

**Impacto del Lean Safety en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la
construcción: revisión de alcance**

**Aixa Natalia Sendoya Fernández, Tania Carolina Chacón Castellanos,
Jaime Hernán Villalba Vargas**

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo

Director

Gustavo Adolfo Salcedo Castro

Magíster en Sistemas Integrados de Gestión

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Seguridad y Salud en el Trabajo

2025

Dedicatoria

Esta Monografía es dedicada a Dios primeramente por habernos dado la vida y permitirnos haber llegado hasta este momento tan relevante de nuestra formación profesional, a nuestra familia por su apoyo y amor incondicional.

Agradecimientos

A la Universidad Santo Tomas Bucaramanga y cada uno de los profesores de la especialización por contribuir en nuestra formación integral y aportar las herramientas para convertirnos en profesionales íntegros, y en especial al docente y director Gustavo Adolfo Salcedo Castro, por su colaboración, asesoría y atención, para la realización de la monografía.

Contenido

Introducción	16
1. Impacto del Lean Safety en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción	19
1.1 Planteamiento del problema	19
1.2 Justificación.....	26
1.3 Objetivos	29
1.3.1 Objetivo general	29
1.3.2 Objetivos específicos.....	29
2. Estructura temática.....	29
3. Marco referencial	30
3.1 Antecedentes	30
3.2 Marco teórico	36
3.2.1 Orígenes de Lean.....	36
3.2.2 Organizaciones y pensamiento Lean	37
3.2.3 Los 5 Principios del Lean Safety.....	37
3.2.4 Lean Safety en la Reducción de Accidentes de Trabajo	38
3.2.5 Metodología Lean.....	38
3.2.6 Aplicación Lean Construction.....	38
3.3 Marco conceptual	39
3.3.1 Herramientas Lean enfocadas a Seguridad y Salud en el trabajo	39
3.3.2 Conceptos básicos.....	41
3.4 Marco Legal	43

3.5 Marco normativo	44
4. Diseño metodológico	45
4.1 Alcance y limitaciones	45
4.2 Ecuación de búsqueda	45
4.3 Criterios de elegibilidad	46
4.4 Fuentes de información	46
4.5 Estrategia de análisis	47
5. Desarrollo.....	49
5.1 Resultados del análisis bibliográfico.....	49
5.2 Filosofía Lean Integrando al Lean Safety en organizaciones de varios sectores productivos	50
5.3 Lean Construction y la Sinergia con Lean Safety	63
5.4 Desarrollo de proyectos constructivos con <i>Lean Safety</i> , beneficios y posibles mejoras.....	66
5.5 Sobrecostos, tiempos, accidentes de trabajo y enfermedades laborales de la construcción en Colombia	80
5.6 <i>Lean Construction</i> y otras experiencias <i>Lean</i> en Colombia como paso a implementar <i>Lean Safety</i>	85
5.7 Lean Safety, Recomendaciones y Articulación para la Construcción En Colombia	93
5. Conclusiones.....	99
6. Recomendaciones	102
Referencias.....	104

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Requisitos Legales</i>	43
Tabla 2. <i>Normas nacionales e internacionales</i>	44
Tabla 3. <i>Análisis de datos Bibliográficos</i>	49
Tabla 4. <i>Recomendaciones para el inicio de la implementación del Lean Safety</i>	93
Tabla 5. <i>Ejemplos de acciones sugeridas de implementación de algunas herramientas Lean en el sector de la construcción para esta monografía</i>	96

Lista de figuras

Figura 1. <i>Proyección de aumento de inversión en la construcción en el mundo en dólares y tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) desde el año 2022 al 2032.</i>	19
Figura 2. <i>Porcentaje de inversión en la industria construcción mundial por región para el año 2022.....</i>	20
Figura 3. <i>Estimaciones carga de morbilidad y traumatismos relacionados con el trabajo para los años 2000, 2016 y 2021.</i>	21
Figura 4. <i>Número total de trabajadores afiliados al SGRL sector construcción para el año 2024.</i>	24
Figura 5. <i>Comportamiento en el sector de la Construcción, en cuanto accidentes de trabajo, enfermedades laborales y muertes reportadas del año 2023 y lo corrido del año 2024 hasta agosto.</i>	25
Figura 6. <i>Comparativo de accidentes de trabajo y enfermedades laborales de los años 2022 y 2023 en Colombia.</i>	27
Figura 7. <i>Esquema de metodología para la revisión bibliográfica.</i>	48
Figura 8. <i>Pasos cíclicos.....</i>	59
Figura 9. <i>Marco teórico.</i>	70

Lista de Apéndices

Apéndice A. *Matriz Bibliografica*

Nota. Ver apéndice en archivos externos

Resumen

El *Lean*, es una filosofía masificada desde finales del siglo XX, entre sus objetivos están, aumentar la productividad y reducir los desperdicios; los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales para el *Lean*, no agregan valor al producto siendo un desperdicio más, estos se eliminan por medio de herramientas *Lean*, esta monografía identifica estudios donde se determina cuáles son los beneficios de la implementación del *Lean*, se encontró un resultado de impacto positivo en la reducción de lesiones personales laborales en la industria de la construcción, en las organizaciones de Europa, Asia y Norteamérica, se determinaron las características del *Lean*. En la bibliografía entre los periodos de los años 2014 al 2024, se evidenciaron sus fases de aplicación sistemática para los resultados obtenidos y la forma de integrar las herramientas *Lean Safety* en el sistema de gestión y seguridad y salud en el trabajo; según lo considerado, el resultado es favorable en la reducción de indicadores de accidentes de trabajo, con entornos laborales seguros para los trabajadores. Según la indagación realizada del *Lean Safety* en la industria de la construcción en Colombia, no se han documentado resultados de experiencias de implementación. La presente monografía contiene la recopilación hecha de los estudios a nivel mundial y recomienda algunas acciones para poder innovar con esta filosofía en el país.

Palabras clave: *Lean Safety*, desperdicios, estrategias, reducción de accidentes, construcción, Seguridad y Salud en el Trabajo

Abstract

Lean is a massified philosophy since the end of the twentieth century, among its objectives are to increase productivity and reduce waste; work accidents and occupational diseases for *Lean*, do not add value to the product being one more waste, these are eliminated through *Lean* tools, this monograph identifies studies where the benefits of the implementation of *Lean* are determined , a result of positive impact was found in the reduction of occupational personal injuries in the construction industry, in organizations in Europe, Asia and North America, the characteristics of *Lean* were determined. In the bibliography between the periods from 2014 to 2024, its phases of systematic application were evidenced for the results obtained and the way to integrate *Lean Safety* tools in the management system and safety and health at work; as considered, the result is favorable in the reduction of indicators of occupational accidents. with safe working environments for workers. According to the research carried out on *Lean Safety* in the construction industry in Colombia, no results of implementation experiences have been documented. This monograph contains the compilation of studies worldwide and recommends some actions to be able to innovate with this philosophy in the country.

Keywords: Lean Safety, waste, strategies, accident reduction, construction, safety and health at work

Glosario

Accidente de trabajo: es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte (Ley 1562, 2012, art.3).

Amenaza: peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Decreto 1072, 2015, art.2.2.4.6.2).

Centro de trabajo: toda edificación o área a cielo abierto destinada a una actividad económica en una empresa determinada (Decreto 1072, 2015, art.2.2.4.6.2).

Colaborador: un colaborador puede ser un empleado, un asesor, un consultor o cualquier otro individuo que sume su trabajo y esfuerzo al de otros para alcanzar las metas de la empresa.

Condiciones de salud: conjunto de variables objetivas y de auto reporte de condiciones fisiológicas, psicológicas y socioculturales que determinan el perfil sociodemográfico y de morbilidad de la población trabajadora (Decreto 1072 de 2015, art.2.2.4.6.2).

Condiciones de trabajo: aspectos intralaborales, extralaborales e individuales que están presentes al realizar una labor encaminada a la producción de bienes, servicios y/o conocimientos (Resolución 2646, 2008, art.3).

Construcción: es un sector de la economía que alberga la industria donde se dan los procesos y actividades para construcción, reparación y mantenimiento de obras de ingeniería civil y proyectos inmobiliarios puede incluir edificaciones de uso residenciales, institucionales,

comerciales o industriales, así como la construcción de carreteras, puentes y represas, infraestructura en general.

Desperdicio: en Lean, el desperdicio es cualquier actividad que consume recursos, pero no agrega valor al cliente final. (Businessmap, s.f)

Efectividad: logro de los objetivos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo con la máxima eficacia y eficiencia (Decreto 1072, 2015, art.2.2.4.6.2).

Eficiencia: relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados (Decreto 1072, 2015, art.2.2.4.6.2).

Enfermedad laboral: es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar (Ley 1562, 2012, art.4).

Evaluación del riesgo: proceso para determinar el nivel de riesgo asociado al nivel de probabilidad de que dicho riesgo se concrete y al nivel de severidad de las consecuencias de esa concreción (Decreto 1072, 2015, art.2.2.4.6.2).

Factor de riesgo: puede considerarse como toda circunstancia, condición o situación presentes en el ambiente de trabajo, que de no ser eliminados y/o controlados podrán desencadenar como consecuencia accidentes de trabajo y/o enfermedades laborales (GTC 45, 2010).

Formación: conjunto de acciones orientadas a generar cambios en la actuación laboral de los empleados, la definición implica que los trabajadores dominen los cometidos, competencias y tareas que afrontan en el lugar de trabajo en el sentido de que formarse es una apuesta a completarse a sí mismo en el lugar de trabajo (Avallone, 1989, citado por Llorens, s.f.).

Identificación del peligro: proceso para establecer si existe un peligro y definir las características de este (Decreto 1072, 2015).

Lean: es una metodología o filosofía con principios que busca la organización de los procesos de producción gestionando y mejorando el valor añadido (VA) para el cliente o beneficiario /a su vez reduce y suprime todo aquello que no añade valor (NVA), que en la realidad no es necesario, o que directamente perjudica la producción (Instituto Lean, 2019).

Lean Construcción: es una metodología de gestión de proyectos de construcción que busca entregar el máximo valor al cliente, escuchando sus necesidades y optimizando los procesos mediante una adecuada planificación y control de riesgos (Instituto Lean, 2019).

Lugar de trabajo: todo sitio o área donde los trabajadores permanecen y desarrollan su trabajo o a donde tienen que acudir por razón del mismo (Decisión CAN 584, 2004).

Medidas de prevención: las acciones que se adoptan con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, dirigidas a proteger la salud de los 108 trabajadores contra aquellas condiciones de trabajo que generan daños que sean consecuencia, guarden relación o sobrevengan durante el cumplimiento de sus labores, medidas cuya implementación constituye una obligación y deber de parte de los empleadores (Decisión CAN 584, 2004).

Mejora continua: proceso recurrente de optimización del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, para lograr mejoras en el desempeño en este campo, de forma coherente con la política de seguridad y salud en el trabajo de la organización (Decreto 1072, 2015).

Metodología Lean: El Lean es un método innovador que busca optimizar los procesos de gestión y productivos de la empresa que lo ponga en práctica. De este modo se utilizan menos recursos, por lo que cualquier proceso se convierte en más eficiente. Su máxima está en reducir la inversión, el tiempo y el esfuerzo. (Delegaciones APD, 2023, párr.2)

Peligro: fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones (Decreto 1072, 2015).

Política de seguridad y salud en el trabajo: es el compromiso de la alta dirección de una organización con la seguridad y la salud en el trabajo, expresadas formalmente, que define su alcance y compromete a toda la organización (Decreto 1072, 2015).

Requisito normativo: requisito de seguridad y salud en el trabajo impuesto por una norma vigente y que aplica a las actividades de la organización (Decreto 1072, 2015).

Riesgo: combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causada por estos (Decreto 1072, 2015).

Riesgo laboral: probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión (Decisión CAN 584, 2004).

Salud: es un derecho fundamental que significa no solamente la ausencia de afecciones o de enfermedad, sino también de los elementos y factores que afectan negativamente el estado físico o mental del trabajador y están directamente relacionados con los componentes del ambiente del trabajo (Decisión CAN 584, 2004).

Sensibilización: proceso de comunicación e interacción que da poder de participación a las personas y que puede sentar las bases de relaciones y asociaciones a largo plazo que permitan una toma de decisiones en base a un nivel mayor de información (Ministerio de Trabajo, 2015).

Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo: consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo (Ley 1562, 2012).

Trabajador: toda persona que desempeña una actividad laboral por cuenta ajena remunerada, incluidos los trabajadores independientes o por cuenta propia y los trabajadores de las instituciones públicas (Decisión CAN 584, 2004).

Introducción

La seguridad y salud en el trabajo son cruciales en Colombia y a nivel global, siendo esencial para el bienestar individual y colectivo. En todos los sectores productivos, uno de los sectores que más destaca en Colombia es la industria de construcción, por su gran dinamismo y la gran relevancia en los últimos años, por su facultad para generar puestos de trabajo, favorecer la economía, integrarse con las políticas públicas de vivienda y tener un impacto representativo en la mitad de la productividad industrial y comercial del país, por lo cual se ha transformado en un sector esencial de inversión tanto pública como privada. Sin embargo, esta industria presenta factores de riesgos que generan altas tasas de accidentes de trabajo.

En Colombia, los accidentes de este sector son elevados según los datos publicados por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) y la Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda), el mayor número de accidentes de trabajo en 2023 se presentaron en la Industrias manufactureras con 86.032, seguido de la Construcción con 67.596 (CCS y Fasecolda, 2023, p.3), siendo valores que pueden aumentar debido a que existe la informalidad en este sector, razón por la cual, la tasa puede estar oscilando entre 58,72% y 85,30% (Universidad del Rosario, 2018, p.2). Según el Ministerio de Trabajo, en el sector de la construcción los accidentes laborales en 2022, se registraron 65.257 casos, mientras que para 2023 se reportaron 67.596. Las enfermedades laborales calificadas en 2022 fueron 231 casos y en 2023 se incrementaron a 256 en esta actividad (Ministerio de trabajo, 2024, párr.4).

La actividad económica de la construcción es de gran importancia, con un alto impacto social y económico, por ello es trascendental implementar acciones y metodologías en las compañías sobre la prevención de accidentes de trabajo, siendo conscientes sobre las responsabilidades tanto del trabajador como el empleador, logrando que los procesos y el entorno

de estos sea organizado con equipos aptos a cada una de ellos y que innoven en los sistemas de seguridad y salud en el trabajo, considerando un enfoque de gestión eficaz.

Por las transformaciones que se observan actualmente en las actividades económicas, tienden a estar bajo las exigencias del mundo actual, todo proceso buscar ajustar sus condiciones para alcanzar el beneficio y lograr mejorar el entorno laboral en la seguridad y salud de los trabajadores (Ortega, et al., 2023, p.1); por ello, esta monografía estudia y analiza nuevas herramientas asociadas al *Lean Safety*, en los sistemas de seguridad y salud en el trabajo en las organizaciones que mejoren las condiciones laborales de los trabajadores, y así disminuir los accidentes de trabajo en la industria de la construcción en Colombia.

La elaboración de una investigación de revisión documental acerca del Impacto del *Lean Safety*, en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción se fundamenta en la necesidad de comprender esta metodología para ser usada en la disminución de accidentes que perjudica tanto a los trabajadores como a este sector en conjunto. De manera que la revisión bibliográfico-documental se plantea como un instrumento necesario para compilar y analizar los datos existentes, identificar pautas, normas, tendencias y brechas en el conocimiento, para así generar una base sólida que permita comprender el efecto de la metodología *Lean* en la salud y la seguridad en el trabajo.

Esta investigación busca contribuir y aportar conocimientos sobre las ventajas de las nuevas metodologías para la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción y proporcionar recomendaciones prácticas en el marco del *Lean Safety* para el aumento de la productividad, bajo un clima de seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción a partir de lo reportado en la literatura científica, desde una revisión de casos a nivel global en periodo comprendido entre el año 2014 al año 2024. Para ello se empleó un diseño metodológico

de revisión de alcance (o *scoping review* en inglés), con un enfoque descriptivo, basado en la revisión de la literatura existente y en la aplicación de teorías y conceptos clave.

Para el desarrollo de la monografía se identificaron diferentes documentos que reconocen las herramientas e impactos de la metodología *Lean*, en varios sectores de la economía en el mundo, que parten de lo general de su aplicación a lo particular, por lo cual, inicialmente se revisan los conceptos generales teóricos de donde parte filosofía *Lean*.

El desarrollo del *Lean* se ha dado en países líderes en el mundo como China, donde se encontró una investigación que agrupó 300 proyectos de construcción en dicho país, en la cual dan un enfoque desde el *last planner* con cuatro componentes, análisis, planificación, control y rendimiento. La unificación de estos subsistemas sirve positivamente para concebir un sistema eficaz, tomando algunas herramientas del *Lean construction* o construcción esbelta, brindando una guía en la gestión de la seguridad en las zonas de obras; este documento se publicó en el 2023, bajo el nombre de “Estudio sobre el mecanismo de un sistema de planificación y control de seguridad en la construcción eficiente: un análisis empírico en China” (Gao, et al., 2023).

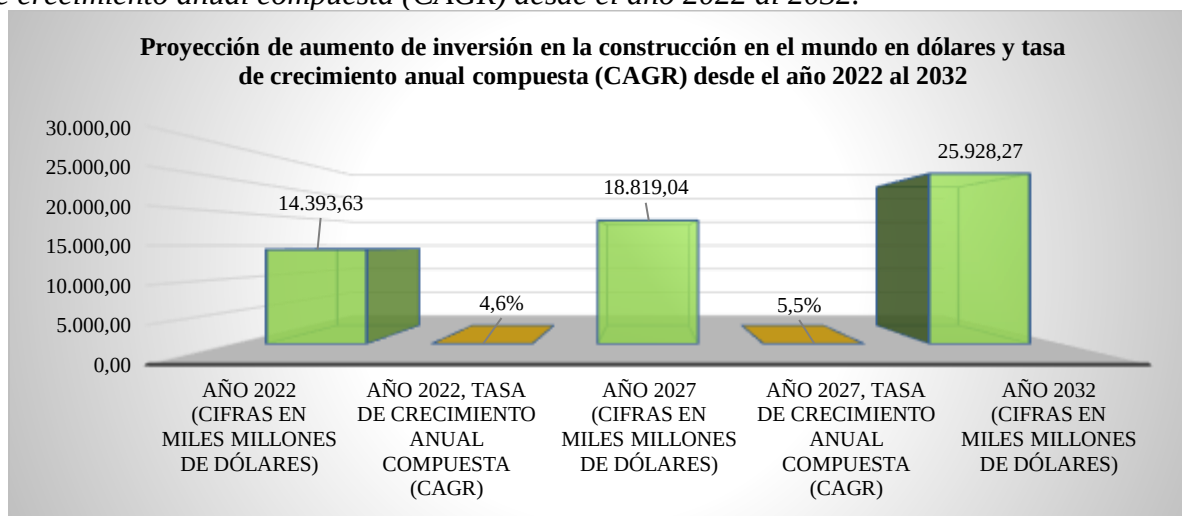
1. Impacto del Lean Safety en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción

1.1 Planteamiento del problema

La importancia de la industria de la construcción es trascendental, puesto que a nivel mundial supera por año ingresos superiores a 10 billones de dólares, esto según un estudio de la compañía Marsh McLennan, y se estima que a finales del año 2030, en esta década pasará de iniciar con tener ingresos de 4,5 billones de dólares hasta llegar a una cifra aproximada de 15,2 billones de dólares. Marsh también afirmó que, para la proyección en el 2022, el crecimiento después de pandemia llegó a un producto bruto interno (PIB) mundial de la construcción del 6,6 %.

La publicación titulada Oportunidades y estrategias del mercado mundial de la construcción hace otros análisis económicos para el año 2022, en cuanto al incremento de la construcción en su inversión en dólares y la relación de aumento de la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) desde el año 2017 y su proyección, para los años 2027 y 2032, tal como se indica en la figura uno.

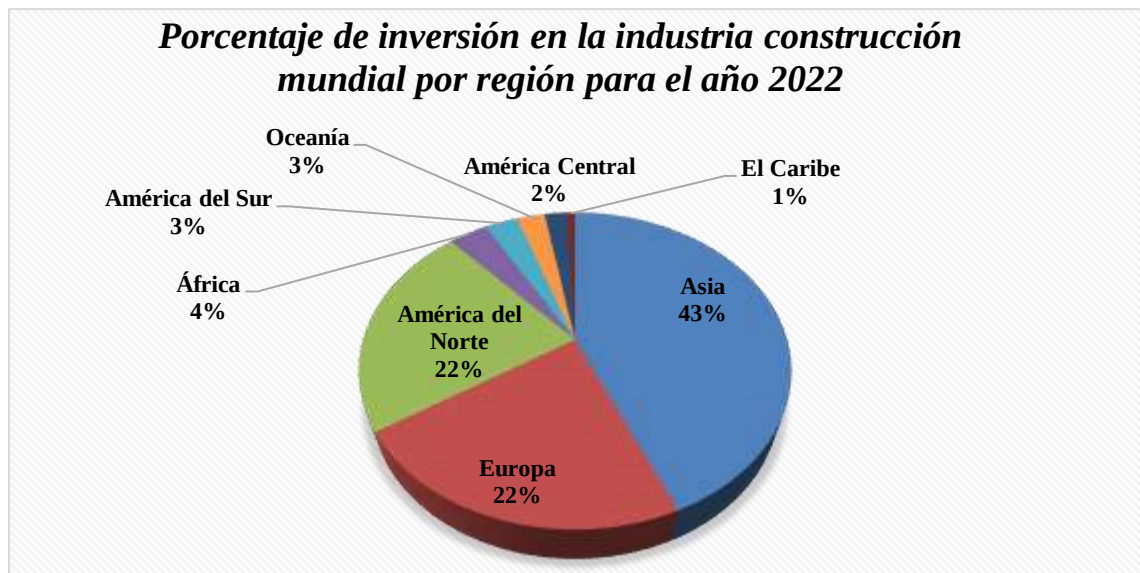
Figura 1. Proyección de aumento de inversión en la construcción en el mundo en dólares y tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) desde el año 2022 al 2032.



Adaptado de Oportunidades y estrategias (2022).

La inversión de la construcción mundial alcanzó un PIB de US\$5,5 billones en 2022, discriminados en porcentajes en su orden por región (Quiroga,2024), como se observa en la figura dos.

Figura 2. Porcentaje de inversión en la industria construcción mundial por región para el año 2022.



Adaptado de Quiroga (2024).

En Colombia, la construcción se ha caracterizado por ser una actividad económica significativa para el valor agregado nacional, los empleos que generan sus actividades, aunado a las cadenas de producción, hacen que sea dinamizador de la economía por su relación con sesenta sectores y subsectores de la economía que se integran a dicho sector. Se indica, por parte de la Cámara Colombiana de la Construcción, que es el sexto sector económico más de mayor impacto de Colombia, constituyendo el 5,1% del PIB del país (Guerrero, 2023, párr.1).

La Comisión Internacional de Salud Ocupacional (International Commission on Occupational Health, ICOH), en unión con la Organización Mundial de la Salud (OMS), ofrece datos estadísticos en su publicación; “Panorama de la seguridad y salud en el trabajo en América Latina y el Caribe”, en su ficha informativa regional para el año 2022; estas estadísticas generales

indican las muertes ocasionadas por accidentes de trabajo y enfermedades laborales, estimando 2,9 millones de personas al año. También, informó que como mínimo 402 millones de personas sufren de lesiones personales laborales no mortales, asociadas a todas las profesiones y actividades de trabajo en el mundo y, para el caso de las Américas, las estimaciones realizadas por ICOH, son de más de 150.000 muertes al año. A continuación, se observa una perspectiva en materia de SST de la región con respecto a nivel global.

Figura 3. Estimaciones carga de morbilidad y traumatismos relacionados con el trabajo para los años 2000, 2016 y 2021.



Adaptado de ficha informativa regional (OMS y OIT, 2022).

La construcción a nivel mundial es una de las actividades de la economía con mayor número de habitantes ocupados en sus procesos y se considera que aproximadamente que más de doscientos cincuenta millones de personas trabajan en la industria, tomando datos aproximados del año 2021, entregado en el informe por la ONG ‘Hábitat para la Humanidad’, esto equivale a un 7,7 % del empleo a nivel global (Green, et al.,2021, p.7). Esto hace que, a mayor número de proyectos, exista una demanda mayor de colaboradores para el desarrollo de sus actividades. Cabe

mentonar, que los accidentes más frecuentes que se observan en el sector de la construcción son los relacionados con trabajos en alturas, caídas de escaleras, montacargas y andamios, también se vinculan con procesos de uso de grúas, torres verticales y malacates con mal funcionamiento o mal operado. Otra de las causas asociadas que es recurrente son el uso de equipos, herramientas y maquinaria peligrosa, adicional a lo anterior la manipulación de gas explosivo, corrosivo y venenoso.

La tasa de mortalidad en la construcción es tres veces mayor que la de la industria manufacturera, con 60.000 muertes por año (Wang, et al., 2016, p.1). Cuando se ejecutan las obras de construcción en este sector, se considera la industrial más peligrosa a nivel mundial (Demirkesen, 2021, p.1). Algunos académicos indican que el promedio en la fase de ejecución de obras es responsable de un accidente cada nueve minutos en el mundo (Wang, et al., 2016, p.1). Las deducciones, solo en aspectos como la indemnización por las enfermedades laborales y las lesiones a causa de los accidentes laborales en un país como Estados Unidos, equivalen a una suma mayor a los \$97,400 millones de dólares al año, esto asumido por los contratantes, afectando de gran forma la economía en cualquier Nación (OSHA, 2024, p.5). Para Latinoamérica, se debe tener en cuenta que las cifras entregadas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), son sesgadas y no ofrecen un panorama completo del contexto en materia de SST en la región, porque algunos países aun no cuentan con comités, políticas nacionales, legislación, programas y registros de notificación de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales que proporcionen datos actualizados a la OIT. Sin embargo, según esta organización, con los datos recopilados de algunos países, demuestran que, por cada 100.000 empleados en el sector industrial, hay 11,1 accidentes mortales, 10,7 en la agricultura, y 6,9 en el sector de los servicios, la minería, la construcción, la agricultura y la pesca, es donde existe mayor número de accidentes, por ser las actividades de

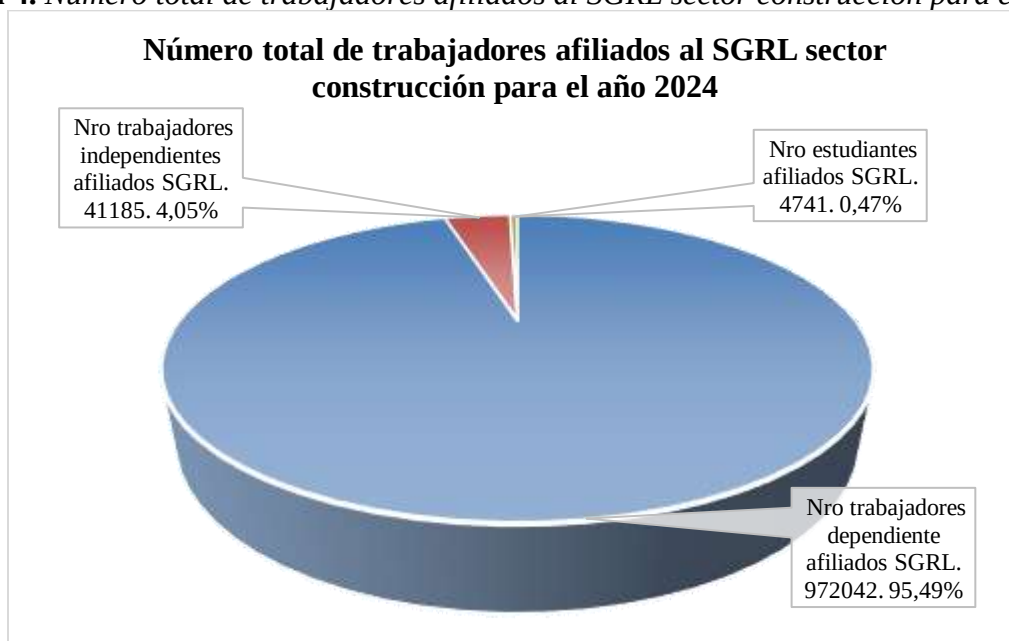
mayor ocupación. Para el contexto Sur y Centro América y el Caribe, hay un gran reto en cuanto a la salud y seguridad en el trabajo, puesto que el índice de incidencia de siniestralidad laboral es alto en el sector de la construcción.

En Colombia se estima, según un informe titulado; “Indicadores Sistema General de Riesgos Laborales - Actividad económica (Sector Económico), mes y departamento”, elaborado por del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), indica que la construcción generó más de 1,61 millones de empleos hacia agosto de 2023, es decir que la población ocupada es de alrededor de un 7 %, pero a mayor número de empleados, mayor número de probabilidad de accidentes de trabajo, más aún cuando los factores de riesgo son altos por sus labores y maniobras en campo. Como se indica, las actividades desarrolladas y la exposición a los peligros en el medio hace que el índice de accidentes de trabajo en la industria de la construcción sea uno de los más altos. Con referencia a las cifras de accidentalidad laboral, aportadas por el Ministerio de Salud, se entregan los siguientes datos en general para el Sistema de Salud y Seguridad Social en Colombia en el año 2023 en todos los sectores productivos; número de muertes calificadas como laboral en un total de 760 personas, dando una tasa por cada 100.000 trabajadores de 6.27, para las enfermedades calificadas como laborales se tienen un suma de 11.729, para una tasa de enfermedades de este mismo tipo de 96.77 por cada 100.000 trabajadores, en cuanto a los accidentes calificados como laborales fue para el 2023 de 563.764, con una tasa de accidentes de 4.65 por cada 100 trabajadores.

Específicamente en el sector de la construcción se tienen diferentes datos proporcionados por el Ministerio de Salud, los cuales discriminan, en tablas información de las Administradora de Riesgos Laborales (ARL), actividad económica, departamento, periodo, empresas afiliadas, trabajadores afiliados dependientes e independientes, recuento incidentes y accidentes de trabajo,

presuntas enfermedades laborales reportadas, muertes reportadas por accidente de trabajo, muertes reportadas por enfermedad laborales, entre otros, esto para el control y vigilancia a las condiciones de salud y trabajo de la población trabajadora asegurada al sistema general de riesgos laborales, se elaboró con estos datos la siguiente figura para el año 2024, donde está el estado de estas condiciones, en primer lugar se observan el total de afiliados en el sector de la construcción.

Figura 4. *Número total de trabajadores afiliados al SGRL sector construcción para el año 2024.*

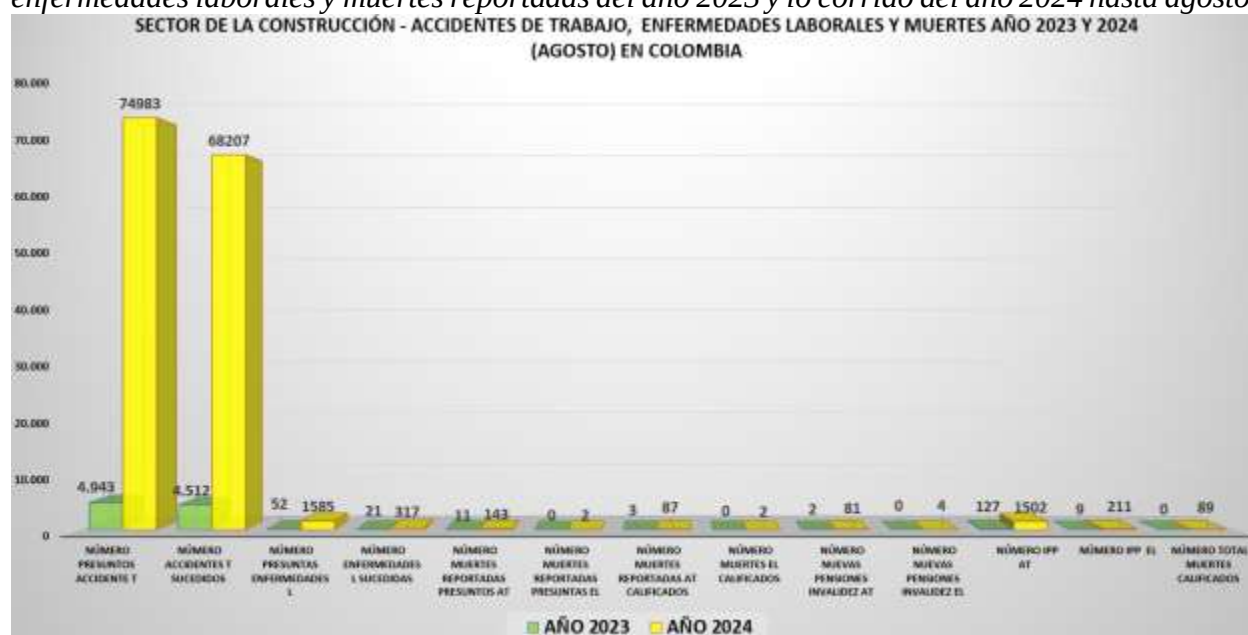


Adaptado de (Ministerio de Salud, 2024).

Se evidenció que los empleados de la industria de la construcción en el país, afiliados al sistema general de riesgos laborales (SGRL), suman un total en el mes de agosto de 2024 de 1.017.968, que equivale a un 8.1% del total de la población afiliada al SGRL en Colombia, reivindicando la importancia de la construcción en la nación. Al respecto de las cifras que muestran los accidentes de trabajo y enfermedades laborales para este mismo periodo en las personas vinculadas a los procesos de construcción, se tienen los siguientes datos de la misma fuente, donde

se evidencia el número de trabajadores afectados. Según la Dirección de Regulación de la Operación del Aseguramiento en Salud, Riesgos Laborales y Pensiones, se puede deducir de las dos gráficas, que la tasa de accidentes trabajo sobre el total de personas vinculadas de la construcción afiliados está sobre un 0,44%, con un total de 11 muertes reportadas de presuntos accidentes de trabajo.

Figura 5. Comportamiento en el sector de la Construcción, en cuanto accidentes de trabajo, enfermedades laborales y muertes reportadas del año 2023 y lo corrido del año 2024 hasta agosto.



Adaptado (Ministerio de Salud, 2024).

El Ministerio de Trabajo, en el Decreto 1072 del 26 de mayo de 2015 en el Artículo 2.2.4.6.4., dispuso que las organizaciones deben establecer una herramienta fundamental para prever, identificar, evaluar y controlar los riesgos que podrían afectar la seguridad y la salud en el trabajo, con el compromiso de la mejora continua. En el país, al adoptar el SG-SST, se ha contribuido en la disminución de las tasas de accidentes de trabajo, aunque los esfuerzos han sido grandes por los contratantes y han contribuido la mejora del comportamiento de los trabajadores,

las condiciones y el medio ambiente laboral, los sistemas de gestión han permitido un control eficaz de los peligros y riesgos en el sector de la construcción, las tasas de accidentes laborales siguen siendo altas en el país, como demuestran los datos expuestos (CCC, 2022). En virtud de los peligros a los que se exponen constantemente los trabajadores en la industria de la construcción, se requiere fortalecer los sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo de las organizaciones por los altos costos, tiempos y daños que originan a las empresas y a las familias del personal accidentado, es por esto que se deben integrar metodologías que ayuden a minimizar los riesgos, mejoren el ambiente laboral, acrecienten la productividad.

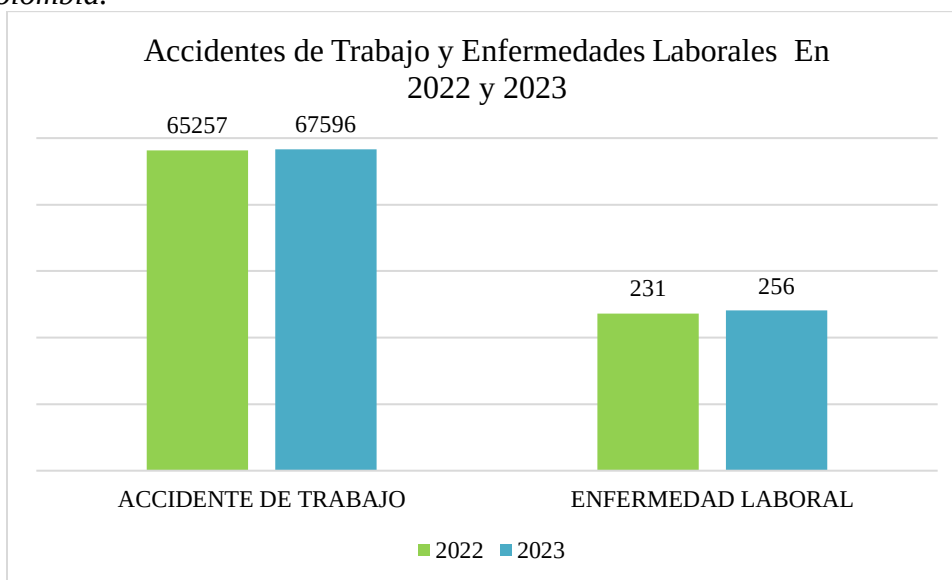
Lo que plantea interrogantes como ¿Cuál es el impacto de nuevas metodologías en la reducción de los accidentes de trabajo en el sector de la construcción reportado en la literatura científica, desde una revisión de casos a nivel global en el periodo comprendido entre los años 2014 hasta el año 2024?

1.2 Justificación

El sector de la construcción es una de las actividades económicas que vinculan una gran cantidad de colaboradores en sus actividades con factores de riesgos que generan una alta tasa de accidentes de trabajo, a nivel mundial. En Colombia, los accidentes de este sector también son elevados; según los datos publicados por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) y Federación de Aseguradores Colombianos (Fasecolda), el mayor número de accidentes de trabajo en 2023 se presentaron en la Industrias manufactureras con 86.032 seguido de la Construcción con 67.596 (CCS y Fasecolda, 2023, p.3), siendo valores que pueden aumentar debido a que existe la informalidad en este sector y la tasa oscila entre 58,72% y 85,30% (Universidad del Rosario, 2018, p.2). En la siguiente figura se observa basados en los datos del Ministerio de trabajo, un comparativo

se los accidentes laborales en el 2022 y 2023 en el sector de la construcción, así como las enfermedades laborales registradas para los mismos años:

Figura 6. Comparativo de accidentes de trabajo y enfermedades laborales de los años 2022 y 2023 en Colombia.



Adaptado de (Ministerio de trabajo, 2023, párr.4).

A nivel mundial se han realizado diferentes estudios y revisiones documentales acerca del tema, pero son limitadas en el sector de la construcción; en Colombia no se ha realizado ningún estudio documental sobre Impacto del *Lean Safety* en la reducción de accidentes de trabajo en esta industria, por consiguiente, se considera pertinente realizar la revisión en mención, además, si bien es cierto, se han puesto en práctica varias políticas y normativas para mejorar la seguridad y salud en el trabajo en el país, es necesario estimar el impacto potencial de nuevas metodologías como una herramienta para abordar la disminución de accidentes.

Los accidentes y lesiones en la construcción provocan diversos gastos directos e indirectos; es así, como la implementación de la herramienta *Lean Safety* tiene un efecto positivo en la mejora

de los sistemas de seguridad y salud en el trabajo, siendo esta una nueva forma de pensar (Wu, et al., 2019, p.1). En un estudio de 141 organizaciones de construcción, (Thomassen, et al., 2003) se encontró que la tasa de accidentes, después de implementar herramientas *Lean*, era un 6,95% menor que en ausencia de ellas (Bashir, et al., 2011).

En una revisión de la síntesis de la literatura sobre principios y herramientas *Lean*, se encontró varias formas en las que puede impactar positivamente en las iniciativas de salud y seguridad en los sitios de construcción, en la cual se pudo identificar, cómo la aplicación de estas herramientas podrían mejorar la seguridad al abordar factores como, métodos de trabajo deficientes, incapacidad física y mental de los trabajadores, la inadecuada comunicación, planificación y otras causas de accidentes identificadas por varios estudios.

La actividad económica de la construcción es de gran importancia, con un alto impacto social y económico, por ello es trascendental implementar acciones y metodologías en las empresas sobre la prevención de accidentes de trabajo, siendo conscientes sobre las responsabilidades tanto del trabajador como la gerencia, logrando que los procesos y el entorno de estos sean organizados, con equipos responsables y que innoven en los sistemas de seguridad y salud en el trabajo, considerando un enfoque de gestión eficaz.

Esta investigación busca contribuir y aportar conocimientos sobre las ventajas de nuevas metodologías para reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción, y proporcionar recomendaciones prácticas en el marco del *Lean Safety* para el aumento de la productividad, bajo un clima de seguridad y salud en el trabajo seguro en el sector de la construcción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el impacto del *Lean Safety* en la reducción de los accidentes de trabajo en el sector de la construcción a partir de lo reportado en la literatura científica, desde una revisión de casos a nivel global, en el período de 2014 al 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las características del uso del *Lean Safety* en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción reportadas en la literatura reciente a nivel mundial en el período de 2014 al 2024.
- Analizar las acciones ejecutadas por el sector construcción, con base en *Lean Safety* de la seguridad y salud en el trabajo, en la disminución de accidentes reportados en la literatura reciente a nivel mundial en el período 2014 – 2024.
- Plantear recomendaciones, en el marco del *Lean Safety*, para el aumento de la productividad, bajo un clima de seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción en Colombia.

2. Estructura temática

Esta monografía explora la implementación de la metodología *Lean*, inicialmente desde lo general en varios sectores de la economía hasta llegar a la industria de la construcción por medio de experiencia en el área de seguridad y salud en el trabajo mediante *Lean Safety*. Con el

reconocimiento de herramientas de esta filosofía, se realizan recomendaciones para la innovación en los Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Colombia en las empresas constructoras.

3. Marco referencial

3.1 Antecedentes

Se identificaron para el desarrollo de la monografía diferentes documentos que reconocen las herramientas e impactos de la metodología *Lean*, en varios sectores de la economía en el mundo, que parten de lo general de su aplicación a lo particular.

Inicialmente se estudian los conceptos generales teóricos de donde parte la filosofía *Lean*, encontrando revisiones tales como lo indicado en el “El efecto de la metodología *Lean* en la salud y seguridad trabajo y la productividad en la industria de la confección: una revisión de la literatura” (Hamja, et al.,2019), donde se pretende visualizar el conocimiento actual que produce la aplicación del *Lean*, para la productividad en la manufactura y su relación con la seguridad y salud en el trabajo. Este hace un compendio de la metodología *Lean* en el siglo XX, comparando dieciocho artículos, donde se vio el impacto en varias industrias. En este mismo sentido, se encuentra una investigación que identifica atributos del *Lean* como son: JIT o justo a tiempo, autonomización, *kaizen*, mantenimiento productivo total (TPM) y mapeo del flujo de valor (VSM), analizando la correlación de la manufactura esbelta sobre el desempeño operativo, en ciento cuarenta organizaciones en el mundo, este documento hecho en el año 2014, bajo el título de “El impacto de los métodos y herramientas *Lean* en el desempeño operativo de las organizaciones

manufactureras” (Belekoukias, et al., 2014), donde se dan pautas basadas bajo una recolección de datos en un modelo de regresión.

Se puede observar que el *Lean*, está siendo aplicado en parte de la industria manufacturera, se tiene también la publicación del año 2021, “Explorando una alineación de las prácticas *Lean* con la salud y seguridad de los trabajadores en las industrias manufactureras” (Singh, et al., 2021), ese artículo revela la relación entre el *Lean* y la seguridad de las industrias manufactureras, dada la intranquilidad por los accidentes de trabajo, que traen como consecuencia a los empleadores costos, compensaciones e incapacidades, la relación de la literatura que se presenta hace un análisis donde anula, todo tipo de trasgresión de la normas referentes a la seguridad, considerado esto como un desperdicio en la producción de cualquier producto, eliminado este por medio de la metodología, haciendo posible la mejora en la gestión de la seguridad y salud de los colaboradores. Puntalmente, el artículo hace una exposición analítica de la gestión de la seguridad y salud en el trabajo aplicando la ideología *Lean* en la industria, para minimizar los accidentes que se presentan en la ejecución de las obras de construcción, cuyo objetivo es demostrar la conveniencia o no, de la puesta en funcionamiento de la metodología, que contribuya con la mejora de la seguridad de los trabajadores en la construcción.

Para el año 2022, se hace una reseña en Estados Unidos, “¿Podría por favor ponerse de pie la verdadera relación entre *Lean* y seguridad en la ergonomía?” (Brawner, et al., 2022), donde el autor recopila una serie de datos históricos del *Lean*, esta investigación se adelanta tomando como partida el año 1980, se indaga en la literatura en los aspectos de seguridad, salud y la ergonomía, en entornos donde se hayan aplicado herramientas del *Lean manufacturing* y sus efectos positivos y negativos en los procesos para los trabajadores vinculados.

En la publicación, “Integración de sistemas de gestión de seguridad, salud y medio ambiente: un marco conceptual para lograr resultados empresariales eficientes” (Kruse, et al., 2019), los investigadores utilizaron métodos mixtos como fueron, cualitativos y Delphi, con especialistas y casos de estudios precisos, aplicados a firmas manufactureras de desempeño tecnológico notable, en total fueron cuatro empresas vinculadas, el resultado fue, encontrar la integración de la metodología *Lean*, con las herramientas tecnológicas de las empresas estudiadas, cuyo fin era resguardar a los trabajadores y adicionalmente el medio ambiente en conjunto, certificando que el *Lean* fue beneficioso para el desarrollo y debe estar incluido en el diseño los procesos, con seguimiento y unas mejoras continuas para un mayor rendimiento en la productividad. En cuanto a resultados positivos de la aplicación de las herramientas *Lean*, en una investigación de empresas de origen Portugués, titulado como; “El impacto de *Lean* en la seguridad laboral en las organizaciones” (Sá, et al., 2023), en es que se escogió una muestra total de cincuenta y nueve empresas aprobadas para el estudio del artículo del año 2021, con el objetivo de establecer la relevancia del *Lean*, en las condiciones para incrementar la seguridad en los entornos laborales, dando resultados favorables para la filosofía en un veinte por ciento de las organizaciones a las que se les hizo seguimiento en dicho estudio.

Es relevante destacar que cada vez los empleadores dan más garantías para que los sitios de trabajo sean más seguros y saludable, el objetivo del *Lean Safety*, es no tener ningún accidente de trabajo; en la publicación “Un estudio de caso sobre seguridad laboral *Lean*” en el año 2023 (Ulu y Birgün, 2023, p.1), bajo la implementación de un modelo *Lean-SST*, se integran los principios, las herramientas, con el acatamiento de las normas de seguridad en el trabajo, en un laboratorio de farmacología y productos farmacéuticos de una universidad, este dio como resultado

un ambiente de trabajo más seguro y sirvió para identificar las variables positivas y negativas utilizadas en el estudio.

En la revisión de literatura puntalmente en el sector de la Construcción y su alineación con el *Lean* a nivel global, en primer lugar se encuentra la publicación del año 2022, que tiene como título; “Introducción de la seguridad en la industria de la construcción junto con la hipótesis de la construcción eficiente” (Anandh, et al., 2022), sus autores después de un repaso en cuanto a conceptos del *Lean* y la condiciones, riesgos y contexto de la seguridad laboral en la construcción, realizan un estudio cuya metodología fue tomar un cuestionario, que incluye cuatro componentes extraídos de las revistas analizadas. Se afirma que al implementar el *Lean* construcción, se ha aumentado la seguridad en el sector, bajando las tasas de accidentes teniendo como consecuencia el incremento de la productividad de las empresas. Para el año 2024, se tiene el documento “Aplicaciones de los principios *Lean* para la gestión de la seguridad en la construcción: una revisión de la literatura.” (Bhagwat y Delhi, 2024), este documento aporta a la monografía sus resultados, conocimientos fundamentales recientes, partiendo de una revisión sistemática de la literatura, y busco comprender las sinergias existentes del *Lean* y la seguridad de las obras, a partir de artículos de revistas de investigación, analizados por especialistas de las mismas áreas, esclareciendo, el impacto del *Lean*, sus ventajas y obstáculos para la integración con la seguridad en el trabajo.

Es clave, ver un caso específico en la construcción no en edificaciones y obras civiles, sino en la construcción naval en un sistema real laboral en un astillero, este se denomina, “Diseño axiomático para sistemas de seguridad y salud en el trabajo orientados al *Lean*: una aplicación en la industria de la construcción naval”, (Babur et al., 2016), este estudio, formula un enfoque sistemático para el diseño de los sistemas de seguridad y salud en trabajo, bajo los principios de

producción *Lean*, desde la interacción entre lo que se quiere lograr y cómo quiere lograrlo, el resultado es una guía que da el estudio para la implementación del sistema de SST, aunado a un sistema de producción, donde se comprueba su viabilidad.

El desarrollo del *Lean* se ha dado en países líderes en el mundo, como lo es China, con una investigación que agrupó 300 proyectos de construcción en dicho país, se da un enfoque desde el *Last Planner* con cuatro componentes; análisis, planificación, control y rendimiento. La unificación de estos subsistemas, sirven positivamente para concebir un sistema eficaz, tomando algunas herramientas del *Lean Construction* o construcción esbelta, brindando una guía en la gestión de la seguridad en las zonas de obras. Este documento se publicó en el 2023 bajo el nombre “Estudio sobre el mecanismo de un sistema de planificación y control de seguridad en la construcción eficiente: un análisis empírico en China” (Gao, et al., 2023).

Un método analítico descriptivo fue el que aplicaron los autores en el artículo; “Mejora de la seguridad y la salud en los proyectos de construcción: un enfoque de construcción eficiente” (Aisheh, et al., 2022), la investigación de las hipótesis sobre el impacto de los métodos del *Lean Construcción*, en la Seguridad laboral de los trabajadores, se dio bajo encuestas con enfoque cuantitativo y cualitativo, donde el cuestionario aplicado valoró la percepción de contratistas y consultores, en cuanto a los determinantes de construcción eficiente y su impacto en la seguridad en la obra, el estudio reconoció estrategias que podrían usarse en la gestión de sistemas de seguridad y salud en el trabajo, identificando los beneficios de la práctica del *Lean* entre otros aspectos. El estudio bajo el título; “Clima de seguridad y mejora de la productividad en los lugares de trabajo de la construcción mediante el sistema 6S: análisis de métodos mixtos de las 5S y la integración de la seguridad” (Soltaninejad et al., 2022), compila la necesidad integrar prácticas esenciales de seguridad, las cuales son la visualización, el análisis de seguridad laboral y planificar-

hacer-verificar-actuar, con entrevistas a trabajadores de la construcción, en los cuales se contaba con líderes en seguridad, supervisores y gerentes, se aplicó un método de teoría fundamentada para codificar los datos, cuyo resultado corroboró que las firmas analizadas poseen una metodología sistemática, soportada en la seguridad para minimizar los accidentes de trabajo en una mayor eficacia y eficiencia del proceso.

Sumado a todo lo anterior, se realizó la revisión precisa sobre un artículo que utilizó un enfoque deductivo, por medio de encuestas a profesionales en la construcción, en donde el procesamiento de datos fue realizado por los autores bajo un análisis factorial exploratorio (EFA), se establecieron cuáles fueron las barreras que dificultan la aplicación de la metodología de construcción *Lean*, que permitan optimizar la seguridad en la obras, que son de diversos orígenes y se describió, la obligación de vencer los obstáculos para la aplicación de las técnicas de construcción *Lean* para mejorar las estrategias de la seguridad en los proyectos. (Enshassi, et al., 2021, p.1).

En la implementación de la metodología *Lean* en Colombia, se analizan varios casos de la aplicación de las herramientas para algunas empresas de manufacturas y de salud, ya que el alcance del *Lean Safety* es limitado en la región, se observa los posibles vínculos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, en dichas organizaciones en el país. Se tienen diferentes estudios de casos de la revisión de la literatura y documentos que son base para esta monografía, los cuales permiten con su análisis, para hacer una aproximación con sus contenidos y resultados para establecer la pertinencia del *Lean Safety* puntualmente en la industria de la Construcción, que hace parte esencial del objetivo. Seleccionando los estudios descritos en los párrafos anteriores, que están enmarcados en contextos similares, es importante resaltar que la metodología *Lean* tiene una literatura amplia y que tiene un empleo continuo en varios reglones de la economía a nivel mundial,

esto sirve como base teórica y es la plataforma para un análisis profundo en la elaboración y desarrollo de la metodología de esta monografía.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Orígenes de Lean

La economía de escala empleada para la primera mitad del siglo XX por Frederik Taylor y Henry Ford, integran un sistema basado en la administración de procesos, dado que la relación de las personas y máquinas tienen una función singular. De este modo, se enfoca solo en generar valor, y se especializa generando profesionales (Jiménez, 2020). Sin embargo, esta focalización ocasiona comunicaciones no asertivas, diversas velocidades, excesos de acopios, retrasos, en última instancia, valor no añadido; en esencia, el trabajo intenso o la concentración del trabajo incrementa el valor, logra disminuir la duración de los procesos dedicado al valor no añadido, de ahí su nombre: “La Economía en Escala”.

Entre los años 1950 a 1970, la firma Toyota implementó el sistema de producción que lleva el nombre de la misma compañía, como una necesidad. No se pueden generar grandes cantidades de productos (el sistema Escala no lo permite) para ser competitiva y reflexiona sobre cómo reducir el valor no añadido. Toyota descubre y establece una serie de enfoques y herramientas que posibilitan disminuir y/o eliminar todo el trabajo que no es necesario.

Es importante resaltar que JP Womack y D. Jones, lideraron una investigación en Estados Unidos, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts -MIT- que analizaron desde el periodo de la creación de la filosofía hecha por la Compañía Toyota. A partir de esto, se identifica valor añadido (VA), también cómo se reduce el valor no añadido (NVA) y a su vez se reconocen los

problemas en los procesos; los resultados se dan a conocer en el libro *Lean Thinking*, en 1995, se adopta el nombre de *Lean* gracias al investigador especialista del mismo Instituto de Tecnología de Massachusetts, John Krafcik. El documento expuso que la metodología *Lean* con su teoría, objetivos y procedimientos, es la base fundamental para que hasta el presente siglo se aplique el *Lean* en varios sectores económicos, aunque existen varios enfoques y formas de aplicar la metodología según su fin, todos son basados en los principios básicos *Lean*.

3.2.2 Organizaciones y pensamiento *Lean*

El pensamiento *Lean*, o *Lean Thinking*, es esencialmente una forma de entender y asimilar los conceptos y principios del enfoque *Lean*. Se trata de una perspectiva que desafía los paradigmas arraigados durante décadas en antiguos sistemas de gestión, los cuales fueron diseñados específicamente para la producción en masa, que ya no se considera relevante. A través del *Lean Thinking*, es posible implementar una gestión integral de los procesos, mediante una estrategia que se centre en ofrecer el servicio de la forma más eficiente. Esto se logra mejorando el flujo de trabajo y eliminando los desperdicios en los procesos (Instituto Lean, 2019).

3.2.3 Los 5 Principios del *Lean Safety*

Como se manifiesta anteriormente del libro *Lean Thinking* de Womack y Jones, producto de la investigación en el MIT, se dieron los cinco principios base de *Lean* como se describen a continuación (Instituto Lean, 2019):

1. Valor de cliente: Inicialmente se debe comprender el valor que quiere el cliente.
2. Identificar el flujo: Establecer los procesos, trabajo y los desperdicios, equiparables a valor añadido (VA), como se reduce el valor no añadido (NVA).

3. Crear flujo: Reducir y/o suprimir todas las formas de desperdicio en la producción, y crear un diseño en el que todo fluya.
4. *Pull*: Hacer en la producción solamente lo que sea necesario, cuando es necesario. Ni más ni menos.
5. Mejora continua: Todo es mejorable, y todo debe se puede debatir, controvertir y cambiar.

3.2.4 Lean Safety en la Reducción de Accidentes de Trabajo

Existen varios enfoques cuando se implementa la filosofía *Lean*, una de estas es el *Lean Safety*, la cual se centra como una nueva forma de pensar y de hacer. Como se indicó anteriormente, los accidentes de trabajo para la metodología *Lean* son equivalentes a desperdicios, por lo cual, la aplicación busca la mejora continua, aumenta el valor de la importancia de la Seguridad y Salud Laboral que genera la regulación de las actividades peligrosas en sus procesos, los cuales no aportan valor en la producción, tales como los accidentes de trabajo, enfermedades laborales, factores de riesgos, excesiva carga documental o desinterés de los trabajadores.

3.2.5 Metodología Lean

La metodología *Lean* es innovadora, ya que pretende optimizar los procesos en gestión y producción en las organizaciones que la implementan, para así, disminuir los recursos que se necesitan y por esto el proceso se transforma en productos realizados más eficientemente. La función del *Lean* es disminuir la inversión, el tiempo y el esfuerzo (Gao, et al., 2023, p.1).

3.2.6 Aplicación Lean Construction

Lean construction surgió en el ámbito de la construcción en 1992 gracias a la labor de Lauri Koskela, con el propósito inicial de mejorar la ejecución de obras. Hoy en día, su aplicación abarca todas las fases del proceso constructivo. Se puede considerar que *Lean construction* respalda desde la concepción inicial de un proyecto hasta su implementación, integrando así todo el ciclo de vida. En esencia, *Lean construction* representa una filosofía de gestión, un enfoque laboral y una cultura organizacional que tiene como objetivo la optimización de procesos y flujos. La metodología *Lean Construction* se enfoca en minimizar las pérdidas mediante la implementación de principios como la capacitación del personal y la reducción del inventario (Pérez Gómez, et al., 2019, p.2).

3.3 Marco conceptual

3.3.1 Herramientas Lean enfocadas a Seguridad y Salud en el trabajo

3.3.1.1 Gestión 5S. La gestión 5S hace referencia a la gestión de empleados, materiales, máquinas y otros aspectos in situ en el proceso de producción. El origen preciso de las 5S data de la letra S de los cinco términos japoneses: clasificación (seiri), (seiton), (seiso), (seiketsu) y (shitsuke), cabe resaltar que a finales de siglo XX se incluyeron 4S más, las cuales son; Shikari (constancia), Siesho (coordinación), Seido (estandarización) y Shitsuke (disciplina), por esto se habla en conjunto en total de 9S (Wu, et al.,2019, p.4).

3.3.1.2 Gestión visual. Esta indica, que los líderes utilicen diversos instrumentos o métodos para lograr una gestión clara y representativa. Por ejemplo, las políticas y programas de recursos

humanos, las instrucciones para producción y que los procesos de las empresas se ilustren gráficamente, de modo que los colaboradores puedan comprender y aplicar fácilmente sus políticas. Después de implementar el enfoque visualizado en la gestión de la seguridad (por ejemplo, señalización para seguridad, promoción en la información de seguridad y establecer responsabilidades de seguridad de los empleados), se busca la concientización absoluta de todos los implicados en la producción (Wu, et al.,2019, p.5).

3.3.1.3 Sistema Last. Busca que a los coordinadores en la primera fase del proyecto (el último planificador) intervengan en la programación y el monitoreo del proyecto para ir ajustando minuciosamente la planificación e ir reduciendo desviaciones, pero en el caso puntual en su aplicación a la gestión de la seguridad sigue siendo reducida. Las herramientas para aplicar el LPS qué son las siglas que incluyen a la gestión de la seguridad, que involucran la participación de los coordinadores o jefes de áreas, en la formulación del plan semanal y el ajuste de los planes mensuales (planes prospectivos). La adopción del *Last Planner* genera inquietud en la intervención en seguridad del grupo de trabajadores lideres, además con personal con experiencia en el sector que está en constante contacto con los peligros de seguridad en las áreas de construcción (Wu, et al.,2019, p.5).

3.3.1.4 Gestión justo a tiempo. También es conocido como (JIT) por su abreviatura en inglés, tiene la finalidad de reducir los costos optimizando el inventario permitiendo el suministro puntual de materias primas, productos semi- manufacturados o productos terminados. La gestión JIT puede acortar los tiempos de espera de los empleados y equipos. También se ha aplicado en el área de seguridad de la construcción, con respecto al tratamiento oportuno de desperfectos de

equipos y riesgos de seguridad ocultos, el establecimiento de planes de seguridad de la construcción adecuados y la eliminación de períodos de inactividad. El "comportamiento inactivo", se refiere a la inactividad forzada debido a una mala organización del trabajo. Debido a los defectos de la planeación de la construcción, los trabajadores tienen que pasar más tiempo esperando. Es probable que los empleados sin actividad se queden en tal espacio, generando posibles accidentes de trabajo. La Gestión justo a tiempo disminuye los factores de riesgo de seguridad, paralelamente incrementa la productividad (Wu, et al.,2019, p.6).

3.3.1.5 Gestión de conferencias. La comunicación eficaz entre trabajadores y gerentes reduce drásticamente el número de accidentes laborales; la gestión de conferencias es la mejor manera de comunicar los objetivos e información sobre la seguridad. Basado en el concepto de construcción *Lean*, en este esquema, el coordinador se reúne con los trabajadores de la construcción cada mañana para discutir el trabajo del día anterior y organizar las tareas para el día siguiente. Se lleva a cabo una conferencia semanal entre los jefes de áreas y el gerente de proyecto para discutir los problemas que ocurrieron durante esa semana, lo que proporciona un buen canal para resolver problemas en el sitio de construcción de manera oportuna. LPS enfatiza la participación de los colaboradores de primera línea en la planificación y el monitoreo del proyecto, mientras que la gestión de conferencias se enfoca en establecer la forma de comunicación y compartir información. La gestión de conferencias entre otras involucra las comunicaciones entre los gerentes de proyecto y los coordinadores, además que también incluye las reuniones diarias entre los gerentes de proyecto de diferentes departamentos (Wu, et al.,2019, p.6).

3.3.2 Conceptos básicos

3.3.2.1 Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). “Disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones” (Ley 1562, 2012).

3.3.2.2 Lean. Es una metodología o filosofía con principios, que busca la organización de los procesos de producción gestionando y mejorando el valor añadido (VA) para el cliente o beneficiario y a su vez reduce, suprimiendo todo aquello que no añade valor (NVA), que en la realidad no es necesario, o que directamente perjudica la producción (Instituto Lean, 2019, párr.1).

3.3.2.3 Lean Construcción. Metodología de gestión de proyectos de construcción que tiene como objetivo proporcionar el máximo valor al cliente, se enfoca en escuchar sus necesidades y optimizar los procesos a través de una planificación adecuada y un control eficaz de los riesgos (Instituto Lean, 2019).

3.3.2.4 Metodología Lean. Enfoque innovador diseñado para mejorar la gestión y los procesos productivos de las empresas que lo implementan; adoptando este método se logra utilizar menos recursos, lo que convierte cada proceso en uno más eficiente. Su principio fundamental se centra en minimizar la inversión, el tiempo y el esfuerzo. (Instituto Lean, 2019).

3.3.2.5 Accidente de trabajo (AT). “Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte” (Ley 1562, 2012, art.3).

3.4 Marco Legal

La revisión de normas generales se realiza a leyes, decretos, resoluciones, que se enfocan con la seguridad y salud en el trabajo en Colombia:

Tabla 1. *Requisitos Legales*

Requisitos Legales generales			
Norma	Año	Autor/Expide	Descripción
Ley 09	1979	Congreso de la República	Por la cual se dictan Medidas Sanitaria, Título III Salud Ocupacional (Congreso de la República de Colombia, 1979).
Ley 100	1993	Congreso de la República	Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones (Congreso de la República de Colombia, 1993).
Ley 1562	2012	Congreso de la república	Sistema de Riesgos Laborales: “Define el grupo de normas con el fin de generar promoción, prevención y protección de todos los trabajadores ante las enfermedades y accidentes que se puedan presentar en la realización de sus labores” (Congreso de la República de Colombia, 2012).
Decreto 1072	2015	Presidencia de la República	El Decreto Único Reglamentario del sector del Trabajo, “regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. La implementación del SG-SST es de obligatorio cumplimiento. Las empresas, sin importar su naturaleza o tamaño, deben implementar un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo” (presidente De La República De Colombia, 2015).
Resolución 1401	2007	Ministerio de la Protección Social	Por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo (Ministerio de la Protección Social, 2007).
Resolución 0312	2019	Ministerio de Trabajo	Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST (Ministerio de Trabajo, 2019).

Requisitos Legales generales			
Norma	Año	Autor/Expede	Descripción
Resolución 4272	2021	Ministerio de Trabajo	Donde se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajo en alturas (Ministerio de Trabajo, 2021).

3.5 Marco normativo

Dentro del marco normativo, a diferencia del legal, se establecen normas desde el ámbito Nacional como las Normas Técnicas Colombiana -NTC- e internacional:

Tabla 2. Normas nacionales e internacionales

Normas nacionales e internacionales			
Norma	Año	Autor/Expede	Descripción
NTC 1461	1987	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Esta norma establece los colores y señales de seguridad para prevenir accidentes, riesgos para la salud y situaciones de emergencia
NTC 6072	2014	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Centros de formación y entrenamiento en protección contra caídas para trabajo en alturas.
NTC ISO 5801	2018	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Sistema de gestión de la innovación.
ISO 45001	2018	Organización Internacional de Normalización	Proporciona un marco, para gestionar y mejorar continuamente la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) dentro de la organización (International Organization for Standardization, 2018).
ISO 13053-1	2011	Organización Internacional de Normalización	Describe una metodología para la mejora empresarial conocida como Six Sigma. La metodología normalmente consta de cinco fases: definir, medir,

Normas nacionales e internacionales			
Norma	Año	Autor/Expide	Descripción
			analizar, mejorar y controlar (International Organization for Standardization, 2011).

4. Diseño metodológico

4.1 Alcance y limitaciones

El presente estudio emplea un diseño metodológico de revisión de alcance (o *scoping review* en inglés), con un enfoque descriptivo, se fundamenta en la revisión de la literatura existente y en la implementación de teorías y conceptos claves; dentro de su alcance, se persigue examinar los impactos del *Lean Safety* en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción desde una revisión de casos a nivel global dentro de los años 2014 al 2024. Se identificó como una limitación la escasez de literatura en español relacionada con el estudio, lo cual constituyó un desafío para la búsqueda de información en inglés y su respetiva traducción, así como investigaciones documentadas en Colombia.

4.2 Ecuación de búsqueda

Con el fin de hacer búsquedas productivas y estrategias en bases datos, sobre el tema de interés e identificar qué tanto se ha investigado, se construyeron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

- Ecuación 1 (español): (Trabajadores Or Empleados) And ("Lean Safety" Or "Seguridad Ajustada") And (Construccion Or Edificacion) And (Estrategias Or Metodologías)

- Ecuación 2 (inglés): (*Workers Or Employees*) And ("*Lean Safety*" Or "*Adjusted Security*")
And (Construction Or Building) And (Strategies Or Methodologies)
- Ecuación 3 (inglés): ("*Lean Safety*" Or "*Lean Construction*")

4.3 Criterios de elegibilidad

En la presente monografía de revisión de alcance se toma como muestra una selección de artículos científicos, se incluirán los estudios que cumplan con las siguientes características:

- Publicados entre el periodo 2014 al 2024.
- Se encuentren en español e inglés.
- Sean artículos de estudios de caso e investigación, recopilación y revisión de literatura.

Se excluirán los artículos que no están publicados en el rango de años estipulados en la investigación y a su vez aquellos artículos que no son de contenido científico.

4.4 Fuentes de información

Para la búsqueda de la información y artículos se utilizaron las siguientes bases de datos:

- TAYLOR & FRANCIS
- SCIENCEDIRECT
- SPRINGERLINK
- EBSCOhost
- SCOPUS
- ResearchGate
- Repositorios universidades colombianas

4.5 Estrategia de análisis

En la elaboración de la presente monografía como revisión de alcance, como técnica principal de recolección de información se obtiene de investigaciones, donde se recopila y selecciona de los puntos de vista de diversos autores, de fuentes de bases de datos donde se leen revistas, libros, artículos resultados de investigaciones con memorias relacionados a la filosofía *Lean*.

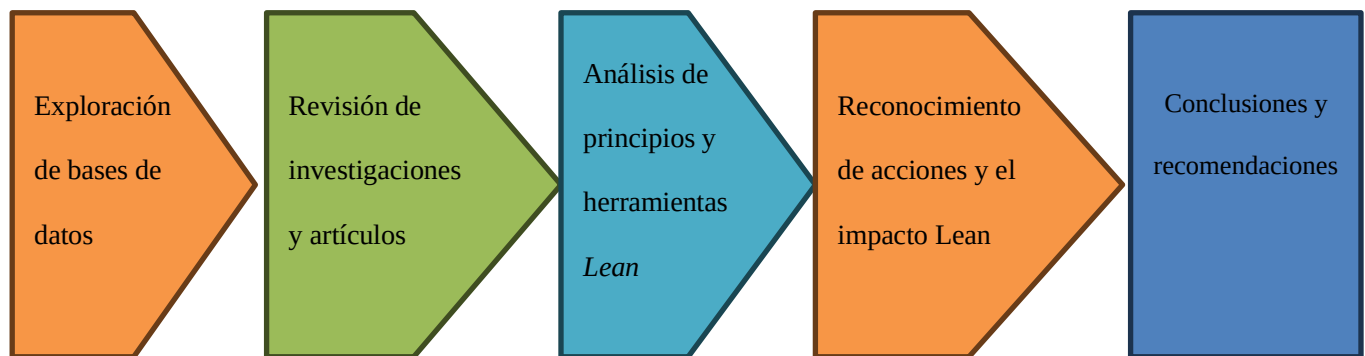
Determinar y reconocer inicialmente los principios y herramientas *Lean*, evaluando su impacto positivo en la seguridad y salud en el trabajo, bajo los estudios en algunos países donde se analizan las diferentes acciones para minimizar los accidentes de trabajo en la industria de la construcción, permitirá la pertinencia de su implementación en Colombia que no tiene aún una aplicación del *Lean Safety* reportada. Esta investigación bibliográfica se basa en fuentes de información secundaria, de allí se construye una base datos o también llamada plantilla de recogida de datos para sistematizar la revisión documental (Ver Apéndice A), con los siguientes ítems:

- Autores
- Año
- Título español
- Título inglés
- Descripción
- Tipo de estudio
- Sector
- Url
- Revista
- Base de datos archivo

- Doi

Como herramienta uso de una matriz bibliográfica, como se relacionó anteriormente del año 2014 al 2024 que ordena y permite una visión, amplia sobre la búsqueda documental realizada, como sustento del análisis; aquí se identifica en cada documento los objetivos instrumentos y metas, la metodología, los resultados y conclusiones de estas, asociadas con lo relevancia del *Lean* y sus resultados para beneficio de los trabajadores en la Obras de Construcción.

Figura 7. Esquema de metodología para la revisión bibliográfica.



Se especifica, que para cumplir con los objetivos específicos uno y dos de la presente monografía, se analizaron y discutieron los artículos que cumplen con los criterios de elegibilidad en el capítulo cinco en sus numerales del 5.2 hasta 5.6 y para el tercer objetivo específico, se entregan las recomendaciones en el numeral 5.7.

5. Desarrollo

5.1 Resultados del análisis bibliográfico

Conforme al cumplimiento a los objetivos trazados en la monografía y como base por su naturaleza de estudio, el análisis de los hallazgos de la revisión bibliográfica busca evaluar los logros alcanzados el desarrollo de la verificación documental para el lean safety. Inicialmente el proceso de recopilación de datos bibliográficos, relacionados con la seguridad y salud en el trabajo asociados a las prácticas de la filosofía Lean para reducir los accidentes de trabajo en el sector de la Construcción, resalta como principal objetivo tener un amplio contexto sobre el tema de estudio, respaldando y corroborando mediante diversas fuentes de información la percepción del impacto positivo o negativo del lean en los diferentes ambientes de trabajo en las obras de construcción

Tabla 3. *Análisis de datos Bibliográficos*

Resumen de Artículos de la Revisión Bibliográfica de la Monografía			
Total, de artículos analizados			
28			
Tipo de estudio			
Experimental	18	Revisión de literatura	10
Total, de artículos relacionados a SST y <i>Lean Safety</i>			
22			
Sector de la economía al que pertenecen los artículos revisados			
Construcción: 17	Manufactura: 7	Servicios: 3	Otros: 1
Principales bases de datos donde se consultaron los artículos			
Taylor & Francis: 8			
Science Direct: 7			
Springer Link: 3			
Repositorios Universidades Colombianas: 5			
Países donde se originaron los estudios			
Estados Unidos: 4			
China: 3			

Turquía: 3
Portugal: 2
India: 1
Israel: 1
Dinamarca: 1
Colombia: 6*
Varios países: 7
Rango de periodos con más estudios de los documentos analizados: Total 23
(Últimos seis años)
2019: 6
2020: 2
2021: 6
2022: 3
2023: 2
2024: 3

Nota: Para Colombia es necesario aclarar que los documentos revisados, no tiene relación al *Lean safety*, como se ha indicado anteriormente no se encontró literatura del tema.

Con la tabla resumen de total de procesos de recopilación y estudio de la bibliografía basada en los documentos relacionados en el Apéndice A, se reconocieron diversas visiones sobre la relación estrecha entre la implementación *lean*, los factores de riesgo, la cultura organizacional, las oportunidades de mejora, la preparación de las organizaciones, la formación de los profesionales y entornos de trabajo, como consecuencia de la interacción entre el *lean safety* y los trabajadores, en los siguientes ítems del actual capítulo se profundiza el análisis integrando cada uno los artículos, sus principales hallazgos y aportes.

5.2 Filosofía Lean Integrando al Lean Safety en organizaciones de varios sectores productivos

En la presente monografía se evaluará inicialmente cómo se ha desarrollado la filosofía *Lean* en las empresas para poder comprender el alcance del *Lean Safety* en los trabajadores, sus vínculos, sus principios, metodología y la ejecución en un ambiente de trabajo en diferentes

sectores de la economía, concibiendo este desde una perspectiva universal del *Lean* aplicable a todas las maneras de producir bienes y servicios. Puntualmente en cuanto a los principios *Lean*, como tendencia continua en la aplicación en industrias como la manufacturera, los aspectos de evolución se ajustan al entorno en constante cambio y se ha destacado en varias áreas de la economía, lo cual ha propiciado la creación de enfoques de trabajo más "genéricos", conocidos como *Lean Thinking* o *Lean Management*; se busca aplicar los principios del *Lean Manufacturing* para aumentar la eficacia, la excelencia y la atención al cliente en diversas industrias como restaurantes, hoteles, bancos, empresas de la construcción, instituciones educativas e incluso entidades gubernamentales. (Henao, 2021, pp.23-24).

El enfoque *Lean* tiene una extensa trayectoria que se remonta a los principios de la gestión científica de Taylor en el siglo XX hasta el sistema de producción de Toyota (Hamja, et al., 2019, p.1). Se optó por los fabricantes de vehículos de Estados Unidos como una medida para potenciar la competitividad de la industria automotriz estadounidense a finales de los años 80 y actualmente se ha extendido su uso en la fabricación y en diversos sectores industriales (Hamja, et al., 2019, p.1). La fabricación esbelta es un sistema que tiene un gran impacto en el rendimiento y la cultura de las organizaciones (Hamja, et al., 2019, p.3). Sin embargo, es un concepto ampliamente discutido sin una definición universal, que puede ser comprendido tanto como una filosofía general de producción como una colección de herramientas prácticas, las promesas de *Lean* no suelen cumplirse en su totalidad, lo cual generalmente se atribuye a deficiencias en la implementación, pero el sistema *Lean* es ampliamente empleado tanto en industrias manufactureras como en servicios (Hamja, et al., 2019, p.3).

Se analiza especialmente la filosofía *Lean Manufacturing*, para así percibir la dinámica del plan de producción, por lo cual es crucial tener claridad sobre ciertos conceptos que permitan

interpretar adecuadamente factores relevantes de esta investigación. La definición se enfoca en la fase de la planificación de la producción y provisión de servicios en las organizaciones económicas, su objetivo es organizarse y tomar decisiones óptimas según los requerimientos de los clientes. Por lo tanto, es fundamental que la compañía implemente las acciones necesarias para iniciar un sistema de autoevaluación que incluya los componentes críticos que requieren revisión. Este enfoque busca potenciar la competencia en el mercado, por lo que resulta vital establecer un sistema de planificación en las empresas, con el propósito de optimizar sus recursos y aumentar su eficiencia (Romero, 2019, p.37).

Se requiere desarrollar un sistema para establecer la planificación de la producción en una empresa. Para Juan Carlos Hernández Matías, investigador de la Universidad Politécnica de Madrid, la cultura *Lean* debe ser vista como una transformación cultural continua para lograr una durabilidad y sostenibilidad; en esencia, se trata de una batería de técnicas enfocadas en el valor añadido y en las personas, dado que el propósito último del *Lean* es modificar la cultura organizativa, transformando la mentalidad de mejora constante y colaboración en los empleados (Romero, 2019, p.37).

Es fundamental resaltar que el *Lean Manufacturing* es una herramienta que ha permitido a la industria tomar decisiones significativas, dado que tiene sus raíces en una empresa de renombre como Toyota, con el objetivo de mejorar la eficiencia de sus operaciones y satisfacer las necesidades del mercado. Con relación a este tema (Romero, 2019, p.38), hace la siguiente observación, *Lean Manufacturing* es una filosofía empresarial contemporánea que se centra en la reducción de desperdicios en los procesos operativos, buscando maximizar la eficiencia, originada en Toyota, es el resultado de una combinación de factores como el contexto histórico, la cultura nacional, la identidad distintiva de Toyota y la aplicación de principios de ingeniería industrial,

con un enfoque práctico a las necesidades empresariales. La creciente atención que tiene *Lean Manufacturing*, se debe a los notables resultados que ha proporcionado en la compañía automotriz y también en numerosas empresas de diversas industrias y países alrededor del mundo (Romero, 2019, pp.38-39).

La importancia del *Lean Manufacturing*, desde su establecimiento como modelo de producción, es sobresaliente en el ámbito empresarial. Este enfoque determina 30 elementos esenciales que las empresas deben evaluar, si alguno de estos elementos no contribuye de manera positiva se descarta, ya que su existencia puede generar ineficiencias en la producción y dificulta el cumplimiento de las expectativas planteadas en los planes de acción de la empresa. Para implementar el *Lean Manufacturing*, existen diversas formas de aplicación, que se pueden considerar como técnicas inherentes a este modelo, cada una con sus propios elementos fundamentales. En este contexto, Romero, (2019), expone las técnicas y componentes del *Lean Manufacturing*; adicionales a las que se presentaron en el capítulo tres (3) en el marco referencial, se describen:

- **Seis Sigma:** Los autores la definen como una estrategia de mejora continua orientada a optimizar el rendimiento de los procesos dentro de una compañía y a minimizar su variabilidad, al implementarla, se pueden identificar y suprimir las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos, siempre teniendo en cuenta las necesidades y expectativas de los clientes. El Seis Sigma se basa en herramientas de análisis y pensamiento estadístico, y se centra en tres áreas claves: la satisfacción del cliente, la reducción de los tiempos de ciclo y la disminución de defectos (Romero, 2019, p.40).
- **Poka Yoke:** Es el diseño de dispositivos que previenen errores y olvidos, ya que limitarse a la inspección o detección de defectos, no mejora el rendimiento de un proceso. La

inspección y el monitoreo de procesos deben centrarse en identificar patrones estadísticos de las fallas, lo que permite determinar dónde, cuándo y cómo ocurren, facilitando así la implementación de acciones correctivas más efectivas. Además del riesgo inherente al proceso, el factor humano se presenta como una de las principales causas de error, ya que los olvidos y la rutina laboral pueden dar lugar a descuidos significativos (Romero, 2019, p.41).

- SMED: El sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*), traducido al español es, “cambio de matriz en menos de 10 minutos”, nació de la necesidad de alcanzar la producción JIT, base fundamental del sistema de producción Toyota, conocido como “*Lean Manufacturing*”, fue diseñado para reducir los tiempos de preparación de las máquinas, lo que permite la fabricación de lotes más pequeños (Romero, 2019, p.41).
- *Value Stream Mapping*: El mapeo del flujo de valor es una herramienta que permite visualizar todas las actividades que tienen lugar desde el momento en que se recibe la materia prima hasta la transformación en un producto terminado, se centra en maximizar la eficiencia total, en lugar de enfocarse únicamente en la eficiencia de un operario o grupos de trabajo. Un mapa de cadena de valor incluye toda la información relevante sobre el flujo hacia el cliente, considerando tanto las actividades que aportan valor como aquellas que no. El proceso de crear mapas de cadena de valor es una manera efectiva de comprender la situación actual, definir una visión a largo plazo y desarrollar planes para alcanzarla (Romero, 2019, p.41).

En esta monografía se examina también lo realizado por el Departamento de Salud y Seguridad en el Trabajo de la Universidad Bandirma Onyedi Eylul, y el Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Dogus en Turquía, de donde nace un artículo de investigación

realizado por Ulu y Birgün del año 2022 y titulado “Un estudio de caso sobre la seguridad laboral ajustada”, el cual establece, que se puede ser más productivos utilizando una protección adecuada de los trabajadores de forma segura, con el objetivo de cero accidentes, enmarcados en seguridad laboral *Lean*, el estudio analiza modelo *Lean-OHS*, donde en un modelo nuevo integrando la mejora continua, en un laboratorio de farmacología y productos farmacéuticos de una universidad utilizando la metodología *Lean*, paralelamente obedeciendo principios del sistema de seguridad y salud en trabajo (Ulu y Birgün, 2024, p.1).

Es viable en las industrias con la metodología *Lean*, llegar a productos de excelente calidad reduciendo los desperdicios en las cadenas, economizando recursos, el *Lean* se concentra en el individuo, la fuerza de trabajo en equipo, entrega al trabajador responsabilidades y a la vez autoridad, apersonándose de sus actividades con compromiso y fomentando su participación, en el mismo sentido va la seguridad y salud de los empleados, el autor de *Lean Safety* : Transformando su cultura de seguridad con *Lean management*, del año 2017, Hafey, R; se refiere al *Lean Safety*, como una herramienta de liderazgo centrada en el ser humano, que responde a la pregunta "¿qué hay para mí?" en la que piensan todos los empleados, justo donde se emplea la seguridad laboral ajustada o *Lean Safety*, estas organizaciones incrementan la formación en SST además de la identificación de peligros, los simulacros de accidentes de trabajo, esto se hace desde la etapa de inducción del trabajador (Ulu y Birgün, 2024, p.2). Se busca que el personal esté sincronizado con los estándares y políticas SST de la empresa y a todos se les hace seguimiento con los indicadores de desempeño; cada persona se debe apropiar de su seguridad y la del área donde labora, se puntualiza en los peligros y los factores de riesgo que puedan generar accidentes de trabajo (AT). Si ocurre un AT, realizar una investigación exhaustiva determinando las causas, divulgar a todos los procesos, la publicación y campañas informativas, se intensifica la sensibilización a todos y así

se asegura su secuencia, se sugiere complementar con las herramientas propias del *Lean* como las 5S, que son: S1-*Seiri*: clasificar-limpiar, S2-*Seiton*: poner en orden -configurar, S3-*Seiso*: brillar, limpiar y verificar, S4-*Seiketsu*: estandarizar, conformidad, S5-*Shitsuke* : sostener la autodisciplina, la costumbre y práctica, , como resultado de las 6S, se alcanza espacios de labor buenos, ordenados y saludables, la sexta S se denominan la S de seguridad, certifica que los lugares de trabajo están bajo un entorno saludable, seguro y limpio con señalética e instrucciones de seguridad adecuadas (Ulu y Birgün, 2024, p.2). Adicional a lo anterior, se complementa el alcance de mejores condiciones estas otras S; Shikari (constancia), Siesho (coordinación), Seido (estandarización) y Shitsuke (disciplina).

Se ha admitido que las herramientas *Lean* generan un impacto favorable en la seguridad laboral, especialmente a través de la aplicación de la metodología 5S, prácticas de trabajo estándar, soluciones *poka-yoke*, herramientas visuales de gestión y métodos de resolución de problemas. El estrés y la fatiga de los trabajadores serán disminuidos gracias a un entorno laboral seguro, que conduce a un aumento en la eficiencia de los empleados. La disminución de los problemas de lesiones conlleva a una reducción de los costos operativos, mejora la disposición del personal y contribuye a la mejora de la imagen de la industria. Parece que una limpieza más eficiente es un elemento clave en las tareas asignadas que puede contribuir a disminuir los problemas de seguridad, mantener el orden visual, respaldar, asistir a los trabajadores y potenciar la eficiencia y la calidad. Varios estudios evidenciaron que la aplicación de 5S incrementaba la productividad y disminuía el tiempo de parada en determinados procesos, además de asegurar la seguridad y el bienestar de los trabajadores en la empresa productora de accesorios para vehículos en la que se realizó la investigación. Takashi Osada, a comienzos de la década de 1980, desarrolló el primer sistema para la implementación de las 5S en una organización.

La aplicación de algunas herramientas *Lean*, puede potenciar la seguridad y mejorar el bienestar de los empleados, especialmente en relación con las 5S y las herramientas *poka-yoke*, existe evidencia en la literatura que pueden solucionar los problemas de seguridad y salud. Sin embargo, también se deduce que la percepción de la relación entre los asuntos de seguridad y otras prácticas *Lean* es incierta. La bibliografía ha señalado que, en las industrias manufactureras, al parecer hay un escaso interés e inquietud por descubrir la conexión entre otras herramientas *Lean* (a excepción de las 5S) y la SST (Charanjit, et al., 2021, p.1). Las 5S en realidad se convierten en procedimientos de limpieza normalizados, empleados por industrias que se originaron a partir de términos japoneses. Esta técnica de las 5S se ha extendido a las 6S, incorporando una S adicional de Seguridad. De acuerdo con la investigación de Ahmad et al., la herramienta Poka-Yoke, otra práctica *Lean*, que también está contribuyendo a fomentar la seguridad laboral. En esta investigación, los escritores sostuvieron que la aplicación de la herramienta Poka-Yoke simplificaba el proceso, lo que incrementó la calificación de riesgo de 9 a 3 y, así, el riesgo se disminuyó al 55,6%, Poke yoke es simplemente un término japonés y una técnica para evaluar un diseño o procedimiento para eliminar el error, y se le atribuye a Shiegeo Shingo de la compañía Toyota, la primera introducción de este concepto en el sector de la manufactura (Charanjit, et al., 2021, p.4).

La visión *Lean*, trascendió de la industria manufacturera a otros sectores económicos con éxito, existen autores que han hecho referencia a las incontables ventajas del *Lean*, hacia el enfoque del *Lean Safety*, donde convergen los principios *Lean* y los principios de seguridad y salud en el trabajo, de lo cual hay pocos estudios. Algunos de estos autores confirman los efectos positivos en las empresas del sector de la construcción como son, Ghosh S, Young-Corbett D, en su publicación “Intersección entre la construcción ajustada y la investigación en seguridad, una revisión de la

literatura” y Rozenfeld y otros, en su análisis de seguridad en el trabajo de construcción, reportan en sus investigaciones, que con las altas tasas de accidentalidad, muertes, enfermedades laborales, ausentismo e incapacidades, han aminorando los datos de estos aspectos, porque los principios de la metodología convierten estos en eventos derrochadores y que no aportan valor agregado a cualquier empresa, preservar la seguridad es derivado intrínseco de los principios *Lean* (Ulu y Birgün, 2024, p.13).

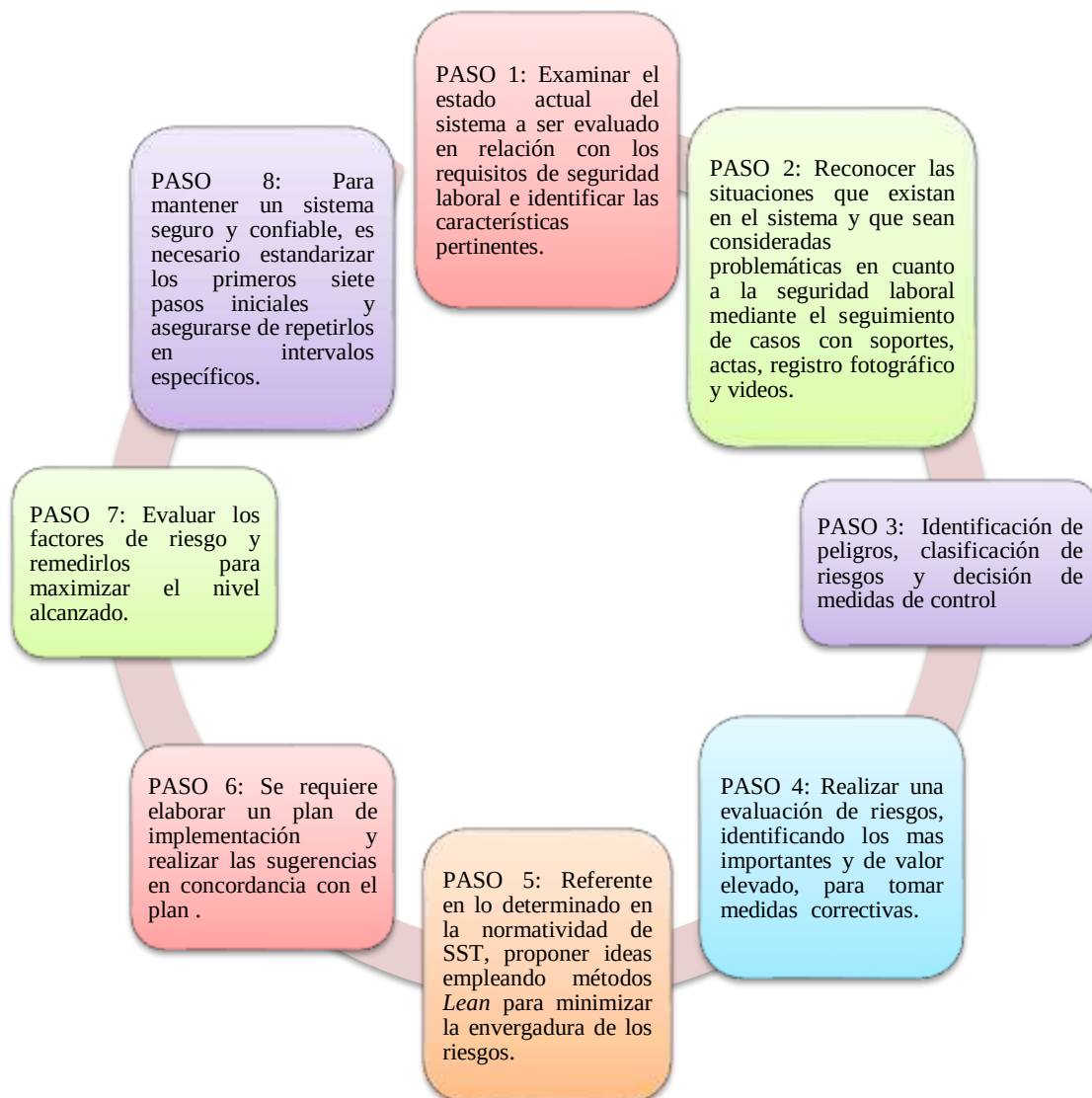
Existen autores que ha ido más allá de la teorización *Lean*, generando modelos que aúnan principios *Lean* con sistemas de seguridad en el trabajo, como en el estudio de Kruse T, Veltri A, Branscum A, titulado, “Integración de sistemas de gestión de seguridad, salud y medio ambiente: un marco conceptual” para lograr resultados empresariales ajustados y en el ya mencionado “Diseño axiomático para sistemas de seguridad y salud en el trabajo orientados al *Lean*: una aplicación en la industria de la construcción naval”, de Babur, Çevikcan y Durmuşoğlu, demuestran que sirve como pauta de apalancamiento a empresas en debida forma como conexión a las normas de salud y seguridad. La investigación que aporta Ulu y Birgün: “Una nueva propuesta modelo de seguridad y salud en el trabajo”, entrega los resultados de aplicación del *Lean* – SST.

A continuación, se muestra como primera medida el modelo y se ven los logros de la implementación de este que se traen como referencia a esta monografía (Ulu y Birgün, 2024, p.3).

Descripción del modelo *Lean*-SST: es un modelo lineal que busca integrar la teoría *Lean* con el sistema de seguridad en el trabajo, basados en la favorabilidad del trabajador en entornos seguros, minimizando riesgo, estandarizando y siendo este sostenible en un periodo extenso, estas etapas del modelo se describen a continuación y posee un particularidad que cuando termina la fase octava se reinicia, volviéndose esta circular; se cree que entre más empresas utilicen este patrón, más se institucionalizará la cultura *Lean* con mejores resultados. Los autores afirman que

al seguir de manera regular los pasos del modelo, los profesionales se encaminarán hacia la excelencia en la seguridad laboral. A continuación, se observa la figura de elaboración propia donde se interpretan estos pasos de una manera cíclica:

Figura 8. *Pasos cíclicos*



Adaptada de (Ulu y Birgün, 2024, p.3).

Los autores, luego de la investigación en el laboratorio de farmacología, concluyen varios aspectos esenciales, donde estiman que muchos países están regularizando la protección de los trabajadores en un marco normativo; la gestión del SST requiere de estrategias efectivas donde se minimicen los riesgos en los lugares de trabajo. Es posible que algunos controles existentes no los anulen en su totalidad, la importancia de la investigación del caso fue recrear en un modelo de salud y seguridad ocupacional *Lean*. Con los instrumentos de la metodología *Lean* en el entorno de un Laboratorio Farmacéutico y de Farmacología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Bezmialem Vakıf, se utilizaron técnicas *Lean* para mejora y como resultado de la aplicación, se obtuvieron resultados de indicadores de riesgos más bajos, optimizando las condiciones de trabajo y un ambiente laboral más seguro, siendo el piloto para ser aplicado en otros laboratorios. Se pretende que con este estudio se replique el modelo para la seguridad laboral *Lean*, que pueda guiar en la creación de ambientes seguros en diversos sectores como la industria, la educación, los servicios, los laboratorios, y en entornos laborales como la química, la farmacia, la biotecnología, la odontología, la medicina, y más (Ulu y Birgün, 2024, p.13).

Cabe resaltar en este contexto la investigación titulada; “Explorando una alineación de las prácticas *Lean* con la salud y seguridad de los trabajadores en las industrias manufactureras”, donde los creadores del estudio, Singh et al., (2021), en el artículo, examinan la relación entre las prácticas *Lean* y los principios de seguridad relacionados con la salud y seguridad de los empleados en las industrias de manufactura, mediante un análisis de la bibliografía existente, el objetivo de este documento es ofrecer datos acerca de la relación entre la eficiencia y la seguridad, los autores consideran que el desembolso de recursos, tiempo en lesiones y compensaciones a los trabajadores es un derroche que debería reducirse mediante un enfoque eficaz (Singh, et al., 2021, p.4). La salud y la protección en el entorno laboral siempre han sido un tema de gran inquietud, el tiempo

y los recursos malgastados en demandas de compensación son, en realidad, un derroche para la compañía. Es posible, que tanto la eficiencia como la seguridad se oponen a accidentes y heridas en las industrias de manufactura. La revisión bibliográfica evidenció que parece haber escaso énfasis y consideración en las industrias de manufactura para explorar la relación entre prácticas *Lean* específicas, o sea, las 5S, y la seguridad y salud laboral (Singh, et al., 2021, p.4). El tema de la seguridad laboral no solamente es una inquietud de los gobiernos, si bien, ahora se ha transformado en una obligación conjunta de todos los involucrados. Recae en el dueño de las industrias manufactureras, la responsabilidad de diseñar y ejecutar una estrategia de SST segura y equitativa, siguiendo las directrices específicas dictadas por las leyes y la normatividad. A pesar de que el objetivo es fomentar la seguridad, la salud y el rendimiento ambiental, el índice de accidentes para numerosas organizaciones es preocupantemente alto. Este artículo se empeña en investigar la conexión entre los conceptos *Lean* y el asunto de la salud y seguridad de los empleados en las industrias de manufactura (Singh, et al., 2021, p.1).

Los autores examinan los aspectos de salud y seguridad de los trabajadores en las industrias manufactureras de la India, la cantidad de accidentes, incapacidades, fallecimientos, pérdidas de infraestructuras y maquinaria, así como las consecuentes pérdidas de días-hombre y de producción, que son considerablemente elevadas. El SGSST, es la mezcla de planificación y evaluación del sistema de gestión industrial que define la política y el propósito del SST. En este contexto de globalización acelerada, la cultura de seguridad es una inquietud esencial para que las compañías de manufactura se conviertan en un competidor de primer nivel, los peligros en el trabajo también pueden causar incapacidad permanente, fallecimiento o perjuicios financieros, o incluso ambos, el fallecimiento o incapacidad permanente de los trabajadores genera un desastre en los ingresos y dificultades sociales para los empleadores, los empleados y familiares.

Referente a la alineación de *Lean*, la seguridad y salud laboral los autores Charanjit Singh, Davinder Singh, JS Khamba, afirman que el *Lean*, no solamente constituye una herramienta altamente eficaz para la optimización de procesos y la minimización de desperdicios, aun también puede redundar en mejoras significativas en materia de seguridad en los sectores manufactureros (Charanjit, et al., 2021, p.4).

La implementación de metodologías eficaces en la industria de la construcción ha sido asociada con una reducción en los incidentes por la buena gestión de la SST, el *Lean* también obtuvo un impacto positivo en la seguridad gracias a varios descubrimientos de investigaciones centradas en la fabricación, se comprobó que con el compromiso de los directivos superiores, la salud y la seguridad se habían incrementado gracias a las prácticas *Lean*. Además, en esta investigación, se reporta que una adecuada limpieza en la planta, a través de métodos eficaces como *Kaizen* y 5S, se genera un impacto positivo en la seguridad de los empleados (Charanjit, et al., 2021, p.3). Las prácticas organizacionales deberían dirigirse concretamente a potenciar la salud laboral, las acciones de fortalecimiento y desarrollo de competencias, además de fomentar prácticas *Lean*, estas también evidencian la señal clara que los directivos están interesados en los empleados y desean que se desarrollen en un ambiente laboral equitativo. Se realizan acciones ergonómicas para prevenir peligros en el trabajo y desórdenes musculoesqueléticos, que incrementan aún más la productividad de los trabajadores, el propósito de la ergonomía es construir un sistema de producción, seguridad y confort; en este escenario, si las herramientas, los equipos y el diseño del entorno laboral no se ajustan a las particularidades humanas, también pueden surgir fallos humanos, incidentes de trabajo y enfermedades laborales (Charanjit, et al., 2021, pp.3-4)..

El impacto del elemento de seguridad y salud de los empleados en la eficacia en el trabajo y la producción ajustada afecta la productividad global de la empresa, referente a las herramientas

Lean y seguridad de los trabajadores, se observó que se ha admitido que las herramientas *Lean* generan un impacto favorable en la seguridad laboral, especialmente a través de la aplicación de la metodología 5S, prácticas de trabajo estándar, soluciones poka-yoke, herramientas visuales de gestión y métodos de resolución de problemas.

5.3 Lean Construction y la Sinergia con Lean Safety

Varias investigaciones se han centrado en encontrar rutas para impulsar el buen comportamiento y las condiciones seguras, dentro de estas se ha masificado el uso de las herramientas aportadas por el *Lean*, se ha ampliado su implementación en el sector de la construcción para la solución de las dificultades en la seguridad y salud en el trabajo en sus múltiples actividades donde existe alto riesgo, aun es escaso el análisis riguroso que enmarque la totalidad de la implicaciones de los principios *Lean* en el SST de la industria. (Bhagwat, et al, 2024, p.1). Fue por esto que los autores Kishore Bhagwat y Venkat Santosh Kumar, en el año 2024 en su publicación llamada; “Aplicaciones de los principios *Lean* para la gestión de la seguridad en la construcción: una revisión de la literatura”, se dan a la tarea de iniciar un examen sistemático, para poder entender las relaciones del *Lean* y la gestión de la seguridad en la construcción. (Bhagwat, et al, 2024). La investigación disgrega la implementación *Lean*, sus beneficios, su impacto y las barreras en la aplicación del *Lean construction* en los sistemas de seguridad para los trabajadores, el caso reconoce en estos temas a los Estados Unidos como la nación pionera, como centro educativo de nivel superior a la Universidad de Finanzas y Economía de Tianjin y distingue al Dr. Wu Xiuyu como un investigador sobresaliente, además en el documento final se determina su alcance teórico, práctico y posibles investigaciones (Bhagwat, et al, 2024, p.1).

Las organizaciones constructivas siguen explorando alternativas para optimizar la gestión de la seguridad de los empleados con datos positivos, esta búsqueda tiene varias propuestas que

incluyen estrategias, acuerdos y herramientas, es por esto que la metodología *Lean* tiene un nicho importante en el mundo, para la mejora de la seguridad de los trabajadores de la construcción, referente a las investigaciones previas, los resultados *Lean* son efectivos, entre algunos se tienen; reducción en el tiempo de entrega y de los procesos, el inventario de trabajo en curso y la mano de obra a utilizar es menor, al mismo tiempo que se incrementó la productividad. Con este resultado afirmaron que es ampliamente universal la metodología *Lean* para ser aplicada en actividades donde se demanda maniobras manuales integrados a la producción, como lo indican en su artículo Misiurek K y Misiurek B (2020) titulado; “Mejora de la seguridad y la calidad de un lugar de trabajo en el ámbito de la industria de la construcción con el uso del sistema 6S” (Misiurek y Misiurek, 2020, pp.3-4).

De igual modo, el autor Koskela nacido en Finlandia, en su publicación dio el concepto base del *Lean construcción*, afirmando que es un "proceso de entrega de proyectos que utiliza métodos ajustados para maximizar el valor de las partes interesadas y reducir el desperdicio al enfatizar la colaboración entre los equipos en un proyecto". Como se ha mencionado, la implementación de la filosofía *Lean* en la construcción, integrado a la gestión de la seguridad, se encuentra en una fase temprana en la construcción y el sector en este momento no está listo para emplear las ideas de la industria manufacturera, tal como lo expresa hacia el año 2022, Shaqour en su artículo; “El impacto de la adopción de la construcción ajustada en Egipto: nivel de conocimiento, aplicación y beneficios” (Bhagwat, et al, 2024, p.1).

En el mismo sentido, en el año 2020, Demirkesen y otros en su publicación; "Medición del impacto de la implementación del *Lean* en el rendimiento de la seguridad en la construcción: un modelo de ecuaciones estructurales" se analiza el impacto de la implementación del *Lean* en la seguridad laboral en la industria de la construcción, el estudio utilizó un modelo de ecuaciones

estructurales para analizar la relación entre la implementación de *Lean* y la seguridad laboral, recopilando datos de empresas de construcción en Estados Unidos, que habían implementado *Lean* y se analizaron utilizando técnicas estadísticas, encontrando que la implementación del *Lean* reduce la frecuencia y la gravedad de los accidentes laborales, mejorando la cultura de la seguridad en la empresa; el estudio muestra que las prácticas *Lean*, como la mejora continua y la eliminación de desperdicios, optimizan los procesos y contribuyen a mejorar la seguridad en los entornos de trabajo. Se argumenta que bajo el enfoque *Lean*, se puede proporcionar un entorno más seguro al fomentar una cultura de prevención y reducir riesgos asociados a ineficiencia, los resultados sugieren que la aplicación de *Lean* en la construcción debe ser considerada únicamente desde la perspectiva de eficiencia, sino también como un medio para mejorar el bienestar de los trabajadores (Demirkesen, 2021, p.18). Se confirmó la hipótesis acerca de la relación entre la implementación de *Lean* y el rendimiento de la seguridad en la construcción, indicando la profunda interacción entre los dos factores.

La industria de la construcción todavía requiere prácticas y estrategias de seguridad concertadas, la implementación del *Lean* ofrece diversas ventajas en términos de un mejor rendimiento de la seguridad, el análisis destacó la relevancia fundamental de la aplicación del *Lean* y su evidente conexión con el rendimiento de la seguridad en la construcción (Demirkesen, 2021, p.18).

Los resultados del cuestionario aplicado y resuelto por las empresas demostraron el éxito en la implementación de prácticas *Lean*, estas experimentaron un mejor desempeño en seguridad en la construcción, resaltando que el desempeño en seguridad en la construcción puede mejorar mediante la ejecución exitosa del *Lean* (Demirkesen, 2021, p.18).

5.4 Desarrollo de proyectos constructivos con *Lean Safety*, beneficios y posibles mejoras

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), indica que la seguridad y salud en el trabajo comprende la prevención de los accidentes del trabajo y de las enfermedades laborales, así como la protección e impulsa el bienestar en la salud de los trabajadores, su meta es generar unas mejores condiciones y entornos de trabajo seguros (OIT, 1998). Los datos son contundentes en el mundo, Colombia no está exenta en el sector de la construcción respecto a los accidentes de trabajo y enfermedades laborales que ocurren a diario, mejorar la seguridad de la industria como objetivo principal de todos los empleadores, disminuye los eventos de accidentes, los esfuerzos han sido amplios en estos temas, pero los resultados aunque son favorables no son óptimos, la tendencia en los proyectos es implementar metodologías de gestión para la seguridad de los trabajadores, por ello, hace algunos años se introduce el *Lean* para minimizar los recursos, el tiempo y los desperdicios, el *Lean* como noción inicial se da en el año de 1990, pero su aplicación es tardía mientras que las organizaciones conocían el concepto general (Anandh, et al., 2022, pp.1-2).

La correlación entre las prácticas *Lean* y los problemas relacionados con la seguridad y la salud, se enfocan en el concepto fundamental de la gestión de residuos en el proceso; todas las prácticas *Lean* aplicadas por aquellos que verdaderamente comprenden el proceso de producción, incluirán algún tipo de evaluación de la seguridad y salud de los empleados en las industrias, la violación de las regulaciones de seguridad representa un desperdicio en cualquier organización, en este contexto, este tipo de desecho debe ser erradicado a través de prácticas eficaces (Charanjit, et al., 2021, p.3).

En el momento de incorporar la seguridad con la gestión del *Lean* de manera óptima en la construcción, se generan unos proyectos con productos destacados, el *Lean* realiza modificaciones en los procesos, a esto le llaman gestión de sistemas constantes, mejorando los flujos con la

reducción de los desperdicios, los puntos centrales del concepto son; el requerimiento de los clientes, con un tiempo de entrega preciso, en la cantidad pedida, minimizando el valor de la inversión por parte de las organizaciones, con un menor desperdicio en obra. Lo anterior se puede fraccionar en seis componentes del concepto *Lean*: la disminución de residuos, la planificación de la producción, centrarse en el cliente final, la mejora continua, las relaciones de cooperación, la perspectiva del sistema.

A continuación, se citan los principios Lean: en primera medida se identifica la empresa o el cliente quien da valor sobre el producto, teniendo en cuenta la satisfacción total, a esto se le denomina la especificación del valor, en segunda medida es la identificación de la cadena de valor, que, desde el requerimiento puntual del cliente, es indispensable desechar todo lo que no esté sumando ningún valor para el cliente, mejorando el rendimiento en la ejecución, el tercer principio *Lean* trata del flujo como unidad que sirve como indicador en la gestión puesto que se debe asegurar la continuidad del flujo de trabajo, como cuarto punto es la de hacer a tiempo los productos como lo quiere el cliente y sin ningún retraso y para el quinto principio se identifica como la perfección, que como su nombre indica, implica además de lo que el cliente pide y la reducción de desperdicios, es por ello que se necesita que la construcción innove, juntando las técnicas, el pensamiento e implementación del *Lean* (Anandh, et al., 2022, pp.2-3).

En uno de los países líderes nace la publicación: “Estudio sobre el mecanismo de un sistema de planificación y control de la seguridad en la construcción ajustada: un análisis empírico en China” de Gao et al, en el año 2023, quienes, indican que la implementación de un sistema de planificación y control de seguridad basado en la construcción *Lean* puede reducir los riesgos y aumentar la eficiencia en los procesos de construcción, se identificaron varios mecanismos claves, incluidos la mejora continua, la eliminación de desperdicios y la colaboración entre diferentes

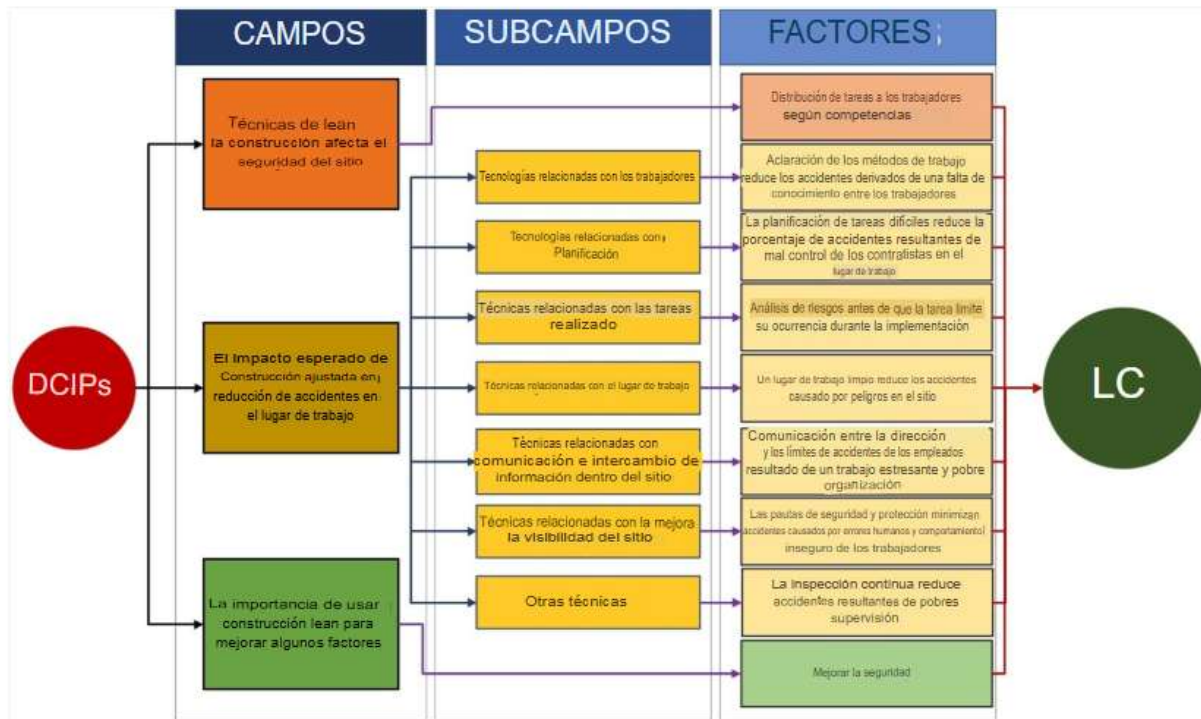
partes interesadas, dicho estudio presenta datos recopilados de proyectos en China, evidenciando la efectividad de este enfoque en la minimización de accidentes y en la mejora de la cultura de seguridad en la industria de la construcción, los resultados sugieren que la adopción de un sistema integrado de construcción *Lean* y gestión de la seguridad puede conducir a mejores resultados en términos de seguridad y productividad (Gao, et al; 2023, p.9).

De acuerdo con la revisión de la bibliografía consultada, sobresale lo aportado en la investigación “Mejora de la salud y la seguridad en los proyectos de construcción: un enfoque de construcción ajustada” realizado por Abu Aisheh, et al., 2021, donde se describen que los accidentes se consideran una fuente importante de desperdicio que actúa como un obstáculo para un flujo de trabajo confiable y la entrega de valor, la implementación de principios y herramientas de *Lean* aportaría para minimizar los accidentes, se pone como ejemplo, que, al mejorar la eficiencia, se reducen los tiempos de ciclo, la manipulación de materiales, el desperdicio y el consumo, lo que reduce la exposición de los trabajadores a materiales peligrosos, productos químicos, polvo, ruido, riesgos biomecánicos y riesgos similares en las obras de construcción (Aisheh, et al.,2021, p.3). Adicional a lo anterior, la aplicación de herramientas *Lean* reduce los riesgos como resbalones, tropezones y caídas, que son las principales causas de accidentes en el sitio, en el artículo citado, se utilizó un método descriptivo analítico, estos datos se recopilaron a través de un cuestionario, con 70 encuestados, seleccionados bajo un método de muestreo estratificado aleatorio, el cuestionario evaluó la percepción de los contratistas y consultores sobre los factores importantes de la construcción *Lean* y su impacto en la seguridad del proyecto de construcción, los autores argumentan que el *Lean* se centra en maximizar el valor y minimizar los residuos, y esta filosofía puede contribuir significativamente a crear entornos de trabajo más seguros, los puntos clave del enfoque que incluyen los autores son:

- Identificación de desperdicios: Las técnicas *Lean* favorecen la identificación y eliminación de desperdicios en los procesos, que también pueden incluir prácticas o condiciones inseguras que conducen a accidentes.
- Mejora continua: El *Lean* promueve una cultura de mejora continua, alentando a los equipos a evaluar y mejorar periódicamente los protocolos y prácticas de seguridad.
- Colaboración: enfatizar el trabajo en equipo y la comunicación permite un mejor intercambio de información y prácticas de seguridad entre los trabajadores y la gerencia, lo que conduce a una mejor seguridad general.
- Estandarización: La implementación de procedimientos de seguridad estandarizados ayuda a reducir la variabilidad y la incertidumbre en los lugares de trabajo, que a menudo son fuentes de accidentes.
- Capacitación y participación: involucrar a todas las partes interesadas, incluidos los trabajadores, en la capacitación y la toma de decisiones sobre seguridad fomenta un mayor sentido de propiedad y responsabilidad hacia la seguridad.
- Gestión visual: el uso de técnicas de gestión visual puede mejorar la comunicación sobre normas y peligros de seguridad, lo que facilita que todos los trabajadores reconozcan y respondan a los riesgos potenciales.

Con base en los hallazgos, se formó un marco teórico como se muestra en la Figura 8, en base al cual se puede lograr construcción eficiente.

Nota: DCIP = problemas de interfaz diseño-construcción; LC = construcción eficiente.

Figura 9. Marco teórico.

Tomado de (Aisheh, et al.,2021, p.11).

En la publicación los autores de “Introducción a la seguridad en la industria de la construcción junto con la hipótesis de la construcción ajustada”, Anandh et al., (2021), evalúan como analizar los principios *Lean* para la gestión de la seguridad, resumiendo seis en total, los cuales se exponen a continuación:

- Liderazgo de la dirección: como su nombre indica, es indispensable, como en todo proceso, que la alta dirección debe responsabilizarse en la identificación y minimizar los peligros en el proyecto, implementando la mejora continua de la seguridad y la salud en el lugar de trabajo. La seguridad tiene que ser uno de los

objetivos primordiales para los líderes de las organizaciones, en Colombia referente a lo promovido en el capítulo 6 del Decreto 1072 de 2015, sobre la política en seguridad y salud en trabajo, se afirma que esta debe ser elaborada en debida forma según las características de la empresa y debe ser difundida de manera oportuna por la alta dirección a los empleados (Anandh, et al.,2021, p.3).

- Participación de los trabajadores: ser activos en todos los aspectos de la seguridad y salud en el trabajo por parte de empleador y empleados es fundamental, se tiene que seguir estrictamente con los reportes, seguimiento e investigaciones de accidentes de trabajo, los métodos de comunicación deben ser amplios, eliminando obstáculos que impidan que los colaboradores tengan la información oportuna, a tiempo y verídica del SST, es más importante la seguridad que terminar los productos por las necesidades corporativas (Anandh, et al.,2021, p.3).
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos: las investigaciones se deben dar a tiempo, con recursos y en el espacio acorde, se debe dar prioridad para poder tomar medidas de mejora y encontrar otros riesgos; estos incidentes, enfermedades y lesiones se deben analizar para realizar las evaluaciones de estos, no se pueden menospreciar los peligros de bajo riesgo, tanto este como los de alto riesgo deben corregirse con un plazo definido (Anandh, et al.,2021, pp.3-4).
- Medidas de prevención y control de riesgos: integrar personas formadas con grandes capacidades y amplios conocimientos en seguridad y salud en el trabajo, debe ser una directriz de las empresas, buscando que estos especialistas aporten en la mejora de la gestión, identificando los peligros de alto riesgo que tienen que quitar inmediatamente, el entorno debe ser mejorado continuamente con medidas

de prevención y con uso de los elementos de protección personal en cada espacio por los empleados (Anandh, et al.,2021, p.4).

- Educación y capacitación: como obligación y deber de todo empleador, es necesario cumplir como lo indica el decreto 1072 de 2015 en Colombia, estableciendo el programa de capacitación anual en seguridad y salud en el trabajo, en este se programan todas las capacitaciones de los trabajadores dependientes, contratistas, cooperadores y en misión, la formación expone el sistema con las condiciones de trabajo para que los procesos sean estandarizados, como también integrar la normatividad de roles, responsabilidades, derechos y deberes (Anandh, et al.,2021, p.4).
- Comunicación y coordinación en el lugar de trabajo: el trabajo en equipo es clave para el funcionamiento de las medidas en temas de seguridad, es por esto la importancia de la comunicación asertiva entre empleadores y trabajadores, la retroalimentación de las partes garantiza que todos estén atentos a los peligros de las áreas, permite la identificación, categorización y mitigación (Anandh et al., 2021, p.4).

En el estudio de los autores, Babur, et al., (2021), titulado; Diseño axiomático para sistemas de seguridad y salud en el trabajo orientados al *Lean*: una aplicación en la industria de la construcción naval, se buscó demostrar que tras armonizar el sistema de seguridad y salud, entre trabajadores, la organización y las partes, se tienen grandes ventajas en el SST, esto lo lograron bajo un enfoque metódico para la elaboración del SST, considerando el sistema como un todo y no como la suma de sus partes (Babur, 2021, p.1). Se cita en la monografía este documento, puesto

que a pesar de que está hecho para la construcción naval y no de infraestructura, tiene pautas para aplicar los objetivos de la caracterización y la relación con la seguridad de los trabajadores.

Suh en el año 1990, propone en la teoría del Diseño Axiomático (DA) y los principios *Lean* de Womack y Jones del año 1996, una relación estrecha porque se busca que el producto sea el que quiere el cliente, la manufactura *Lean* nace desde el sistema de producción Toyota, eliminando desperdicios o las tareas sin valor agregado, estos últimos consumen recursos. Las empresas con herramientas *Lean* tienen como uno de sus objetivos un cliente con sus demandas a gusto, utilizando menos recursos y reduciendo a su máxima expresión los desperdicios, alcanzando esto con un cambio en la cultura organizacional dirigida a los colaboradores, que tiene como consecuencia mayor competitividad y eficiencia. Con respecto a la seguridad y salud de sus trabajadores, se logra tener índices menores de accidentalidad, aunque se intensifica el rendimiento en el trabajo, pero de manera ordenada y eficiente, aumentado la productividad, las actividades reducen enfermedades de origen ergonómico y por supuesto el estrés laboral (Babur, et al., 2021, p.2).

El estudio del año 2021 que toma los axiomas, con objetivos generales y específicos, utilizando algunas herramientas *Lean* relacionadas con sistemas de seguridad y salud en el trabajo, resume que identificar, analizar y utilizar los elementos del sistema de SST, en búsqueda de los objetivos del mismo tiene sus complicaciones, se debe tener para esto un componente humano de formación y experiencia de varias profesiones; el estudio incorporo en el diseño del sistema de SST junto con herramientas *Lean*; las 5S, gestión visual, estandarización, Kaizen y Yokoten, esta hoja de ruta del diseño axiomático se hizo para su implementación en la construcción naval en sus astilleros, la iniciativa fue disminuir los índices de accidentes de trabajo, las enfermedades laborales, el ausentismo y por ende también los costos, además buscó ser ejemplo en otros sectores

productivos, se debe seguir evaluando las ventajas en la cultura organizacional y poder cuantificar los beneficios reales en SST (Babur, et al., 2021, p.17).

El número creciente de disposiciones de seguridad para los empleados necesarios en el uso para la gestión de la seguridad en la construcción, con énfasis al principio *Lean* de la comunicación asertiva, precisa que al crearse una falta de comunicación eficaz entre los interesados en la filosofía *Lean* o los empleados mal informados, puede llevar a equivocaciones con los objetivos de ambos campos, o sea, en los sistemas de gestión de la seguridad en la construcción y el *Lean Construction*, los empleados pueden pasar por alto sus medidas de seguridad cuando se tienen altos niveles constantes de producción, lo que podría conducir a un incremento en las tasas de accidentes. Aunque los incidentes de construcción se ven como desechos desde un punto de una vista *Lean*, se ha dedicado poca investigación al análisis de la sinergia entre los sistemas de seguridad y salud y el *Lean Construction*; otro de los aspectos claves a tener en cuenta es la apropiación del *Lean*, porque todavía está en una fase de evolución, esta no es masiva, su difusión no está generalizada en las obras, es por esto que se hace relevante que se divulgue el *Lean*, como una apariencia incluyente, esto se hace con una profundización en la literatura y sus componentes que aporten a la industria.

El artículo de Kishore Bhagwat y Venkata Santosh Kumar, expone el avance existente para el año 2024 en la literatura en el mundo, las investigaciones articulan el vínculo creado entre la gestión de la seguridad en la Construcción y el *Lean construction*, se destacaron varios niveles en los estudios aplicados puntualmente a la industria, a la organización y al proyecto, donde más se efectuaron investigaciones fue en la industria de la construcción en general, usando encuestas, cuestionarios, entrevistas entre otros elementos, los estudios son escasos para los proyectos y casi nulos para las organizaciones (Bhagwat, et al., 2024, pp.12-13).

En cuanto en qué etapa se hizo la investigación de la literatura, indican Kishore Bhagwat y Venkata Santosh Kumar, que para los proyectos generalmente se habla de cuatro fases; planificación, diseño, ejecución, supervisión y control. Existen artículos que no se diferencian según los hallazgos, la mayoría de los estudios previos se han enfocado en la etapa de ejecución del proyecto, las otras etapas son tomadas en cuenta muy ocasionalmente (Bhagwat, et al., 2024, p.8).

Se deduce de lo anterior, que se hacen las investigaciones porque en la fases de ejecución es donde se va a campo y se realiza la construcción de las obras, involucrando trabajadores, equipos y herramientas, para poder llegar al producto que es la infraestructura (Bhagwat, et al., 2024, p.8). Este es el momento crucial y donde se está con mayor exposición a peligros en obra, allí se generan los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales, es por esto que los sistemas de gestión son puestos a prueba y su efectividad con la integración al *Lean*.

Es relevante la identificación que hace la literatura del tipo de proyecto, los cuales los clasifican los autores Kishore Bhagwat y Venkat Santosh Kumar, según su uso; edificio residencial con siete artículos, edificio comercial con cuatro publicaciones, con otras seis el de uso industrial, para infraestructura de carreteras uno. De igual manera y no menos importante, es saber cómo se enfocaron en cuanto a la fuente de datos de investigación de los estudios tales como personal de gestión, personal de supervisión, investigador, artículo de revista de seguridad, trabajador, personal de seguridad, contratista, arquitecto, profesor, estudiante, propietario, líder *Lean*, los informes de accidentes y otros, según los resultados, la mayoría de las investigaciones han abordado al personal de gestión (14 artículos), al personal de supervisión (11 artículos) y a los investigadores (9 artículos), es raramente observado que tengan como fuente el líder *Lean* y el tema del reporte de accidente (Bhagwat, et al., 2024, pp.8-9).

El *Lean Construction*, posee un impacto significativo, positivo y estadísticamente importante en los SST, existen investigaciones que aportaron seguridad a las prácticas ya existentes del *Lean*, como el proceso de las 5S, y sugirieron un marco de las 6S, el desarrollo del marco de las 6S resultó en un ambiente de seguridad más favorable en las obras, en algunas investigaciones subrayaron que el *Lean* podría asistir a los líderes de proyectos e incentivar a los trabajadores para un rendimiento superior en términos de seguridad, jugando un rol crucial en la mejora de la seguridad psicológica y la seguridad global en los proyectos de edificación, la puesta en marcha del *Lean Construction* puede ser dificultada por elementos de gestión, finanzas, educación, gobierno, técnicos y de actitud humana. En la Franja de Gaza se encuentra también enfrentando el aspecto educativo como una barrera significativa, Enshassi y otros autores en su documento; “Barreras a la aplicación de técnicas de construcción ajustada en relación con la mejora de la seguridad en los proyectos de construcción”, evidenciaron treinta y nueve barreras exactas para la aplicación del *Lean* en este territorio (Bhagwat, et al., 2024, p.9).

Las investigaciones anteriores en la industria manufacturera han resaltado que las mejoras en *Lean* aumentan el ritmo de actividad y las demandas físicas, lo que potencialmente podría ocasionar lesiones musculoesqueléticas, es esencial llevar a cabo una investigación similar en el campo de la construcción, además es imprescindible emprender una exploración en busca de métodos innovadores para erradicar los obstáculos en la aplicación del *Lean Construction*, fomentando y difundiendo la noción de este, para ello se debe crear un modelo de madurez de la capacidad *Lean*, con el objetivo de ampliar esta filosofía más allá de sus fronteras actuales, (Bhagwat, et al., 2024. p.10). A continuación, se relaciona los procedimientos enmarcados en el *Lean Construction*, aplicados a la gestión de la seguridad, tomados de los autores Kishore Bhagwat y Venkat Santosh Kumar del año 2021, que exponen en la publicación; mejora de la salud y la

seguridad en proyectos de construcción: un enfoque de construcción ajustada, los siguientes procedimientos (Bhagwat, et al., 2024. p.11):

- Programar tareas para los empleados diariamente.
- Realizar un análisis de riesgos antes del inicio de un trabajo.
- Asignar trabajo a los empleados en función de sus competencias.
- Asignar trabajos semanales.
- Realizar discusiones continuas entre la dirección del proyecto y los empleados de la obra.
- Trabajar todos los días con los empleados.
- Coordinar y asignar obras concurrentes e interconectadas al mismo tiempo.
- Planificar adecuadamente las actividades claves e interconectadas.
- Planificar dentro de un equipo.
- Exponer el proceso y la manera en que los empleados deben ejecutar el trabajo.
- Preparar protocolos y estrategias de seguridad.
- Mejorar la visibilidad en el lugar de trabajo eliminando los obstáculos que bloquean la visión.
- Instalar sistemas de alarma contra incendios.
- Llevar a cabo las tareas domésticas en el lugar de trabajo casi a diario.
- Organizar y disponer los materiales y equipos en el sitio.
- Suministrar continuamente el material en el lugar de trabajo según sea necesario para evitar su acumulación y congestión.
- Cumplir con las normas de seguridad y protección en el trabajo.

Las contribuciones teóricas y aplicaciones prácticas del estudio de Kishore Bhagwat y Venkat Santosh Kumar, representan a su vez un avance significativo en la promoción de la filosofía *Lean* para la gestión de la seguridad en la construcción. El estudio no solamente determinó y presentó una visión integral de las prácticas *Lean Construction*, sus beneficios, las barreras de implementación y su relación con la gestión de la seguridad, también se analizó las tendencias actuales y propuso futuras direcciones de investigación para estudios subsiguientes, las contribuciones prácticas incluyen la exploración por parte de los profesionales de la construcción de la lista completa de herramientas prácticas *Lean Construction* y su adaptación a los proyectos respectivos, la investigación de barreras y actividades promocionales con base en estudios de casos de la vida real, y el seguimiento de las técnicas *Lean Construction* recomendadas para la gestión de la seguridad.

Acorde a la literatura consultada, para el año de 2019 bajo el nombre de “Impactos de la construcción ajustada en los sistemas de seguridad: un enfoque de dinámica de sistemas”, los señores Wu, X., Yuan, H., Wang, G., Li, S., y Wu, G, realizaron un estudio en cual utilizaron un modelo de dinámica de sistemas, simulando el impacto de la implementación del *Lean* en la seguridad laboral en la industria de la construcción, se consideraron algunas variables como la frecuencia de accidentes, la gravedad de los accidentes, la cultura de seguridad y la implementación de *Lean*, se recopilieron datos de 448 proyectos en China. (Wu, et al., 2019, p.1). se realizaron simulaciones para determinar las correlaciones entre cinco tipos de herramientas *Lean* y la construcción, los resultados demostraron que:

- La gestión 5S tiene impactos positivos significativos en el control de ubicaciones e instalaciones clave en los sitios de construcción, contribuyendo a la mitigación de los impactos ambientales (Wu, et al., 2019, p.4).

- La gestión visual puede mejorar significativamente el cumplimiento de la seguridad y la gestión de la seguridad (Wu, et al., 2019, p.5).
- La gestión justo a tiempo tiene influencias altamente positivas en el diseño de las instalaciones de seguridad y la formulación del plan de seguridad (Wu, et al., 2019, p.7).
- El sistema *last planner* y la gestión de conferencias son eficaces para mejorar la capacitación en seguridad y la implementación del plan de seguridad (Wu, et al., 2019, p.6).

En el artículo “Impactos de la construcción ajustada en los sistemas de seguridad: un enfoque de dinámica de sistemas”, se demostró que la implementación de *Lean* puede tener un impacto positivo en la seguridad laboral en la industria de la construcción; los autores argumentaron que adaptación de la filosofía, puede reducir la frecuencia y la gravedad de los accidentes laborales, mejorar la cultura de seguridad y aumentar la eficiencia en la gestión de la seguridad (Wu, et al., 2019, p.13).

Es claro que los proyectos constructivos con *Lean Safety*, deben probarse y explotarse en otros contextos, como también se necesita lograr una mejora de la eficiencia y una mejora de la calidad (Chiara, 2015, p.1). La expansión de filosofías sinérgicas que mezclen varias guías en la gestión, puede proporcionar un camino que entregue un producto o servicio satisfactorio para el cliente, en la implementación *Lean* se tiene problemas para llegar al alcance de los objetivos de la gestión, la experiencia previa en su aplicación y acoplarse en la fase de cambios puede generar un éxito provechoso en los proyectos, es responsabilidad de la alta dirección apoyar los ajustes en los procesos y que estos sean admitidos por los trabajadores de todo nivel, la mejora continua, la asesoría externa, el personal idóneo formado en *Lean* que promuevan el cambio, la comunicación multidireccional y la evaluación de resultados, pueden conllevar a un *Lean* trascendental para las

empresas. Es necesario crear una cultura de difusión permanente, acompañada por la educación al personal comprometido con la metodología *Lean*, se deben convertir en originales agentes de cambio con el respaldo de la gerencia, la participación de los trabajadores sin capacitación continua reduce el desinterés por el cambio, se deben demostrar las ventajas para sus actividades diarias que hagan creer en el *Lean*, puesto que la resistencia cultural es común en algunos participantes en cualquier transformación (Chiara, 2016, p.12).

5.5 Sobrecostos, tiempos, accidentes de trabajo y enfermedades laborales de la construcción en Colombia

Realizando una revisión de la literatura sobre el origen de los sobrecostos y tiempos en la industria de la construcción, cabe destacar el estudio de Gómez et al., (2023), denominada: “Causas de sobrecostos y tiempos en proyectos de construcción: una revisión de alcance”, se analizaron un grupo de artículos aproximadamente trescientos, indicaron que en estos dos aspectos incrementaron con el tiempo presentándose principalmente en el ciclo de la ejecución del proyecto, estas desviaciones son el producto de la mala gestión de los profesionales entre otros, se indica que para Colombia (Gómez et al., 2023, p.1). En otra investigación se realizó un análisis de obras donde se evidencia que, en los proyectos de construcción de vías rurales, se encontraron incrementos del ocho por ciento en costos y de la variable tiempo aumento el diecinueve por ciento.

El propósito es diseñar estrategias e intervenciones concretas orientadas a optimizar el rendimiento del proyecto y reducir la aparición de sobrecostos, esto se da al analizar las causas en contextos de proyectos particulares. Los interesados pueden tener una mejor comprensión de los desafíos específicos y elaborar enfoques a medida para aumentar la eficiencia y el éxito del proyecto (Gómez, et al., 2023, pp.1-2). Para esta monografía desde el punto de vista que los

accidentes de trabajo y las enfermedades relacionadas a las labores en la construcción se ven como un desperdicio bajo parámetros *Lean*, es adecuado verificar que costos adicionales y plazos prolongados generan estos eventos para los proyectos de las obras.

Los señores Gómez et al., (2023), atribuyeron que algunos de los factores que son responsables de los atrasos y mayor valor de las obras se pueden asociar a la inadecuada gestión, supervisión de las obras, problemas financieros, escasez de materiales y dilaciones en los pagos, primeramente se suman otras causas que son analizadas en estudios del año 2000 en adelante como el no cumplimiento de los contratistas, el riesgo o la falta de certeza, la carencia de habilidades profesionales, la falta de capacitación de los trabajadores, los problemas en la obtención de materiales y las condiciones del terreno no detectadas, en general los autores manifestaron que el 37.6% de las causas se atribuyó a la ejecución del proyecto, seguida por la gestión del propietario con un 21.5%, y los recursos con un 12.9%; para las causas externas se suman las gubernamentales y sociales fueron casi equivalentes, con un 9.7% y un 8.6%, respectivamente. El estudio toma relevancia porque con otras interrelaciones como son, la mano de obra no calificada, la productividad, el ausentismo, como otras causas en el aumento de costos y retrasos de los proyectos de construcción, para países comúnmente llamados en vía de desarrollo, se volvió a destacar según los investigadores que el origen es la deficiente gestión y supervisión (Gómez, et al., 2023, p.9). Las situaciones antes mencionadas indican que la gestión hecha en la construcción, no cubre las necesidades de la involucrados en los proyectos; en este sentido se deben incluir los profesionales que trabajan en la parte de seguridad y salud en el trabajo de las obras, en relación a los sobre costos y plazos adicionales que pueden generar los accidentes y enfermedades laborales, por esto, se requieren nuevos mecanismos donde prevalezcan oportunidades de mejoras en la gestión y en las prácticas SST, con esfuerzos conjuntos disminuyendo la incertidumbre,

aumentando la eficiencia en la ejecución de obras; es allí donde la aplicación sistemática de la metodología *Lean Safety*, tiene cabida para un futuro próspero en los proyectos.

En cuanto a la caracterización de los aspectos que generan las diferencias entre el costo y el tiempo en las obras en Colombia, en el artículo elaborado por Lozano et al., (2018), publicado por la revista Ingeniería y Ciencia con título: “Identificación de factores causantes de retrasos y sobre costos en proyectos de construcción en Colombia”, en los sondeos de proyectos de construcción en el país a sus líderes, donde se indagan cuáles son los motivos de incremento de tiempos y costos en obras, teniendo en cuenta las condiciones puntuales de cada construcción, el estudio dio como resultado que la planeación incorrecta, unida a que los profesionales interdisciplinarios que no están articulados en los objetivos de las obras, presentan como los aspectos más destacados en el aumento de costos y tiempos en el país, el conocimiento de estos factores mencionados por los constructores permite la toma de decisiones para mejorar la gestión, aplicando acciones de reducción de los efectos perjudiciales, se deben hacer nuevos estudios para ver la incidencia sobre los costos y posible aumento de los tiempos, en el artículo se revisaron ejemplos en otros países, donde se evidencia que en la India los costos aumentaron más del 73%, el desempeño disminuyó en el 40%, esto para 290 proyectos analizados, en la misma línea, la inversión se adicionó en un 55% para 137 proyectos; en Malasia se observó que una de las causas que generan mayores costos es la mala administración y supervisión de obra; para el Reino Unido, uno de los cinco factores que influyeron en los costos fueron los riesgos e incertidumbres; para un país como Egipto, también vinculan al mal manejo de equipos o maquinaria y problemas laborales. En general se determinó que se atribuyen otros aspectos hallados como condiciones del sitio de trabajo que influyen en los gastos adicionales para los constructores (Lozano, et al., 2018, pp.3-4).

Para la disminución de indicadores de los factores negativos mencionados en el párrafo anterior, como en las variables para la demora en la ejecución de las obras, visto esto como un denominador constante de impacto, se necesita en los proyectos una gestión permanente. El *Lean* tiene herramientas con capacidad para minimizar los retrasos, es por esto por lo que Pérez, et al., (2024), reconocieron en Colombia varios factores causantes del atraso en los proyectos de edificación entre algunas se tienen: la planificación insuficiente, la falta de estudio previo del terreno y la falta de control. Las nuevas destrezas en la gestión del manejo de proyectos, aplicando metodologías y tecnologías emergentes, mejoran la gestión de los proyectos, sin embargo, aún se enfrentan retrasos en el cronograma que persisten como un desafío significativo en todos en las obras (Pérez, et al., 2024, p.3).

El *Lean* sobresale por su capacidad en la reducción de las demoras, al identificar y eliminar procedimientos que se convierten en desperdicios o no agregan valor al proyecto, la combinación en conjunto de sus principios y herramientas, al abordar los orígenes de los atrasos de obra permite en gran parte acelerar esa denominada gestión de proyectos, es necesario que con más estudios se examine cuáles son las herramientas *Lean* que contribuyen a la disminución de los tiempos de procesos constructivos para poder mejorar la gestión (Pérez, et al., 2024. p.8). Es importante ver cómo el rendimiento en las obras de construcción se puede potencializar, bajo la filosofía *Lean*, bajo análisis sistemático en la industria integrando las mismas para una gestión de proyectos eficientes de la mano de la formación de los profesionales, esto incluidos los responsables de Seguridad y Salud en el trabajo. Para ello es necesario identificar las técnicas que en otros lados del mundo están avanzando en estos temas, permitiendo que se puedan discernir y aplicar en los sitios de obra en la gestión SST.

La variación de la planificación de los plazos de excesiva de la duración de tiempos para la ejecución de obras tienen consecuencias en las fechas de entrega de la infraestructura, estas prórrogas y alargues de los responsables de los proyectos, tienen graves consecuencias como se ha mencionado: sobrecostos, controversias, procesos jurídicos, desprestigio, entre otros efectos negativos para las empresas, es por esto que la coordinación entre la planeación y la gestión de las obras tiene retos por los riesgos que persigue la gestión, alterar la terminación de una solo ítem de obra puede generar retrasos en todo el proyecto, modificando la fecha de entrega estimada, estas situaciones se dan en todo el mundo, pero las repercusiones económicas para las organizaciones y los beneficiarios de los proyectos son altas, y a pesar que los contextos en cada país pueden ser diferentes, se evidencian causas generalmente comunes (Pérez, et al., 2024, p.2). Los retrasos en los proyectos de construcción son una preocupación mundial; como lo demuestran las investigaciones realizadas en diversos países y contextos, estos retrasos no simplemente afectan el cronograma, también estos tienen importantes repercusiones financieras. Los estudios han identificado múltiples factores que contribuyen a los retrasos en el cronograma, que van desde cambios en la demanda de los usuarios, modificaciones de diseño hasta dificultades financieras de los propietarios e inexperiencia de los contratistas. A pesar de las diferencias en la ubicación y el contexto de cada investigación, es evidente que la industria de la construcción enfrenta problemas comunes, por lo cual es esencial implementar nuevas metodologías y tecnologías en las diferentes etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción, y la interacción de las técnicas *Lean* podrían optimizar los flujos de los procesos, disminuyendo los factores que producen los retrasos, además de algunos otros, que acompañados con esa mencionada mejora continua, toma decisiones en forma rápida y las tácticas oportunas vinculadas con unos canales de correcta comunicación,

para poder establecer las actividades que no generan ningún valor y eliminarlas (Pérez, et al., 2024, p. 13).

5.6 *Lean Construction* y otras experiencias *Lean* en Colombia como paso a implementar *Lean Safety*

Es incuestionable el papel dinamizador que desempeña el sector de la Construcción en Colombia, adicional a la vivienda en todos los estratos, la infraestructura institucional, vial, portuaria, aérea, la dedicada a la producción de energía eléctrica, entre muchas otras obras mueve la economía y a su sociedad. Para el año 2024 se tiene un estimado del producto interno bruto dados en miles de millones de pesos con un monto de \$237.505, los indicadores determinan que desde enero a septiembre de 2024 se generaron 1.528.000 empleos, datos otorgados por la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), pero a mayor número de trabajadores mayores riesgos y posibilidades de accidentes de trabajo y enfermedades laborales asociadas a la Industria. Sierra, (2022), elaboró el artículo: “Una revisión bibliográfica de la relación del *Lean* y los proyectos de construcción en Colombia”, indicando la autora que a pesar de que el sector apalanca la economía, no tiene un buen desarrollo del mismo y que es poco efectivo, relacionado a la falta de industrialización y a varios aspectos fundamentales como la falta de planeación, los diseños no finalizados, presupuestos subestimados, la programación indebida, la deficiente comunicación entre las partes implicadas, originando los sobrecostos y atrasos, la aplicación de estrategias de mitigación como en todo el mundo inquieta a los constructores. En este punto se observa la importancia de la implementación del *Lean*; existen profesionales en el país que están realizando estudios sobre el desarrollo de obras como Luis Fernando Botero, donde expone los indicadores de pérdidas y desperdicios (Sierra, 2022, p.9). El arquitecto Botero, bajo una serie de pruebas,

observó inicialmente el tiempo de obra con los rendimientos de los trabajadores y la producción realizada en tiempo real, dando como resultado que en Colombia está por debajo de los mínimos desempeños, generando grandes pérdidas.

Se evidencia la introducción de varias empresas en el ambiente *Lean*, pero existen obstáculos generados por algunos de los involucrados en la cadena de producción y por otro lado la aplicación parcial del *Lean*, esta filosofía y sus herramientas están en constante investigación en Colombia, pero la experiencia en otros países de Latinoamérica ha tenido mayor alcance, la meta es cambiar la forma de pensar en la gestión de la construcción que va en contra de lo convencionalmente usado en la industria (Sierra, 2022, pp.9-10).

En la construcción existen varias disciplinas; geotecnia, estructuras, cimentaciones, vías, hidráulica, eléctrica que tienen dentro del sector un nicho importante; según la investigación por Sierra (2022), los subsectores que lideran la aplicación del *Lean* en la gestión son la ingeniería de estructuras sismorresistente, la construcción de vivienda y de edificaciones no residenciales y en tercer lugar el área de sistemas de infraestructura (Sierra, 2022, p.16). La empresa Urbansa se transformó en la primera organización en Colombia acreditada en *Lean Construction*, mediante un acuerdo establecido con la Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico – EAFIT- de Medellín y CAMACOL Bogotá; esto en la búsqueda de elevar los niveles de eficiencia a lo largo de todo el proceso de edificación, con el objetivo de la optimización en los tiempos de realización y un incremento en la fiabilidad de los proyectos, basándose en mediciones regulares de la productividad y la mejora de la logística de cada trabajo (Urbansa, s.f)

Por el lado de obras viales y de transporte no se evidencian aún la aplicación *Lean*, pero ya hay iniciativas, para poder mitigar las malas prácticas en la ejecución de obras, que redundan en la pérdida de beneficios económicos para las empresas y, aunque el sector constructor ha venido

con cifras optimas del crecimiento, el sector privado está progresando en el uso de estas tecnologías emergentes, por lo cual resulta crucial que el sector público comience a implementar estos conocimientos e investigaciones ya existentes para optimizar el uso de los recursos. (Sierra, 2022, p.17). En esta línea, varias instituciones educativas realizan formación para que apliquen a futuros proyectos, para que cada caso tenga como resultado una mayor calidad, eficacia y reducción de pérdidas, motiva a que las empresas y trabajadores sean más competitivos en la región y en el mundo (Sierra, 2022, p.18).

Con relación a la seguridad y salud en el trabajo, el recurso humano es un componente esencial para las organizaciones. Gracias a las significativas aportaciones que las personas hacen a la capacidad productiva, la toma de conciencia ha servido para posicionar los programas en fomentar la salud y la protección de los trabajadores. Varias investigaciones se han enfocado en la aplicación de instrumentos y técnicas para la creación de estrategias de mitigación y disminución de los factores de riesgo de accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

Para generar un efecto notable en los sistemas de administración de seguridad y salud laboral, se requiere que las empresas adopten los programas de prevención de riesgos laborales, por lo cual es imperativa la integración de los gobiernos, Administradora de Riesgos Laborales, las aseguradoras, y los empleadores y trabajadores deben seguir redoblando esfuerzos con formación en todos los niveles para disminuir los eventos; estos están principalmente vinculados a una deficiente organización laboral y se pueden minimizar a través de la detección de amenazas y los esfuerzos subsiguientes para suprimirlas (Tortorella, et al., 2020, p.).

La investigación de Tortorella et al., (2020), ofrece una propuesta que, aunque es para *Lean Manufacturing*, se observan técnicas generalizadas para una empresa de servicios. Los criterios de los especialistas establecieron cuales son herramientas *Lean* más favorables a implementar en

concordancia al sistema de riesgo y peligros de la firma, para que fueran complementarios a la misionalidad, se observa en la siguiente figura el esquema:

Figura 9. Diagrama de proceso metodológico.



Adaptado de (Tortorella, et al., 2020, p.4).

Los resultados de estudio de Tortorella et al., (2020), son interesantes para el desarrollo de la monografía; desde el enfoque *Lean*, se evidenció en primer lugar que la empresa es de origen privado sin ánimo de lucro, los servicios ofertados se focalizan en las áreas de salud, recreación, deportes, educación, subsidios, préstamos y vivienda y cumple el SG-SST con la legislación colombiana (Tortorella, et al., 2020, p3). En segundo y tercer lugar en lo que respecta seguimiento de los indicadores de índices de siniestralidad y/o enfermedad laboral por zonas, para los años entre el 2015 al 2017 reportados por el responsable del SST, en cuanto a enfermedades laborales no hay reportes, sin embargo los accidentes de trabajo en total fueron 42 reportados, el 69% sufrió efectos traumáticos, que conllevaron días de inactividad laboral debido a fracturas o contusiones físicas, en cambio, el 31% experimentó efectos no traumáticos, o sea, menos días de inactividad laboral, al identificar las clases de incidentes sucedidos en el campo de estudio, recreación, alimentos y bebidas, los accidentes se categorizaron según su tipo de riesgo, se determinó la

afectación física o psicológica a cada trabajador, ayudando a establecer mejoras, esto gracias al análisis de las causas asociadas a estos incidentes, con el objetivo de enfocar los esfuerzos y planes de acción para reducir los accidentes de esta naturaleza mediante la metodología *Lean*. (Tortorella, et al., 2020, p4).

En cuarto lugar, se llevó a cabo una investigación acerca de las herramientas de *Lean Manufacturing* utilizadas en las empresas, desde su definición, uso y método de implementación, realizando una evaluación desde una serie de interrogantes acerca de su impacto en la gestión de riesgos, en lo que respecta a la disminución del número de accidentes o enfermedades vinculadas al trabajo; como paso quinto, desde el análisis de los instrumentos *Lean* basado en sus particularidades, costo de aplicación, ventajas, desventajas y complejidad, eligiendo las que sean sencillas de implementar para el diseño de la metodología para disminuir la mortalidad laboral en la compañía de servicios . (Tortorella, et al., 2020, pp.6-7).

Otras herramientas pueden aportar en la mejora continua, pero no tratan directamente las causas analizadas en esta investigación a continuación, se relacionan:

- 5S: Organización e higiene inadecuadas, condiciones peligrosas en el entorno laboral, falta de señales de alerta de riesgo, espacio; no existen corredores claramente delimitados para el movimiento y desplazamiento.
- Estandarización: La falta de protocolo para el uso de productos químicos de limpieza, procedimientos operativos inadecuados, la falta de protocolos estandarizados, ausencia de EPP.
- Gestión visual: Exceso de confianza, sin limitación al acceso a la cocina, sin señalización de alerta de riesgo, alerta sobre la utilización de productos químicos de limpieza,

(blanqueadores a base de cloro, agentes desengrasantes, detergentes), condiciones laborales peligrosas, y condiciones laborales inseguras.

- Kanban: mala organización y limpieza del equipo, acciones preventivas para el manejo de alimentos y herramientas, evaluación de las normas de seguridad del equipo, proceso con un grado de riesgo significativo, ausencia de revisión del área de trabajo (Tortorella, et al., 2020, pp.6-7).

Como sexto y último paso en el estudio se estableció que se pueden adoptar paralelamente estas cuatro herramientas expuestas anteriormente, por presentar rasgos similares, en su aplicabilidad entregando resultados favorables, la normalización y las técnicas de las 5S son fundamentales para implementar la gestión visual; es decir, una vez que se han normalizado los procesos y se lleven a cabo todas las fases de las 5S (clasificar, organizar, limpiar, estandarizar y mantener), se decide la ubicación de los elementos visuales para asegurar una disminución de acciones y situaciones inseguras. Finalmente, Kanban anticipa la mejora constante de los procesos a través de la evaluación regular y el monitoreo de las estrategias implementadas que afecta de manera directa la seguridad y la ergonomía de los empleados, comenzando con las fases empleadas para la aplicación de cada instrumento, se definió una metodología que incorpora cada una de estas herramientas en la gestión del SST, de la siguiente forma:

- Revisar los protocolos, directrices y precauciones de seguridad, examinar las zonas donde se han producido la mayoría de los incidentes.
- Llevar a cabo encuentros con el equipo del área para identificar fallas y optimizar el proceso.
- Registrar, elaborar y optimizar los procedimientos, directrices, señales y acciones, según sea necesario.

- Capacitar y utiliza la metodología 5s
- Identificar las zonas clave según los puntos 1 y 2.
- Utilizar ayudas visuales a través de la señalización establecida.
- Publicar y divulgar los métodos estandarizados.
- Examinar y supervisar de forma periódica los procesos modificados.
- Reforzar el plan educativo mediante capacitaciones, charlas sobre autocuidado, prevención y gestión de riesgos.
- Fortalecer los medios de comunicación para los empleados respecto a el SST a través de todos los medios de comunicación de la empresa (Intranet, folletos, vídeos informativos, correo electrónico, mensajería interna, etc.)
- Optimizar las infraestructuras físicas detectadas en la revisión de las zonas de trabajo donde se encontraron elevados riesgos por limitaciones de espacio (Tortorella, et al., 2020, p.7).

En resumen, de la investigación hecha por Tortorella, et al., (2020), para la empresa de servicios, se creó un modelo integral y sencillo de aplicar para facilitar una correcta y eficiente gestión de las acciones de seguridad y salud en el trabajo, con el propósito de disminuir los accidentes y enfermedades laborales, donde se pudo determinar que aunque la metodología *Lean Manufacturing*, que en principio fue diseñada para la industria manufacturera, es efectiva en la prevención de accidentes y enfermedades laborales en esta organización, representando un reto; no obstante, sus parámetros pueden ajustarse con facilidad para alcanzar una correcta implementación en cualquier clase de empresa, esto depende de su correcta aplicación y de las estrategias apropiadas generando avances significativos en el proceso, es por esto que el *Lean Manufacturing*, se transforma en una herramienta estratégica que abarca todas las áreas de una organización, no únicamente por sus diversas implementaciones en una empresa, sino porque es

aplicable a cualquier tipo de negocio y puede adaptarse a distintos escenarios con resultados sobresalientes, el proyecto de la firma de servicios, así lo evidencia; esto mediante el análisis de las distintas herramientas *Lean* que son aplicables en seguridad y salud laboral, y que a su vez, influyen en la mejora de procesos, los hallazgos de las áreas examinadas y el estudio de las herramientas de *Lean Manufacturing*, centradas en la reducción de riesgos y el control para disminuir los índices de siniestralidad muestran que la gran mayoría de las herramientas actuales pueden ayudar a lograr este objetivo, la ejecución también varía según el tipo de empresa y las actividades que lleve a cabo, estas metodologías para el SST, son complementarias y contribuyen a disminuir los errores humanos, sobre todo los vinculados con los procedimientos (Tortorella, et al., 2020, pp.7-8).

Referente a las tasas de accidentes de trabajo en Colombia para la Construcción, Fasecolda indica que está estimada para el año 2023, según Ruiz Villa., (2007), cada accidente de trabajo le cuesta al empleador si lo tiene afiliado a una A.R.P \$148.955 pesos colombianos, esto aplicando la formula del valor presente al año 2024, con una tasa de interés promedio del año 2006 a 2024 de 6.47% dato entregado Banco Central de Colombia, (2024), representa un costo promedio por accidente de trabajo de \$225.835 pesos. (Banco Central de Colombia, s.f.) (Ruiz Villa., 2007). De otro lado según lo informado en el año 2019 en la publicación de portafolio, en Colombia no tiene un estimado oficial del valor de los accidentes de trabajo, la referencia base para tal fin es internacional, que es la del Consejo Nacional de Seguridad de los Estados Unidos – NSC – indica que el costo de un accidente por trabajador asciende para el año 2019 es de 1.100 dólares americanos, con un precio promedio dólar de \$4,071.35 pesos colombianos del 2024 el accidente de trabajo equivale a \$4.478.485 pesos colombianos, se calculó que para el año 2021 el valor acumulado por accidentes de trabajo de todos los sectores en el país, se aproxima a los dos billones

de pesos, este total podría haber llegado a los cinco billones de pesos incluyendo la muertes por causas asociadas al trabajo, confirmando los altos valores para los empleadores (Becerra, 2022, par.2).

5.7 Lean Safety, Recomendaciones y Articulación para la Construcción En Colombia

En primera medida, las empresas vinculadas al sector de la construcción en el país no deben pensar solo en la inversión de recursos, sino como una oportunidad de mejora en sus sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, la sinergia que se puede generar al introducir el *Lean Safety* para que sus trabajadores estén en ambientes seguros. Teniendo en cuenta lo revisado, se reconocieron beneficios favorables importantes para las organizaciones, mitigando los factores de riesgo y los índices negativos. En la siguiente tabla se proponen los posibles pasos iniciales básicos que se deben apropiar por las empresas de la construcción dependiendo de sus actividades, procesos (construcción, reparación, mantenimiento) y la especialidad de las mismas: edificaciones de uso residencial, institucional, comercial o industrial, así como la construcción de carreteras, puentes, represas, infraestructura portuaria, aérea, de generación de energía, entre otros. Se describen a continuación las recomendaciones para el inicio de la implementación del *Lean Safety*

Tabla 4. Recomendaciones para el inicio de la implementación del *Lean Safety*

Nº	Fase	Descripción
1	Cumplimiento del Decreto 1072 de 2015 y Normatividad vigente	Clasificación y estado de la constructora referente a la seguridad y salud en el trabajo, indicadores de accidentes de trabajo y enfermedades laborales por zona y el análisis de las causas de los accidentes de trabajo.
2	Análisis de los principios y herramientas <i>Lean</i> en equipo	Con el profesional idóneo y capacitado vinculado por la empresa, se deben estudiar los principios <i>Lean</i> , como la comunicación eficaz para poder aplicar la filosofía, la formación y entendimiento de los empleados para alcanzar los objetivos y la coordinación en las áreas

Nº	Fase	Descripción
		para funcionamiento de las medidas SST, la retroalimentación garantiza la comprensión del pensamiento <i>Lean</i> para ampliar la capacidad de los líderes involucrados y los trabajadores.
3	Selección de las herramientas <i>Lean</i> para la gestión y Control de accidentes y enfermedades laborales	Respecto al análisis del punto dos se deben implementar las herramientas <i>Lean</i> , que estén acordes con las necesidades de la empresa en cuanto a tamaño, actividades, áreas de trabajo, peligros, factores de riesgo, indicadores de accidentes y demás contexto del SST de la organización, la normalización de las herramientas se debe divulgar a todos los integrantes, revisar el alcance y compromisos con la alta gerencia donde se asignen recursos económicos, tecnológicos y humanos. Herramientas <i>Lean</i> a implementar; gestión, gestión visual, <i>sistem last</i> , andon, gestión justo a tiempo, gestión de conferencias, seis sigma, poka yoke, SMED; el sistema SMED (<i>Single Minute Exchange of Die</i>)
4	Capacitación, publicación e integración del SG-SST con el Lean Safety.	Proporcionar capacitación a todos los empleados de la filosofía Lean, formar sobre las herramientas, es primordial fomentar una cultura preventiva y del auto cuidado como valor y principio de actuación, como responsabilidad de todos los trabajadores y colaboradores, en relación de los principios y herramientas Lean, en el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo y control de las posibles causas de accidentes o enfermedades laborales, al control del ausentismo y a la preparación ante emergencias, se requiere publicar y masificar los métodos SST- Lean Safety estandarizados para la organización, la revisión de los indicadores de seguimiento se debe realizar de forma continua. Promover un ambiente de trabajo sano y seguro, bajo metodología Lean Safety, vinculando a las partes interesadas, además de proporcionar los recursos económicos, financieros, físicos, tecnológicos y humanos necesarios para cumplir con los objetivos y metas, en sus etapas de planeación, ejecución, implementación y evaluación, la sensibilización es calve para que promuevan la importancia de la prevención y el autocuidado.

Es importante evolucionar de un sistema de gestión orientado a la prevención reactivo enfocado a lo legal, concentrándose en un sistema proactivo; los sistemas generalmente están enfocados en los eventos que ya pasaron, se recurre a ver los informes del cierre de la semana, al cierre del mes en cuanto las tasas de accidentabilidad para tomar acciones para evitar que ocurra el mismo accidente, a diferencia de un sistema proactivo, que es un cambio de mentalidad al interior del proyecto, donde no se enfoca solo en lo que pasó sino en lo que se está haciendo bien o mal, es decir, evaluar las condiciones o prácticas de los sistemas de gestión de seguridad para destacar cuáles son las características que tiene cada proyecto, definiendo con mayor precisión los sistemas de gestión para la seguridad, tratando de generar un pronóstico, y asumiendo que un sistema robusto y bien adoptado va a evitar que tenga tasas altas de accidentabilidad, eventos complejos o hallazgos que sean potenciales accidentes al interior del proyecto, es necesario distribuir las tareas a los trabajadores según sus competencias, para reducir los errores y las pérdidas de todo tipo en el trabajo, aunando la planificación de las tareas difíciles y críticas.

Acorde al estado del arte revisado y alineado al objetivo específico número tres, se plantean algunas herramientas *Lean*, comunes y pertinentes que pueden ser aplicadas en la industria de la construcción en Colombia relacionadas al *Lean Safety*, con su implementación práctica a manera de ejemplo, se recalca que la adopción de las herramientas deben ser en conjunto y estar en el marco integral de la gestión de la metodología *Lean*, cambio de pensamiento, cultura organizacional, recursos, apoyo de la alta gerencia, asesoría profesional adecuado, engranado el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, a continuación se dan los casos:

Tabla 5. Ejemplos de acciones sugeridas de implementación de algunas herramientas Lean en el sector de la construcción para esta monografía.

Herramienta	Descripción	Aplicación
Estandarización Lean de procesos	Se debe partir de las preguntas: ¿Qué tengo que hacer?, ¿Como lo tengo que hacer?, ¿A qué velocidad lo tengo que hacer? y repetir el exactamente igual en cada ciclo, teniendo todos los procesos analizados, se optimiza y se inicia allí a practicar la mejora continua, los principales objetivos de la estandarización Lean es: • Estabilizar y reducir las variaciones. • Realizar un trabajo seguro y de calidad. • Detectar anomalías en el desempeño del proceso. • Mejorar los indicadores clave de la empresa.	Referente a la estandarización <i>Lean</i> de procedimientos, es adecuada en las obras para garantizar entornos de trabajo seguro, porque provee enfoques que buscan integrar la seguridad en todos los procesos de una empresa y los estándares mínimos de seguridad y salud en el trabajo (SST) que trata la resolución 0312 de 2019, algunos ejemplos pueden ser: • Utilizar software para centralizar de la comunicación sobre seguridad y salud laboral. • Implementar la herramienta 5S; S1 clasificar-limpiar, S2 poner en orden -configurar, S3 brillar, limpiar y verificar, S4 estandarizar, conformidad y S5 sostener la autodisciplina. • Identificar los problemas y las mejores prácticas para realizar un trabajo. • Trabajar en equipo para encontrar soluciones. • Mostrar los beneficios de la estandarización, como la ergonomía y el tiempo de producción.
Gestión visual	Es una estrategia de gestión que hace énfasis en la comunicación visual de acercamiento del trabajador y implementa con diferentes herramientas, donde se incorporan controles visuales, su objetivo es mejorar el rendimiento de una organización, busca que se hagan las actividades siempre de la misma manera.	En cuanto a la gestión visual es fundamental para los trabajadores reforzar a diario las medidas preventivas respecto al SST, se ven a continuación tres ejemplos: 1. Las Señales comunes en obra como primero la seguridad muchas veces nadie las lee, se sugiere el uso de herramientas dinámicas como adoptar el calendario de los accidentes por reparto, en el cual cada día un empleado diferente tiene que actualizar los resultados, el simple ejercicio de pegar el letrero, refuerza la mentalidad de "la seguridad es lo primero", este proceso de seguridad cambia la cultura preventiva de la organización porque involucra de forma activa los trabajadores. 2. Los tableros de sombra entregan la facultad de ubicar rápidamente si una de las herramientas o equipo si faltan, se usan en el orden y en las etapas de implementación y operación de un lugar obra, pueden ser de diferentes tamaños y estar ubicados en muchas áreas, es clave que estén bien ubicados y que tengan todas las herramientas necesarias para el área o estación de trabajo.

Herramienta	Descripción	Aplicación
		3. Andon: En el sistema de SST en las obras, se debe verificar la operatividad de los equipos y herramientas, por ejemplo, se pueden colocar tarjetas a los andamios metálicos, que identifiquen si están operativos para que los empleados puedan utilizarlos y que puedan trabajar con ellos y si necesitan algún ajuste o no pueden ser usados simplemente. (PRO MANAGEMENT, 2020).
Gestión justo a tiempo	El objetivo es eliminar los 7 residuos o desperdicios: • Sobreproducción: la producción excesiva de bienes y servicios puede generar diversos tipos de desperdicios y un inventario sobrante que muchas veces no se utiliza. • Inventario: se refiere a los residuos que se generan por el inventario que no ha sido procesado. • Movimiento: son los desplazamientos innecesarios que se realizan y que podrían haberse aprovechado para otros propósitos. • Defectos: son aquellos productos que no cumplen con las expectativas del cliente y que, en muchas ocasiones, terminan siendo desechados. • Procesamiento excesivo: Ocurre cuando se añade algo innecesario a un producto o actividad, lo que puede generar desperdicios. • Esperas: es el tiempo que se pierde cuando el personal o los equipos deben esperar a que se finalice una tarea. • Transporte: traslado innecesario de materiales de un lugar a otro, lo que también puede contribuir a la generación de desperdicios. (PRO MANAGEMENT, 2020).	Para el JIT, en la industria de la construcción es común encontrar los siete desperdicios mencionados, en relación con la seguridad y salud en el trabajo se aplica para minimizar errores y mejorar el rendimiento, se pueden implementar varias medidas: 1. Los materiales y residuos que se generan en las obras, su acopio constante son fuente de posibles accidentes de trabajo es necesario que no exista sobreproducción e inventarios de estos elementos, se requiere que se apliquen las medidas dentro de las zonas de obra que limiten la cantidad de material y los tiempos almacenamiento de residuos de construcción eliminándolos en sectores claves, minimizando el riesgo de accidentes. 2. Se debe diseñar, difundir y publicar en espacios visibles las rutas para simplificar el flujo de materiales, que permitan reducir los recorridos, además que se difunda los procedimientos de transporte, horario y desplazamiento de equipos, vehículos y maquinaria amarilla para reducir los peligros a los que se exponen los trabajadores. 3. La inadecuada planificación de actividades que tengan tiempos de espera constituye que, para los empleados, en los periodos de inactividad se puedan generar posibles accidentes de trabajo, este reposo es contraproducente para el desarrollo de actividades y la concentración del personal.

Herramienta	Descripción	Aplicación
POKA YOKE	Existen varios tipos de <i>poka yoke</i>, diseñados para prevenir errores o sistema a prueba de errores, hay de diferentes tipos: • Físicos, modifican la forma de ciertos dispositivos o herramientas para evitar errores. • De contacto, donde se utilizan sensores o dispositivos físicos para detectar la presencia o ausencia de componentes. • Secuencial, que asegura que los pasos de un proceso se realicen en el orden adecuado. • Informativo, el cual suministra información clara y visual a los trabajadores para evitar errores. • Agrupado, alista kits con los materiales y piezas necesarias para llevar a cabo una operación (P&m Live, 2021).	Como ejemplos de <i>poka yoke</i> para prevenir accidentes del trabajo en la Construcción se tienen: 1. Un sensor de seguridad en una sierra eléctrica para corte de madera o metal, en donde este se activa tan pronto que detecta la presencia del dedo cerca de la sierra, evitando la falla humana. 2. Para una prensa para laminas metálicas se puede adoptar un sistema de encendido seguro, para que un trabajador pueda doblar una lámina se requieren de sus dos 2 manos, la maquina tiene 2 botones, este evita que el operador ingrese alguna extremidad superior y su atrapamiento o el aplastamiento de alguna parte del cuerpo, porque la maquina únicamente se activa con los botones presionados por ambas manos. 3. Se pueden instalar en pasos peatonales que cruzan vías donde se encuentre tráfico de maquinaria pesada, un bloqueo de puertas para el peatón es algo sencillo, ayudando a minimizar y a evitar los accidentes, el trabajador se debe detener porque se le obstaculiza el paso de circulación, por medio de un sensor que se activa, al detectar el paso de un vehículo o maquinaria amarilla (P&m Live, 2021).

Lean Safety es una innovación de proceso, para la articulación con el decreto 1072 de 2015 en su artículo 2.2.4.6.26, especifica que se debe implementar y mantener un procedimiento para evaluar el impacto sobre el SST que genera la introducción de nuevas herramientas, cambios en los métodos de trabajo, instalaciones, entre otros, por lo que se debe vincular el conocimiento, la innovación y la gestión del cambio para la reducción de accidentes de enfermedades, mejorar la productividad y cumplimiento normativo, siendo esta metodología transformadora de pensamiento, como instrumento.

5. Conclusiones

Con base en los estudios e investigaciones que se tomaron como referencia bibliográfica en esta monografía, para su indagación y posterior análisis, en la búsqueda del cumplimiento de los objetivos propuestos se concluye en primer lugar, se logró determinar que existe un impacto positivo cuando se adopta el *Lean Safety*, en la reducción de accidentes de trabajo, mejorando los procesos en la industria de la construcción logrando una máxima eficiencia. La filosofía *Lean*, refiere a un conjunto de herramientas o un conjunto de buenas prácticas con herramientas aplicables, complementado a un trabajo colaborativo. Un trabajo en equipo que incluye: compromiso, aprendizaje, mejora continua de la filosofía y tiene que ver con la cultura con respecto a las personas y las formas de trabajo; más que una implantación simple de herramientas de la metodología, lo que busca el *Lean*, como tal es la cultura en las organizaciones.

La implementación del *Lean* debe partir desde lo que es la filosofía de la cultura. El objetivo es fomentar esta filosofía a largo plazo y se requieren bases bien fundamentadas para la adopción del *Lean*. Los cimientos deben de ser sólidos, puesto que la mejora continua se logra con los equipos, alineando a las personas previamente orientadas a una filosofía de reducción de desperdicios que incluyen los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales, buscando la maximización de valor de mejora continua, teniendo como resultados de esta solidez, la mejor calidad y costo más óptimo; es relevante para este documento mencionar que la aplicación del *Lean Safety*, disminuye las tasas de accidentalidad en los entornos laborales.

En el mismo sentido, las actividades del sector de la construcción presentan factores de riesgos con altas tasas de accidentes de trabajo, por lo que la seguridad en el trabajo es una preocupación relevante dentro de las empresas, ya que es un asunto que conlleva repercusiones económicas y sociales significativas. La seguridad es una inquietud permanente para la alta

dirección de las compañías, que normalmente se enfoca en reducir desperdicios y gastos, por consiguiente, persiste la necesidad de incluir métodos nuevos que minimicen el desperdicio y elevando la seguridad en el trabajo; como se dedujo anteriormente, *Lean* ha demostrado ser efectivo en estos aspectos.

En segundo lugar, en la verificación del objetivo específico: identificar las características del uso del *Lean Safety* en la reducción de accidentes de trabajo en el sector de la construcción reportadas en la literatura, inicialmente se profundizó en los principios y herramientas *Lean* como son: gestión, gestión visual, *system last*, gestión justo a tiempo, estandarización, gestión de conferencias, *andon*, seis sigma, *poka yoke*, el sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*), demostrando que esta batería de instrumentos, en su integración con los SG-SST, tienen un resultado óptimo. El panorama para que estos elementos contribuyan de forma oportuna en la reducción de factores de riesgo y la inclusión de controles, minimizan los índices de siniestralidad y se alinean con los objetivos de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, previniendo las lesiones y enfermedades que pueden ser originadas por las condiciones de trabajo; estas dependen de las variables propias de una organización como el tipo de empresa, la rama específica en la construcción, el tamaño del proyecto, el grupo de trabajo con que cuente, la gestión que realice la alta gerencia, los recursos económicos, la obra a edificar, entre otros. En relación con los empleados, el *Lean* es una metodología reciente que requiere un cambio de mentalidad, donde se promuevan nuevos hábitos; es primordial que todos los trabajadores se concienticen para que los procedimientos se estandaricen y se retroalimente la metodología con todas sus estrategias.

En tercer lugar y con base en la literatura considerada, se analizaron las acciones ejecutadas por el sector construcción. Basados en *Lean Safety* de la seguridad y salud en el trabajo, en la disminución de accidentes, se observó que a nivel mundial los países pioneros en la

implementación de la filosofía son: China, Estados Unidos, seguidos por India y algunos de la Unión Europea, quienes tomaron la iniciativa de trasladar las buenas prácticas del *Lean manufacturing* a la ejecución de obras, reconociendo los accidentes de trabajo como un desperdicio, con una hoja de ruta direccionada al cambio de mentalidad de los involucrados en las obras. Las practicas operacionales acertadas con personal calificado tanto en SST y *Lean*, permitieron obtener resultados favorables para la disminución de los accidentes de trabajo y enfermedades laborales en las construcciones de estos países.

Finalmente, para Colombia se constató que algunas empresas del sector de la construcción adoptan el *Lean Construction*, aspectos tales como sobrecostos y la pérdida de tiempos de los proyectos afectan el desarrollo de las obras. Los líderes de procesos requieren descartar las causas de los atrasos, mitigando los costos adicionales; *Lean* aporta al sector de forma eficaz la reducción de estos factores. La posibilidad de aplicar *Lean Safety* asociado a la seguridad y salud en el trabajo conduce a tener un proyecto exitoso, eliminando el desperdicio, comprometiendo a los responsables a disminuir los accidentes de trabajo, incidentes, enfermedades laborales, las deducciones y por ende las indemnizaciones. La interrupción de los procesos, la inducción y formación de trabajadores nuevos o temporales que asisten y reemplazan al personal implicado en los accidentes, tienden a generar costo adicional que se traduce en pérdida; entendido bajo el *Lean*, esto no aporta ningún valor agregado al proyecto de construcción.

Un sistema de gestión SST fortalecido, se resume en un impacto relevante en la optimización de procesos en una obra; en la bibliografía se evidencia que se puede adaptar a cualquier empresa en muchos sectores de la economía, pero los resultados positivos dependen del contexto en cualquier tipo de empresa y se puede ajustar a diferentes escenarios con excelentes resultados.

En Colombia, se convierte en un reto la adopción del *Lean Safety*; en la articulación para la industria de la construcción es compleja la tarea por los interesados por algunas condiciones, como la informalidad del sector, por existir personal que no cuenta con la vinculación al sistema general de seguridad social. Las empresas que tienen al día a sus trabajadores con su seguridad social poseen un sistema de seguridad y salud en el trabajo, orientado simplemente al cumplimiento de normas legales. En esta monografía se plantean algunas pautas que se sugieren para la implementación del *Lean Safety*; estas deben ser integradas al SST de manera gradual y ordenada, obligando a un cambio de pensamiento, cultura, comunicación, compromiso, evaluación y mejora continua del empleador y empleados.

6. Recomendaciones

La investigación sugiere que, para futuros estudios sería beneficioso generar los criterios de exploración en otros idiomas, como mandarín, hindú, turco, ruso, portugués y alemán, entre otros. Esto se debe a que en las regiones de otras lenguas se intensifica la actividad en este sector de la construcción, que se demostró en el desarrollo del documento anteriormente, en la ejecución de proyectos de infraestructura en países como China. Es necesario ampliar el enfoque lingüístico, permitiendo acceder a más información que enriquecería las revisiones.

Se recomienda realizar estudios que analicen los comportamientos, cambios y patrones de un grupo de personas o entidades a manera de muestreo; en un periodo determinado donde se evalúe el impacto del *Lean Safety*, observando la posible mejora en: la productividad, la reducción de accidentes laborales, enfermedades laborales antes de y después de la implementación. Es importante considerar la percepción de los trabajadores acerca de la filosofía, ya que permitirá identificar patrones de aceptación o rechazo hacia esta.

En Colombia, se podría evaluar la posibilidad en la adopción del *Lean Safety* en el sector gubernamental, en entidades rectoras del sector constructor, como: Ministerio de Vivienda, Ministerio de Transporte, alcaldías municipales con sus Secretarías de Infraestructura, empresas de servicios públicos domiciliarios y los institutos descentralizados vinculados a obras de infraestructura. Es evidente que con los recursos de la Nación se apalancan gran cantidad de proyectos, para que se puedan convertir en referentes de entornos seguros para los trabajadores, masificando la filosofía *Lean*, nutriendo los SG-SST y disminuyendo las tasas de accidentalidad y enfermedades laborales en las obras públicas.

Referencias

- Abu Aisheh, Y. I., Tayeh, B. A., Alaloul, W. S., y Almalki, A. (2022). Health and Safety improvement in construction projects: a Lean construction approach. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*: JOSE, 28(4), 1981–1993. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1942648>
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA, O. (2023). TODO SOBRE OSHA. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3173.pdf>
- Anandh, S., Sindhu Nachiar, S., Sai Abeshek, C. S., y Mariappan, P. (2022). Introducing Safety on construction industry along with Lean construction hypothesis. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (pp. 413–423). Springer Nature Singapore.
- Babur, F., Cevikcan, E., y Durmusoglu, M. B. (2016). Axiomatic Design for Lean-oriented Occupational Health and Safety systems: An application in shipbuilding industry. *Computers y Industrial Engineering*, 100, 88–109. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.007>
- Bashir, A. M., Suresh, S., Proverbs, D., y Gameson, R. (2011, January). A critical, theoretical, review of the impacts of Lean construction tools in reducing accidents on construction sites. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/267860400_A_critical_theoretical_review_of_the_impacts_of_Lean_construction_tools_in_reducing_accidents_on_construction_sites.
- Becerra, LL (24 de marzo de 2022). Los accidentes laborales costaron \$2 billones en 2021 a las empresas . Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/empleo/accidentes-laborales-en-colombia-durante-2021-cuantos-fueron-y-cuanto-costaron-563246>

- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., y Kumar, V. (2014). The impact of Lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Bhagwat, K., y Delhi, V. S. K. (2024). Applications of Lean principles for construction Safety management: A literature review. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (pp. 261–273). Springer Nature Singapore.
- Brawner, J. G., Harris, G. A., y Davis, G. A. (2022). Will the real relationship between Lean and Safety/ergonomics please stand up? *Applied Ergonomics*, 100(103673), 103673. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103673>
- Businessmap. (s.f.). 7 Desperdicios de Lean: Cómo Optimizar los Recursos. Kanban Software for Agile Project Management. Recuperado el 12 de julio de 2024, from <https://businessmap.io/es/gestion-lean/valor-desperdicios/7-desperdicios-de-lean>
- Charanjit Singh, Davinder Singh, J.S. Khamba, Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries, *Materials Today: Proceedings*, Volume 47, Part 19, 2021, Pages 6696-6700, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.116>.
- Chiara Verbano, M. C, How to combine lean and safety management in health care processes: A case from Spain, *Safety Science*, Volume 79, 2015, Pages 63-71, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.05.007>.
- Chiara Verbano, M. C, Identification and development of Lean and Safety projects, *Safety Science*, Volume 89, 2016, Pages 319-337, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.007>.

- Consejo Colombiano de Seguridad, (css). (2022). ¿Cómo ha estado la siniestralidad laboral en el sector de la construcción? wp.ccs.org.co. <https://wp.ccs.org.co/articulos-tecnicos/como-ha-estado-la-siniestralidad-laboral-en-el-sector-de-la-construccion/>
- Consejo Colombiano de Seguridad, (css), y Federación de Aseguradores Colombianos, (fasecolda). (2023). Observatorio de datos CCS - Consejo Colombiano de Seguridad. Org.co. <https://ccs.org.co/observatorio/Home/fasecolda>
- Congreso de la República de Colombia. (1979, enero 24). Ley 9 de 1979. Gov.co. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1177>
- Congreso de la República de Colombia. (1993, diciembre 23). Ley 100 de 1993. Gov.co. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5248>
- Congreso de la República de Colombia. (2012, Julio 11). Ley 1562 DE 2012. Senado de La República de Colombia. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1562_2012.html
- Delegaciones APD. (2023, Febrero 14). Metodología Lean: qué es y cómo puede impulsar tu modelo de negocio. APD España; APD. <https://www.apd.es/metodologia-lean-que-es/>
- Demirkesen, S. (2019). Measuring impact of Lean implementation on construction safety performance: a structural equation model. *Production Planning y Control*, 31(5), 412–433. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1675914>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (s.f.). Gov.co. Retrieved June 1, 2024, from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion>.
- Enshassi, A., Saleh, N., y Mohamed, S. (2021). Barriers to the application of Lean construction techniques concerning Safety improvement in construction projects. *International Journal*

- of Construction Management, 21(10), 1044–1060.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1602583>
- Gao, M., Wu, X., Wang, Y.-H., y Yin, Y. (2023). Study on the mechanism of a Lean construction Safety planning and control system: An empirical analysis in China. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(2), 101856. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101856>
- Gómez-Cabrera, A., Gutierrez-Bucheli, L., & Muñoz, S. (2023). Causas de sobrecostos y tiempos en proyectos de construcción: una revisión de alcance. *Revista Internacional de Gestión de la Construcción*, 24 (10), 1107–1125. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1080/15623599.2023.2252288>
- Green, R., Acolin, A. y Hoek-Smit, M. (2021). Habitat.org. https://www.habitat.org/sites/default/files/documents/A-Ladder-Up_Report.pdf
- Guerrero, D. (2023, April 1). ¿Por qué la construcción es clave para que el PIB de Colombia sea bueno en 2023? Bloomberg Linea. <https://www.bloomberglinea.com/2023/04/01/por-que-la-construccion-es-clave-para-que-el-pib-de-colombia-sea-bueno-en-2023/>
- Hamja, A., Maalouf, M., y Hasle, P. (2019). The effect of Lean on occupational health and Safety and productivity in the garment industry – a literature review. *Production y Manufacturing Research*, 7(1), 316–334. <https://doi.org/10.1080/21693277.2019.1620652>
- Henao Arango, R. (2021). Effects of lean manufacturing on sustainable performance: an empirical study on Colombian metalworking industry [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80803>
- Instituto Lean. (2019, Septiembre 6). Qué es Lean - Instituto Lean. [Institutolean.org](https://www.institutolean.org); Instituto Lean. <https://www.institutolean.org/que-es-lean>

- International Organization for Standardization. (2010). ISO 26000:2010. Americalatinagenera.org. <https://americalatinagenera.org/wp-content/uploads/2014/09/U4ISO26000.pdf>
- International Organization for Standardization. (2011). ISO 13053-1:2011. Iso.org. <https://www.iso.org/obp/ui/en/>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018. Nqa.com. <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/Spanish%20QRFs%20and%20PDFs/NQA-ISO-45001-Guia-de-implantacion.pdf>
- Jiménez, V. (2020). Lean Safety para una gestión efectiva de la Seguridad y Salud Laboral. PrevenControl. <https://prevencontrol.com/prevenblog/Lean-Safety-para-una-gestion-efectiva-de-la-seguridad-y-salud-laboral/>
- Kruse, T., Veltri, A., y Branscum, A. (2019). Integrating Safety, health, and environmental management systems: A conceptual framework for achieving Lean enterprise outcomes. Journal of Safety Research, 71, 259–271. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.10.005>
- Lozano Serna, S., Patiño Galindo, I., Gómez-Cabrera, A., & Torres, A. (2018). Identificación de factores causantes de retrasos y sobrecostos en proyectos de construcción en Colombia. Ingeniería y Ciencia, 14 (27), 117–151. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.14.27.6>
- Ministerio de la Protección Social. (2007, 14 de mayo). Resolución 1401 de 2007. Gov.Co. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1401-2007.pdf>

Ministerio de Trabajo. (2015). Gov.Co. <https://fondoriesgoslaborales.gov.co/wp-content/uploads/2018/09/01-Guia-tecnica-general.pdf>

Ministerio de Trabajo. (2024). Gov.Co. <https://www.mintrabajo.gov.co/comunicados/2024/mayo/mintrabajo-avanza-en-proyecto-de-regulacion-para-procesos-seguros-en-levantamiento-de-cargas-en-sectores-economicos>

Ministerio de Trabajo. (2019, 19 de febrero). Resolución 0312 de 2019. Gov.Co. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>

Ministerio de Trabajo (2015, 26 de mayo). Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Bogotá: Ministerio de Trabajo. Recuperado de: https://www.arslura.com/files/decreto1072_15.pdf.

Misiurek K, Misiurek B (2020) Improvement of the safety and quality of a workplace in the area of the construction industry with use of the 6S system. *Int J Occup Saf Ergon* 26(3):514–520. <https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1080/10803548.2018.1510564>

Ortega, D. G. V., Bolaños, N. F. G., Martínez, J. X. C., y Mora, J. M. B. (2023). La seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción: una revisión de literatura. *Aglala*, 14(2), 1–25. <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/2299>

Pérez, Y., Ávila, J., y Sánchez, O. (2024). Influence of BIM and Lean on mitigating delay factors in building projects. *Results in Engineering*, 22(102236), 102236. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102236>

Presidente De La República De Colombia. (2015, 26 de mayo). Decreto 1072 de 2015. Gov.co. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

- PRO MANAGEMENT[@promanagement3990]. (2020, August 24). La Casa de Toyota Herramientas Lean aplicadas al Construction Management. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=Rt_MNEZztpo
- Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., y Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión actual. *Avances Investigación en Ingeniería*, 11(1), 32–53. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- P&m Live [@pym-live]. (2021, April 5). Diálogo DE seguridad – poka yoke aplicado a la prevención DE accidentes. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=QvVOGn74fjg>
- Quiroga, C. P. (2024, January 26). ¿Cómo se posiciona la economía y construcción latinoamericana hoy? KHL Group LLP. <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/-como-se-posiciona-la-economia-y-construccion-latinoamericana-hoy-/8034495.article>
- Romero Rodríguez, S. J. (2019). Edu.Co. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8305>
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., Fraga, H., Lima, V., Silva, F. J. G., y Bastos, J. (2023). The impact of Lean on occupational Safety in organisations. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (pp. 184–192). Springer International Publishing.
- Sierra Guarnizo, M. (2022). Revisión bibliográfica sobre la aplicación de la metodología Lean Construction en proyectos de construcción en Colombia. Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/63061>
- Singh, C., Singh, D., y Khamba, J. S. (2021). Exploring an alignment of Lean practices on the health and Safety of workers in manufacturing industries. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6696–6700. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.116>

- Soltaninejad, M., Fardhosseini, M. S., y Kim, Y. W. (2022). Safety climate and productivity improvement of construction workplaces through the 6S system: mixed-method analysis of 5S and Safety integration. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 28(3), 1811–1821. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1935624>
- Thomassen, M. A., Sander, D., Barnes, K. A., y Nielsen, A. (2003). Experience and results from implementing Lean Construction in a large danish contracting firm. <https://www.semanticscholar.org/paper/f419dfb3804137d777fc9fd7584899d618fa9a6d>
- Tortorella, G., Cómbita-Niño, J., Monsalvo-Buelvas, J., Vidal-Pacheco, V., Herrera-Fontalvo, Z. (2020). Design of a methodology to incorporate Lean Manufacturing tools in risk management, to reduce work accidents at service companies, *Procedia Computer Science*, Volume 177, 2020, Pages 276-283, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.038>.
- Ulu y Birgün, M. (2024). A case study on Lean occupational Safety. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 534–548. <https://doi.org/10.14744/sigma.2022.00108>
- Universidad del Rosario. (2018, May). Perfil Actual De La Informalidad Laboral En Colombia: Estructura Y Retos. Wixstatic.com. https://docs.wixstatic.com/ugd/c80f3a_5056b1d290ec49ffa46a50ae7ed8435d.pdf
- Urbansa. (s.f). Conoce la historia de nuestra constructora. Urbana. Recuperado el 20 de enero de 2025 de <https://urbansa.co/nuestra-historia/>
- Wang, J., Zou, PXW y Li, PP (2016). Critical factors and paths influencing construction workers' safety risk tolerances. *Accident; Analysis and Prevention*, 93, 267–279. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.11.027>

Wu, X., Yuan, H., Wang, G., Li, S., y Wu, G. (2019). Impacts of Lean construction on Safety systems: A system dynamics approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 221. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020221>