabajadores*. Recuperado el 15 de 04 de 2025, https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/ed163c18-bf86-4bbb-8799-4d5af0a031e8/content

Organización Internacional del Trabajo. (2010). *Riesgos emergentes y nuevos modelos de prevención en un mundo de trabajo en transformación.* Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo: Aprovechar 100 años de experiencia.* Ginebra, Suiza: Organización Internacional del Trabajo.

Pérez Ariza, V., y Santís-Chaves, M. (2016). Interfases hápticas: sistemas cinestésicos vs. sistemas táctiles. *Revista EIA, 13*(26), 13-29. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n26/n26a02.pdf

Reza Becerril, F. (1997). *Ciencia, Metodologia E Investigacion.* . México: Alhambra Mexicana.

Stacey, N., & Williams, H. (2016). *Review of trends and drivers of change in information and communication technologies and work location (EU-OSHA).* Bilbao.

Taylor, S., Taylor, S., Bogdan, R., y Piatigorsky, J. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: la búsqueda de significados.* Argentina: Paidós.