

Methodologies for the prevention of occupational and ergonomic risks in the construction sector: A systematic literature review

Pedro Gabriel Carrasco Yalan¹, Luis Junior Tirado Castro², Delia Isabel Bonifacio Najarro³, Gabriela Estefany Reaño Pulache⁴

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c24122@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c22464@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u18304799@utp.edu.pe

⁴Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1631686@utp.edu.pe

Abstract— The health and well-being of workers in the construction sector are affected by different occupational and ergonomic risks that may arise in different situations when carrying out their activities. In this sense, the purpose of this review is to determine the most used methodologies for the prevention of occupational and ergonomic risks in the construction sector. To do this, a search equation was proposed in the Scopus database, where 448 articles were obtained as an initial result; Under a systematic search, 64 documents were subsequently obtained. Likewise, through the Prisma methodology, exclusion and inclusion criteria were applied, where 17 articles were determined for the review. Based on this data, it was analyzed that the different authors recognized that BIM and 3D methodologies are being used in the construction sector for the prevention of occupational and ergonomic risks. It was concluded that these methodologies help to prevent and identify these risks in the construction sector, each of them independently.

Keywords— BIM methodology, Ergonomic Risk, Construction safety, Construction Sector, Work accident

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Metodologías para la prevención de riesgos laborales y ergonómicos en el sector de la construcción: Una revisión sistemática de la literatura

Pedro Gabriel Carrasco Yalan¹, Luis Junior Tirado Castro², Delia Isabel Bonifacio Najarro³, Gabriela Estefany Reaño Pulache⁴

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c24122@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c22464@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u18304799@utp.edu.pe

⁴Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1631686@utp.edu.pe

Resumen – *La salud y el bienestar de los trabajadores del sector construcción se ven afectados por distintos riesgos laborales y ergonómicos que se pueden presentar en distintas situaciones al desarrollar sus actividades. En tal sentido, el propósito de esta revisión es determinar las metodologías más utilizadas para la prevención de los riesgos laborales y ergonómicos en el sector construcción. Para ello, se planteó una ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus, en donde se obtuvo como resultado inicial 448 artículos; bajo una búsqueda sistemática se obtuvo posteriormente 64 documentos. Asimismo, a través la metodología de Prisma se aplicaron criterios de exclusión e inclusión, donde se determinó 17 artículos para la revisión. En base a esta data, se analizó que los diferentes autores reconocieron que en el sector de la construcción se vienen utilizando las metodologías BIM y 3D para la prevención de los riesgos laborales y ergonómicos. Se llegó a la conclusión que estas metodologías ayudan a la prevención e identificación de estos riesgos del sector construcción cada una de ellas de manera independiente.*

Keywords— *Metodología BIM, Riesgo Ergonómico, Seguridad en la construcción, Sector Construcción, Accidente Laboral.*

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad laboral y ergonómica es una preocupación constante debido a la naturaleza inherente de lo riesgoso de las actividades involucradas en el sector de la construcción. Si bien existen avances en la regulación y la constante utilización de la tecnología, los accidentes laborales y las lesiones musculoesqueléticas siguen siendo una realidad en los centros de trabajo. Puesto que la manipulación de materiales pesados, la utilización de máquinas peligrosas y las condiciones de trabajo adversas son algunas de las amenazas a las que se enfrentan los trabajadores de la construcción.

En esa misma línea, aún persisten desafíos significativos, como la falta de cumplimiento, la resistencia al cambio y la presión por cumplir plazos ajustados; a pesar de los esfuerzos que se realizan al implementar medidas de seguridad y programas de capacitación a los trabajadores. En tal sentido, para abordar estos problemas, es indispensable que exista una colaboración continua entre empleadores, trabajadores y organismos reguladores. Por ello, las empresas del sector de la construcción deben priorizar la seguridad mediante la implementación de prácticas ergonómicas, la provisión de equipos de protección adecuados y la formación regular del personal.

Sin embargo, el cambio cultural y la sensibilización sobre la importancia de la seguridad laboral y ergonómica son fundamentales para crear entornos de trabajo más seguros y saludables en la industria de la construcción. Asimismo, es crucial analizar las metodologías de riesgos laborales para garantizar la seguridad y protección de los trabajadores o personas que se encuentran involucradas en el sector. Una de las áreas importantes de enfoque es la exposición ergonómica, que se refiere a las condiciones laborales que pueden afectar a la salud y el bienestar físico de los trabajadores.

Adicionalmente, los estudios investigados muestran la poca orientación que tienen los trabajadores antes los riesgos ergonómicos a los que están expuestos; entre ellos resalta los accidentes musculoesquelético, el cual se genera un largo tiempo de exposición en sus puestos laborales [1]. Asimismo, los principales problemas ergonómicos detectados en el sector de la construcción se asocian fundamentalmente a muchos factores, siendo 4 los más significativos. Entre ellos destacan la realización de tareas de manipulación manual de cargas, la realización de tareas repetitivas, la adopción de posturas de trabajo forzadas y el uso inadecuado de máquinas y herramientas.

En el ámbito de la construcción, los riesgos laborales y ergonómicos representan la cuarta parte de accidentes en manera global, ya que cada maniobra implica niveles de riesgos, y a menudo resultan en la muerte del trabajador o en la pérdida de alguna parte del cuerpo; lo cual trae como consecuencia costos de compensación y pérdidas de vida en el trabajo. La mala práctica de la seguridad en sector construcción provoca un trabajo no eficiente. Por tal motivo, todos estos factores mencionados con llevan a un aumento de riesgos ergonómicos laborales [2].

Por otro lado, se identificó que existen diversos conceptos, metodologías y planes de mejoras que pueden ser aplicados al sector construcción, los cuales buscan velar por la integridad de las personas y minimizar los impactos de riesgos laborales. Puesto que gran parte de los cuerpos de los trabajadores están expuestos a actividades complejas. Esto se debe particularmente a los accidentes laborales, en cual afecta el rendimiento y productividad de los colaboradores [3].

Asimismo, los nuevos modelos de técnicas ayudan a tomar medidas de mitigación más relevantes y específicas a la parte del cuerpo que corresponde [3]. Sin embargo, se evidenció falta de capacitación y estrategias para la seguridad en los puestos de trabajos, los cuales tienen un alto índice de accidentes ergonómicos [4].

En tal sentido, se identificaron nuevas metodologías donde la intervención de la tecnología contribuye en la evaluación y retroalimentación de los potenciales riesgos, los cuales son simulados e identifican el punto del problema ergonómico que está generando la acción o actividad del trabajador, y así puede prevenir y mitigar exposición a los riesgos laborales [5].

Por tal motivo, se planteó determinar las metodologías más efectivas para prevenir riesgos laborales y ergonómicos en el sector construcción para poder reducir el índice de accidentabilidad del sector. En vista de ello, se formula objetivos de manera específica que son identificar la definición de riesgos laborales y ergonómicos. Asimismo, las áreas del sector construcción que producen más riesgos laborales ergonómicos. Por otro lado, identificar la definición de la metodología BIM y metodología 3D. Sobre todo, identificar como se previenen en los riesgos laborales y ergonómicos. En este artículo, realizaremos una RSL sobre las metodologías aplicada para la prevención de riesgos laborales y ergonómicos en el sector de la construcción y abordamos cinco preguntas de investigación relacionadas con PICOC para determinar las metodologías más usadas, así como la posible relación con la reducción de accidentes en dicho sector.

II. MÉTODO

Una revisión sistemática de la literatura (RSL) es un método caracterizado por reconocer, evaluar e interpretar investigaciones disponibles y relevantes que involucren el área temática de estudio o guarden relación con la pregunta de investigación. En tal sentido, se realizó esta investigación de acuerdo con las pautas de PRISMA.

A. Preguntas de investigación:

Se formularon un total de 5 preguntas de investigación (RQ) siguiendo la metodología PICOC. En este estudio, se la población (P) está compuesta por los trabajadores del sector construcción, la intervención (I) considerada es la metodología BIM, la comparación (C) está relacionado con la metodología de simulación en 3D, los resultados (O) se refieren a la prevención de riesgos laborales y ergonómicos. Finalmente, el contexto (C) se vinculó con el sector de la construcción. A continuación, en la Tabla I, se presentan las preguntas de investigación:

TABLA I
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Nº	Preguntas de investigación
RQ1	¿Cómo se define los riesgos laborales y ergonómicos?
RA2	¿Cuáles son las áreas del sector construcción que producen más riesgos laborales y ergonómicos?
RQ3	¿Qué es la metodología BIM?
RQ4	¿Qué es la metodología 3D?
RQ5	¿Cómo se ha prevenido los riesgos laborales y ergonómicos?

B. Estrategia de búsqueda

El proceso de búsqueda se realizó utilizando palabras claves que se relacionaban con el tema, estos términos se combinaron con operadores booleanos los cuales permitieron determinar como resultado inicial 448 documentos (ver Tabla 2).

TABLA II
PALABRAS CLAVES Y ECUACIÓN DE BÚSQUEDA

Nº	Base de datos	Palabras claves	Ecuación
1	Scopus	Trabajadores del sector construcción Metodología BIM Metodología de simulación en 3D Prevención de los riesgos laborales y ergonómicos Sector de construcción	(title-abs-key("construction sector workers" or "operator construction" OR "construction employee" OR "construction laborers" OR "construction worker") and title-abs-key ("bim methodology" OR "bim technique") OR title-abs-key ("3d methodology" OR " 3d simulation" OR "3D technique") OR title-abs-key ("Prevention of occupational risks" OR "Prevention of ergonomic risks" OR "injury prevention" OR "safety programs" OR "occupational hazards" OR "ergonomic risks" OR "ergonomic risk measures" OR "occupational risk measures" OR "occupational hazard exposure") and titleabs-key ("Construction sector") OR "building public works" OR construction OR "construction scope")) and pubyear > 2018 and pubyear < 2024 AND (limit-to (doctype , "ar") OR limit-to (doctype , "cp") OR limit-to (doctype , "re")) AND (limit-to (language , "English")) AND (limit-to (oa , "all"))

A continuación, se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

TABLA III
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión
CI1: Estudios relacionados con riesgos laborales y ergonómicos en el sector de la construcción
CI2: Estudios que apliquen o describan la metodología BIM
CI3: Estudios que apliquen o describan la metodología de simulación 3D
CI4: Estudios que hayan desarrollado la prevención de riesgos laborales y ergonómicos
Criterios de exclusión
CE1: Estudios relacionados con el COVID-19
CE2: Estudios relacionados a enfermedades psicológicas

CE3: Estudios asociados a enfermedades por origen químico

CE4: Estudios relacionados a enfermedades respiratorias

En base a los criterios de inclusión y exclusión, se realizó la exploración de artículos encontrados a partir de la búsqueda sistemática, en donde se obtuvieron 64 documentos. Durante el proceso, se observó que no hay artículos duplicados, pero 15 artículos deben ser eliminados y excluidos por revisión del título, quedando solamente 49. En el segundo paso, se aplicó la selección de artículos que se encuentran disponibles a texto completo, por la cual se evidenció que se eliminan 2 documentos quedan como un total de 47. Luego, se aplicaron los criterios de exclusión e inclusión, donde se excluyó y elimino 30 artículos. Finalmente, luego de emplear todos los filtros a través de la estrategia PRISMA, se determinó que 17 artículos cumplen con los criterios establecidos para la investigación.

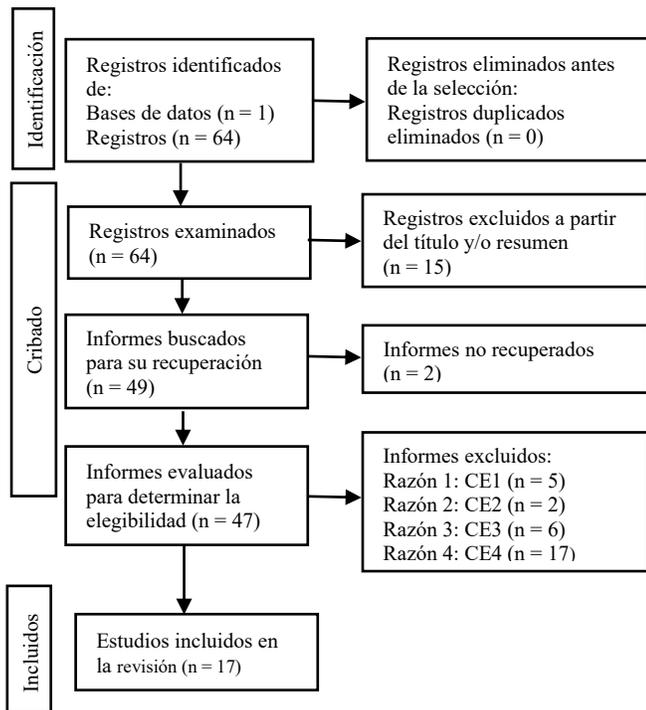


Fig. 1 Prisma

III. RESULTADOS

Teniendo en cuenta los 17 documentos seleccionados, se llegó a determinar que el 2019 fue el año donde más investigaciones se realizaron, en comparación con los años 2021 y 2022, en donde la cantidad de fuentes fueron menores. Asimismo, se identificó el año de procedencia de las fuentes, en el cual se resaltó a Estados Unidos con el país con más investigaciones relacionadas a los riesgos laborales y ergonómicos en el sector de la construcción. Además, se evidencio investigaciones, en menor cantidad, en los continentes de Europa, África y Asia.

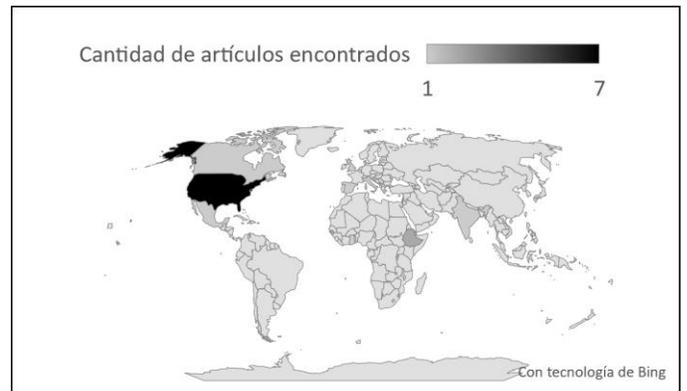


Fig. 2 Mapa coroplético

A. Pregunta 1: ¿Cómo se define los riesgos laborales y ergonómicos?

Se conoce como riesgo laboral y ergonómico cuando el trabajador interactúa con su área de trabajo y las actividades laborales presentan posturas, movimientos y acciones repetitivas que producen daño a la salud. Asimismo, se indica y argumenta tras varios estudios que un riesgo laboral y ergonómico es cuando se daña de gravedad su integridad personal y seguridad entre los colaboradores y su puesto de trabajo [6]. Estos se clasifican en dos, lesiones laborales fatales y lesiones laborales no fatales [7]. Además, las lesiones laborales fatales son debido a la exposición a agentes físicos y químicos, mientras que las no fatales es por el sobreesfuerzo físico [8].

Asimismo, diversas investigaciones abordan la percepción de riesgos por parte de los trabajadores del sector, en el cual se determinó que los colaboradores tienen un mayor riesgo físico a causa de las posturas incómodas o forzadas. En tal sentido, los factores de los riesgos laborales y ergonómicos más resaltantes son el levantamiento de objetos pesados, bajo apoyo de los compañeros de trabajo, bajo apoyo del supervisor, manipulación de objetos cortopunzantes y lesión muscoesqueléticas [9], [10], [11].

Entre otros factores que se identifican tenemos la concentración de los trabajadores al ejercer su labor [12]. Asimismo, el uso de herramientas vibratorias y la conciencia sobre los riesgos laborales. Por otro lado, la falta de capacitación en seguridad y salud ocupacional se evidencio el uso correcto de EPP durante el trabajo. En la siguiente figura se demuestra el porcentaje que se obtuvo del estudio de los EPP con mayor reporte de incidencia.

Por otro lado, en un estudio se identificaron 9,386 factores de riesgo en diferentes países, la cual en total de casos de muerte ocupacional investigados es 4,874. Dejando un porcentaje de 21.60% de la población del sector en estudio que tiene una concientización de los factores laborales y ergonómicos [13]. Adicionalmente, otra investigación resalta algunos principales factores con respecto a las diferentes herramientas de trabajo que utilizan constantemente los colaboradores en su jornada [14].

Entre ellos, tenemos la falta de protección de las máquinas, el mantenimiento deficiente, trabajadores sin experiencia, falta del equipamiento personal asociado al trabajo, ayuda ineficiente de los auxiliares y la deficiencia en la gestión de la seguridad.

En definitiva, los riesgos laborales tienen grandes consecuencias, donde la pérdida y lesiones de las extremidades superiores e inferiores son las más dañadas durante la acción de la jornada laboral [9], [10], [11]. Asimismo, el dolor musculoesquelético es otra de las consecuencias. Esto se debe, por las demandas físicas del puesto laboral ejerce [15]. Por otro lado, los accidentes que mayormente son caídas con llevan a tres tipos de consecuencias, la cual resalta con mayor porcentaje la muerte del trabajador [16].

B. Pregunta 2: ¿Cuáles son las áreas del sector construcción que produce más riesgos laborales y ergonómicos?

El sector de la construcción tiene diversas áreas de trabajo, las cuales están expuestas a diferentes riesgos laborales y ergonómicos, tales como los puestos laborales de soldadura con gas, montaje y elevación de grúas, corte, soldadura, perforación y otras [16], [17].

C. Pregunta 3: ¿Qué es la metodología BIM?

En la actualidad se encuentran disponibles herramientas y tecnologías digitales como el modelado de información de construcción, la realidad aumentada, la realidad virtual y modernas herramientas de planificación y diseño. Se define como Metodología BIM como el desarrollo de módulos donde se planifica la seguridad, proyectos, programación e información necesaria para la prevención de los riesgos [2]. Asimismo, la recopilación y monitoreo de datos en tiempo real. Con el fin de desarrollarlo en las capacitaciones de los trabajadores. Además, esta metodología ayuda a tener un mayor control del sector de construcción [18].

Este tipo de metodología para poder recopilar datos de comportamiento de los trabajadores de la construcción y medir su precisión mediante experimentos. La recopilación de los datos se divide en tres etapas: Realizar evaluaciones de riesgos de seguridad para identificar y clasificar peligros importantes asociados a las actividades de construcción, preparar y presentar planes de seguridad integrados automatizados para medidas de control de peligros detectados y desarrollar un prototipo específico del proyecto de una aplicación en forma de ventana para almacenar y monitorear información de los trabajadores [2].

Además, la aplicación de esta metodología también es utilizada en trabajos en altura. Esto ayuda a través del software que proporciona una simulación para identificar los peligros y las posibles soluciones para prevenirlos de manera eficaz [19]. Con relación a la ventajas de esta metodología, se identificó que al tratarse de datos en tiempo real se puede garantizar la optimización de los riesgos de los trabajadores [2]. Asimismo, la metodología BIM ayuda a poder monitorear durante todo el proceso de las actividades desde la operación y mantenimiento de cada fase. Siendo así una herramienta muy útil para poder

resolver los problemas de los riesgos laborales y ergonómicos del sector construcción.

Por otro lado, se detalla la ventaja de adquirir mayor experiencia en tiempo real en la gestión de los riesgos laborales y ergonómicos. Asimismo, mejora la integridad de los trabajadores en las obras y/o proyectos [18]. Sin embargo, las limitantes que tiene esta metodología es la poca aplicación que le dan la mayoría de los países [18]. Esto se debe por la aplicación de las normas internacionales que no implementan un decreto para la aplicación de esta metodología con el fin de prevenir de manera eficaz los accidentes laborales y ergonómicos.

D. Pregunta 4: ¿Qué es la metodología 3D?

Se conoce como metodología 3D al algoritmo de visión por ordenador que modela el esqueleto humano en 3D a partir de secuencias de vídeo en 2D, para así ensamblar articulaciones en 3D [20]. Además, permite poder observar con detalle los problemas de seguridad con el fin de gestionarlo de manera eficaz [21]. Asimismo, se aplica esta metodología para poder recopilar datos de comportamiento de los trabajadores de la construcción y medir su precisión mediante experimentos.

La recopilación de los datos se divide en cinco etapas: Utilice algoritmos de aprendizaje profundo para estimar coordenadas conjuntas 3D, estimar la carga externa basándose en los datos de presión plantar, evaluación de la capacidad conjunta con base en parámetros antropológicos, calcular el par de apriete basándose en las coordenadas de la junta 3D y la carga externa y calcular la carga de trabajo en función del par y la potencia de la articulación [20].

Asimismo, la metodología 3D aplicando el algoritmo IDOL que a tras curso de los años ha demostrado un rendimiento superior a diferencia del trabajo en 2D [21]. Este estudio propone que dicho algoritmo ayuda visualmente la gestión de la seguridad en las obras interiores de construcción. A diferencia de los autores anteriores, otro estudio prioriza la aplicación de esta metodología en el uso adecuado de arnés de seguridad. Con el objetivo de poder monitorear al trabajador de una manera automatizada para un mayor control de seguridad y así no llegar a tener posibles accidentes laborales [22].

Entre las ventajas de esta metodología, se identificaron que no está limitado por el puesto, duración y repetición del trabajo, por lo que es más adecuado a la complejidad y dinámica de la construcción. Además, el método permite una valoración personal de la carga de trabajo, teniendo en cuenta la capacidad. La evaluación de la carga de trabajo a nivel conjunto proporciona a los sitios de construcción un repositorio para recomendar mejoras ergonómicas basadas en posturas de trabajo reales [21],[20].

La limitación de este enfoque es la suposición de que el movimiento es relativamente lento y constante [20]. Asimismo, si el movimiento no es constante, la aceleración aumentará el momento articular. Además, al evaluar cargas externas, se supone que toda la tensión recae sobre los pies del trabajador. Es posible que este método no sea preciso si tiene problemas de visión

E. Pregunta 5: ¿Cómo se ha prevenido los riesgos laborales y ergonómicos?

Prevenir los peligros es esencial para la prevención de lesiones y enfermedades en la construcción [17]. Asimismo, los riesgos de seguridad deben identificarse antes de poder evitarlos o remediarlos. Si no se identifican los riesgos de seguridad, es probable que sigan sin gestionarse, lo que puede aumentar la probabilidad de accidentes y lesiones en el lugar de trabajo. Por lo tanto, la identificación de peligros se considera ampliamente como uno de los pasos y requisitos previos más importantes para la prevención de lesiones.

Por otro lado, se debe, en primer lugar proporcionar conocimiento a través de la capacitación sobre la existencia de diversos peligros para la seguridad en la construcción y ayuda a los trabajadores a protegerse de estos peligros. El uso de equipos de protección personal es otro factor significativamente relacionado con las lesiones laborales y eso permite que los accidentes se disminuyan y se pueda controlar [23].

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el presente tema e investigación se comparó diversas opiniones de los autores. En primer lugar, se mostró el análisis de los riesgos laborales y ergonómicos en el sector construcción. Según los siguientes autores [8],[21] clasifican las lesiones en fatales y no fatales siendo el sector construcción de mayor accidentabilidad que están expuesta los trabajadores. Asimismo, los colaboradores tienen un mayor riesgo físico a causa de las posturas incómodas.

En segundo lugar, se identificó que las principales causantes de las lesiones musculoesqueléticas expuestas al trabajador son las maniobras de herramientas de trabajo pesado y la indiferencia del supervisor del área [9], [10], [11]. Por su parte, [12] refiere que el inadecuado uso de los EPPs es uno de los factores más resaltantes, teniendo como principales incidencias el mal uso del caso en 34% y los guantes en 28%. con lo detallado anteriormente se evidencia que más del 50% representa la falta de capacitación y responsabilidad del trabajo por el uso inadecuado de los equipos de protección.

Por otro lado, [13] identificó 9,386 factores de riesgo en los diferentes países estudiados. Además, categorizo el 78.4% no tiene conciencia sobre los factores laborales y ergonómicos. Asimismo, detallando la falta de protección de las máquinas, el mantenimiento deficiente, los trabajadores sin experiencia, falta del equipamiento personal asociado al trabajo, ayuda ineficiente de los auxiliares y deficiencia en la gestión de la seguridad.

En tercer lugar, las grandes consecuencias nos muestra que el 56% de lesiones y accidentes conllevan a la muerte del trabajador [9], [10], [11]. A diferencia de [15], [16] señalan que el 56% solamente acaban en muerte y teniendo los daños físicos temporales y permanentes engloban un 44%.

En cuarto lugar, las áreas con mayores riesgos laborales y ergonómicos en el sector construcción son los trabajos con andamios, áreas de estructuras y trabajos con maquinarias pesadas. [17] se detectaron 120 amenazas a la seguridad de los

trabajadores, reconociendo más del 60% de los riesgos críticos y el 44% en los riesgos eléctricos. A diferencia de [16] presenta que los accidentes en andamios tiene el mayor porcentaje del sector en un 52%. Mientras las demás áreas representan un 20% de accidentes en el área de trabajo.

En quinto lugar, la aplicación de la metodología BIM [2] se centra en las actividades generales del sector construcción tanto al trabajador como en el avance de la obra y/o proyecto. A diferencia de [19] prioriza esta tecnología es más eficiente y empleada en los trabajos de altura, ya que nos proporciona mayor eficaz para identificar los posibles riesgos ergonómicos.

Por otro lado, [2] nos detalla la ventajas que tiene esta metodología para tratar y garantizar la optimización de los riesgos de los trabajadores. Sin embargo, [18] no solo detalla las ventajas sino las limitantes que tiene la metodología, debido al poco interés de implementar esta tecnología basa en las normas internacionales.

En sexto lugar, la aplicación de la metodología 3D que detalla [20] con respecto a las actividades de carga pesada ayuda a prevenir las posibles lesiones musculoesqueléticas. A diferencia de [22] prioriza que la aplicación de esta metodología solo se enfoque en las actividades que impliquen el uso del arnés de seguridad teniendo como objetivo poder monitorearlos constantemente al trabajador, ya que así se obtiene un mayor control de los accidentes laborales.

Sin embargo, [21] innova la aplicación del algoritmo IDOL basado en la metodología 3D. Demostrando un mayor rendimiento a diferencia de las actividades en 2D. A diferencias de los autores anteriores ayuda a las obras interiores de construcción sobre la gestión de la seguridad.

Por último, para la prevención de los riesgos laborales [17] indica que para poder evitarlos o remediarlos se debe identificar los riesgos. Asimismo, si no se identifican estos riesgos no se podrán evitarlos o remediarlos y aumentar la probabilidad de accidentes y lesiones en el lugar de trabajo. Por otro lado, [23], [24] se debe proporcionar capacitación sobre la existencia de diversos peligros para la seguridad en la construcción. Además, el uso de equipos de protección personal permite que los accidentes se disminuyan y se pueda controlar.

En conclusión, se determinó que la metodología BIM ayuda en diferentes aspectos laborales y ergonómicos en las diferentes áreas del sector construcción. En todos los estudios, recalcan la gran importancia de la tecnología BIM de su eficacia en la implementación en la gestión de seguridad laboral. Asimismo, en la gestión de las obras y/o proyectos del sector [25], [26].

Por consiguiente, los riesgos laborales y ergonómicos identificados en los diferentes estudios determinamos que se recalcan lesiones musculoesqueléticas expuestas al trabajador. Sin embargo, según los resultados no se deja lado el inadecuado uso de los EPPs y el manejo ineficiente de las herramientas de trabajo del sector construcción. De los datos obtenidos los riesgos anteriormente mencionados con llevan al fallecimiento del trabajador siendo a más de la mitad de la población estudiado.

Se determinó bajo la investigación sobre las áreas de mayor actividad que producen riesgos laborales y ergonómicos, se debe a las tareas que con llevan el uso inadecuado de andamios.

Asimismo, cabe resaltar que existen diferentes amenazas a las que están expuestas los trabajadores. Siendo que los accidentes de mayor riesgo se producen en trabajos de altura y maquinaria pesada.

Se concluye que la metodología de BIM según diferentes estudio abordados se categoría en diversas forma de aplicación. En la cual, los últimos años esta tecnología ayuda a tener una visión determina a los posibles accidentes que tiene las diferentes áreas en el sector construcción.

Podemos decir que la metodología 3D a raíz de los años se viene actualizando e implementando nuevos algoritmos entre ellos el IDOL. Los estudios demuestran que esta implementación ha tenido resultados exitosos en la prevención de los riesgos en actividades interiores del sector construcción.

Por último, la prevención de los riesgos laborales y ergonómicos es un trabajo en conjunto del trabajador y empleador para la identificación de ellos. Asimismo, poder reducir el porcentaje de accidentabilidad de manera global. Sin embargo, los estudios destacan la falta sensibilización de los trabajadores con respecto a la gestión de seguridad laboral. Por tal motivo, eso ayuda que los colaboradores sean parte de esta prevención y tenga conciencia de la importancia de su actividad que realizan.

Finalmente, según la investigación realizada hay detalles por mejorar. Siendo el más resaltante con mayor importancia la implementación de la metodología BIM a nivel global. Debido a que actualmente priorizan más el uso de las norma nacionales e internacionales dejando de lado las nuevas tecnologías que ayudan en este siglo XXI la prevención de los riesgos ergonómicos y laborales. Por tal motivo, se sugiere añadir esta metodología a las normas de seguridad laboral del trabajador en el sector construcción, aplicando la metodología y las normas nos llevan una mejor identificación de los riegos laborales y ergonómicos. Asimismo, implementar con mayor interés las capacitaciones sobre el buen uso y manejo de los equipos de protección de seguridad y herramientas de trabajo para evitar las lesiones muscoesqueléticas.

REFERENCIAS

- [1] A. Dale, M. Barrera and B. Evanoff, "Incorporating ergonomics into a construction safety management system. En Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021) (pp. 303–308)," Springer International Publishing, 2021
- [2] J. Peiró, K. Nielsen, F. Latorre, R. Shepherd and M. Vignoli, "Safety training for migrant workers in the construction industry: A systematic review and future research Agenda," *Journal of Occupational Health Psychology*, 2020.
- [3] K. Koc, O. Ekmekcioglu and A. Gurgun, "Determining susceptible body parts of construction workers due to occupational injuries using inclusive modelling," *Safety Science*, 2023.
- [4] J. Hess, L. Kincl, D. Weeks, A. Vaughan and D. Anton, "Safety Voice for Ergonomics (SAVE): Evaluation of a masonry apprenticeship training program. *Applied Ergonomics*, 86(103083), 103083," *Applied Ergonomics*, 2020.
- [5] S. Lim and X. Yang, "Real-time vibrotactile feedback system for reducing trunk flexion exposure during construction tasks," *Applied Ergonomics*, 2023.

- [6] W. Umer, Y. Yu, M. Fordjour, S. Anwer, and A. Jamal, "Towards automated physical fatigue monitoring and prediction among construction workers using physiological signals: An on-site study," *Safety Science*, 2023.
- [7] J. Li, M. Pang, J. Smith, C. Pawliuk and I. Pike, "In search of concrete outcomes—a systematic review on the effectiveness of educational interventions on reducing acute occupational injuries," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020.
- [8] E. Forcael, L. Riso, P. Álvarez, N. Gómez and F. Orozco, "Evaluation of the occupational hazard perception of building construction workers from a psychometric paradigm and considering sociodemographic variables," *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2019.
- [9] M. Boakye, S. Adanu, G. Coffie, E. Adzivor and J. Ayimah, "Building Construction Artisans' Level of Access to Personal Protective Equipment (PPE) and the Perceived Barriers and Motivating Factors of Adherence to Its Use," *Journal of Environmental and Public Health*, 2022.
- [10] A. Kiconco, N. Ruhinda, A. Halage, S. Watya, W. Bazeyo, J. Ssempebwa and J. Byonanebye, "Determinants of occupational injuries among building construction workers in Kampala City, Uganda," *BMC Public Health*, 2019.
- [11] C. Nnaji, I. Okpala, J. Gambatese and Z. Jin, "Controlling safety and health challenges intrinsic in exoskeleton use in construction," *Safety Science*, 2023.
- [12] F. Berhanu, M. Gebrehiwot and Gizaw Z, "Workplace injury and associated factors among construction workers in Gondar town, Northwest Ethiopia," *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2019.
- [13] G. Campo, L. Cegolon, D. De Merich, U. Fedeli, M. Pellicci, W. Heymann, S. Pavanello, A. Guglielmi and G. Mastrangelo, "The Italian national surveillance system for occupational injuries: Conceptual framework and fatal outcomes, 2002–2016," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020.
- [14] J. López-García, S. García-Herrero, J. Gutiérrez, M. Mariscal and G. Topa, "Psychosocial and Ergonomic Conditions at Work: Influence on the Probability of a Workplace Accident," *BioMed Research International*, 2019.
- [15] A. Dale, D. Rohlman, L. Hayibor and B. Evanoff, "Work organization factors associated with health and work outcomes among apprentice construction workers: Comparison between the residential and commercial sectors," *International*
- [16] R. Arifuddin, R. Latief and A. Suraji, "An investigation of fall accident in a high-rise building project," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020.
- [17] S. Jamil, A. Albert, A. Alsharef, B. Pandit, Y. Patil and C. Nnaji, "Hazard recognition patterns demonstrated by construction workers," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020.
- [18] C. Francisco and L. Gonzalez, "Metodología BIM (Building Information Modeling) aplicada a la prevención de riesgos laborales (PRL)," *Journal BIM & Construction Management*, 2019.
- [19] S. Venkatachalam, R. Kumar, J. Pavadarani, K. Vishnuvardhan, S. Maniarasan and M. Saravanan, "Effect of occupational exposure to ergonomic risk factors on musculoskeletal diseases among the construction workers," *AIP Conference Proceedings*, 2023.
- [20] Y. Yu, H. Li, W. Umer, C. Dong, X. Yang, M. Skitmore and A. Wong, "Automatic Biomechanical Workload Estimation for Construction Workers by Computer Vision and Smart Insoles," *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2019.
- [21] J. Hwang, K. Lee, M. Eizan, M. Jang and D. Shin, "Improved Discriminative Object Localization Algorithm for Safety Management of Indoor Construction," *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2023.
- [22] H. Guo, Z. Zhang, C. Yu, Y. Sol and H. Li, "Action Recognition Based on 3D Skeleton and LSTM for the Monitoring of Construction Workers' Safety Harness Usage," *Journal of Building Engineering*, 2023.
- [23] T. Yosef, E. Sineshaw and N. Shifera, "Occupational injuries and contributing factors among industry park construction workers in Northwest Ethiopia," *Frontiers in Public Health*, 2023.

- [24] B. Pandit,A. Albert,Y. Patil and A. Al-Bayati, “Fostering safety communication among construction workers: Role of safety climate and crew-level cohesion,” International Journal of Environmental Research and Public Health,2019.
- [25] A. Waqar,I. Othman,N. Shafiq,A. Eifalla,A. Ragab, and M. Khan,“Impediments in BIM implementation for the risk management of tall buildings,”Results in Engineering,2023.
- [26] S. Pratap,L. Mansuri,D. Patel and S. Chauhan,“Harnessing BIM with risk assessment for generating automated safety schedule and developing application,”Safety Science,2023.