

Apéndice E: Matriz de identificación aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas

En este apéndice se presentan la identificación los aspectos positivos y negativos de las innovaciones tecnológicas aplicadas en la seguridad y salud en el trabajo, para las medidas de prevención contra las actividades de trabajos en alturas, que puedan implementarse en el control de riesgos. No obstante, se recopilieron los desafíos significativos encontrados en la literatura relacionados con la implementación de estas, de igual manera se menciona el éxito de la aplicación de cada tecnología por medio de los aspectos positivos.

Por lo tanto, con base en la revisión de literatura, se procede a consignar los hallazgos de los aspectos positivos y negativos, las cuales se pueden implementar en el control de riesgos en las actividades de trabajo en alturas, para esto se propone la siguiente tabla:

Tabla 1. *Matriz de identificación de aspectos positivos y negativos.*

Innovación Tecnológica	Aspectos Positivos	Aspectos Negativos
Capacitación por medio de realidad virtual	Realización de capacitaciones de forma segura por medio del desarrollo, aprendizaje experiencias y habilidades basadas en realidad virtual, sin exposición a riesgos y entornos peligrosos que se presentan en el mundo real	La capacitación por medio de realidad virtual tiene distintas deficiencias tales como: falta de participación e interacción, alta complejidad del quipo, resistencia para aprender o utilizar las diferentes innovaciones tecnológicas.
Cascos inteligentes	• Detección de accidentes y emisión de alertas a contactos de emergencia • Evaluación de riesgos en tiempo real • Reducción de accidentes laborales • Protección de la vida de los trabajadores por exposición a condiciones de alto riesgo • Aumenta el desempeño de los empleados y reduce la probabilidad de enfermedades, lesiones, ausencia o muerte • Implementación de sistemas inteligentes para la detección temprana de riesgos • Notificación de los peligros encontrados	• Alertas de falsos positivos • Caída accidentalmente del casco y generación de alerta de falso positivo • Retraso en las notificaciones • Pérdidas económicas por falso positivos

	• Se garantiza el bienestar físico de los trabajadores	
Formación por medio de realidad virtual	• Se proporciona una enseñanza basada en ejemplos y condiciones de entornos reales • Promueve el uso de tecnologías modernas las cuales pueden utilizarse fuera de la formación en materia de SST • Participación e interés para que los empleados trabajen de acuerdo con las instrucciones y normas de SST • Mejor aprendizaje de la formación por medio de la gamificación • La formación innovadora en SST está diseñada para minimizar los riesgos y accidentes en las organizaciones • La formación brinda las actitudes y competencias necesarias para desempeñar de manera correcta las diferentes actividades a cargo de los trabajadores	• Altos costos en la implementación en el uso de formación por medio de realidad virtual • Altos requisitos organizativos • Efectos adversos por el uso de las tecnologías • Falta de dispositivos para la capacitación de todos los empleados • Espacio limitado para la formación y entrenamiento • La falta de recursos financieros limita el acceso de las herramientas modernas de formaciones impartidas por medio de RV, las cuales son inalcanzables para muchas personas
Inteligencia Artificial	• La IA permite monitorear en tiempo real los diferentes peligros en el lugar de trabajo, de igual manera identificar y abordar los distintos riesgos de forma proactiva y mejorar las medidas preventivas • La IA ofrece beneficios de mayor seguridad y productividad por medio del mantenimiento predictivo y evaluación de riesgos en tiempo real. • Los beneficios y aplicaciones de la IA en la SST - Monitoreo de la salud de los trabajadores por medio de dispositivos portátiles, sensores y dispositivos de Iota - Identificación de peligro y evaluación de riesgos - EPP inteligente integrado con IA	• Los sistemas de IA pueden ser costosos y requieren una inversión significativa en hardware, software y capacitación • Se necesita incorporar datos correctos y actualizados de lo contrario puede afectar el rendimiento del sistema de la IA y como resultado dar predicciones erróneas, generando riesgos para la seguridad. • Las cuestiones éticas pueden influir en lo relacionado con la IA, debido a que no se puede garantizar la privacidad y la seguridad de los datos • Se puede generar impactos negativos en la salud mental de los trabajadores, incluyendo ansiedad y estrés debido a la automatización del trabajo • Se puede presentar riesgos y amenazas en materia de SST • Desafíos tecnológicos • Retos sociales y éticos

	- Sistema musculoesquelético y ergonomía - Automatización de tareas peligrosas mediante robots automatizados con IA • Análisis de diversos datos que se pueden identificar mediante IA, como acelerómetros, señales de audio, bioseñales de emociones del trabajador, etc. • Identificación y análisis del ambiente de estrés y contribución de la salud mental de los trabajadores	• Políticas y estándares establecidos por los reguladores • Retos económicos • Desafío de los datos
Tecnología de captura de movimiento	• La tecnología de captura de movimientos evalúa con precisión los movimientos de los trabajadores, permitiendo un mejor diseño de puestos de trabajo y un análisis del desempeño humano, de los trastornos musculoesqueléticos relacionado con el trabajo y evaluación de lesiones.	• Las diferentes herramientas de investigación enfocadas en ergonomía, estaciones de trabajo o el riesgo de lesiones, no contempla o examina exhaustivamente los movimientos humanos en todas las partes del cuerpo.
Pulsera inteligente	• Monitorea el estado físico de los trabajadores, como la frecuencia cardíaca, la fatiga, identificación de cargas excesivas de trabajo, e indicia ataques cardíacos, golpe de calor y agotamiento, también se puede compartir el uso de esta información con los supervisores.	• La privacidad de la información es un tema de debate, debido a que las personas tienen a ser sensible a la hora de compartir su información personal. • Baja aceptación de la tecnología por parte de los usuarios
GPS	• Las organizaciones pueden aumentar la eficiencia y respaldar las operaciones • Monitorea la ubicación de los conductores y el ritmo de trabajo • Permite la ubicación en tiempo real de cualquier trabajador dentro de la organización	• El uso de estas tecnologías puede generar preocupaciones según la Ley Nacional de Relaciones Laborales (NLRA) • El uso de software de seguimiento para medir el tiempo de trabajo puede generar litigios.
Cámaras y sensores	• Las herramientas impulsadas por IA pueden ayudar a las empresas a monitorear y	

	controlar la asistencia, al mismo tiempo, brindar a los empleados más control sobre su trabajo, permitiéndoles estar más comprometidos y ser más productivos. • IA y el monitoreo incluyen herramientas para detectar y abordar la discriminación y el acoso laboral. • Sistemas de control de acceso impulsados por IA que utilizan visión e imagen por computadora ya que se pueden instalar algoritmos de análisis para verificar la identificación de los trabajadores que ingresan a los lugares de trabajo para evitar el acceso no autorizado y escanear la vestimenta de seguridad de los mismos para garantizar el cumplimiento del equipo de protección personal (PPE). • Los sistemas de mantenimiento predictivo impulsados por IA se utilizan “para determinar el estado del equipo y predecir cuándo se debe realizar el mantenimiento. evitando así “fallas que puedan provocar lesiones a los trabajadores antes de tiempo. • La pandemia COVID-19 aceleró el movimiento nacional hacia acuerdos de trabajo desde casa, y muchos empleadores han aumentado el uso de herramientas tecnológicas para mejorar la productividad de los empleados.	
Robots inteligentes	• Se podrá realizar una mitigación del riesgo	• Se puede presentar desempleo

	sustituyendo las personas por robots para realizar tareas críticas • El uso de la robótica será revolucionario para la gestión del riesgo en los campos como minería, túneles, submarinos, espacios cerrados, espacios confinados, entre otras tareas peligrosas que impliquen vidas humanas. • En particular, los robots autónomos con funciones programables también utilizan la inteligencia artificial para comunicarse entre sí, sin necesidad de ser operado por un trabajador y este podrá realizar diversas tareas. • Reducción de la carga de trabajo, reducción de riesgos en espacios confinados, disminución de la realización de tareas peligrosa y repetitivas.	• Ausencia de estándares y regulaciones en la interacción de hombre-maquina • Se pueden generar nuevos riesgos para la SST • Exposición a partículas peligrosas desconocidas • Riesgos de accidentes mecánicos
Adopción de tecnología	• Entorno laboral más seguro • Mitigación y prevención de riesgos laborales • Control de los avances en materia de seguridad de las maquinas a través de dispositivos inteligentes • Mejor cultura y clima de prevención, favoreciendo la seguridad laboral • Monitoreo continuo del estado de salud de los trabajadores • Control y seguimiento de patrones de comportamientos referentes al cansancio, fatiga e inseguridad para prevenir los accidentes	• Aumento de riesgos psicosociales como el estrés, fatiga mental, nuevos riesgos en el entorno laboral por la adopción de nuevas tecnologías. • Reducción del nivel de vigilancia por el uso de dispositivos inteligentes • Se pueden presentar molestias o trastornos relacionados con: fatiga mental, posición de trabajo estática, posición a partículas y presión psicológica. • Complejidad de las tecnologías y los procesos de trabajo

	• Se puede realizar análisis virtuales ergonómicos que ayuda a la reducción de los trastornos musculoesqueléticos • Monitoreo constante del trabajador e intercambio de información en tiempo real y se puede responder rápidamente en caso de incidentes • Formación de los empleados para generar ambientes más seguros y promover el autocuidado • La adopción de tecnologías reduce el tiempo de procesamiento, recursos y herramientas, también mejora el ambiente laboral y facilita la toma de decisiones. • Detección en tiempo real de diferentes situaciones de peligro o riesgo que se puede presentar • Ayuda a controlar la información y la transmisión de esta	
Internet de las cosas	• Mejor flujo de información de los trabajadores hacia los responsables de SST para actuar en situaciones de emergencia o para la prevención de riesgos • Monitoreo del ambiente en tiempo real, comprobando distintas condiciones a las que se exponen los trabajadores (oxígeno, temperatura, espacio confinado, entre otros) • Permite actuaciones rápidas frente a caídas de trabajadores e incidentes en el entorno laboral.	• Problemas en la privacidad de datos de los trabajadores • Problemas relacionados con la confiabilidad de la red para el almacenamiento y sostenibilidad de datos en tiempo real

	• Mejor protección de los trabajadores mediante el uso de dispositivos portátiles y sensores en los EPP para el monitoreo de la salud. • Favorece la gestión de la seguridad laboral, la prevención de accidentes, lesiones y el bienestar de los trabajadores • Recopilación de datos ambientales, tales como iluminación, calidad del aire, ruido, temperatura, humedad, etc., para contribuir a un mejor entorno de trabajo • Contribuye a una mejor evaluación ergonómica y fisiológica de los trabajadores	
Realidad virtual	• Aumenta la eficiencia en la formación y educación de los trabajadores, ayudando a proporcionar entornos de trabajo más seguros • Permite la simulación de situaciones de emergencia, entrenamiento, formación y rescate para capacitar a los empleados • Simulación de entornos virtuales para el aprendizaje y formación • Proporciona gran cantidad de datos e información para posibles evaluaciones ergonómicas • Asistencia remota para resolución de problemas complejos • Ayuda en las actividades de mantenimientos, procedimientos y corrección de configuraciones o herramientas	• Carece de metodologías y procedimientos para medir el confort percibido por los usuarios • Limitaciones en el escaso contenido visual, elaboración de imágenes y videos poco realistas • Problemas relacionados con hardware como el ángulo de visión, resolución, peso del dispositivo y la poca movilidad del usuario y la velocidad

	• Disminución de accidentes o cuasi accidentes en el entorno laboral • Mejor comprensión y aprendizaje de la identificación de riesgos de trabajos en alturas y capacitación en el uso de EPP	
Arnés con mochila integrada	• Es de uso práctico y su mochila ayuda a que este se mantenga en perfectas condiciones. • Incluye un sistema de auto rescate • Es impermeable, manteniendo el equipo protegido, aunque llueva. • Está equipado con elementos retrorreflectantes para mantenerse visible y seguro. • Cuenta con un código QR individual y único por producto, por lo cual permite la trazabilidad desde su producción hasta que llega al usuario	• Desconocimiento en el mercado, sobre la existencia y utilidad del equipo • Costo del equipo
LIFTRES-Q, Dispositivo de evacuación y de rescate	• Dispositivo de evacuación y de rescate de has 20 m y 40m. de distancia para trabajo en alturas	• Los equipos deben ser compatibles, es decir de la misma marca para que el sistema funcione
EasySafeWay 1, Grúa móvil con base en H	• Sirve como punto de anclaje vertical fijo para trabajo en alturas	• No sirve como punto de anclaje móvil. • Solo tiene tres alturas definidas 1,66 m / 2,0 m / 2,28 m.
Gancho de suspensión para pértiga telescópica	• Se puede instalar desde el piso el conector de anclaje para trabajar de manera vertical • No se expone al trabajador a riesgo de caída	• Solo sirve para una altura máxima de 9 metros.
EVA'LAD 2, Escalera de	• Sistema de aseguramiento integrado, compuesto por un	• Solo sirve para una distancia de 6 metros

rescate en cinta, lg. 6 m, con sistema de aseguramiento	anticaídas deslizante y una cuerda trenzada de 10 mm, longitud 7 m. • Es una escalera ligera, portátil y compacta. • Fácil de transportar en su maletín e instalar	
ZIGZAG	• Permite desplazarse eficazmente por el árbol, conservando a la vez la gestualidad propia del sistema • Permite recuperar cuerda fácilmente	• Compatibilidad de la cuerda: de 11,5 a 13 mm de diámetro de petzl.
Plataformas de elevación	• Cuenta con dispositivo de detección de carga. • Control individual hidráulico proporcional. • Permite sortear obstáculos y ajustarse a situaciones cambiantes con facilidad. • Tracción 4x4 • Altura Impresionante de trabajo de 20 metros • Botón de parada de emergencia • Cuenta con sistema de control de mando en la canasta y en el cuerpo del equipo • Sistema detector de sobrecarga	• Solo pueden estar máximo 2 personas sobre la plataforma • Para operar estas plataformas deben estar capacitados mínimo 2 trabajadores para operar el sistema de mando, conformados por el que se queda en pisó y uno de los trabajadores que estará sobre la canasta.
Drones	• Inspección más segura de instalaciones e infraestructuras • Reducción del coste de las inspecciones • Prevención de riesgos • Rápida respuesta a emergencias • Acceso a zonas de riesgos • Inspección de vigilancia y monitoreo • Inspecciones visuales en áreas de trabajo en alturas	• Sistema de vuelo autónomo y mano de obra con costes altos • Programación a prueba de fallos y que evite obstáculos • Navegación basada en satélites con limitaciones • Normativa de regulación limitada • Alto coste en seguros, documentación legal, planificación y otros. • Estabilidad de vuelo, precisión del control y la seguridad • Duración de las baterías limitada

	• Monitoreo de las condiciones ambientales • Mapeo de riesgos y análisis del terreno en el que se encuentra el trabajador • Transporte de los diferentes tipos de materiales • Comunicación y coordinación de equipos de trabajo • Evita la exposición de los trabajadores al riesgo • Visión amplia del lugar a inspeccionar • Ejecución de tareas de alto riesgo • Ruta de vuelo precisa al introducir las coordenadas • Mejora medioambiental	• Las condiciones meteorológicas delimitan la capacidad de vuelo •
--	--	---