

# Technological development and innovation to promote sustainable infrastructure projects

Carlos Magno Chavarry Vallejos, Doctor<sup>1</sup>, Elio Alejandro Milla Vergara, Doctor<sup>2</sup>, Oscar Frey Alva Villacorta, Magister<sup>3</sup>, Jaime Walter Blas Cano, Doctor<sup>4</sup>, Carla Griselle Poma González, Magister<sup>5</sup>, Fernando Javier Depaz Hidalgo, Magister<sup>6</sup>, Allende Elías Gómez Ramírez, Magister<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Universidad Ricardo Palma; Perú, [carlos.chavarry@urp.edu.pe](mailto:carlos.chavarry@urp.edu.pe)

<sup>2,3,4,5,6,7</sup>Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; Perú, [emillav@unasam.edu.pe](mailto:emillav@unasam.edu.pe); [oalvav@unasam.edu.pe](mailto:oalvav@unasam.edu.pe); [jblasc@unasam.edu.pe](mailto:jblasc@unasam.edu.pe); [cpomag@unasam.edu.pe](mailto:cpomag@unasam.edu.pe); [fdepazh@unasam.edu.pe](mailto:fdepazh@unasam.edu.pe); [agomezr@unasam.edu.pe](mailto:agomezr@unasam.edu.pe)

## Abstract. -

*The research entitled technological development and innovation to promote sustainable infrastructure projects, aims to promote technological development and innovation in a regulatory environment taking into account industrial diversification, access to information and communication technology and affordable internet in the public and private industrial sectors. Based on statistical information, an improvement plan was established under a focus on effectiveness, productivity and profitability associated with technology and innovation in the development of sustainable infrastructure projects in Peru. The research method is deductive, qualitative, applied orientation and descriptive, correlational and explanatory. The design is non-experimental, cross-sectional and prospective. For the present study, a population (N) of 297 was considered, with the observation unit being consulting companies and contractors, and the analysis unit being professionals dedicated to the management, direction and design of infrastructure projects. A sample (n) of . The technique for obtaining the information was the personal interview. As a data collection instrument, a semi-structured questionnaire was developed consisting of closed questions with polytomic values. The Likert scale was used with queries ranging from positive (very frequently) to negative (never). The study determined that in 54% of sustainable infrastructure projects, they frequently and frequently develop technology and innovation in their projects from the approach of the Sustainable Development Goals (SDGs). The instrument has an excellent internal reliability because a Cronbach's alpha coefficient = 0.915 was obtained. The average correlation was 0.656, being a medium positive correlation.*

**Keywords:** - technological development and innovation, sustainable infrastructure, scientific research, information technology, construction sector.

## Resumen –

*La investigación titulada desarrollo tecnológico e innovación para promover proyectos de infraestructura sostenible, tiene como objetivos promover el desarrollo tecnológico e innovación en un entorno normativo tomando en cuenta la diversificación industrial, el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones e internet asequible en los sectores industriales público y privado. Contando con información estadística se estableció un plan de mejora bajo un enfoque de efectividad, productividad y rentabilidad asociados a la tecnología e innovación en el desarrollo de proyectos de infraestructura sostenible en el Perú. El método de la investigación es deductivo, enfoque cualitativo, orientación aplicada y de tipo descriptivo, correlacional y explicativo. El diseño es no experimental, transversal y prospectivo. Para el presente estudio se consideró una población (N) de 297, siendo la unidad de observación las empresas consultoras y contratistas, y la unidad de análisis los profesionales dedicados a la gestión, dirección y diseños de proyectos de infraestructura. Se obtuvo una muestra  $n = 169$ . La técnica para la obtención de la información fue la entrevista personal. Como instrumento de recolección de datos se elaboró un cuestionario semiestructurado constituida por preguntas cerradas y con valores politómicos. Se utilizó la escala Likert con consultas que vayan de lo positivo (muy frecuentemente) a lo negativo (nunca). El estudio determinó que en un 2% y un 54% de los profesionales consultados, desarrollan muy frecuente y frecuentemente respectivamente la tecnología e innovación en sus proyectos desde el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El instrumento presenta una confiabilidad interna de excelente, porque se obtuvo un coeficiente de Alfa de*

*Cronbach = 0.915. La correlación promedio fue 0.656 siendo una correlación positiva moderada.*

**Palabras clave:** desarrollo tecnológico e innovación, infraestructura sostenible, investigación científica, tecnología de la información, sector construcción.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se enfrenta a una enorme cantidad de desafíos debido a los continuos avances de las tecnologías y técnicas de construcción. Los proyectos de infraestructura tienen objetivos claros y un alcance definido, contando con una lista de entregables, tareas detalladas, y recursos asignados. Un plan de comunicación efectivo con información del mundo real debe cerrar la brecha de conocimiento entre la conciencia general y el potencial en la gestión sostenible de los servicios, deben proponer investigaciones con la capacidad tecnológica en sectores industriales en desarrollo del gasto público y privado [1]. El uso de tecnologías avanzadas de la Revolución Industrial (IR) 4.0, como la robótica y la automatización, el modelado de información de construcción (BIM), la realidad aumentada y la virtualización, y la monitorización y los sensores inalámbricos, se consideran una forma eficaz de mejorar la salud y la seguridad de los trabajadores de la construcción en la obra, así como garantizar la construcción de la gestión de la seguridad en general [2]. La seguridad en las obras es una prioridad para la industria de la construcción, a menudo se considera peligrosa, lo que pone a los empleados en riesgo de accidentes y enfermedades graves.

Las teorías de la gestión de la construcción tienen que hacer frente a nuevas cuestiones críticas relacionadas con la globalización del mercado y las innovaciones en la construcción, promover la investigación científica en todos los sectores públicos y privados y, mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales en los proyectos de infraestructura e incentivar la innovación al año 2030, es necesario para el crecimiento y sostenibilidad de las ciudades. Las recomendaciones de políticas pertinentes que abarcan la estrategia nacional de “energía digital”, políticas de diferenciación regional e iniciativas para estimular la innovación en tecnología digital entre las empresas y los conocimientos políticos constructivos, permiten a los gobiernos forjar un ecosistema energético más inteligente y limpio, buscando implementar estrategias digitales efectivas [3]. Las políticas ambientales adaptadas por los países a fin de impulsar el desempeño de la productividad ambiental tanto directa como indirectamente a través de la innovación, en diversas dimensiones con una política ambiental como motor crucial de cambio para las

acciones climáticas, la eficiencia de los residuos y los recursos, afectando el consumo y la producción responsables, el crecimiento económico, las infraestructuras industriales y la innovación [4].

El factor clave para abordar estos desafíos es mejorar la capacidad competitiva de las empresas estableciendo sus fortalezas y debilidades. La utilización eficiente de los recursos y el desarrollo de planes estratégicos sostenibles a largo plazo conduce a mantener a las empresas en mercados comerciales competitivos con un enfoque eficaz para amplificar su crecimiento competitivo y su rentabilidad [5]. Un país en desarrollo que no cuenta con soluciones energéticas adecuadas en zonas no interconectadas experimenta efectos adversos en términos de competitividad, así como el desarrollo económico y social. La sostenibilidad en los negocios se está convirtiendo en un componente esencial para el éxito de las organizaciones, las diferencias en valores, normas, sistemas políticos, legislación, clima o geografía entre países y sociedades, se convierten en grandes desafíos a la hora de actuar en un contexto global [6]. El apoyo de la alta dirección es una capacidad dinámica clave para las empresas de diseño en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, ya que deben identificar los cambios en el entorno competitivo, que son cada vez más tecnológicos, por lo tanto, deben reaccionar de la manera más eficiente y eficaz.

En la actualidad, los equipos de diseño de proyectos que han adoptado el Building Information Modeling (BIM) están sujetos a constantes cambios en el entorno tecnológico, la cultura colaborativa y el apoyo de la alta dirección como precedentes de la efectividad de la tecnología BIM [7]. La protección del medio ambiente y la fotogrametría permite realizar mediciones remotas más rápidas y basadas en el área debido al uso de la tecnología, además el desarrollo sostenible y la creación de ciudades inteligentes y verdes, requieren la cooperación en muchos campos científicos, incluidos los relacionados con la ecología, la movilidad o la gestión sostenible, entre otros. La infraestructura, el costo y el tiempo, el monitoreo y el cumplimiento de la calidad en los sistemas integrados automatizados es obligatorio cumplirlo con la calidad superior y la confiabilidad del producto [8].

La investigación científica con capacidad tecnológica en los sectores industriales en el desarrollo del gasto público y privado deben incrementar esfuerzos de colaboración con las empresas a nivel operacional y de políticas para desarrollar mecanismos de financiación, nuevas tecnologías y modelos de negocio innovadores al crecimiento inclusivo y sostenible, desarrollando proyectos de infraestructuras amigables con el medio

ambiente. La relación positiva existente entre las entidades de economía social y su sostenibilidad, con principios y valores que marcan la creación o fundación de este tipo de entidades que las hacen más sostenibles, o bien esa relación está mediada por las diferentes prácticas de gestión de recursos humanos que desarrollan estas entidades [9].

La agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) se han convertido en la referencia que marca la acción de los gobiernos, las naciones, las empresas, las ciudades y los ciudadanos, además un modelo de comunicación de tres niveles declarativo, informativo y participativo supone un mayor o menor compromiso en la implantación de los ODS dentro de la organización con sus miembros y fuera de ella para visibilizarlos [10]. La reciente concienciación medioambiental ha llevado a los gobiernos y a las empresas privadas de todo el mundo a fomentar una mayor investigación e inversión de capital en el desarrollo y la implementación de tecnologías eficientes y rentables, sobre los avances en los enfoques tecnológicos [11].

Las empresas constructoras deben mejorar la capacidad tecnológica de sus proyectos porque están experimentando cambios debido a la abundancia de información, las iniciativas de transformación digital e invertir en nuevas obras de infraestructura sostenibles, resilientes, con seguridad energética abordando el cambio climático. La modernización para ser más inteligente, sostenible e incrementando en el tiempo interactúa y los convierte en información útil que optimiza el rendimiento, dinamiza los flujos de trabajo y conecta a los equipos de proyecto. El apoyo a la alta dirección necesita promover una cultura de aprendizaje tecnológico y colaborativa para mejorar sus capacidades. La contribución y el valor original del trabajo es proporcionar evidencia empírica de que la efectividad del *Building Information Modeling* (BIM), porque los equipos de diseño de proyectos están influenciados por el comportamiento del soporte de la alta dirección [7]. El modelo de decisión de inversión científica es útil para proporcionar una base científica para que los gobiernos y las empresas a través de la tecnología, dispositivos y la infraestructura inteligente estén interconectados y entrelazados, para que operen enfocados en la sostenibilidad y la resiliencia reduciendo costos, tiempo, y con recursos que no generen un impacto negativo al medio ambiente [12].

La innovación es esencial en el desarrollo para nuevos métodos y materiales, que satisfagan las necesidades de sus clientes, aceptando el cambio e innovar para ser competitivos en el mercado. La transformación de materiales utilizados en las obras de infraestructura que

afectan al medio ambiente es uno de los retos que deben tomar en cuenta en el momento del diseño de los proyectos. Unas de las alternativas, por ejemplo, es la transformación de la madera, que es un material de construcción innovador que proporciona una combinación equilibrada de rigidez estructural, flexibilidad de fabricación y sostenibilidad, requieren una estrecha colaboración entre las partes interesadas en la arquitectura, la ingeniería, la construcción y la fabricación de la cadena de suministro que son fundamentales para proponer políticas gubernamentales e iniciativas de la industria para avanzar en este material de construcción sostenible [13]. Un modelo teórico novedoso para predecir la intención de los usuarios de utilizar herramientas virtuales diseñadas para la evaluación de riesgos en la construcción es un objetivo vital para los directores de obra, como los beneficios potenciales, la motivación, la expectativa de rendimiento y las fuentes ricas de información con el uso efectivo de la tecnología de realidad virtual en sus proyectos de construcción para la evaluación y gestión de riesgos [14].

La investigación y desarrollo tecnológico en los proyectos de infraestructura tienen como objetivo la generación de nuevos conocimientos en todas las áreas de ciencia y tecnología, orientados al dominio público y no están sujetos a condiciones de confidencialidad comercial. El modelado basado en objetos se ha convertido en un enfoque de diseño integral y más preferido en comparación con la representación de diseño bidimensional (2D). El diseño de edificios y el modelado de información de la ciudad para la planificación y la gestión de modelos suelen estar aislados y no coexisten en un entorno virtual. Por ejemplo, al utilizar vehículos aéreos no tripulados para identificar y visualizar (cartografiar) la contaminación. La obtención de imágenes de la distribución altitudinal de los contaminantes pueden ser una valiosa fuente de información para la implementación de futuros proyectos y la mejora de la infraestructura [15]. El desarrollo de un sistema de información realiza un seguimiento de todas las tareas de tal forma que mejora la eficiencia del intercambio y seguimiento de la información para las actividades de proyectos de construcción a gran escala. Los ODS gestionan los riesgos sociales, económicos y ambientales, contribuyen a mejorar la reputación de la empresa y obtener beneficios por su posicionamiento estratégico en el mercado [16].

Las motivaciones, incentivos en la construcción, público y/o privado orientado en el desarrollo de la investigación científica e innovación tienen que ver con el deseo de aumentar el interés y el entusiasmo del público por la ciencia, la cultura científica, el conocimiento y reconocimiento por la ciencia y los científicos. Los

códigos de diseño y las normas de construcción y desarrollaron herramientas precisas para la toma de decisiones necesarias para construir y mantener comunidades sostenibles y resilientes a los desastres. Además, el desarrollo de materiales nuevos e innovadores, métodos de fabricación, detalles, sistemas de protección contra terremotos, métodos de reacondicionamiento sísmico y métodos de construcción [17]. Se deben establecer una convención económica local; implementando un balance del bien común para los departamentos de administración y economía de las autoridades locales, así como para las empresas y organizaciones públicas, promover las empresas el bien común; promocionando los valores humanos como la dignidad humana, la solidaridad, la sostenibilidad, la justicia social, la democracia y la transparencia [18].

El desarrollo tecnológico y la innovación están relacionados con la competitividad, donde se involucran maquinarias, equipos, herramientas y tecnologías de la información (TICs), para hacer frente a sus competidores, desarrollando infraestructuras de calidad, buscando diferenciarse de las otras empresas consultoras y/o constructoras, que traen como consecuencia el incremento de sus resultados económicos. La tecnología como pilares esenciales de la ingeniería promueve el desarrollo de proyectos de infraestructura gestionando eficientemente el capital humano, los materiales y el financiamiento, desarrolla capacidades y ayuda a los pequeños propietarios o productores desfavorecidos a realizar las mejoras sociales y medioambientales necesarias con la finalidad de cumplir con las normas, mediante plataformas con herramientas, asistencia técnica y servicios.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

El método utilizado en la investigación es el deductivo, debido que identifica la problemática existente en el desarrollo tecnológico e innovación y los proyectos de infraestructura sostenible. Es de orientación aplicada, porque se pretende establecer acciones de mejoras en el desarrollo tecnológico e innovación de los proyectos de ingeniería civil, también es de enfoque es cualitativo ya que se identifican las causas y se establecen procedimientos de mejora, la fuente de recolección de datos es prolectiva, debido a que la información se recogió de acuerdo con los objetivos del estudio. La investigación es de tipo descriptivo, dado a que se detectan las principales causas que impiden el desarrollo tecnológico e innovación de los proyectos de infraestructura, también es de tipo explicativa debido a que se identificaron las consecuencias del problema de estudio y las posibles soluciones y/o estrategias en el desarrollo tecnológico e innovación de los proyectos de infraestructura [19].

El nivel de la investigación es descriptivo, ya que se cuantifica y se mide la magnitud de lo que se observa la falta de desarrollo en los proyectos enfocados en infraestructura sostenible utilizando tecnologías modernas. De acuerdo con la técnica de contrastación, es no experimental. De acuerdo con la direccionalidad, la investigación es transversal y prospectiva. El diseño de estudio es de cohorte porque el fenómeno tiene causa en el presente (tecnología e innovación) y efecto en el futuro (infraestructura sostenible). Para el presente estudio se consideró una población (N) de 297, siendo la unidad de observación las empresas consultoras y contratistas, y la unidad de análisis los profesionales dedicados a la gestión, dirección y diseños de proyectos de infraestructura.

## III. RESULTADOS

La unidad de observación son las empresas consultoras y contratistas, donde desarrollaron en sus proyectos de infraestructura sostenible aspectos tecnológicos e innovación realizado en el 2024, registradas en el listado de entidades técnicas aptas para el desarrollo de proyectos de infraestructura del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. Para el cálculo de la muestra se empleó una población (N) = 297 proyectos), la cual fue calculada al 95% de confiabilidad ( $k=1.96$ ), una proporción esperada de 0.5 (p y q) y un 5% de error muestral. Aplicando la fórmula de cálculo de la muestra por población finita se obtuvo  $n = 169$ . El tipo de muestreo fue el aleatorio sistemático, porque se ha elegido un proyecto al azar y a partir de ella, a intervalos constantes, se eligen las demás hasta completar la muestra.

La unidad de análisis son los profesionales que participan en el diseño, dirección y gestión; como gerentes, residente de obra, jefe de oficina técnica, ingeniero de campo, administrador, supervisor, proyectistas, entre otros. El método de recolección de datos fue la encuesta transversal, la técnica la entrevista personal y el instrumento de recolección de datos un cuestionario semiestructurado constituida por preguntas cerradas y valores politómicos. Se utilizó la escala Likert con consultas que vayan de lo positivo (muy frecuentemente) a lo negativo (nunca).

Nivel de validez de los cuestionarios: este proceso se realizó por juicio de expertos, para lo cual se solicitó la opinión de siete profesionales dedicados al desarrollo de proyectos de infraestructura, quienes analizaron la pertinencia muestral del instrumento; a ellos se les entregó la matriz de consistencia, el instrumento de recolección de datos y la ficha de validación con los indicadores respectivos. Sobre la base del procedimiento de validación descrita, los expertos consideraron los

objetivos del estudio en los ítems constitutivos del instrumento de recopilación de la información.

Consistencia interna del instrumento de la investigación: se realizó el procesamiento de datos en el programa estadístico SPSS versión 22 y se obtuvo como resultado un Alfa de Cronbach 0.915 alcanzando una confiabilidad interna de excelente [20]. La correlación promedio fue de 0.656, siendo una correlación positiva moderada. Prueba de normalidad: para un  $n \geq 50$  se utilizó *Kolmogorov-Smirnova*, que indica que el estudio proviene de una población que no sigue una distribución normal, para la realización de la contrastación de la hipótesis se utilizaron pruebas no paramétricas debido a que los resultados del valor  $\text{sig.} = p \leq 0.05$ .

Estadísticas de la investigación: el cuestionario buscó información sobre el desarrollo tecnológico e innovación asociado a la industria y su incidencia en los proyectos de infraestructura sostenible en el sector construcción público y privado, en un marco normativo con acceso a la comunicación, información e internet en el Perú (fig.1).

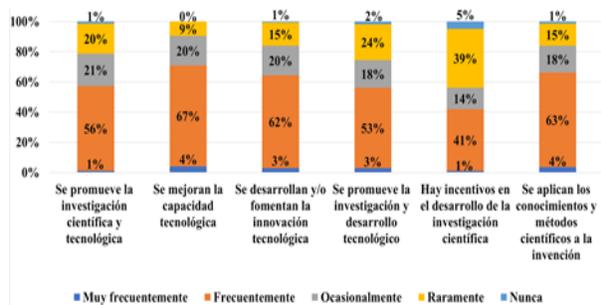


Fig. 1 Desarrollo tecnológico e innovación en los proyectos de infraestructura sostenible en los sectores industriales en el desarrollo del gasto público y privado.

La entrevista personal realizada a los profesionales involucrados en obras de ingeniería civil e infraestructura enfocados desde la investigación científica con capacidad tecnológica en los sectores industriales en el desarrollo del gasto público y privado (fig. 1), entre muy frecuentemente y frecuentemente el 57% promueven la investigación científica y tecnológica en el desarrollo de infraestructuras sostenibles, el 71% de las empresas constructoras mejoran la capacidad tecnológica de sus proyectos, el 65% de las empresas constructoras desarrollan y/o fomentan la innovación tecnológica, el 56% promueven la investigación y desarrollo tecnológico en los proyectos de infraestructura, el 42% incentivan en el sector construcción público y/o privado el desarrollo de la investigación científica, el 67% desarrollan los proyectos de ingeniería aplicando los conocimientos y métodos científicos a la invención o perfeccionamiento

de tecnologías de manera pragmática y ágil, adecuándose a las limitaciones de tiempo, recursos, requisitos legales, requisitos de seguridad, ecológicos, entre otros.

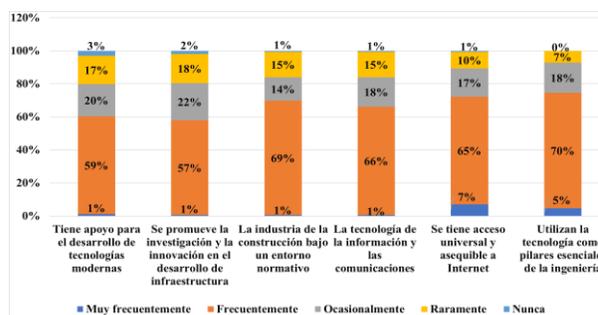
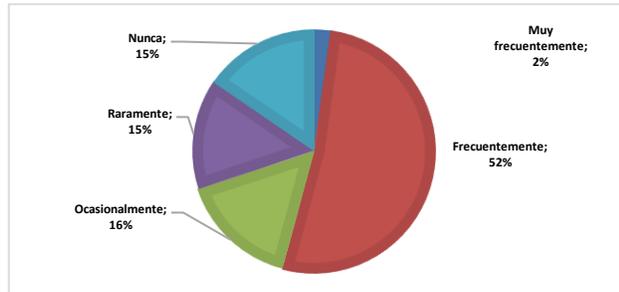


Fig. 2 Desarrollo tecnológico e innovación en los proyectos de infraestructura sostenible enfocados en la investigación y la innovación en un entorno normativo a la diversificación industrial.

La entrevista personal realizada a los profesionales involucrados en obras de ingeniería civil e infraestructura enfocados en el desarrollo tecnológico, la investigación y la innovación en un entorno normativo a la diversificación industrial, indicaron que entre muy frecuentemente y frecuentemente el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones en el acceso universal e Internet asequible (Ver figura 2) entre muy frecuentemente y frecuentemente el 60% de la industria de la construcción tienen apoyo para el desarrollo de tecnologías modernas, el 58% promueven la investigación y la innovación en el desarrollo de infraestructura, el 70% de la industria de la construcción se ve favorecido bajo un entorno normativo propicio a la diversificación y la adición de valor a sus proyectos, el 67% la tecnología de la información y las comunicaciones se ven favorecida por normas en apoyo a la industria de la construcción civil, el 72% tienen acceso universal y asequible a Internet para informar y concientizar a la población en el desarrollo de infraestructuras sostenibles, y el 75% utilizan la tecnología como pilares esenciales de la ingeniería promoviendo el desarrollo de proyectos de infraestructura gestionando eficientemente el capital humano, los materiales y el financiamiento.

La entrevista personal realizada a los profesionales involucrados en obras de ingeniería civil e infraestructura enfocados desde la investigación científica con capacidad tecnológica en los sectores industriales en el desarrollo del gasto público y privado (fig. 3) y el desarrollo tecnológico, la investigación y la innovación en un entorno normativo a la diversificación industrial, indicaron que en promedio muy frecuentemente el 2%, frecuentemente el 52%, ocasionalmente el 16%, raramente el 15% y nunca el 15%, desarrollan

tecnologías e innovaciones desde el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



**Fig. 3** Desarrollo tecnológico e innovación para promover proyectos de infraestructura sostenible

Como se muestra en la fig. 3, el 2% de los proyectos de infraestructura están enfocados al desarrollo tecnológico e innovación en los proyectos de infraestructura sostenible, esto quiere decir que en un 98% de los proyectos se pueden implementar mejoras.

### Análisis de calidad

Existen diversas técnicas cualitativas y pocas técnicas cuantitativas como las gráficas, que permiten determinar si la prestación de un servicio se encuentra bajo control; es decir, verificar si la calidad está dentro de los estándares establecidos por la empresa o institución, o fuera de ellos. El estudio muestra gráficas de control a fin de identificar las áreas con deficiencias e implementar mejoras en los procesos. El análisis cuantitativo efectuó la evaluación de la información disponible sobre los riesgos del proyecto mediante gráficas de control estableciendo los procesos que requieren mayor estudio y que necesitan de mejoras para cumplir con los objetivos del presente estudio. El análisis de riesgo programático avanzado y el modelo de dirección son métodos desarrollados que pueden ser usados para el análisis de riesgo y los propósitos de dirección considerando las variables del estudio [21]. El control estadístico de calidad mostrado en la tabla 1, se presentan límites de control (LSC y LIC) alrededor de la media por cada proceso, y establece que el 99.74% de las observaciones tienen una distribución normal y están dentro de ese rango.

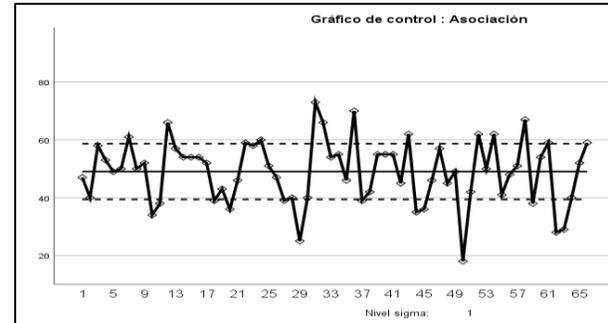
**Tabla 1**  
Control estadístico para establecer límites de control

Porcentaje de los promedios de las muestras (%)	Número de errores estándar dentro de la media de la población
68.26	1 error (+ 1 s)
95.44	2 errores (+ 2 s)
99.74	3 errores (+ 3 s)

Nota: (Anderson et al., 2004)[22].

### Análisis cuantitativo

En el análisis cuantitativo se realizó la evaluación de la información disponible sobre los riesgos del proyecto para la clarificación y evaluación. En el análisis cuantitativo se consideró las gráficas de control para identificar cuáles son los procesos que requieren mayor control y que necesitan mejoras para cumplir con las metas de los proyectos. Los datos utilizados en el análisis de los límites de control estuvieron basados en el grado de asociación que tienen las variables de los coeficientes de correlación de Spearman (fig. 4).



**Fig. 4** Gráfico de control del porcentaje de asociación de las variables de los coeficientes de correlación de Spearman

En la fig. 4, se observa que los procesos: 10, 11, 18, 20, 27, 29, 44, 45, 50, 59, 62 y 63 están fuera de control ya que están ubicados por debajo del 40.00%. El plan de mejora se tuvo en cuenta los 12 procesos para realizar el análisis de riesgos.

**Tabla 2**  
Límite de control de la asociación entre el desarrollo tecnológico e innovación y los proyectos de infraestructura sostenible

Ítem	Mínimo	Máximo	Límite de control
1	60.00%	100.00%	Límite superior (LSC)
2	40.00%	52.00%	Límite central (LC)
3	0.00%	30 %	Límite inferior (LIC)

Nota: Procesos que se deben mejorar e implementar son los que se ubiquen por debajo del límite inferior (zona de riesgo).

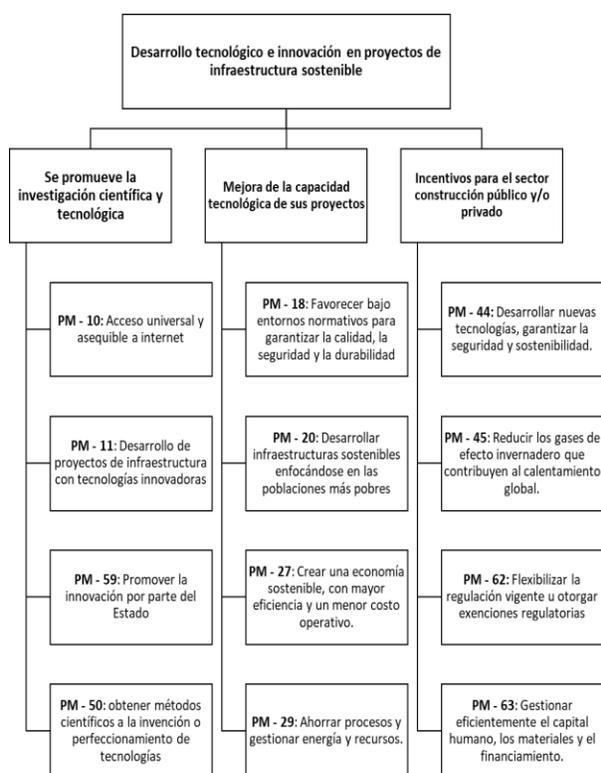
### Análisis cualitativo

El análisis cualitativo consistió en priorizar los riesgos para tomar acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos, para mejorar el desempeño de los procesos del proyecto concentrando los riesgos de alta prioridad. Se analizó el desarrollo tecnológico e innovación en la promoción de proyectos de infraestructura sostenible. Estas evaluaciones reflejaron la actitud frente a los riesgos, tanto del equipo del proyecto como de otros interesados. Para el análisis de

los datos cualitativos se optó por establecer una mejora en aquellos procesos que se encuentran según el gráfico de control en el límite inferior (fig. 4). Después de realizarse los cálculos correspondientes se identificaron los procesos que se encuentran fuera de control donde se aplicarán la mejoras.

### Análisis de riesgo

Se utilizaron los límites de control inferior (LIC) que fueron basados según el grado de asociación entre las variables de los coeficientes de correlación de Spearman. Los procesos que se encuentran entre 0% y 39.99% de asociación (Ver tabla 2 y fig. 4) que se encuentra por debajo del límite inferior y deben estar controlados e implementados en el plan de mejora (PM, fig. 4).



**Fig. 4** Gráfico de los 12 procesos que deben estar controlados e implementados en el plan de mejora (PM) para el desarrollo tecnológico e innovación de los proyectos de infraestructura sostenible

### Plan de mejora

En la figura 4 se muestran los 12 procesos que deberán ser controlados e implementados en el plan de mejora (PM), donde se deberá promover el desarrollo de portafolios con programas y proyectos que involucren a todos los interesados, que incluyan mejoras en cada uno de los objetivos y entregables para el desarrollo tecnológico e innovación en los proyectos de infraestructura sostenible.

### Desarrollo del plan de mejora (PM)

#### Promover la investigación científica y tecnológica en el desarrollo de infraestructuras sostenibles:

**PM - 10:** Tener acceso universal y asequible a internet para informar y concientizar a la población en el desarrollo de infraestructuras sostenibles, dando como máxima prioridad la transformación digital para crear economías sostenibles. Desarrollar planes para reducir la brecha digital en las zonas más necesitadas, desarrollando modelos innovadores y sostenibles para superar las barreras geográficas, y que la conectividad llegue más allá de quienes viven en las ciudades.

**PM - 11:** Utilizar la tecnología como pilares esenciales de la ingeniería promoviendo el desarrollo de proyectos de infraestructura gestionando eficientemente el capital humano, los materiales y el financiamiento. Implementar tecnologías innovadoras con infraestructura digital para brindar servicios digitales que permitan alcanzar las estrategias de negocio, con eficiencia en el uso de recursos, escalabilidad, normativas y estándares internacionales. Desarrollar tareas de apoyo o asistencia técnica, asesoría tecnológica, o similares que posean una visión amplia de las diversas tecnologías de la información en su planificación, diseño, construcción y operación de las instalaciones esenciales.

#### Fomentar entornos normativos propicios a la diversificación de sus proyectos.

**PM - 18:** Favorecer bajo entornos normativos propicios para garantizar la calidad, la seguridad y la durabilidad de las edificaciones y estructuras. Implementar normas con beneficios económicos a la industria de la construcción, aumentar el valor de la infraestructura, mejorar los sistemas de gestión de calidad, ambiental, de seguridad y salud en el trabajo, de gestión de energía y de información de la construcción. Prevenir los riesgos laborales a que están expuestos los trabajadores estableciendo condiciones de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA).

**PM - 20:** Ampliar el acceso a servicios de infraestructura y telefonía celular, desarrollar las capacidades a nivel de gobierno nacional y local para comprender los nuevos sistemas mejorados por la tecnología y entablar un diálogo entre expertos y reguladores. Promover las tecnologías digitales en apoyo a los más pobres y excluidos, desarrollar la capacidad del gobierno y proteger la privacidad de los individuos para garantizar que sea un futuro sostenible para todos.

#### Mejorar la capacidad tecnológica de sus proyectos:

**PM - 27:** Contar con una buena planificación, un equipo eficiente, una comunicación efectiva y una gestión de riesgos sólida son los cimientos para una gestión exitosa de proyectos de infraestructura tecnológica. Crear una

economía sostenible, que permiten mejores procesos de administración, mayor eficiencia y un menor costo operativo.

**PM - 29:** Usar la nube de internet para mejorar la comunicación y cargas de trabajo, firma digital y uso de soportes informáticos y de esta manera reemplazar el papel, control de procesos para hacerlos más eficientes, seguridad de sistemas para evitar gastos innecesarios por pérdida de información, reducir el consumo energético por el reemplazo de equipos obsoletos, construcción de un entorno tecnológico para la colaboración entre los miembros de la organización a la distancia.

#### **Incentivos para el sector construcción público y/o privado en el desarrollo de la investigación científica:**

**PM - 44:** Desarrollar servicios de internet y nuevas tecnologías en la infraestructura permite cambiar, mejorar y desarrollar nuevas tecnologías, garantizar la seguridad y sostenibilidad. Promover el desarrollo de datos y la transformación digital con la finalidad de mejorar la tecnología de internet, asociado con nuevas tecnologías como el internet de las cosas (IoT), computación en la nube, inteligencia artificial (IA), nube y big data.

**PM - 45:** Desarrollar la tecnología sostenible para abordar el cambio climático global y de esta manera evitar sus efectos sobre el planeta. Estas soluciones ayudan a reducir los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Adoptar tecnologías sostenibles para contribuir a reducir la contaminación y los impactos ambientales. Contribuir al bienestar de las personas para permitir el desarrollo económico sin devastación ambiental, creando puestos de trabajo bien remunerados en nuevas áreas de la industria.

#### **Desarrollar proyectos de ingeniería con perfeccionamiento de tecnologías de manera pragmática y ágil:**

**PM - 50:** Hallar en el internet una herramienta útil por su capacidad de comunicación que ofrece, y el enorme volumen de información que almacena en el ciberespacio, y es accesible desde cualquier parte del planeta, como la de obtener métodos científicos a la invención o perfeccionamiento de tecnologías de manera pragmática y ágil. Interactuar e intercambiar información con personas con quienes de alguna manera se tiene algo en común para crear perfiles con base en *likes*, *shares* o *comments*.

#### **Promover la investigación y la innovación en el desarrollo de infraestructura:**

**PM - 59:** Promover la investigación científica, el desarrollo y la innovación tecnológica, para impulsar al sector privado a ser más innovador, lo que incrementaría el crecimiento económico del país. Obtener subsidios privados para la investigación científica generando

nuevos conocimientos y avances tecnológicos. Promover la innovación por parte del Estado, para que las empresas se vean beneficiadas por la nueva ley de promoción (I+D) y de esta manera favorecer a la economía.

#### **Diversificar el mercado con el objetivo de alcanzar un mayor crecimiento a sus proyectos:**

**PM - 62:** Incentivar la innovación tecnológica, para la reducción de la brecha de infraestructura y el acceso a los servicios de telecomunicaciones, de tal manera de flexibilizar la regulación vigente u otorgar exenciones regulatorias específicas por un periodo y alcance geográfico limitados, para promover el despliegue de infraestructura y prestar servicios de telecomunicaciones en áreas rurales que no cuenten con esos servicios, y también para promover la diversificación de sus proyectos y soluciones innovadoras que permitan optimizar el acceso y uso de servicios públicos de telecomunicaciones.

**PM - 63:** Desarrollar la tecnología como pilares esenciales de la ingeniería para promover el desarrollo de proyectos de infraestructura gestionando eficientemente el capital humano, los materiales y el financiamiento. Desarrollar capacidades para ayudar a los pequeños propietarios o productores desfavorecidos a realizar las mejoras sociales y medioambientales necesarias para cumplir la norma mediante plataformas con herramientas, asistencia técnica y servicios para todas las fases de la cadena de valor.

**Discusión.** – La industria de la construcción como apoyo para el desarrollo de tecnologías modernas es relevante para los expertos en políticas y los responsables de la toma de decisiones en el contexto de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, relevante para los arquitectos e ingenieros que desean construir y comparar varios materiales para dar preferencia en su utilización en aquellos que sean amigables al medio ambiente [23]. Un conjunto de herramientas geoespaciales participativas que permiten la integración de la ciencia y la transferencia de conocimientos que informan sobre la gobernanza y la toma de decisiones basadas en los ODS, en ese contexto los servicios ecosistémicos servirán para integrar conocimientos y métodos ecológicos, económicos y no económicos [24]. Los requisitos desafiantes, como la comunicación inalámbrica de larga distancia, la interconexión de áreas fuera de cobertura, la movilidad constante de la maquinaria y el soporte para sistemas heredados y propietarios es una solución basada en el Internet industrial de las Cosas (IIoT) para el monitoreo integrado [25].

La industria de la construcción bajo un entorno normativo a la diversificación y la adición de valor a los proyectos [26]: indican que los criterios medioambientales en la contratación pública de

infraestructuras civiles han sido reivindicados como un paso esencial para mejorar la sostenibilidad en la construcción. Los criterios medioambientales suelen incluirse como especificaciones técnicas, cláusulas de ejecución de los contratos, el tipo de infraestructura civil, el tamaño del contrato y el tipo de obra, esta acción es necesaria para los gobiernos interesados en mejorar su desempeño hacia los ODS. Los conceptos de políticas de innovación para abordar necesidades de los países en desarrollo de bajos ingresos y cómo pueden promover sus ODS, como el crecimiento económico, el aumento de la productividad, el espíritu empresarial y la creación de empleo [27]. Los estados deben promover activamente la coordinación y la cooperación entre ellos para cosechar los beneficios de los avances tecnológicos a través de los efectos indirectos. Además, debido a sus respectivas autonomías estatales, los gobiernos deben establecer sus propios objetivos de ahorro de energía teniendo en cuenta los respectivos potenciales y oportunidades para las diferentes industrias [28]. La transformación y mejora de la estructura industrial sólo amplían la demanda del mercado y la innovación tecnológica, pero no reduce la mala asignación de recursos. La inversión en infraestructura de transporte debe promover la transformación y mejora de la estructura industrial regulada positivamente por políticas [29].

Tecnología de la información y las comunicaciones en la industria de la construcción civil: [30], sostienen que la industria de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC) está rezagada con respecto a otras industrias en términos de digitalización y adopción de tecnología. Por otro lado, el *Building Information Modeling* (BIM) se considera una herramienta importante que puede mejorar la industria AEC. Sin embargo, es posible que la adopción de BIM no se tenga en cuenta el nivel deseado en las diferencias de percepción sobre los beneficios del uso de BIM en todas las profesiones de la industria AEC. Un modelo de construcción sismorresistente utilizando Realidad Virtual (RV), que ofrece a sus usuarios nuevas formas de mejorar la transferencia de conocimiento y la comunicación [31].

## CONCLUSIÓN

La tecnología sostenible es una forma de abordar el cambio climático global para evitar sus efectos sobre el planeta, porque ayudan a reducir los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Las tecnologías sostenibles reducen la contaminación y los impactos ambientales, contribuyendo al bienestar de las personas, el desarrollo económico sin devastación ambiental y crea puestos de trabajo. El plan de mejora, resultado del presente estudio promueve el desarrollo

tecnológico e innovación bajo un entorno normativo tomando en cuenta la diversificación industrial, el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones e internet. Los gobiernos deben tomar en cuenta estas iniciativas de estudios para fomentar el desarrollo de portafolios con programas y proyectos que involucren a todos los interesados, y que incluyan mejoras en cada uno de los objetivos y entregables en los sectores industriales público y privado. La entrevista personal realizada a los profesionales involucrados en obras de ingeniería civil e infraestructura enfocados desde la investigación científica con capacidad tecnológica en los sectores industriales, indicaron que en promedio muy frecuentemente el 2%, frecuentemente el 52%, ocasionalmente el 16%, raramente el 15% y el 15% nunca, desarrollan tecnologías e innovaciones desde el enfoque de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El instrumento presenta una confiabilidad interna de excelente, porque se obtuvo un coeficiente de Alfa de Cronbach = 0.915. La correlación promedio fue 0.656 siendo una correlación positiva moderada.

## REFERENCIAS

- [1] Singh, Shobhana, Manoj Choudhary, and Kim Sørensen. 2023. "Demonstration of Real-Time Monitoring in Smart Graded-Water Supply Grid: An Institutional Case Study." *AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society* 72(11):2152–69. doi: 10.2166/aqua.2023.297.
- [2] Musarat, Muhammad Ali, Wesam Salah Alaloul, Muhammad Irfan, Pravin Sreenivasan, and Muhammad Babar Ali Rabbani. 2022. "Health and Safety Improvement through Industrial Revolution 4.0: Malaysian Construction Industry Case." *Sustainability* 15(1):201. doi: 10.3390/su15010201.
- [3] Shi, Ziyi, Lawrence Loh, Hongshuang Wu, and Dongri Han. 2024. "Smarter and Cleaner: How Does Energy Digitalization Affect Carbon Productivity?" *Energy Strategy Reviews* 52:101347. doi: 10.1016/j.esr.2024.101347.
- [4] D'Amato, Alessio, Massimiliano Mazzanti, and Francesco Nicolli. 2021. "Green Technologies and Environmental Policies for Sustainable Development: Testing Direct and Indirect Impacts." *Journal of Cleaner Production* 309:127060. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127060.
- [5] Nguyen Ngoc, Hoang, Eslam Mohammed Abdelkader, Abobakr Al-Sakkaf, Ghasan Alfalah, and Tarek Zayed. 2023. "A Hybrid AHP-MAUT Model for Assessing Competitiveness of Construction Companies: A Case Study of Construction Companies in Vietnam and Canada." *Construction Innovation*. doi: 10.1108/CI-11-2022-0299.
- [6] Guerrero Hernandez, Alejandro Sallyth, and Lúcia Valéria Ramos de Arruda. 2021. "Economic Viability and Optimization of Solar Microgrids with Hybrid Storage in a Non-Interconnected Zone in Colombia." *Environment, Development and Sustainability* 23(9):12842–66. doi: 10.1007/s10668-020-01188-w.
- [7] Villena-Manzanares, Francisco, Tatiana García-Segura, and Eugenio Pellicer. 2020b. "Organizational Factors That Drive to BIM Effectiveness: Technological Learning, Collaborative Culture, and Senior Management Support." *Applied Sciences* 11(1):199. doi: 10.3390/app11010199.
- [8] Jaroń, Agata, Anna Borucka, Paulina Deliś, and Aleksandra Sekrecka. 2024. "An Assessment of the Possibility of Using

- Unmanned Aerial Vehicles to Identify and Map Air Pollution from Infrastructure Emissions.” *Energies* 17(3):577. doi: 10.3390/en17030577.
- [9] Rincón Roldán, Francisco, and Álvaro López Cabrales. 2021. “Valores de La Economía Social: Gestión de Recursos Humanos y Sostenibilidad.” *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa* (102):33. doi: 10.7203/CIRIEC-E.102.18291.
- [10] Herranz de la Casa, José María, and Sara García Caballero. 2021. “La Comunicación de Los Objetivos de Desarrollo Sostenible En Las Organizaciones de La Economía Social.” *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa* (101):165. doi: 10.7203/CIRIEC-E.101.18393.
- [11] Abramovitz, Alexander, and Doron Shmilovitz. 2021. “Short Survey of Architectures of Photovoltaic Arrays for Solar Power Generation Systems.” *Energies* 14(16):4917. doi: 10.3390/en14164917.
- [12] Wang, Huo-Gen, and Han Rao. 2023. “The Mechanism and Countermeasures of the Impact of State Subsidy Backslide on the Efficiency of Waste-to-Energy Enterprises—A Case Study in China.” *Sustainability* 15(19):14190. doi: 10.3390/su151914190.
- [13] Said, Hisham, Aswathy Rajagopalan, and Daniel M. Hall. 2024. “Longitudinal Analysis of Interorganizational Collaborative Networks of Cross-Laminated Timber (CLT) Construction.” *Construction Innovation*. doi: 10.1108/CI-01-2023-0012.
- [14] Du, Wei, Samad M.E. Sepasgozar, Ayaz Khan, Sara Shirowzhan, and Juan Garzon Romero. 2023. “Developing an Interactive Pile Training Module for Construction Risk Management and Gaging Users’ Intentions.” *Construction Innovation*. doi: 10.1108/CI-10-2022-0269.
- [15] Lawal, Oluwatoyin O., and Nawari O. Nawari. 2024. “Blockchain-Enabled City Information Modeling Framework for Urban Asset Management.” *Journal of Architectural Engineering* 30(3). doi: 10.1061/JAEIED.AEENG-1644.
- [16] Lin, Yu-Cheng, Nan-Hai Lo, Hsin-Tzu Hu, and Ya-Ting Hsu. 2020. “Collaboration-Based BIM Model Development Management System for General Contractors in Infrastructure Projects.” *Journal of Advanced Transportation* 2020:1–16. doi: 10.1155/2020/8834389.
- [17] Van Den Einde, Lelli, Joel P. Conte, José I. Restrepo, Ricardo Bustamante, Marty Halvorson, Tara C. Hutchinson, Chin-Ta Lai, Koorosh Lotfizadeh, J. Enrique Luco, Machel L. Morrison, Gilberto Mosqueda, Mike Nemeth, Ozgur Ozcelik, Sebastian Restrepo, Andrés Rodríguez, P. Benson Shing, Brad Thoen, and Georgios Tsampras. 2021. “NHERI@UC San Diego 6-DOF Large High-Performance Outdoor Shake Table Facility.” *Frontiers in Built Environment* 6. doi: 10.3389/fbuil.2020.580333.
- [18] Gómez-Alvarez Díaz, Rosario, Rafael Morales Sánchez, and Carmen Rodríguez Morilla. 2017. “La Economía Del Bien Común En El Ámbito Local.” *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa* (90):189. doi: 10.7203/CIRIEC-E.90.8898.
- [19] Hernández Sampieri, R., C. Fernández Collado, and P. Baptista Lucio. 2018. *Metodología de La Investigación*. Vol. 4. edited by: McGraw-Hill Interamericana. México.
- [20] George, D., and P. Mallery. 2003. *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*. 11.0 Update. 4ta. edición.
- [21] Zeynalian, M., and I. Kalantari. 2018. “Choice of Optimum Combination of Construction Machinery Using Modified Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model.” *Scientia Iranica. Transaction A, Civil Engineering*.
- [22] Anderson, Sweeney, and Williams. 2004. “Estadística Para Administración y Economía.” México, Thomson 825–30.
- [23] Žemaitis, Povilas, Edgaras Linkevičius, Marius Aleinikovas, and Diana Tuomasjukka. 2021. “Sustainability Impact Assessment of Glue Laminated Timber and Concrete-Based Building Materials Production Chains – A Lithuanian Case Study.” *Journal of Cleaner Production* 321:129005. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129005.
- [24] Sajeve, Maurizio, Marjo Maidell, and Jonne Kotta. 2020. “A Participatory Geospatial Toolkit for Science Integration and Knowledge Transfer Informing SDGs Based Governance and Decision Making.” *Sustainability* 12(19):8088. doi: 10.3390/su12198088.
- [25] Sanchez, Oscar Torres, Duarte Raposo, Andre Rodrigues, Fernando Boavida, Radu Marculescu, Kongyang Chen, and Jorge Sa Silva. 2023. “An IIoT-Based Approach to the Integrated Management of Machinery in the Construction Industry.” *IEEE Access* 11:6331–50. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236254.
- [26] Montalbán-Domingo, Laura, Cristina Torres-Machi, Amalia Sanz-Benlloch, Eugenio Pellicer, and Keith R. Molenaar. 2023. “Green Public Procurement in Civil Infrastructure Construction: Current Performance and Main Project Characteristics.” *Journal of Construction Engineering and Management* 149(9). doi: 10.1061/JCEMD4.COENG-13502.
- [27] Shkabatur, Jennifer, Raphael Bar-El, and Dafna Schwartz. 2022. “Innovation and Entrepreneurship for Sustainable Development: Lessons from Ethiopia.” *Progress in Planning* 160:100599. doi: 10.1016/j.progress.2021.100599.
- [28] Haider, Salman, and Javed Ahmad Bhat. 2020. “Does Total Factor Productivity Affect the Energy Efficiency.” *International Journal of Energy Sector Management* 14(1):108–25. doi: 10.1108/IJESM-11-2018-0010.
- [29] Wang, Yijiao. 2022. “The Impacts of Improvements in the Unified Economic and Environmental Efficiency of Transportation Infrastructure on Industrial Structure Transformation and Upgrade from the Perspective of Resource Factors.” *PLOS ONE* 17(12):e0278722. doi: 10.1371/journal.pone.0278722.
- [30] Aladağ, Hande, Gökhan Demirdöğen, Alperen Taha Demirbağ, and Zeynep Işık. 2023. “Understanding the Perception Differences on BIM Adoption Factors across the Professions of AEC Industry.” *Ain Shams Engineering Journal* 14(11):102545. doi: 10.1016/j.asej.2023.102545.
- [31] Kuncoro, Tri, Muhammad Aris Ichwanto, and Dzul Fikri Muhammad. 2023. “VR-Based Learning Media of Earthquake-Resistant Construction for Civil Engineering Students.” *Sustainability* 15(5):4282. doi: 10.3390/su15054282.