Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MODELO DE GESTIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SOSTENIBLE EN ZONA COSTERA DEL PERÚ

Línea de investigación:
Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Ingeniería Civil

Autora

Loayza Lozano, Prysila Abilen

Asesor

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

ORCID: 0000-0003-0512-8954

Jurado

Paz Fernández, Rodolfo Jesús

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Polo Romero, Libertad Maria Socorro

Lima - Perú

2026

RECONOCIMIENTO - NO COMERCIAL - SIN OBRA DERIVADA
(CC BY-NC-ND)

MODELO DE GESTIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SOSTENIBLE EN ZONA COSTERA DEL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	15%	5%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%

Universidad Nacional Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MODELO DE GESTIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SOSTENIBLE EN ZONA COSTERA DEL PERÚ

Línea de Investigación:
Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el Grado Académico de Doctora en Ingeniería Civil

Autora
Loayza Lozano, Prysila Abilen

Asesor
Chavarry Vallejos, Carlos Magno
ORCID: 0000-0003-0512-8954

Jurado
Paz Fernández, Rodolfo Jesús
Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique
Polo Romero, Libertad Maria Socorro

Lima – Perú
2026

Dedicatoria

A Dios, por iluminar mi camino, concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia para culminar esta etapa de mi formación académica.

A mis padres, Fidencio, Felicita e Isabel, por su amor incondicional, sus sacrificios, sus ejemplos y por haber sembrado en mí los valores que han guiado mi vida personal y profesional.

A mi novio Ricardo, por su comprensión y apoyo a lo largo de este camino.

A mi familia, y a todas las personas que, de una u otra manera, me brindaron su apoyo y confianza durante el desarrollo de esta investigación.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, por brindarme la oportunidad de desarrollar mis estudios de doctorado y proporcionarme la formación académica para fortalecer mis conocimientos.

A mi asesor de tesis, Dr. Carlos Magno Chavarry Vallejos, por su orientación y valiosos conocimientos durante el desarrollo de esta investigación.

A los docentes del Doctorado en Ingeniería Civil, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, contribuyendo significativamente a mi formación profesional.

Índice

RESUMEN 11

ABSTRACT 12

I. Introducción 13

1.1. Planteamiento del Problema 14

1.2. Descripción del Problema 17

1.3. Formulación del Problema 19

1.3.1. Problema General 19

1.3.2. Problemas Específicos 19

1.4. Antecedentes 20

1.4.1. Antecedentes Internacionales 20

1.4.2. Antecedentes Nacionales 23

1.5. Justificación de la Investigación 26

1.5.1. Conveniencia 26

1.5.2. Relevancia Social 26

1.5.3. Utilidad Metodológica 27

1.5.4. Valor Teórico 27

1.6. Limitaciones de la Investigación 28

1.6.1. Limitaciones 28

1.6.2. Delimitaciones 28

1.7. Objetivos 29

1.7.1. Objetivo General 29

1.7.2. Objetivos Específicos 29

1.8. Hipótesis 29

1.8.1. Hipótesis General 29

1.8.2. Hipótesis Específicas 30

II. Marco Teórico 31

2.1. Marco Conceptual 31

2.1.1. Modelo de Gestión de Proyectos 31

2.1.2. Project Management Body of Knowledge (PMBOK) 31

2.1.3. Lean Construction (Construcción sin pérdidas) 37

2.1.4. Pavimento Flexible 41

2.1.5. Vida Útil del Pavimento Flexible 42

2.1.6. Expediente Técnico 43

2.1.7. Procedimiento Constructivo 46

2.1.8. Conservación Vial 48

2.2. Definición de Términos Básicos 52

III. Método 54

3.1. Tipo de Investigación 54

3.2. Población y Muestra 56

3.2.1. Población 56

3.2.2. Muestra 56

3.2.3. Muestreo 57

3.3. Operacionalización de Variables 57

3.3.1. Operacionalización de la Variable Independiente 57

3.3.2. Operacionalización de la Variable Dependiente 58

3.4. Instrumentos 59

3.5. Procedimientos 61

3.6. Análisis de Datos 62

3.7. Consideraciones Éticas 64

IV. Resultados 65

4.1. Presentación de los Resultados 65

4.1.1. Confiabilidad del Instrumento 65

4.1.2. Prueba de Normalidad 68

4.2. Análisis de los Resultados 69

4.2.1. Estadísticos Descriptivos de la Información 69

4.2.2. Variable X: Modelo de Gestión de Proyectos 69

4.2.3. Variable Y: Vida Útil del Pavimento Flexible 73

4.3. Contrastación de las Hipótesis 77

4.3.1. Contrastación de la Hipótesis General 77

4.3.2. Contrastación de las Hipótesis Específicas 79

4.4. Propuesta de Modelo de Gestión 89

4.4.1. Desarrollo del Modelo de Gestión 90

4.4.2. Resumen de los Resultados de la Investigación 138

4.4.3. Benchmarking del Aporte 145

V. Discusión de resultados 148

VI. Conclusiones 154

VII. Recomendaciones 157

VIII. Referencias 159

IX. Anexos 169

Anexo A: Matriz de Consistencia 169

Anexo B: Cuestionario de Modelo de Gestión de Proyectos. 170

Anexo C: Cuestionario de Vida Útil del Pavimento Flexible. 173

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente 58

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente 59

Tabla 3. Resultado del juicio de expertos 60

Tabla 4. Confiabilidad de los instrumentos 61

Tabla 5. Alfa de Cronbach de los instrumentos 65

Tabla 6. Estadísticas de total de elemento 66

Tabla 7. Pruebas de normalidad 68

Tabla 8. Modelo de gestión de proyectos 70

Tabla 9. Project Management Body of Knowledge (PMBOK) 71

Tabla 10. Lean Construction 72

Tabla 11. Vida útil del pavimento flexible 73

Tabla 12. Expediente técnico 74

Tabla 13. Procedimiento constructivo 75

Tabla 14. Conservación vial 76

Tabla 15. Correlaciones entre el modelo de gestión de proyectos y la vida útil del pavimento flexible 77

Tabla 16. Evidencia documental que respalda los resultados de la hipótesis general 78

Tabla 17. Correlaciones entre PMBOK y expediente técnico 80

Tabla 18. Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 1 81

Tabla 19. Correlaciones entre PMBOK y procedimiento constructivo 82

Tabla 20. Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 2 83

Tabla 21. Correlaciones entre PMBOK y conservación vial 85

Tabla 22. Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 3 86

Tabla 23. Correlaciones entre Lean construction y vida útil del pavimento flexible 87

Tabla 24. Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 4.....88

Tabla 25. Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la elaboración del expediente técnico.....102

Tabla 26. Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la ejecución de la obra.....115

Tabla 27. Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la conservación vial.....129

Tabla 28. Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la elaboración del expediente técnico.....136

Tabla 29. Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la ejecución de la obra.....137

Tabla 30. Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la conservación vial.....138

Tabla 31. Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado general 139

Tabla 32. Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 1 141

Tabla 33. Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 2 142

Tabla 34. Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 3 143

Tabla 35. Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 4 144

Tabla 36. Benchmarking del modelo de gestión propuesto 146

Índice de Figuras

Figura 1. Modelo de gestión de proyectos 70

Figura 2. Project Management Body of Knowledge (PMBOK) 71

Figura 3. Lean Construction 72

Figura 4. Vida útil del pavimento flexible 73

Figura 5. Expediente técnico 74

Figura 6. Procedimiento constructivo 75

Figura 7. Conservación vial 76

Figura 8. Esquema conceptual del modelo de gestión 89

RESUMEN

La presente investigación titulada “Modelo de gestión de proyectos para el cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible sostenible en zona costera del Perú” tuvo como objetivo general desarrollar un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction*, orientado a mejorar la planificación, ejecución, seguimiento y conservación de los pavimentos flexibles en la zona costera del país. En el aspecto metodológico, la investigación fue de tipo aplicada, con enfoque mixto, nivel explicativo, alcance descriptivo – correlacional y diseño no experimental de corte transversal. La muestra estuvo conformada por 292 ingenieros pertenecientes a empresas contratistas y entidades vinculadas a proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete, seleccionados a través del muestreo de tipo aleatorio simple. Los resultados fueron obtenidos mediante el análisis estadístico en el software SPSS versión 26, donde se determinó un coeficiente de correlación Rho de Spearman de 0.685, que representa una correlación positiva moderada, lo que revela que entre las variables de estudio existe una asociación consistente y significativa, la interpretación de estos hallazgos fue complementada con el análisis de evidencia documental especializada, lo que permitió sustentar técnicamente la relación encontrada. Se concluye que, la aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en el PMBOK y *Lean Construction* contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.

Palabras clave: gestión de proyectos, PMBOK, *Lean Construction*, pavimento flexible, sostenibilidad vial.

ABSTRACT

This research, entitled “Project Management Model for Achieving the Service Life of Sustainable Flexible Pavement in the Coastal Zone of Peru” aimed to develop a project management model based on the PMBOK and Lean Construction approaches, designed to improve the planning, execution, monitoring, and maintenance of flexible pavements in the country's coastal zone. Methodologically, the research was applied, with a mixed-methods approach, an explanatory level, a descriptive-correlational scope, and a non-experimental, cross-sectional design. The sample consisted of 292 engineers from contracting companies and entities involved in paving projects in the province of Cañete, selected through simple random sampling. The results were obtained through statistical analysis using SPSS version 26 software, which determined a Spearman's Rho correlation coefficient of 0.685, representing a moderate positive correlation. This indicates a consistent and significant association between the study variables. The interpretation of these findings was complemented by an analysis of specialized documentary evidence, providing technical support for the relationship found. It is concluded that the application of a project management model based on the PMBOK and Lean Construction contributes to achieving the service life of sustainable flexible pavements in the coastal zone of Peru.

Keywords: project management, PMBOK, Lean Construction, flexible pavement, road sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión de proyectos de pavimentación en el Perú, particularmente en zonas costeras, enfrenta diversos desafíos relacionados con la durabilidad, calidad y sostenibilidad de los pavimentos flexibles. En este contexto, la presente investigación se enfoca en analizar la aplicación de un modelo de gestión basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction*, con el objetivo de reducir malas prácticas en la elaboración de expedientes técnicos, ejecución de obras y conservación vial, contribuyendo al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos.

Asimismo, busca identificar mecanismos de planificación, ejecución, control y mejora continua que permitan optimizar los recursos, garantizar la sostenibilidad de las obras y reducir los riesgos de deterioro prematuro. Esta problemática se evidencia en experiencias recientes de obras públicas, donde la ausencia de procesos de gestión estructurados ha generado retrasos, sobrecostos y deficiencias técnicas, afectando la durabilidad y desempeño de la infraestructura vial.

La presente investigación busca proporcionar lineamientos prácticos y metodológicos que fortalezcan la gestión pública y la intervención de las entidades responsables, promoviendo la eficiencia, la transparencia y la sostenibilidad en la ejecución de proyectos de pavimentación. El estudio se enmarca como referencia para futuras investigaciones, contribuyendo a consolidar buenas prácticas en la gestión de proyectos de infraestructura vial sostenible en el Perú.

En el primer capítulo se planteó el problema de investigación, formulando las preguntas de estudio, objetivos, delimitación, justificación, importancia, limitaciones y alcance del proyecto. Luego, en el segundo capítulo se desarrolló el marco teórico, incluyendo el marco conceptual y definiciones de términos básicos.

En el tercer capítulo se presenta la metodología de la investigación, describiendo el

nivel de investigación, tipo de estudio, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como, la operacionalización de las variables. Además, el cuarto capítulo expone los resultados, el análisis descriptivo y la contratación de las hipótesis planteadas, adicional a ello, se presenta la propuesta del modelo de gestión.

Finalmente, en el quinto, sexto y séptimo capítulo se presenta la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones, respectivamente, orientadas a fortalecer la gestión de proyectos de pavimentos flexibles sostenibles y garantizar su eficacia, durabilidad y sostenibilidad.

1.1. Planteamiento del Problema

Los pavimentos flexibles son estructuras viales constituidas por una superposición de capas conformadas por materiales seleccionados, diseñados para soportar el tránsito vehicular y las condiciones ambientales del sector, el objetivo del diseño del pavimento es ofrecer una transitabilidad segura y confortable durante su periodo de vida útil; sin embargo, un porcentaje significativo de las obras de pavimentación que se ejecutan presentan fallas superficiales y estructurales de forma prematura, lo que contribuye a que no se alcance el periodo de vida útil previsto, lo que genera perjuicios económicos al Estado y afecta a la población beneficiaria.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos - Sección suelos y pavimentos, establece que el periodo de diseño de los pavimentos flexibles es de 20 años (MTC, 2014). No obstante, en las zonas costeras del país, donde las condiciones ambientales y las características del suelo constituyen desafíos particulares, este periodo se ve comprometido por la presencia de malas prácticas recurrentes de la gestión de proyectos viales, tales como la deficiente elaboración de expedientes técnicos, la ejecución constructiva inadecuada y una conservación vial insuficiente.

En ese sentido, Oblitas et al. (2021), en su investigación señalaron que las fallas en los pavimentos flexibles dependen de diversos factores, tales como la carga vehicular, los cambios de temperatura, las deficiencias por un mal trabajo constructivo, el uso de materiales de mala calidad y la deficiencia de los sistemas de drenaje, dando como resultado deterioros como los baches, la piel de cocodrilo, el desprendimiento de los agregados, el agrietamiento en bloque, las grietas transversales, las fisuras longitudinales y los parches.

Por su parte, Hatoum et al. (2022), en su investigación, señalaron que el comportamiento de los pavimentos flexibles se manifiesta en función de las propiedades de los materiales que se utilizan en la construcción de los pavimentos, las condiciones ambientales que existen y la carga del tráfico, considerando a la sobrecarga vehicular como uno de los principales factores que contribuyen al desgaste prematuro de los pavimentos flexibles, reduciendo su vida útil y afectando la sostenibilidad vial.

Del mismo modo, Jihanny et al. (2021), en su investigación, refirieron que la sobrecarga de vehículos es uno de los principales problemas que provocan fallas prematuras en la infraestructura vial; además, disminuye de manera considerable la durabilidad del pavimento flexible hasta casi la mitad del tiempo previsto.

La problemática cobra mayor relevancia cuando se analiza en relación con los compromisos internacionales que el Estado ha contraído, particularmente los establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Cepal Naciones Unidas, 2019), que plantea como meta la construcción de infraestructuras seguras, sostenibles, resilientes y de alto nivel, garantizando un acceso equitativo para toda la población. En este contexto la red vial en el Perú debe ser considerada una de las bases importantes para el desarrollo económico y social, ya que, a diciembre de 2021, la red vial nacional llegaba a 24 494.87 km de carreteras pavimentadas y 8 134.18 km de no pavimentadas (MTC, 2022), alcanzando un incremento en

la tasa de crecimiento en comparación con años anteriores. No obstante, dicho avance no se ha complementado con un modelo de evaluación que incorpore de manera integral las dimensiones ambiental, económica y social, lo cual genera impactos negativos en el entorno, incrementa los sobrecostos en la inversión pública y, en última instancia, dificulta la ejecución de los objetivos de sostenibilidad.

Complementariamente, los enfoques de gestión de proyectos como *Lean Construction* y PMBOK cuentan también con procesos y herramientas que permiten la optimización de procesos constructivos, la reducción de desperdicios y mantener el control de los costos y plazos. Por lo que su aplicación contribuye con el cumplimiento del periodo de diseño del pavimento flexible.

Por lo tanto, el periodo de vida útil de los pavimentos flexibles se ve en riesgo por diferentes factores, entre los que se destacan principalmente: i) inadecuada elaboración del expediente técnico, ii) deficiente proceso constructivo, iii) cargas vehiculares excesivas, iv) condiciones ambientales adversas, v) baja calidad de los materiales y vi) conservación inadecuada de la vía. Estos factores no solo reducen significativamente el nivel de desempeño funcional y estructural del pavimento flexible, sino que, a su vez, contribuyen a los sobrecostos en su mantenimiento y rehabilitación, reduciendo la sostenibilidad económica y social de las infraestructuras viales.

Ante este escenario, resulta necesario implementar modelos de gestión sostenibles e integrales que, apoyados en enfoques modernos como el PMBOK y *Lean Construction*, permitan optimizar procesos, reducir desperdicios, mantener el control de plazos y costos, y contribuir al cumplimiento de manera efectiva del periodo de vida proyectado de los pavimentos flexibles en las zonas costeras del Perú.

1.2. Descripción del Problema

La infraestructura vial en Perú es un factor esencial para la integración territorial y el crecimiento económico; sin embargo, informes de la Contraloría General de la República del Perú (CGR) evidencian deficiencias en los proyectos viales desde la etapa de formulación, lo que afecta la eficiencia de la inversión pública. Un caso se verificó en la provincia de Huaura, donde la CGR encontró deficiencias en el expediente del proyecto de mejoramiento de la carretera Huacho–Huaura, el cual previó una inversión de más de S/ 58 millones. Se evidenció que los estudios básicos de ingeniería no habían considerado análisis de tipo geológico y geotécnico, necesarios para caracterizar las propiedades del terreno, y que los planos eran incompletos; incluso contenían diseños de obras ajenas al proyecto. También se advertía que los estudios de impacto ambiental carecían del plan de manejo y de vigilancia que permitiera disminuir el riesgo de afectación de terrenos y propiedades privadas en la zona de influencia. Estas observaciones evidencian que la mala formulación de los expedientes técnicos continúa siendo uno de los aspectos que determinan la eficiencia de la inversión y la sostenibilidad de la infraestructura vial de la costa peruana (CGR, 2025).

En la etapa de ejecución de obra, la falta de una correcta dirección técnica del contratista y un control adecuado de la supervisión generan fallas prematuras. En ese sentido, la CGR ha registrado casos de incumplimiento de las especificaciones técnicas, como el uso de materiales de menor calidad y demoras injustificadas, los cuales son factores que elevan los costos del proyecto y acortan la vida útil del pavimento. En la costa peruana, estas fallas son aún más importantes, debido a que el desgaste acelerado de las condiciones climáticas y por tránsito induce el uso de intervenciones correctivas en lugar de intervenciones preventivas, lo cual genera un mayor gasto de los presupuestos públicos. Un caso particular lo encontramos en la provincia de Cañete, donde la CGR constató que el pavimento asfáltico, ejecutado el mismo

año de la inspección, presentaba fallas prematuras como desprendimiento de material bituminoso y desgaste de los agregados (CGR, 2020).

Asimismo, en la fase de conservación vial se aprecian fallas en los proyectos de mantenimiento rutinario. Por ejemplo, en Arequipa, la CGR señala que, en cinco proyectos viales por parte del gobierno regional, se presentaron diferentes situaciones irregulares. En la vía AR-102, el expediente técnico omitió la calificación de condición de la carretera, lo que impidió definir con claridad las actividades de conservación necesarias pese a que el 99.61% del tramo se encontraba en estado deficiente. Asimismo, en las vías AR-114 y AR-105 se detectaron omisiones en los expedientes, incompatibilidades en metrados y ausencia de inventarios viales; mientras que en la AR-828 se evidenciaron carencias en los estudios de ingeniería básica e hidrología, y en la AR-603 se registraron retrasos en la gestión de expedientes. Estas deficiencias expusieron riesgos de sobrecostos y de intervenciones poco eficientes en proyectos cuyo presupuesto supera los S/ 4.6 millones (CGR, 2023).

Por ello, la problemática de los pavimentos flexibles en la costa peruana responde a una serie de malas prácticas y deficiencias que se manifiestan a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos viales, desde la formulación de expedientes técnicos incompletos o inconsistentes, que limitan la adecuada planificación de las obras, hasta la ejecución con incumplimiento de especificaciones, uso de materiales inadecuados y retrasos que generan sobrecostos, lo que evidencia una gestión poco eficiente. A ello se suma que, en la etapa de conservación vial, las entidades tienden a priorizar acciones correctivas antes que preventivas, lo que no solo incrementa los costos a largo plazo, sino que reduce la calidad del servicio y acelera el deterioro de la infraestructura. Todo ello no solo eleva los riesgos de accidentes y los gastos en transporte y mantenimiento vehicular, sino que también evidencia un uso ineficiente de los recursos públicos y contribuye a una mayor huella ambiental, debido al consumo

recurrente de materiales y a las emisiones generadas por intervenciones constantes.

Este escenario evidencia que el incumplimiento de la vida útil de los pavimentos no es solo un problema técnico, sino también económico, ambiental y social. Por lo que, superar estas limitaciones requiere replantear la gestión de los proyectos viales mediante enfoques integrales que incorporen metodologías como PMBOK y *Lean Construction*, orientadas a optimizar la planificación, mejorar la ejecución y fortalecer la conservación, contribuyendo así al desarrollo de una infraestructura vial más sostenible y resiliente en la costa peruana.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera el desarrollo de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* contribuyen con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú?

1.3.2. Problemas Específicos

a. ¿De qué manera los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles?

b. ¿De qué manera los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas durante la ejecución de pavimentos flexibles sostenibles?

c. ¿De qué manera el proceso de cierre de la guía PMBOK incide en la reducción de malas prácticas durante la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles?

d. ¿De qué manera el enfoque *Lean Construction* contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes Internacionales

Como antecedente internacional, Alimohammadi (2020), en su investigación, desarrolló un marco metodológico para la evaluación de proyectos viales, enfocado en identificar, documentar y analizar el estado de los pavimentos flexibles, así como en evaluar alternativas de mantenimiento y rehabilitación utilizando la evaluación del costo del ciclo de vida. El objetivo de su investigación fue establecer una guía general que posibilite alcanzar la vida útil de los pavimentos flexibles a través de la selección precisa de técnicas de conservación. La metodología comprendió el diagnóstico del pavimento, el análisis de rentabilidad de distintas técnicas de mantenimiento y rehabilitación, y la selección de alternativas según el tipo de deterioro en pavimentos del estado de Luisiana. Además, la información se recopiló a partir de datos históricos de la base de datos *LaDOT-PM* y mediante encuestas de campo para analizarse posteriormente en una matriz de ponderación. Los resultados evidenciaron que las técnicas de micropavimento y superposición fina fueron las más efectivas para el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos. En conclusión, el marco propuesto constituyó una herramienta que permitió optimizar políticas de inspección, mantenimiento y rehabilitación, colaborando en la gestión eficiente y sostenible de los pavimentos flexibles.

Cavalcanti et al. (2022), en su investigación, analizaron la vulnerabilidad de los pavimentos flexibles utilizando un Índice de Vulnerabilidad del Pavimento (IVP), desarrollado mediante álgebra cartográfica en un Sistema de Información Geográfica (SIG), teniendo como objetivo medir la vulnerabilidad de los pavimentos flexibles en Brasil y localizar las zonas con

mayor susceptibilidad a la reducción de su vida útil. La metodología se basó en el concepto de ecodinámica y en la formulación de un Índice de Vulnerabilidad del Pavimento (IVP) elaborado mediante álgebra de mapas y superposición de variables ambientales y estructurales como geomorfología, cobertura, drenaje, geología, modelo digital de elevación, precipitación, declive, suelos y textura. Los resultados mostraron que más del 50% del área analizada presenta estabilidad, mientras que poco más del 48% se encuentra en condición de riesgo de vulnerabilidad. En conclusión, la investigación evidenció que la elaboración de mapas temáticos constituye una herramienta clave para orientar los estudios iniciales de degradación de pavimentos y que el IVP se convierte en un instrumento valioso para los organismos responsables de la gestión, permitiendo diseñar proyectos de pavimentación más eficientes frente a los factores climáticos y a las acciones humanas.

Chinchay et al. (2023), en su investigación, se centraron en la ejecución de una obra de pavimentación urbana bajo la metodología *Lean Construction*. El objetivo principal fue implementar dicha metodología como estrategia para mejorar el rendimiento, optimizar la planificación y reducir los atrasos en la ejecución del proyecto. La metodología fue de tipo descriptivo y enfoque no experimental. Los resultados evidenciaron que la adopción del *Lean Construction* en la planificación permitió controlar y revertir los retrasos, alcanzando un porcentaje de cumplimiento del plan superior al 70% de lo programado. Asimismo, los indicadores del cronograma reflejaron avances favorables en la ejecución de la obra, y se constató que los presupuestos ejecutados superaron a los proyectados inicialmente. Concluyen que la aplicación de herramientas *Lean Construction* genera un uso más eficiente de los recursos económicos y una mayor eficacia en la programación, lo que asegura el cumplimiento de los plazos establecidos.

Román (2022), en su investigación realizada en la provincia de El Oro (Ecuador), tuvo

como finalidad elaborar una metodología de gestión a partir de la determinación de fallas y análisis del estado superficial de los pavimentos flexibles en tres tramos viales rurales. La metodología se realizó mediante observación en campo, levantamiento de datos en sitio, elaboración de un registro de la red vial y un análisis de flujo vehicular, complementados con la revisión de literatura especializada sobre metodologías aplicadas en la gestión de vías. Asimismo, se utilizó un sistema de información geográfica para describir la condición de los tramos estudiados y se complementa con el uso de un programa de gestión de pavimentos, con el cual se evaluó tanto el comportamiento como la condición de los pavimentos. Los resultados obtenidos identificaron el deterioro y el estado de conservación de las vías, lo que facilitó definir la priorización de las acciones de mantenimiento considerando criterios técnicos y de optimización de costos. De esta manera, se planteó un enfoque metodológico para la gestión del mantenimiento de pavimentos flexibles, orientado a preservar las vías en buen estado y a optimizar el uso de los recursos económicos destinados a su preservación.

Mohammadi et al. (2022), en su investigación, abordaron la adopción del *Lean Construction* en proyectos de mantenimiento vial, con la finalidad de reducir actividades que no generan valor y, de esta manera, incrementar los beneficios para los distintos actores involucrados. El objetivo principal fue desarrollar un modelo de toma de decisiones que integre los fundamentos del *Lean Construction* en la planificación y programación tradicional del mantenimiento de carreteras. Para validar la propuesta, se recurrió a un estudio de caso en la Autopista 401, en Ontario, Canadá, donde demostraron que el modelo permite a las agencias viales planificar el mantenimiento y asignar proyectos a contratistas de construcción, evitando procesos de adopción de decisiones duplicadas. Los resultados mostraron una reducción en la asignación de costos para una carretera seleccionada, manteniendo niveles de condición similares a los alcanzados con métodos tradicionales. Además, el modelo permitió identificar y eliminar actividades sin valor, disminuir la fluctuación en los plazos de ejecución y agilizar

la complejidad operativa. En conclusión, la propuesta metodológica demuestra que la incorporación de principios *Lean Construction* en la gestión del mantenimiento vial constituye una estrategia efectiva para disminuir retrasos, optimizar la asignación de los recursos y promover la selección eficiente de contratistas calificados, generando mejoras sustanciales en la eficiencia del proceso.

1.4.2. Antecedentes Nacionales

Huamán et al. (2023), en su investigación, realizaron una revisión sistemática de bases de datos académicas como *Redalyc, Web of Science, Scopus* y *Scielo*, para analizar la vida útil de los pavimentos, con énfasis en el agrietamiento y las estrategias de mantenimiento en el Perú. La investigación tuvo como objetivo examinar el vínculo entre el ciclo de vida del pavimento, que abarca diseño, construcción, conservación, deterioro y rehabilitación, y la aparición de grietas que afectan su durabilidad. La metodología utilizada se basó en revisión de artículos; en este caso, fueron 10 artículos, mediante un análisis de los factores críticos a partir del diseño de tránsito, las condiciones climáticas, la humedad, la fatiga por las tensiones repetidas, la calidad de los materiales y la cimentación del subsuelo, analizando así la incidencia que tienen tanto en el agrietamiento de la superficie como en, la alta demanda de mantenimientos. Los resultados señalaron que la gran cantidad de trabajos concuerdan en la importancia de evaluar las variables climáticas, cargas de tráfico y factores constructivos en la aparición de grietas, las cuales, aunque inicialmente pequeñas, tienden a propagarse y comprometer la integridad estructural si no se interviene a tiempo. Por su parte, el mantenimiento regular mediante parcheo, recubrimientos superficiales o reconstrucción parcial amplía el tiempo de uso del pavimento. Por lo que, concluyeron que comprender el ciclo de vida del pavimento y aplicar estrategias de conservación efectivas es esencial para asegurar su funcionalidad y sostenibilidad.

Cárdenas (2024), en su investigación, desarrolló un modelo predictivo que incorpora factores locales como suelo, clima, cargas vehiculares en pavimentos flexibles de Huancavelica. La finalidad de su investigación fue diseñar un modelo de predicción para analizar el estado estructural de la capa asfáltica y su incidencia en el desempeño del pavimento flexible. A lo largo de 3 km se aplicó la metodología en 18 puntos, aplicando el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), grado de compactación, resistencia al deslizamiento (CRD), evaluación de la macroextructura y ensayos de deflectometría, bajo un enfoque cuantitativo, no experimental, correlacional-explicativo, en los cuales, se emplearon modelos de regresión no lineales y análisis multivariable. Los resultados demostraron que la compactación influye directamente en la deflectometría mientras que el contenido de asfalto mantiene una relación inversa con la macrotextura, la cual tiende a perder su calidad crítica a partir del 4.2%. Además, se evidenció que los factores climáticos y la demanda vehicular reducen la vida útil del pavimento a 10 a 12 años, pero el modelo predictivo permite aumentarla 15 años y, además, los costos de mantenimiento se incrementan en un 20%. Se concluye que el modelo desarrollado representa un procedimiento eficaz para optimizar recursos, incrementar la duración y durabilidad del pavimento en 3 a 5 años, asegurar una mayor seguridad y funcionalidad en la infraestructura vial de Huancavelica.

Campos & Irigoín (2019), realizaron en su trabajo, la evaluación de un pavimento flexible a través del Índice de Condición del Pavimento (PCI), con lo que determinaron el deterioro prematuro del pavimento flexible de la localidad de Chota, Cajamarca. La metodología utilizada fue de tipo descriptiva, basada en inspecciones in situ y de trabajos de gabinete, en donde se aplicó el método PCI y se compararon los resultados obtenidos con el expediente técnico de la capa superficial del pavimento de 2015. Los resultados revelaron que el 33.33% estaban en estado regular, el 44.44% en mal estado y el 22.22% en estado deficiente, siendo las fallas más frecuentes el desgaste superficial por acción del clima, pérdida de

partículas del agregado y los baches. Por lo tanto, concluyeron que, aun cuando el pavimento aún no superaba su vida útil, ya mostraba un deterioro significativo atribuido principalmente a los factores climáticos, faltas de mantenimiento, incremento del tráfico en 0.95% anual y deficiencias constructivas, lo que evidencia que es necesario mejorar tanto los procesos de diseño como la gestión de conservación vial.

Mercedes (2019) en su investigación, tuvo como propósito el desarrollo de un modelo de gestión sustentado en *Lean Construction* y PMBOK, orientado a la optimización del mantenimiento de los pavimentos flexibles. En cuanto a la metodología, tuvo un enfoque de tipo descriptivo, cuantitativo y no experimental. Los resultados evidenciaron que la Municipalidad Provincial de Chiclayo no cuenta con un registro del historial de construcción ni de mantenimiento de la red vial, además de que solo ejecuta labores rutinarias sin el desarrollo de mantenimientos preventivos. Los resultados identificaron la falta de un sistema de información que permita el seguimiento del estado de las vías y recoger las necesidades de la infraestructura vial, así como la falta de evaluación de los proyectos ejecutados. Concluyó que la gestión de mantenimiento de pavimentos en Chiclayo es deficiente y carece de una planificación integral que garantice la durabilidad y funcionalidad de la red vial.

Castillo & Quispe (2023), en su investigación, tuvieron como finalidad analizar y mejorar la productividad en proyectos de obra civil a través de un modelo de gestión. El objetivo principal fue proponer un modelo basado en herramientas de *Lean Construction* y en la guía del PMBOK para optimizar la productividad de una infraestructura. La metodología utilizada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicado y con un diseño no experimental descriptivo-propositivo. La investigación inició con la evaluación de la eficiencia de un almacén que se encontraba en ejecución, valorando la alteración de su cronograma, para luego integrar el *Lean Construction* y PMBOK en el modelo propuesto, en la evaluación de un

almacén que estaba a punto de ejecutarse. Los resultados indicaron un Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) promedio de 82%, y con la aplicación de la técnica del Valor Ganado se llegó a un Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) de 1.000 y un Índice de Desempeño del Costo (CPI) de 1.231. Dichos datos indicaron que el proyecto se encontraba dentro del cronograma proyectado y que, en relación al costo, se mantenía acorde a la programación del mismo. Concluyeron que el uso de un modelo contribuye a mejorar la productividad, asegurando el cumplimiento oportuno de los plazos establecidos y la óptima utilización de los recursos asignados al proyecto.

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. Conveniencia

La investigación es conveniente porque responde a la necesidad de mejorar la gestión de los proyectos relacionados con la infraestructura vial en la zona de la costa del Perú, ya que los pavimentos flexibles son muy susceptibles al deterioro antes del tiempo que se había planificado. El objetivo de la investigación es ofrecer un modelo de gestión basado en PMBOK y *Lean Construction* que optimice el proceso de diseño, ejecución y seguimiento de la obra, para disminuir fallas y sobrecostos, así como asegurar una eficiente infraestructura.

1.5.2. Relevancia Social

La relevancia de la investigación, de corte social, viene dada porque, desarrollando un modelo de gestión basado en PMBOK y *Lean Construction*, se producen lineamientos para las entidades encargadas de planificar, ejecutar y controlar los proyectos viales. Esto permitirá que las obras futuras lleguen a producirse con mayor eficiencia y sostenibilidad. De esta forma, los beneficiarios serán las entidades, las empresas contratistas y la sociedad, que podrán contar con

proyectos viales bien gestionados, más duraderos y gestionados en función de un interés colectivo.

1.5.3. Utilidad Metodológica

La utilidad metodológica de la investigación se focaliza en la elaboración de una herramienta para la recopilación de datos, relacionado con un cuestionario organizado que integra dos dimensiones clave: los procesos del PMBOK y los principios del *Lean Construction*. Este instrumento permite recoger información confiable y sistemática sobre la gestión de proyectos de pavimentación en zonas costeras del Perú, diseñado para identificar prácticas, deficiencias y oportunidades de mejora en la gestión de obras viales, a partir de la percepción y experiencia de los profesionales de dicho ámbito. Su valor metodológico radica en que podrá ser replicado en futuros proyectos e investigaciones en infraestructura vial, generando evidencia empírica que contribuya a perfeccionar los modelos de gestión y a formular políticas públicas más eficaces, orientadas a la sostenibilidad de los pavimentos flexibles.

1.5.4. Valor Teórico

El valor teórico de la investigación se basa en proporcionar un nuevo enfoque que integra los procesos del PMBOK y las herramientas del *Lean Construction* para la gestión de proyectos de pavimentos flexibles sostenibles, con la finalidad de mejorar la gestión de proyectos del mismo tipo. Por lo que, sus resultados permitirán no sólo aplicarlas en la zona costera del Perú, sino también en otras regiones, lo que será una base para futuras investigaciones en relación con la sostenibilidad de la infraestructura vial.

1.6. Limitaciones de la Investigación

1.6.1. Limitaciones

El alcance del presente estudio se ve restringido, fundamentalmente, al ámbito técnico y metodológico, ya que cada proyecto de pavimentación en la zona costera del Perú se desarrolla bajo condiciones particulares de cada contexto socioeconómico concreto. Así también, el estudio tiene por objetivo la elaboración de una propuesta de un modelo de gestión estandarizado, que pueda aplicarse de forma uniforme en los procedimientos de planificación, control y mejora continua.

1.6.2. Delimitaciones

1.6.2.1. Delimitación Geográfica. El estudio se desarrolló en la provincia de Cañete.

1.6.2.2. Delimitación Temporal. El estudio se llevó a cabo desde enero de 2025 a diciembre de 2025.

1.6.2.3. Delimitación Temática.

- Campo: Gestión de proyectos.
- Área académica: Pavimentos
- Línea de investigación: Obras viales.
- Sub línea de investigación: Construcción.

1.6.2.4. Delimitación Muestral. En el marco de la investigación, la muestra estuvo conformada por profesionales vinculados a proyectos de pavimentación en la zona costera del Perú, tales como supervisores, residentes e ingenieros que participaron en obras viales ejecutadas por el Estado en la provincia de Cañete.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Desarrollar un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* que contribuyan con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.

1.7.2. Objetivos Específicos

a. Determinar si los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.

b. Determinar si los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.

c. Determinar si el proceso de cierre de la guía PMBOK incide en la reducción de malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

d. Determinar si la aplicación del enfoque *Lean Construction* contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis General

La aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles

sostenibles en zona costera del Perú.

1.8.2. Hipótesis Específicas

a. Los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.

b. Los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.

c. El proceso de cierre de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

d. La aplicación del enfoque *Lean Construction* incide directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Modelo de Gestión de Proyectos

Terrazas (2009) refirió que es la estructura que plantea una metodología de análisis que busca organizar y sistematizar las bases teóricas y prácticas para aplicar las herramientas planteadas en la gestión de proyectos.

Asimismo, Kerzner (2018) conceptualizó al modelo de gestión de proyectos como un marco estructurado compuesto por procesos, metodologías, herramientas y técnicas que permiten planificar, ejecutar, monitorear y controlar proyectos de manera organizada y eficaz. Este modelo ayuda a las organizaciones a estandarizar sus prácticas de gestión con el fin de incrementar las posibilidades de alcanzar el éxito en sus proyectos, mediante la integración de los conocimientos y actividades necesarias para alcanzar los objetivos deseados. Además, presenta la noción de madurez en la administración de proyectos, que se desarrolla a través de cinco etapas, desde procedimientos elementales hasta optimización avanzada y mejora constante, lo que muestra cómo la organización va aumentando su capacidad para manejar proyectos.

El Project Management Institute (PMI, 2021) hizo referencia, en este sentido, que la administración de proyectos es la aplicación integrada de técnicas, herramientas, habilidades y conocimientos en los distintos procesos del proyecto para alcanzar los requisitos establecidos.

2.1.2. Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

El PMBOK es considerado, a nivel mundial, una guía de referencia para la gestión de proyectos, ya que reúne un conjunto de técnicas, habilidades, procesos y conceptos bien

estructurados asociados a la gestión de proyectos. El PMBOK es un marco que fue desarrollado para poder ayudar a las personas que dirigen proyectos en la planificación, ejecución y control de los mismos. Su objetivo es ser flexible y adaptable a diferentes contextos y metodologías, y también ser entregado con un enfoque en la entrega de valor (PMI, 2021).

En resumen, el PMBOK es un conjunto de conocimientos que establece la norma actualizada para la gestión de proyectos que se convierte en pieza clave para la mejora de la eficacia a la hora de administrar proyectos. Este conjunto de conocimientos está formado, también, por cinco grupos de procesos que están conectados con otras actividades relacionadas y que aseguran una gestión adecuada desde el inicio del proyecto hasta su cierre y entrega formal.

2.1.2.1. Procesos del PMBOK.

A. Iniciación. En el contexto del ciclo de vida del proyecto, la fase de iniciación representa el inicio formal del mismo, el cual se establece fijando sus objetivos centrales, su alcance general y su viabilidad en relación con las condiciones del contexto y los grupos de interés. A lo largo de este proceso, se definen los requerimientos del proyecto, se proponen los criterios básicos para su administración y se establece la responsabilidad de los intervinientes (PMI, 2021).

Conejo & Echeverría (2018) observan que, en esta fase, se establece el grupo de partes implicadas por medio de la definición de responsabilidades, estableciendo de esta forma las bases de una administración del proyecto adecuada y eficaz.

B. Planificación. Es el proceso más importante y estratégico para el éxito total del proyecto, ya que consiste en elaborar un plan exhaustivo que sistematice las acciones a llevar a cabo para obtener el éxito de los objetivos esperados; es decir, detallar el alcance, la

planificación del cronograma, presupuesto, calidad, la gestión de riesgos, recursos humanos, comunicaciones y adquisiciones (PMI, 2021).

Ramírez (2021), en su estudio, manifiesta que los errores típicos que ocurren en la planificación son los relacionados con el cronograma, los costos y la identificación de interesados. Por ello, sostiene que se deben seguir protocolos claros y similares a los que se encuentran en el PMI, cuando se ejecuta la gestión de los proyectos, para obtener mejores resultados.

C. Ejecución. La realización del trabajo planificado es la actividad principal de la ejecución, y en este caso se deben emplear y asignar los recursos humanos, técnicos y materiales que sean necesarios y con ello atender las exigencias que se han determinado en el trabajo planificado (PMI, 2021).

D. Seguimiento y Control. Este proceso se lleva a cabo en paralelo a la ejecución con la finalidad de monitorear, medir y analizar la actuación del proyecto respecto al plan. Asimismo, controlan los cambios, gestionan los riesgos que van surgiendo y toman medidas correctivas para mantener la dirección hacia donde se fijaron los objetivos (PMI, 2021).

Reyes (2016) propone una metodología integral basada en *Lean Construction* y técnicas como valor ganado, para reducir variabilidad durante la ejecución y mejorar el cumplimiento de plazos.

E. Cierre. El cierre representa la conclusión formal del proyecto o de una fase específica. El PMI (2021) señala que, en esta fase, se lleva a cabo la formalización de la conformidad del producto final por parte de los interesados, se disponen los recursos, se guarda la documentación generada y se recopilan y analizan los conocimientos adquiridos con el fin de fortalecer la gestión de proyectos futuros.

2.1.2.2. Aplicación del PMBOK en la gestión de proyectos.

El PMBOK estructura la gestión de proyectos en diez áreas de conocimiento claves para abordar y controlar la complejidad de los proyectos técnicos y multidisciplinarios (Kerzner, 2018). El PMBOK establece diez áreas de conocimiento, las cuales son:

A. Gestión de Alcance. Según el PMI (2021), comprende los procedimientos indispensables para asegurar que el proyecto abarque únicamente el trabajo requerido para culminar de manera exitosa. Esto implica la definición precisa de los entregables, la elaboración de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y el control de cambios asociados.

Vargas (2018) sostiene que la gestión de alcance abarca los procesos orientados a asegurar que el proyecto abarque exclusivamente las actividades necesarias para su correcta finalización, con el propósito de delimitar y gestionar con precisión los componentes que integran el proyecto y aquellos que están excluidos de su alcance.

***B. Gestión del Tiempo*.** El PMI (2021) señala que la gestión del tiempo involucra los procedimientos indispensables para administrar la finalización puntual del proyecto. Además, contempla la identificación de actividades, su secuenciación, estimación de recursos y tiempos, y el control del cronograma.

Vidal (2018) refirió que la gestión del tiempo en proyectos de construcción es el grupo de procesos, herramientas y técnicas que posibilitan planificar, programar, controlar y dar seguimiento a las actividades establecidas en el contrato de la construcción, orientado a asegurar que se cumpla con los plazos pactados y evitar retrasos o penalidades que incrementen los costos del proyecto.

***C. Gestión de Costos*.** El PMI (2021) refirió que la gestión de costos comprende la proyección, elaboración del presupuesto y monitoreo de los costos necesarios a fin de

garantizar que la ejecución del proyecto se realice conforme al presupuesto asignado.

Oliveras & Rincón (2011) refirieron que la gestión de costos constituye un sector esencial de la administración de proyectos, conformada por los procesos de estimación, presupuestación y control de los recursos financieros. Su finalidad es garantizar que el proyecto pueda ejecutarse conforme a los recursos presupuestales establecidos, siguiendo las buenas prácticas promovidas por el PMI.

D. Gestión de la Calidad. Para el PMI (2021), la gestión de la calidad debe entenderse como aquellos procedimientos que conducen la política de calidad de la organización durante la planificación, ejecución y supervisión del proyecto para conseguir el cumplimiento de los requisitos establecidos.

La gestión de la calidad es una estrategia que permite aumentar la competitividad de la empresa y, desde un enfoque global, considera a la organización como un sistema de procesos que están interrelacionados e interactúan entre ellos, teniendo como objetivo principal, entre otros, la satisfacción del cliente. Esto permite a las organizaciones generar ventajas competitivas o mejorar en su eficiencia y productividad, sustentándose en el principio de la mejora continua (Hernández et al., 2018).

E. Gestión de Riesgos. Es un proceso interminable y sistemático que va, desde que se identifican de forma anticipada los riesgos hasta que se va supervisando y revisando en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto (PMI, 2021).

Soler-González et al. (2018), indicaron que se puede entender como un proceso constituido por actividades interrelacionadas que permite identificar, analizar y evaluar los riesgos, con el fin de priorizarlos y reducir su impacto mediante la adopción de medidas adecuadas.

F. Gestión de Comunicaciones. Incluye los procedimientos esenciales para garantizar que la información del proyecto sea desarrollada, estructurada, entregada, preservada, recuperada, controlada y monitoreada, con el fin de tenerla disponible adecuadamente y en el momento oportuno (PMI, 2021).

La gestión de la comunicación se entiende como un procedimiento estratégico diseñado para alinear los objetivos comunicativos con los objetivos de la empresa, analizando las funciones de la gestión de la comunicación con el propósito de poder mostrar su valor dentro de la organización (Moreno et al., 2016).

G. Gestión de Interesados. También conocida como *stakeholder management*, se ocupa de los procesos que permiten dar a conocer las personas, los grupos o las organizaciones que pueden influir sobre el proyecto y pueden verse influenciadas por el mismo, evaluando los puntos de vista de tal manera que se determine cuál será la estrategia que permita gestionar a los grupos de interés, asegurando que participen de forma efectiva en el proyecto (PMI, 2021).

Acuña (2012) refirió que la gestión de interesados se trata del procedimiento por el cual una organización determina, analiza y se relaciona con sus grupos de interés, fomentando la participación activa, el diálogo transparente y la atención a sus demandas y expectativas, con el fin de generar confianza, legitimidad y contribuir a la sostenibilidad de sus actividades.

H. Gestión de las Adquisiciones. Abarca los procesos destinados a obtener, mediante compras o adquisiciones externas, los bienes, prestaciones o logros que el equipo del proyecto no puede proporcionar directamente (PMI, 2021).

La gestión de adquisiciones consiste en el proceso a través del cual una organización define, lleva a cabo y controla la adquisición de productos, servicios o insumos para un proyecto, con el objetivo de cumplir los objetivos establecidos en costo, tiempo y calidad. A

su vez, constituye un proceso con herramientas y técnicas de optimización del resultado y facilitación de los procesos organizacionales (Moreno, 2022).

I. Gestión de los Recursos. PMI (2021), refirió que la gestión de recursos involucra llevar a cabo los procesos orientados a reconocer, adquirir y gestionar tanto los recursos físicos como el equipo requerido, con el fin de asegurar la adecuada implementación del proyecto.

J. Gestión de la Integración del Proyecto. El PMI (2021) refirió que contempla los procesos y acciones esenciales para reconocer, establecer, integrar, consolidar y coordinar los procesos y acciones vinculados con la administración del proyecto.

La gestión de la integración incluye los procedimientos y acciones destinados a coordinar, unificar, comunicar, interrelacionar y consolidar las acciones de la dirección de proyectos como un conjunto. En el marco de las categorías de procesos de la gestión de proyectos, esta área se distingue de las demás porque constituye una competencia exclusiva de los coordinadores o directores del proyecto (Ravello, 2022).

2.1.3. Lean Construction (Construcción sin pérdidas)

Lean Construction se define como un enfoque de gestión aplicado a los proyectos de construcción, que nace como una adaptación del enfoque *Lean* de la industria automotriz introducido por Lauri Koskela en 1992, y que propone comprender la construcción como un sistema de producción en el que los procedimientos no son únicamente transformaciones, sino también flujos que deben generar valor. Su propósito es optimizar los sistemas productivos a través de la reducción de desperdicios, la mejora de los tiempos de ejecución y la eliminación de todo aquello que no aporte al proyecto, de modo que, a diferencia de los enfoques tradicionales de gestión, no se plantea como un conjunto rígido de pasos, sino como una forma de pensar que impulsa la creación de herramientas y metodologías orientadas a disminuir la

incertidumbre y garantizar las actividades planificadas en la ejecución de la obra (Porras et al., 2014).

Garcés & Peña (2023) refirieron que *Lean Construction* es un modelo de gestión de proyectos que propone una metodología más eficiente para conducir obras, reemplazando el paradigma tradicional que entiende a la construcción únicamente como un proceso de transformación. En su lugar, introduce el modelo TFV (transformación–flujo–valor), ya que limitarse a convertir insumos en productos, como medir el avance en metros cuadrados de muro construido, resulta insuficiente y poco sostenible al generar elevados niveles de desperdicio que, en algunos casos, alcanzan hasta un 30%. Además, frente al enfoque del PMI que se sustenta en métodos de ruta crítica y puede generar incertidumbre y errores en la planificación, *Lean Construction* ofrece una alternativa a través del *Last Planner System*, que organiza la planificación en cascada y toma el cronograma general elaborado con el diagrama de Gantt solo como marco de referencia, descomponiéndolo en planes más cortos, detallados y semanales, con un alto nivel de cumplimiento que contribuye a reducir los retrasos y mejorar la confiabilidad de la programación en obra.

2.1.3.1. Herramientas de *Lean Construction.*

A. Last Planner System (Sistema del Último Planificador). El *Last Planner System*, o Sistema del Último Planificador, elaborado por Glenn Ballard y Greg Howell a inicios de 1990, surge dentro de los principios del *Lean Construction* y se concibe como un sistema integral de programación y supervisión de las actividades productivas en el sector de la construcción, cuyo propósito central es optimizar el flujo de trabajo, disminuir la imprevisibilidad y la inestabilidad de los procesos y, al mismo tiempo, generar compromisos confiables que permitan maximizar el valor en cada etapa del proyecto (Hoyos & Botero, 2018).

Miranda et al. (2020) refirieron que, de acuerdo con la metodología *Last Planner*

System, la planificación se estructura en tres niveles que se complementan entre sí: el primero corresponde a la planificación a largo plazo, donde se define lo que debería hacerse, estableciendo el alcance del proyecto, los recursos necesarios, los hitos contractuales, los riesgos y las contingencias, además de identificar restricciones y posibles cuellos de botella. Esta etapa suele representarse en diagramas de Gantt y planes de fases consensuados, y requiere revisiones periódicas para garantizar el cumplimiento de los compromisos. En un segundo nivel se encuentra la planificación a mediano plazo o *Look Ahead Plan*, que se orienta a lo que se puede ejecutar dentro de un horizonte de tres a ocho semanas (usualmente seis), identificando qué actividades están libres de restricciones y liberando aquellas que aún las presentan para que el flujo de trabajo no se interrumpa. Finalmente, la planificación a corto plazo establece lo que se hará en periodos de una a dos semanas, normalmente mediante planes semanales en los que los responsables de la obra asumen compromisos de producción concretos. A estos tres niveles se suman las etapas de seguimiento y control: el seguimiento se encarga de verificar que lo planificado, especialmente en el corto plazo, se cumpla en campo a través del metrado de las actividades ejecutadas; mientras que el control mide el grado de compromiso del equipo de trabajo mediante indicadores como el Porcentaje del Plan Completado (PPC), el cual refleja el grado efectivo de ejecución de las actividades planificadas. Los resultados de este control alimentan nuevamente el proceso, impulsando la mejora continua y permitiendo ajustar las estrategias para incrementar la eficiencia, reducir la incertidumbre y conservar un flujo de trabajo confiable durante toda la ejecución del proyecto.

B. Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (5S). La metodología 5S, originada en Japón, se fundamenta en cinco principios: *Seiri* (selección de lo necesario y eliminación de lo que no lo es), *Seiton* (orden: cada objeto en su lugar y un lugar para cada objeto), *Seiso* (limpieza del entorno y de los equipos), *Seiketsu* (estandarización de las tres primeras S) y *Shitsuke* (autodisciplina para consolidar los hábitos en la organización), por lo que, este sistema se

constituye como un instrumento práctico para el fortalecimiento de los espacios de trabajo y puede aplicarse a todo tipo de organizaciones sin importar su sector (Piñero et al., 2018).

De acuerdo con Pérez & Quintero (2017), el surgimiento de la metodología 5S respondió a la necesidad de enfrentar problemas recurrentes en las empresas manufactureras, como la falta de organización, deficiencias en la optimización del espacio, tiempos elevados en la búsqueda de materias primas, obstrucciones en las rutas de trabajo que representaban riesgos para el personal, así como altos costos por desperdicios y mantenimientos correctivos. La finalidad de esta herramienta es mejorar, en gran medida, las condiciones de la salud, la seguridad en el trabajo, que repercuten en la calidad, la productividad, la competitividad y la mejora continua de las empresas.

La metodología 5S, adoptada como estrategia en organizaciones de distintos sectores, versa sobre un entorno laboral aseado, ordenado, estandarizado y disciplinado. Esta metodología va más allá de mantener intacto determinados equipos o de reducir el número de accidentes en el lugar de trabajo, sino que permite reducir los desperdicios que afectan el proyecto (Juárez et al., 2021).

C. Mejora Continua. La mejora continua es un elemento clave que se apoya en ciclos de planificación, acción, verificación y ajuste (ciclo PDCA: Planificar, Realizar, Comprobar y Actuar). Esta última fase es la más importante de todas, dado que permite conocer las lecciones aprendidas, realizar acciones de corrección y mejorar de forma sostenible los procesos (Patel y Deshpande, 2017).

Para poder mantener su competitividad, las organizaciones desarrollan sus competencias técnicas y mejoran sus sistemas internos y externos debido al creciente desarrollo del sector. En este panorama, el ciclo PDCA se transforma en un modelo de administración de calidad y en una herramienta esencial para el progreso constante, que se emplea extensamente

en los servicios como en la manufactura. Este ciclo se lleva a cabo en cuatro etapas, planificar, hacer, verificar y actuar; además, estas fases se realizan de manera cíclica y repetida, lo que posibilita un progreso gradual y organizado. Normalmente empieza con pequeñas mejoras para analizar los efectos producidos en los sistemas, las cuales luego conducen a transformaciones más extensas y concretas. De esta manera, el PDCA no solo contribuye a resolver problemas cualitativos y cuantitativos, sino que también impulsa la optimización de los procesos organizacionales, fomenta la productividad y consolida un entorno orientado al perfeccionamiento constante en diversos sectores (Isniah et al., 2020).

D. Análisis de Causa Raíz. Es una metodología estructurada que permite al ingeniero investigar y comprender las condiciones de trabajo de los componentes mecánicos para identificar el origen de sus fallas; por lo que, no sólo detecta las causas principales, sino que también genera aprendizajes que ayudan a prevenir recurrencias futuras (Castro & Cendales, 2019).

Ovalles et al. (2017) refirieron que, para efectuar una investigación de causa raíz, es necesario seguir pautas que permitan identificar los factores que originan los eventos no conformes y que afectan al proceso, comenzando por identificar y definir con claridad el problema para luego profundizar en su comprensión. Una vez alcanzado ese entendimiento, se procede a detectar la causa raíz que lo origina y, en base en ello, se implementa una acción correctiva adecuada, siendo fundamental posteriormente monitorear el sistema con el fin de comprobar la eficacia de las acciones implementadas y asegurar que el problema no vuelva a repetirse.

2.1.4. Pavimento Flexible

Montejo (2002) describió a los pavimentos flexibles como estructuras compuestas por una capa bituminosa que se apoya en dos capas inferiores denominadas sub base y base, las

cuales descansan sobre la subrasante y que son diseñadas para resistir los esfuerzos derivados del tránsito soportado durante su ciclo de vida.

Bonett (2014), en su investigación, desarrolló una guía práctica para la construcción de pavimentos flexibles en terrenos planos y poco quebrados, destacando que los procedimientos constructivos propuestos facilitan la obtención de información confiable y constituyen un soporte en todas las etapas del proceso, al permitir identificar materiales, equipos y requisitos de calidad. Concluye que la compactación de las capas es uno de los procesos más relevantes, pues de ella dependen la capacidad portante, la durabilidad y la resistencia del pavimento, debiendo alcanzarse densidades superiores al 97% respecto a los ensayos de laboratorio y sin resultados individuales menores al 95%. Asimismo, resalta la trascendencia de mantener un control térmico de la mezcla asfáltica, ya que influye en la facilidad de compactación, en la capacidad de soporte y en la vida útil de la vía. Además, enfatizó que el estricto control de calidad en la conformación de la subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica asegura la estabilización de las capas y el cumplimiento del diseño. Finalmente, confirma la necesidad de conocer paso a paso cada proceso constructivo, como la escarificación, el extendido y la compactación para garantizar vías de alta resistencia y durabilidad, optimizando recursos y cumpliendo los estándares de calidad establecidos.

2.1.5. Vida Útil del Pavimento Flexible

Está definida como el periodo de diseño para lo cual ha sido diseñado el pavimento flexible. En caminos con bajo volumen de tránsito, su vida útil es de 10 años, pudiendo ser también diseñado para dos etapas de 10 años y una etapa de 20 años (MTC, 2013).

Llopis et al. (2020) refirieron que diversos estudios señalan que la vida útil del pavimento flexible está estrechamente influenciada por factores estructurales, de tránsito y climáticos, ya que el incremento de las cargas equivalentes por eje y la acumulación de nieve

aceleran su deterioro, mientras que las temperaturas frías acompañadas de amplias variaciones térmicas provocan un desgaste más agresivo; en cambio, los climas cálidos con poca oscilación térmica y bajas precipitaciones generan condiciones más favorables que contribuyen a una mayor durabilidad.

La inspección del estado superficial de los pavimentos resulta esencial para conocer su estado real y evitar que las actividades de mantenimiento, rehabilitación o construcción se ejecuten sin un respaldo técnico, ya que la carencia de una estrategia adecuada de inversión y conservación suele provocar desgastes progresivos en la capa de rodamiento y, con ello, una reducción en la eficiencia del sistema vial. En cambio, cuando se aplica una gestión de pavimentos, es posible obtener de manera ágil indicadores de condición y recomendaciones de intervención para cada tramo, lo que no solo favorece un uso más eficiente de los recursos, sino que además ayuda a extender la durabilidad del pavimento flexible (Oblitas et al., 2021).

2.1.6. Expediente Técnico

En la norma G.040 se estableció que son documentos que recopilan las características, requisitos y especificaciones necesarias para ejecutar el proyecto, conformándose por planos y gráficos según cada especialidad, así como por presupuestos detallados, cronogramas, análisis de costos unitarios y otros elementos complementarios, entre ellos estudios técnicos específicos, fórmulas polinómicas y listados de pruebas exigidas según la naturaleza de la obra (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014) refirió que el expediente técnico comprende un conjunto de documentos que engloban aspectos relacionados con la planificación, la producción y la puesta en marcha de un producto, en la medida necesaria para verificar su conformidad con los requisitos normativos. Entre los elementos que debe contener se incluyen una descripción general del producto, la relación de normas o especificaciones

técnicas aplicables, las limitaciones funcionales para su diseño, las particularidades constructivas que vinculen planos y capacidades generales con los factores fundamentales y eléctricos, pruebas que respalden resultados confiables y la referencia al uso de características óptimas que garanticen productividad.

2.1.6.1. Factores que Intervienen en el Expediente Técnico.

A. Estado de Servicios Básicos. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010), estableció que, en el marco de la gestión de los servicios públicos, las empresas responsables de agua, desagüe, energía eléctrica, gas natural, telecomunicaciones u otros que ejecuten obras que puedan afectar a los pavimentos contemplados en la norma CE.010 están obligadas a entregar a las municipalidades el plan anual de ejecución de obras en espacios públicos. Asimismo, indicó que las municipalidades asumen la responsabilidad de evaluar y dar conformidad a los expedientes técnicos, así como, autorizar la ejecución y supervisar las obras, verificando que la ejecución se efectúe en concordancia con los planos y especificaciones aprobados, para asegurar la protección y continuidad de los servicios públicos junto con la conservación de la infraestructura vial.

B. Estudio de Tráfico. El tránsito vehicular es un elemento determinante en la elaboración del diseño estructural del pavimento, ya que, a partir de la cuantificación vehicular determinada, se establece el espesor de la superficie de rodamiento necesario para soportar las cargas generadas por las unidades vehiculares que se desplazarán por la vía. Para ello, el estudio de tráfico tiene como finalidad registrar y categorizar el flujo vehicular en el tramo analizado, información que se obtiene mediante estaciones de control ubicadas estratégicamente. Las proyecciones de tránsito se elaboran considerando variables como los índices de incremento del Producto Bruto Interno, de la población y del PBI por habitante, y con base en estas estimaciones, la vía se clasifica de acuerdo con su nivel de demanda, lo que a su vez permite

definir los parámetros técnicos indispensables para planificar adecuadamente su mantenimiento (Simón, 2019).

C. Estudio de Suelos. El MTC (2014) estableció que los estudios de suelos se realizan en base al levantamiento de información en campo junto con los ensayos de laboratorio, ya que permiten describir los suelos hallados en las calicatas o pozos y clasificarlos siguiendo la metodología AASHTO, con ello se construye un perfil estratigráfico para cada tramo uniforme, lo que ayuda a reconocer los suelos que condicionan el diseño y planificar los ensayos requeridos para estimar el CBR de diseño. La sectorización consiste en dividir el terreno en tramos con características similares en la subrasante, procurando que cada uno mantenga una cierta uniformidad a partir de aspectos como la clasificación y la plasticidad de los suelos, el nivel de tráfico que soportará la vía, las condiciones de drenaje y la influencia de los microclimas junto con otros factores técnicos que inciden en el diseño, de modo que, con los valores obtenidos en las exploraciones y pruebas de campo, se pueda organizar estratégicamente el programa exploratorio y realizar la toma de muestras necesarias para analizar las propiedades más determinantes y de sencilla comprobación en el comportamiento estructural.

D. Estudio Topográfico. El estudio topográfico proporciona información del levantamiento topográfico, el cual es el procedimiento mediante el cual se obtiene, procesa y representa gráficamente la información de un terreno, constituyendo una herramienta fundamental para la ingeniería. En las últimas décadas, esta actividad ha tenido una importante evolución como resultado de la integración de nuevas tecnologías tales como el GPS y la Estación Total, que mejoran el proceso de captura, almacenamiento, cálculo y transmisión de datos de forma notable. La integración de todas estas nuevas tecnologías permite conseguir resultados más exactos y veloces, y esto mejora la calidad del producto final, incorporando a

este proceso al levantamiento topográfico, ya no como una técnica de medición, sino como un proceso que resulta crucial para una adecuada planificación y desarrollo de proyectos de ingeniería (Pachas, 2009).

2.1.7. Procedimiento Constructivo

Bonett (2014) manifestó que el procedimiento constructivo se manifiesta como un conjunto de actividades programadas y realizadas secuencialmente para dar forma a una obra, a fin de cumplir con las normas técnicas y de calidad exigidas en cada etapa. En lo que respecta a los pavimentos flexibles, el procedimiento inicia con la preparación de la subrasante, tomando como actividades a ejecutar la escarificación, humectación, aireación y compactación, donde se asegura que cumpla con las condiciones óptimas de uniformidad y resistencia. Todo lo anterior da paso a la instalación de la subbase de la que se emplean los agregados granulares que se distribuyen y compactan en capas controladas. Previo a su instalación se comprobará el espesor y la calidad y el grado de compactación. Al llegar a este punto, da inicio la construcción de la base que tiene la misión de recibir y transmitir las cargas que provienen del tránsito. Tal y como la subbase, también se ejecuta en forma de capas superpuestas, que se van colocando de forma sucesiva bajo el control estricto del contenido de humedad y de los espesores hasta llegar a la densidad adecuada. Tras eso se ejecuta la aplicación del riego de imprimación, que es la encargada de actuar como ligante entre la base y la capa de asfalto, luego se coloca la mezcla asfáltica en caliente, que es aquella que es transportada desde la planta hasta la obra en camiones que evitan la pérdida de temperatura que podría afectar a la calidad. Esa mezcla queda extendida sobre la superficie y distribuida con el uso de una pavimentadora que garantiza una distribución uniforme y el espesor de diseño. Finalmente se ejecuta la compactación que realizan las máquinas vibratorias y neumáticas que eliminan los vacíos, mejorando la densidad y reforzando la resistencia a la adherencia de las partículas que ayudan a reducir el riesgo de

deformaciones prematuras y alargar la durabilidad del pavimento.

2.1.7.1. Factores que Intervienen en el Procedimiento Constructivo.

A. Dirección Técnica. La dirección técnica de obra se entiende como la labor del profesional encargado de asegurar la correcta interpretación y aplicación de los planos y documentos técnicos que conforman el proyecto. Su función es fundamental a lo largo de la construcción de la obra, ya que asegura que el diseño proyectado se materialice de manera precisa, respondiendo a los lineamientos técnicos establecidos (Cantú et al., 2016).

El ingeniero residente es un profesional colegiado, especializado y habilitado, responsable de ejecutar la obra, que deberá encontrarse en la obra; además, deberá verificar el expediente técnico aprobado y señalar las recomendaciones y medidas que garanticen una correcta ejecución, estableciendo calendarios de programación de obra y adquisición de materiales y equipos. Asimismo, deberá controlar que su personal técnico cumpla sus responsabilidades y ejecuten la obra en conformidad con el expediente técnico, efectuando el control de calidad requerido (MTC, 2005).

B. Materiales y Equipos. Para la construcción de pavimentos, los materiales empleados deben cumplir con las exigencias mínimas señaladas en la normativa, siendo necesario que los afirmados estén conformados por materiales granulares naturales provenientes de canteras, excavaciones o de la trituración de gravas y rocas. Para el agregado grueso se consideran aquellos materiales retenidos en la malla N° 4, mientras que el agregado fino corresponde a los que la atraviesan, y la selección idónea de los mismos es indispensable para asegurar la calidad de la estructura. Las técnicas de ejecución utilizadas por el contratista deben estar autorizadas por el supervisor, quien tiene la responsabilidad de asegurar que la colocación del material en cada capa cumpla con las especificaciones técnicas, las cotas, las pendientes y las dimensiones establecidas en los planos, evitando además que durante el transporte o la colocación se

produzcan segregaciones que afecten la uniformidad del material. De igual manera, es necesario verificar que la humedad sea la adecuada para proceder a la conformación y compactación de cada capa, hasta alcanzar la densidad especificada que asegure el desempeño del pavimento (MTC, 2013).

C. Supervisión de Obra. La supervisión o inspección de obra tiene como responsabilidad principal verificar que el contratista ejecute las labores de acuerdo con los planos, especificaciones y documentos técnicos del proyecto. Para ello, controla que los recursos y procedimientos aplicados garanticen la calidad requerida, realizando mediciones, ensayos y evaluaciones que permitan comprobar la conformidad de los resultados. Además, su labor implica velar por el cumplimiento de estándares técnicos y éticos, en coordinación con la dirección técnica de la obra, asegurando que el producto o servicio cumpla con los objetivos de calidad establecidos (Cantú et al., 2016).

El ingeniero supervisor es el profesional colegiado, especializado y habilitado, designado por la entidad ejecutora que deberá permanecer en la obra. Entre sus funciones se encuentran vigilar la adecuada realización técnica, financiera y administrativa del proyecto y el acatamiento del expediente técnico, además de verificar que la obra se ejecute con la calidad técnica especificada en el expediente técnico, debiendo realizar ensayos de campo de los materiales que se utilicen en obra, deberá además realizar el control de la ejecución, medio ambiente y seguridad de la obra (MTC, 2008).

2.1.8. Conservación Vial

La conservación vial se define como el grupo de actividades orientadas a la prevención que buscan disminuir el riesgo de deterioro de los elementos de una carretera y mantenerla en buen estado de manera constante. Su importancia radica en que no solo garantiza que las vías estén siempre operativas, sino que también reduce los gastos operativos de los vehículos,

facilita a la población un acceso más sencillo a servicios esenciales como salud y educación, disminuye los tiempos de viaje y, al mismo tiempo, protege la inversión realizada en la construcción, rehabilitación o reconstrucción de la infraestructura vial (Calles, 2016).

Simón (2019), indicó que los niveles de intervención vial abarcan diferentes acciones en la carretera, que van desde tareas simples de mantenimiento rutinario hasta trabajos más complejos y costosos como la rehabilitación o reconstrucción, por lo que, la conservación vial busca principalmente proteger la inversión realizada, evitando el deterioro de la infraestructura y de la superficie del camino, mediante actividades preventivas que no alteran la estructura existente, con el fin de reducir la necesidad de intervenciones mayores.

2.1.8.1. Factores que Intervienen en la Conservación Vial.

A. Factores Ambientales. En el diseño de pavimentos flexibles se consideran factores ambientales a las variables climáticas, dado que estas influyen directamente en el comportamiento estructural de las carreteras, lo que hace indispensable incorporar su efecto en la concepción de dichas estructuras, además, a la presencia de agua sobre la superficie del pavimento, ya que ocasiona el arrastre de materiales finos provenientes de la capa base a través de las fisuras, lo cual genera pérdida de material, incrementa la deformación y favorece la aparición de grietas que aceleran el deterioro estructural (Carrizales et al., 2021).

Por su parte, Roberts et al., (1996), indicó que las condiciones medioambientales ejercen un impacto relevante en el rendimiento mecánico de los pavimentos, encontrándose, entre estos factores, la temperatura, el cual es uno de los más determinantes ya que afecta directamente la rigidez de las capas asfálticas debido a las propiedades termoplásticas del material que las componen. En este sentido, cuando la temperatura aumenta, las capas de pavimento asfáltico tienden a perder rigidez, mientras que, al descender la temperatura, estas capas se vuelven más rígidas

Montúfar (2025), consideró que el cambio climático constituye un reto considerable para la infraestructura vial, dado que el incremento de las temperaturas y la mayor intensidad de las lluvias representan factores que comprometen tanto la durabilidad como el desempeño de estas estructuras esenciales. Por lo que, el uso de mezclas asfálticas modificadas y de soluciones modernas de drenaje son alternativas eficaces para fortalecer su resistencia.

De similar manera, Miranda et al., (2017), señalaron que el daño que ocasiona la humedad en los pavimentos asfálticos genera la presencia de fallas prematuras causado por la pérdida de adherencia entre los ligantes asfálticos y los agregados o debido a la difusión de la humedad por el *mastic* asfáltico que debilita la estructura de la mezcla

B. Mantenimientos. Ponce et al. (2018) indicaron que el mantenimiento consiste en un trabajo preventivo y planificado que se ejecuta durante la etapa de uso de las construcciones, con el propósito de conservar sus propiedades y capacidades funcionales frente al desgaste ocasionado por la utilización, los agentes climáticos o la acción conjunta de ambos. Este tipo de intervención puede implicar la modificación o sustitución parcial o total de los elementos estructurales principales, y su programación se fundamenta en la durabilidad de dichos componentes.

MVCS (2010), en la norma CE.010, estableció que, junto con la rehabilitación, entendida como el fortalecimiento estructural del pavimento tras haber concluido su periodo de servicio, existen cuatro tipos de actividades de mantenimiento que se diferencian principalmente por su frecuencia de ejecución. El mantenimiento rutinario se realiza de forma permanente en todas las vías, independientemente de sus características o el volumen de tráfico, e incluye acciones como el barrido, el desbroce de césped, la limpieza de canales y cunetas, el servicio de alcantarillas y la conservación de la señalética. El mantenimiento recurrente se lleva a cabo en momentos previamente establecidos a lo largo del año, con una periodicidad que

depende del nivel de tránsito, e involucra tareas como la reparación de hundimientos y bordes o el sellado de fisuras. El mantenimiento periódico, se aplica cada cierto número de años y comprende actividades de mayor alcance como el sellado de la superficie, la rehabilitación de bermas o el repintado de la señalización superficial. Finalmente, el mantenimiento urgente responde a situaciones imprevistas que generan bloqueos o riesgos en la vía y requieren atención inmediata, como el retiro de obstáculos y la instalación de señalización de advertencia.

Por su parte, Sotil (2014) refirió que el mantenimiento rutinario consiste en aplicar medidas preventivas y constantes que permiten conservar en buen estado los elementos que conforman la resistencia de las vías, garantizando su óptimo funcionamiento tras la construcción o rehabilitación, el mismo que incluye reparaciones menores en el firme, terraplenes y nivelación de la vía, entre otras tareas que pueden realizarse manualmente, asegurando así que las carreteras se mantengan seguras, confiables y transitables.

Por otra parte, Ramírez & Valenzuela (2023), señalaron que el mantenimiento periódico comprende un conjunto de intervenciones que se realizan en intervalos iguales o superiores a un año, con el objetivo de conservar la solidez estructural de la vía, corregir defectos de consideración y evitar que los daños evolucionen hacia fallas mayores. Estas acciones suelen incluir tratamientos superficiales y reparaciones puntuales que prolongan la vida útil del pavimento y mantienen condiciones adecuadas de servicio.

Asimismo, Norambuena et al. (2009), indicaron que la rehabilitación de pavimentos flexibles busca mejorar su condición devolviéndolos a su estado original, asegurando al mismo tiempo la capacidad estructural necesaria para soportar las cargas del tránsito, sin modificar la geometría de la sección transversal.

Por último, la reconstrucción consiste en demoler, retirar y reemplazar total o parcialmente los pavimentos asfálticos cuando estos presentan un deterioro avanzado, serios

problemas estructurales, ausencia de vida útil o fallas en la subrasante. Esta intervención permite colocar un nuevo pavimento con capacidad para soportar mayores volúmenes de tráfico, devolviendo las condiciones de resistencia y funcionalidad equivalentes a las de una vía recién construida (Rondón & Reyes, 2007).

2.2. Definición de Términos Básicos

A. Gestión de Proyectos

Es un enfoque organizacional que estructura las actividades dentro de límites de tiempo y recursos, fomenta la evaluación y el control del desempeño, promueve la formación y crecimiento integral del personal, y se apoya en un liderazgo cercano para alcanzar la mejora continua y equipos de trabajo más efectivos (Canossa, 2022).

B. Sostenibilidad en Infraestructura Vial

Ordoñez & Meneses (2015) refirieron que la sostenibilidad en infraestructura vial es la capacidad de un proyecto de integrar, de manera equilibrada, los componentes ambiental, social y económico mediante medidas, indicadores y metodologías de monitoreo que permitan prevenir impactos y aplicar planes de mejora. Además, implica la incorporación de tecnologías, materiales y procesos constructivos sostenibles, junto con la intervención de las instituciones académicas y de investigación, para apoyar una toma de decisiones consciente y orientada al desarrollo sostenible del subsector vial.

C. Pavement Condition Index (Índice de condición del pavimento)

Es un indicador que analiza la condición de un pavimento a partir de los deterioros presentes en su superficie, utilizando un método estadístico de muestreo, con el fin de determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación y optimizar la gestión de recursos

en infraestructura vial (Karim et al., 2016).

D. Ciclo de Vida del Pavimento

Es la serie de fases que abarcan diseño, construcción, intervención y conservación; deterioro y rehabilitación; en las cuales se persigue asegurar su longevidad, reducir al mínimo el agrietamiento y preservar un rendimiento efectivo y confiable para el tráfico de vehículos (Huamán et al., 2023).

E. Control de Calidad

En el área de la pavimentación, consiste en comprobar sistemáticamente los materiales, los procesos constructivos y los resultados logrados con el fin de asegurar que la construcción cumpla con las normas técnicas y de servicio definidas (MTC, 2013).

F. Evaluación Ex Post

Es un análisis que se lleva a cabo una vez concluido un programa o proyecto, con el propósito de evaluar su impacto, viabilidad y resultados a medio y largo plazo. La evaluación *ex post*, en contraste con la evaluación de fin de proyecto que analiza resultados inmediatos, estudia en detalle el alcance verdadero de la intervención después de que ha pasado un tiempo desde su finalización (González, 2000).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, porque se basó en los hallazgos y contribuciones de la investigación básica para incrementar su utilidad práctica y generar un efecto concreto en la gestión de proyectos. De acuerdo con Leyton & Mendoza (2012), la investigación aplicada tiene como propósito encontrar, implementar y ajustar conocimientos para brindar soluciones específicas a problemas reales.

El estudio se desarrolló bajo el método hipotético–deductivo, el cual permitió definir las variables de investigación, formular hipótesis en función de los objetivos planteados y contrastarlas a partir de un marco teórico previamente establecido. Este método facilitó la articulación entre teoría y evidencia empírica, orientando la búsqueda de explicaciones sobre la influencia de la gestión de proyectos en el desempeño de los pavimentos flexibles.

Según Behar (2008), la investigación cuantitativa recoge información empírica que se traduce en datos numéricos, mientras que la investigación cualitativa recopila información de carácter subjetivo, cuyos resultados se expresan en apreciaciones conceptuales que buscan representar con la mayor fidelidad posible la realidad estudiada.

En ese sentido, el enfoque metodológico de la presente investigación se enmarcó dentro de un enfoque mixto, al integrar procedimientos cuantitativos y cualitativos para lograr una comprensión más completa del fenómeno estudiado. Para el enfoque cuantitativo, se utilizó un cuestionario estructurado con escala tipo Likert aplicado a profesionales vinculados a proyectos viales, cuyos resultados permitieron identificar tendencias y asociaciones entre variables mediante análisis estadístico correlacional. Por su parte, para el enfoque cualitativo se desarrolló a través de la revisión e interpretación de evidencia documental y antecedentes

técnicos, lo que permitió contextualizar y explicar conceptualmente las relaciones encontradas entre la gestión de proyectos y la vida útil de los pavimentos.

Respecto al nivel de alcance, la investigación fue de nivel explicativo, ya que no solo describió las características de la gestión de proyectos viales, sino que buscó explicar la relación e influencia de los enfoques PMBOK y Lean Construction en la reducción de malas prácticas y en el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles. De manera complementaria, el estudio presentó un alcance descriptivo–correlacional, al caracterizar las prácticas de gestión y analizar estadísticamente las relaciones existentes entre las variables de estudio.

En cuanto a su diseño metodológico, se trató de un estudio observacional o no experimental, debido a que no implicó la alteración de las variables independientes, sino que se basó en su ocurrencia natural, sin que el investigador intervenga de manera directa (Hernández et al., 2014). En función de la cantidad de mediciones, correspondió a un diseño transversal, ya que los datos fueron recogidos en un solo momento del tiempo. Asimismo, el estudio tuvo un enfoque explicativo de tipo causal, pues buscó analizar cómo las variables independientes influyen en la variable dependiente, con el objetivo de dar respuesta a la problemática planteada.

De acuerdo con Vara-Horna (2012), los diseños observacionales pueden orientarse a estudios explicativos cuando se busca comprender la relación entre variables dentro de su contexto real, integrando evidencia empírica con interpretación teórica para fortalecer la validez del modelo propuesto.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Niño (2011) refiere que la población es el conjunto de elementos que se ajustan a los criterios de estudio.

En el presente estudio, la población estuvo representada por 1200 ingenieros pertenecientes a empresas contratistas y entidades vinculadas a proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete.

3.2.2. Muestra

Briones (2002) refiere que constituye el grupo de componentes escogidos a través de un tipo de proceso. A fin de determinar la extensión de la muestra (n) a partir de la población total (N), se estableció un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. El cálculo se realizó aplicando la siguiente fórmula 1:

$$n = \frac{Z^2.p.q.N}{e^2(N-1) + Z^2.p.q} \ldots (1)$$

Donde:

N= Tamaño de la población: 1200

Z= Nivel de confianza: 1.96

p= % que tiene la particularidad deseada: 0.5

q= % que no tiene la particularidad deseada: 0.5

e= Error de muestreo: 0.05

Por consiguiente, la muestra representativa de este estudio estuvo conformada por 292 ingenieros pertenecientes a empresas contratistas y entidades vinculadas a proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete.

3.2.2.1. Criterios de inclusión. Los ingenieros que residían en la provincia de Cañete, al margen de la información contenida en su documento nacional de identidad, formaron parte de la población considerada.

3.2.1.2. Criterios de exclusión. Los ingenieros que no tenían residencia en la provincia de Cañete fueron excluidos de la población considerada en la investigación.

3.2.3. Muestreo

Se aplicó la técnica de muestreo probabilístico aleatorio simple, en la cual todos los miembros de la población contaron con igual posibilidad de ser elegidos. Mediante la fórmula de cálculo para poblaciones finitas se determinó la muestra representativa, sobre la cual se llevaron a cabo las encuestas correspondientes.

3.3. Operacionalización de variables

3.3.1. Operacionalización de la variable independiente

En la tabla siguiente se muestra la operacionalización de la variable independiente, la cual constituye un elemento esencial para el desarrollo del estudio. Este proceso permite descomponer la variable en dimensiones, indicadores e ítems**,** con el fin de garantizar una medición precisa y objetiva.

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Variable	Dimensión	Indicadores	Ítem	Instrumento	Escala de medición
Modelo de gestión de proyectos	PMBOK	Iniciación	1 al 3	Cuestionario	Ordinal El cuestionario está compuesto por 25 preguntas de opción múltiple: Totalmente en desacuerdo = 1 En desacuerdo = 2 Neutral = 3 De acuerdo = 4 Totalmente de acuerdo = 5
		Planificación	4 al 6		
		Ejecución	7 al 10		
		Seguimiento y control	11 al 12		
		Cierre	13 al 15		
	Lean construction	*Last Planner System*	16 al 17		
		5S	18 al 20		
		Mejora continua	21 al 22		
		Análisis de causa raíz	23 al 25		

Nota. Esta tabla muestra la operacionalización de la variable independiente según sus dimensiones e indicadores basados en el PMBOK y *Lean Construction*, así como la distribución de los ítems del cuestionario y la escala de medición empleada.

3.3.2. Operacionalización de la variable dependiente

En la tabla siguiente se muestra la operacionalización de la variable dependiente, la cual constituye un elemento esencial para el desarrollo del estudio. Este proceso permite descomponer la variable en dimensiones, indicadores e ítems**.**

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Dimensión	Indicadores	Ítem	Instrumento	Escala de medición
Vida útil del pavimento flexible	Expediente técnico	Estado de servicios básicos	1	Cuestionario	Ordinal El cuestionario está compuesto por 15 preguntas de opción múltiple: Totalmente en desacuerdo = 1 En desacuerdo = 2 Neutral = 3 De acuerdo = 4 Totalmente de acuerdo = 5
		Estudio de tráfico	2		
		Estudio de suelos	3		
		Estudio topográfico	4 al 5		
	Procedimiento constructivo	Dirección técnica	6 al 7		
		Materiales y equipos	8 al 9		
		Supervisión de obra	10 al 11		
	Conservación vial	Factores ambientales	12 al 13		
		Mantenimientos	14 al 15		

Nota. Esta tabla muestra la operacionalización de la variable dependiente partir del expediente técnico, el procedimiento constructivo y la conservación vial, mediante un cuestionario en escala ordinal.

3.4. Instrumentos

De acuerdo con Ñaupas et al. (2014), el cuestionario se compone de un grupo de interrogantes vinculadas a las hipótesis de investigación, cuyo propósito es comprobarlas a través de la recopilación de datos. En este estudio se emplearon dos cuestionarios para medir las variables de estudio, los cuales estuvieron estructurados bajo el formato de escala Likert.

Según Abarzúa (2017), la validez constituye un recurso metodológico orientado a atender a un objetivo particular, por lo que su aplicación es de carácter intencional. En esta

investigación, la pertinencia y precisión de los ítems del cuestionario fueron evaluadas mediante el juicio de expertos.

El juicio de expertos es un procedimiento metodológico que permite validar la fiabilidad de una investigación a través de la opinión especializada de profesionales en el área de estudio; su aporte resulta clave para evaluar la pertinencia de los instrumentos, ya que la validez de contenido depende tanto de la coherencia del diseño como de su adaptación a distintos contextos socioculturales. En este proceso, los expertos cumplen un rol fundamental que asegura la consistencia y calidad del instrumento, fortaleciendo a su vez el rigor científico de la investigación.

Tabla 3

Resultado del juicio de expertos

N°	Expertos	Juicio
1	Edwin Omar Vences Martínez	Favorable
2	Afranio David Choquehuanca Panta	Favorable
3	José Raúl Rodríguez Lichtenheld	Favorable
4	Wilmer Arévalo Nima	Favorable
5	Antonio Timana Fiestas	Favorable
6	Jesús Eduardo Pomachagua Paucar	Favorable
7	Aldryn Oscar Aparcana Orellana	Favorable
8	Miguel Fidencio Loayza Lozano	Favorable

Nota. Esta tabla presenta la evaluación del instrumento mediante juicio de expertos, quienes emitieron una valoración favorable.

Abarzúa (2017) señaló que la confiabilidad se entiende como el grado de certeza respecto a los resultados que proporcionan los instrumentos de medición.

En el presente estudio, se efectuó una prueba piloto a 50 ingenieros de empresas contratistas y entidades relacionadas con proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete, con el fin de calcular el coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach.

Tabla 4

Confiabilidad de los instrumentos

Variables	N° de ítems	N° de casos	Alfa de Cronbach
Modelo de gestión de proyectos	25	50	0.965
Vida útil del pavimento flexible	15	50	0.949

Nota. Esta tabla muestra los resultados de la confiabilidad de los instrumentos, calculada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach para cada variable de estudio, considerando el número de ítems y casos analizados.

El coeficiente Alfa de Cronbach obtenido para el instrumento referido al modelo de gestión de proyectos fue de 0.965, mientras que, para el instrumento correspondiente a la vida útil del pavimento flexible, alcanzó un valor de 0.949. En ambos casos, los resultados evidencian que los instrumentos aplicados cuentan con un adecuado nivel de confiabilidad.

3.5. Procedimientos

Para el presente estudio, en primer lugar, se efectuó la verificación del cuestionario mediante juicio de expertos. Una vez aprobado, el instrumento fue aplicado a 292 profesionales ingenieros pertenecientes a empresas contratistas y entidades responsables de proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete. Los cuestionarios se administraron de manera virtual, y las respuestas fueron valoradas mediante una escala de Likert de cinco puntos, en la que 1 correspondía a “Totalmente en desacuerdo” y 5 a “Totalmente de acuerdo”.

Luego, la información fue procesada mediante el programa estadístico SPSS, versión

26, que posibilitó su procesamiento e interpretación. La confiabilidad del instrumento fue evaluada utilizando el coeficiente alfa de Cronbach, confirmando su consistencia interna, mientras que para el tratamiento de los datos se consideró un nivel de significancia del 5% (0.05).

Para el enfoque cuantitativo, se empleó la estadística descriptiva para organizar la información mediante tablas de frecuencias y gráficos, facilitando la identificación de tendencias en las percepciones de los participantes. Asimismo, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para el contraste de hipótesis, al tratarse de datos de naturaleza ordinal.

Además, para el enfoque cualitativo, los resultados estadísticos fueron analizados e interpretados considerando el marco teórico, lo que permitió comprender y explicar el significado de las relaciones encontradas entre la gestión de proyectos y el cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible.

3.6. Análisis de datos

La evaluación de los datos obtenidos por medio del cuestionario tipo Likert se realizó con el uso del programa estadístico SPSS, con el fin de determinar la fiabilidad del instrumento y la existencia de relación entre las variables de estudio.

En una primera etapa se realizó la codificación de las respuestas, asignando el valor numérico del 1 al 5 según el nivel que expresaban los encuestados y, posteriormente, se registró la información en la base de datos del programa, a la vez que se comprobaba la consistencia de los registros.

En una segunda fase se llevó a cabo un análisis descriptivo de los datos obtenidos, con el fin de poder obtener las frecuencias porcentuales para cada ítem y para cada dimensión,

logrando así identificar las tendencias de respuestas que iban dando los participantes. Esta operación permitió categorizar los resultados que iban obteniéndose en rangos de percepción y, en consecuencia, facilitar la interpretación de la percepción de los encuestados en relación con las dimensiones que fueron evaluadas sobre el modelo de gestión y la vida útil del pavimento flexible.

Con el objetivo de evaluar la fiabilidad del instrumento, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach que mide el grado de consistencia interna de los ítems de cada dimensión, considerando el valor mínimo como el más aceptable de 0.70 Los resultados informan que el cuestionario es bastante fiable, lo que quiere decir que los ítems que completan las dimensiones son coherentes en la medición de la variable.

Una vez que se comprobó la fiabilidad, se procedió a llevar a cabo el análisis inferencial para comprobar las hipótesis planteadas. Dado que los datos son una escala ordinal, utilizamos la correlación de Spearman como técnica no paramétrica que permite identificar la fuerza y la dirección de la relación de las variables.

Los resultados de la correlación permitieron encontrar relaciones significativas en las variables analizadas, lo que a su vez contribuyó a contrastar las hipótesis formuladas y a sustentar las conclusiones del estudio en cuanto al modelo de gestión y su relación con la vida útil del pavimento flexible.

Finalmente, los resultados estadísticos fueron interpretados con base en el marco teórico del PMBOK y *Lean Construction*, así como en la revisión de antecedentes técnicos y científicos sobre gestión de proyectos viales. Este análisis complementario permitió explicar el significado de las relaciones encontradas desde una perspectiva conceptual y documental.

3.7. Consideraciones éticas

El actual estudio se desarrolló conforme a los principios aplicados en el ámbito ético por la universidad, para asegurar, de este modo, la calidad, veracidad y validez de los datos obtenidos en esta fase del proceso investigativo. Los participantes fueron informados respecto de los objetivos del estudio, las conductas a realizar y los derechos de privacidad y confidencialidad.

Las normas de la APA se aplicaron en lo que a las referencias y citas de las fuentes se refiere; por ello, se hizo un reconocimiento de manera precisa a las aportaciones de los autores nacionales e internacionales que sustentaron la investigación.

La investigación fue realizada bajo las orientaciones del código de ética institucional y del Colegio de Ingenieros del Perú, siendo así que el cumplimiento de los principios que aseguran la integridad en los ámbitos académico y profesional son garantizados en todas las etapas del proceso de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Presentación de los resultados

Se muestran los resultados de una encuesta realizada a 292 ingenieros que trabajan en empresas contratistas y entidades asociadas a proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete. Los resultados se presentan desde un análisis cuantitativo, complementado posteriormente con interpretación sustentada en evidencia documental.

4.1.1. Confiabilidad del instrumento

Se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach, un indicador estadístico que se emplea con frecuencia para calcular la consistencia interna de las respuestas logradas en una prueba piloto, para evaluar la confiabilidad del instrumento. Este coeficiente posibilita establecer la medida en que los ítems del instrumento miden de manera coherente las variables objeto de estudio, considerando, además, el efecto que tendría la exclusión de determinados ítems sobre la fiabilidad general del cuestionario.

Para este estudio, se ejecutó una prueba preliminar en 50 participantes, lo cual permitió recolectar información preliminar sobre las variables de análisis y evaluar la relación entre la aplicación del modelo de gestión de proyectos y la vida útil de los pavimentos flexibles, además, los datos se analizaron mediante la herramienta estadística SPSS, versión 26.

Tabla 5

Alfa de Cronbach de los instrumentos

Alfa de Cronbach	N de elementos
0.932	40

Nota. Esta tabla muestra el coeficiente alfa de Cronbach obtenido para el conjunto de instrumentos de investigación, en función del número total de ítems considerados.

La información de la Tabla 5 evidencia que el instrumento presentó un grado elevado de confiabilidad, evidenciado por un valor de Alfa de Cronbach de 0.932. Asimismo, se verificó que la eliminación de alguno de los ítems no incrementa la fiabilidad global del cuestionario, lo que demuestra la solidez, coherencia y estabilidad de la escala empleada para medir las variables del estudio.

Tabla 6

Estadísticas de total de elemento

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Q1	149,8800	671,169	0,741	0,928
Q2	150,1800	675,457	0,635	0,929
Q3	150,2000	679,020	0,532	0,930
Q4	150,5600	673,680	0,505	0,930
Q5	149,9000	672,092	0,741	0,928
Q6	151,8600	698,204	0,202	0,933
Q7	149,9200	673,422	0,705	0,929
Q8	149,7800	669,522	0,764	0,928
Q9	152,2600	700,278	0,182	0,933
Q10	149,9400	666,384	0,769	0,928
Q11	150,5000	670,010	0,606	0,929
Q12	149,8800	670,271	0,758	0,928
Q13	150,9600	673,549	0,490	0,930
Q14	151,0000	675,878	0,457	0,931
Q15	150,1800	671,049	0,649	0,929
Q16	150,1000	668,255	0,688	0,928
Q17	150,4400	670,333	0,614	0,929
Q18	150,3200	669,732	0,667	0,929

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Q19	149,9400	670,751	0,730	0,928
Q20	150,1800	670,273	0,692	0,929
Q21	150,1800	674,110	0,567	0,930
Q22	150,6200	671,669	0,561	0,930
Q23	150,0400	669,386	0,651	0,929
Q24	150,8000	674,694	0,511	0,930
Q25	151,0400	677,958	0,452	0,931
Q26	149,8400	680,913	0,514	0,930
Q27	149,7600	681,737	0,506	0,930
Q28	149,8400	688,668	0,373	0,931
Q29	152,2600	712,645	-0,009	0,935
Q30	149,8600	685,633	0,410	0,931
Q31	150,1200	691,904	0,293	0,932
Q32	150,2000	691,429	0,316	0,932
Q33	149,9200	687,626	0,371	0,931
Q34	151,4600	705,437	0,060	0,936
Q35	149,9600	683,345	0,446	0,931
Q36	150,1600	690,953	0,294	0,932
Q37	150,1200	687,781	0,363	0,931
Q38	150,3200	682,304	0,435	0,931
Q39	149,9600	682,488	0,440	0,931
Q40	150,1400	681,470	0,456	0,931

Nota. Esta tabla muestra los resultados del análisis por ítem del instrumento, considerando su contribución a la consistencia interna medida mediante el Alfa de Cronbach.

Las correlaciones ítem-total corregidas fueron en su mayoría positivas y superiores a 0.30, lo que indica una adecuada consistencia interna de la escala. Algunos ítems presentaron

correlaciones bajas; sin embargo, su eliminación no mejora sustancialmente el coeficiente Alfa de Cronbach global, por lo que se decidió conservarlos para mantener la integridad conceptual del instrumento.

4.1.2. Prueba de normalidad

Dado que la muestra superó los 50 participantes, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y los valores fueron analizados en el programa estadístico SPSS, versión 26. Con el propósito de interpretar adecuadamente los resultados obtenidos, es necesario precisar las hipótesis a contrastar y los criterios especificados para la toma de decisión:

Hipótesis a contrastar:

- Hipótesis nula (Ho): La distribución de los datos sigue un patrón normal.
- Hipótesis alterna (Ha): La distribución de los datos no sigue un patrón normal.

Criterios de decisión:

- Cuando p es mayor o igual a 0.05; se rechaza Ha y se acepta Ho.
- Cuando p es menor a 0.05, se acepta Ha.

Tabla 7

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig.
Modelo de gestión de proyectos	0.237	292	0.000
Vida útil del pavimento flexible	0.182	292	0.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Esta tabla presenta el análisis de normalidad de las variables de estudio mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

El análisis evidenció que la distribución de los datos no sigue un patrón normal (p = 0.000), lo que llevó al rechazo de la Ho y a la aceptación de la Ha. En consecuencia, la relación entre las variables se determinó mediante el coeficiente Rho de Spearman, correspondiente a pruebas no paramétricas.

4.2. Análisis de los resultados

4.2.1. Estadísticos descriptivos de la información

En el presente estudio se aplicó un cuestionario de 40 ítems, dirigido a ingenieros de empresas contratistas y de entidades relacionadas con proyectos de pavimentación en la provincia de Cañete. El propósito de este instrumento fue recabar información sobre las variables modelo de gestión de proyectos (X) y vida útil del pavimento flexible (Y).

Para el análisis de los resultados se empleó la variable modelo de gestión de proyectos, evaluada mediante 25 ítems distribuidos en dos dimensiones: PMBOK y *Lean Construction*, las cuales se encuentran directamente vinculadas con la vida útil del pavimento flexible, lo que permitió establecer relaciones entre ambos aspectos.

A partir de esta medición se obtuvieron los porcentajes de respuesta correspondientes a cada objetivo, considerando la escala Likert de 1 a 5 empleada en el cuestionario. Esta escala posibilitó valorar las percepciones de los participantes, otorgando un marco cuantitativo para el análisis de las variables estudiadas. De manera complementaria, estos resultados fueron interpretados considerando el contexto técnico de los proyectos viales y el marco teórico de la gestión de proyectos.

4.2.2. Variable X: Modelo de gestión de proyectos

La variable modelo de gestión de proyectos fue empleada como base para determinar

los porcentajes que permiten cuantificar y explicar el comportamiento del objeto de estudio, conforme a lo siguientes resultados:

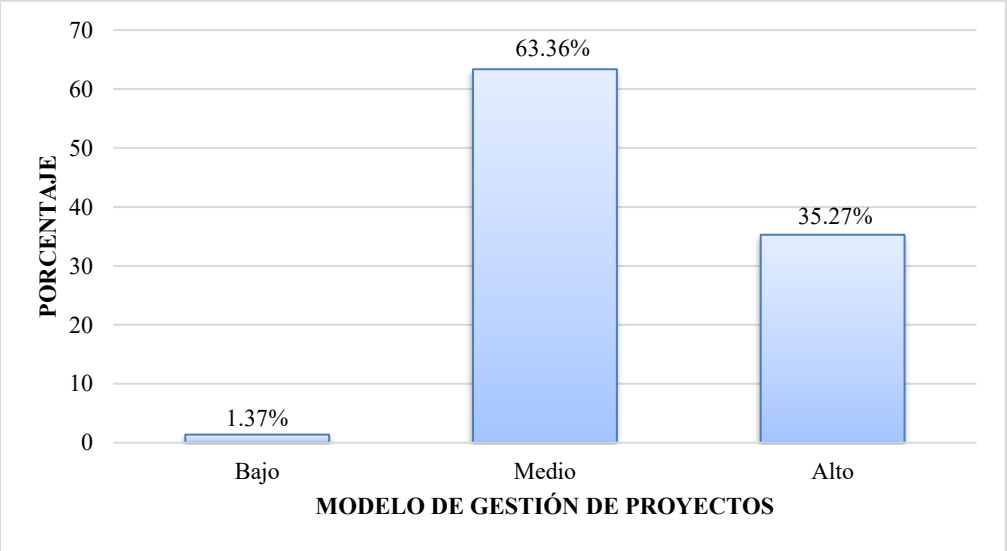
Tabla 8

Modelo de gestión de proyectos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	4	1.4	1.4	1.4
	Medio	185	63.4	63.4	64.7
	Alto	103	35.3	35.3	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 1

Modelo de gestión de proyectos



La Tabla 8 y la Figura 1 evidencian que, del total de participantes, el 1.37% (4) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 63.36% (185) considera que posee un nivel medio, mientras que el 35.27% (103) lo percibe con un nivel alto.

4.2.2.1. Dimensión X1: PMBOK. A partir de la dimensión X1: PMBOK se determinó el porcentaje que permite interpretar y explicar el objeto de estudio específico, de acuerdo con los siguientes resultados:

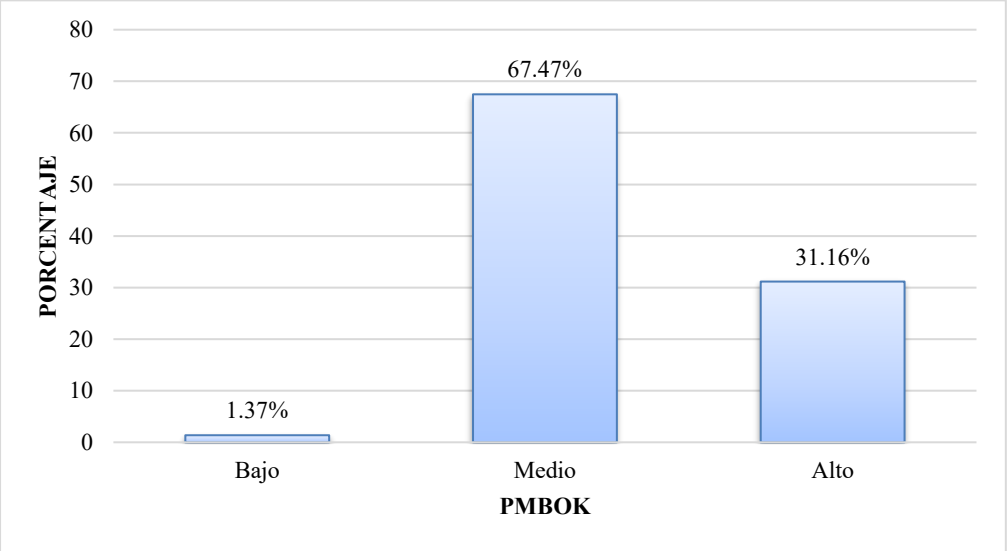
Tabla 9

Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	4	1.4	1.4	1.4
	Medio	197	67.5	67.5	68.8
	Alto	91	31.2	31.2	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 2

Project Management Body of Knowledge (PMBOK)



La Tabla 9 y la Figura 2 evidencian que, del total de participantes, el 1.37% (4) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 67.47% (197) considera que posee un nivel medio, mientras que el 31.16% (91) lo percibe con un nivel alto.

4.2.2.2. Dimensión X2: *Lean Construction.* A partir de la dimensión X2: *Lean Construction* se determinó el porcentaje que permite interpretar y explicar el objeto de estudio específico, de acuerdo con los siguientes resultados:

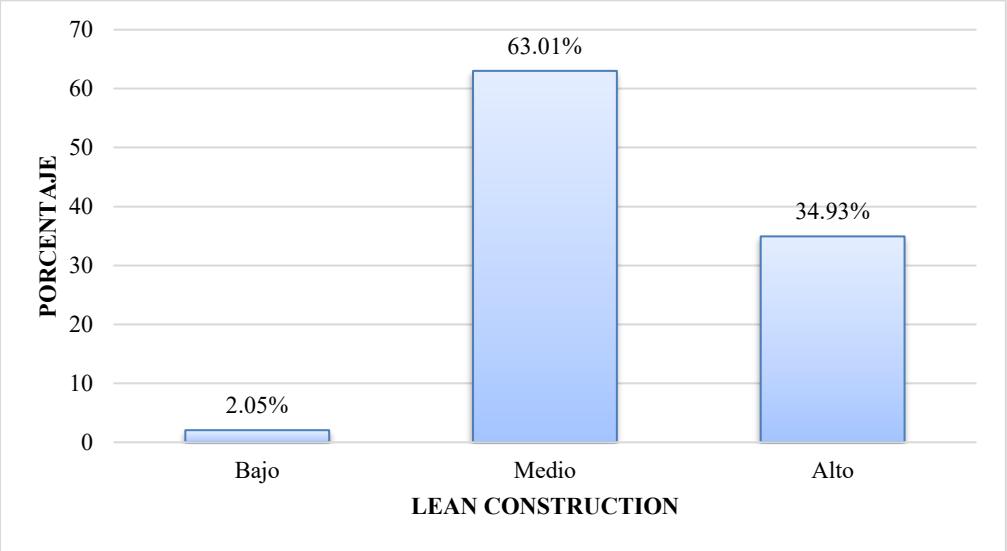
Tabla 10

Lean Construction

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	6	2.1	2.1	2.1
	Medio	184	63.0	63.0	65.1
	Alto	102	34.9	34.9	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 3

Lean Construction



La Tabla 10 y la Figura 3 evidencian que, del total de participantes, el 2.05% (6) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 63.01% (184) considera que posee un nivel medio, mientras que el 34.93% (102) lo percibe con un nivel alto.

4.2.3. Variable Y: Vida útil del pavimento flexible

La variable vida útil del pavimento flexible fue empleada como base para determinar los porcentajes que permiten cuantificar y explicar el comportamiento del objeto de estudio, conforme a lo siguientes resultados:

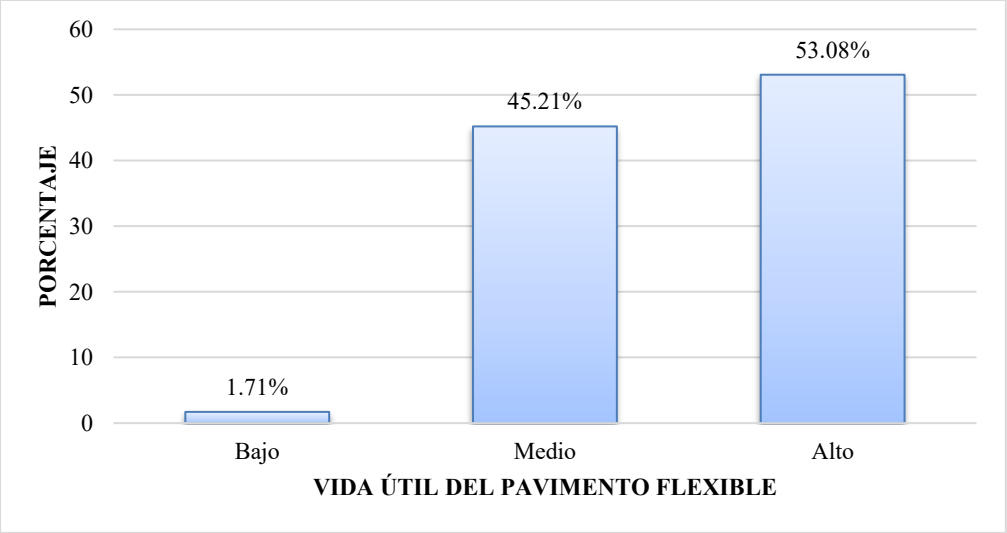
Tabla 11

Vida útil del pavimento flexible

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	5	1.7	1.7	1.7
	Medio	132	45.2	45.2	46.9
	Alto	155	53.1	53.1	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 4

Vida útil del pavimento flexible



La Tabla 11 y la Figura 4 evidencian que, del total de participantes, el 1.71% (5) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 45.21% (132) considera que posee un nivel medio, mientras que el 53.08% (155) lo percibe con un nivel alto.

4.2.3.1. Dimensión Y1: Expediente técnico. A partir de la dimensión Y1: Expediente técnico se determinó el porcentaje que permite interpretar y explicar el objeto de estudio específico, de acuerdo con los siguientes resultados:

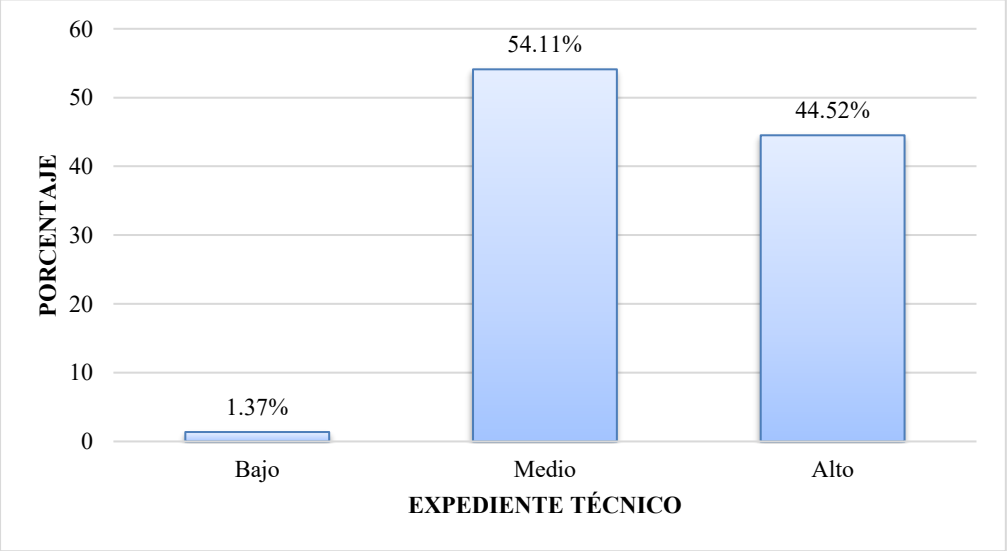
Tabla 12

Expediente técnico

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	4	1.4	1.4	1.4
	Medio	158	54.1	54.1	55.5
	Alto	130	44.5	44.5	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 5

Expediente técnico



La Tabla 12 y la Figura 5 evidencian que, del total de participantes, el 1.37% (4) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 54.11% (158) considera que posee un nivel medio, mientras que el 44.52% (130) lo percibe con un nivel alto.

4.2.3.2. Dimensión Y2: Procedimiento constructivo. A partir de la dimensión Y2: Procedimiento constructivo se determinó el porcentaje que permite interpretar y explicar el objeto de estudio específico, de acuerdo con los siguientes resultados:

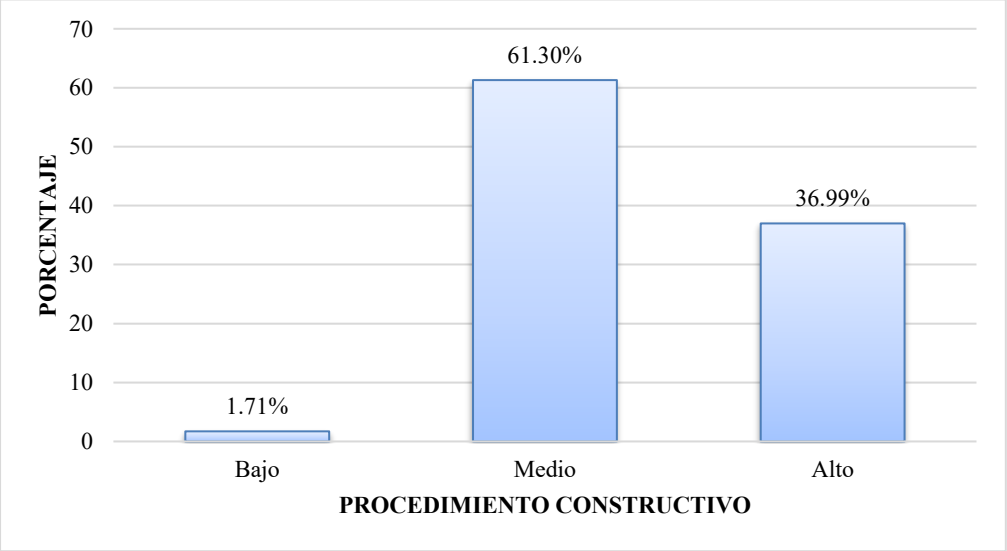
Tabla 13

Procedimiento constructivo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	5	1.7	1.7	1.7
	Medio	179	61.3	61.3	63.0
	Alto	108	37.0	37.0	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 6

Procedimiento constructivo



La Tabla 13 y la Figura 6 evidencian que, del total de participantes, el 1.71% (5) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 61.30% (179) considera que posee un nivel medio, mientras que el 36.99% (108) lo percibe con un nivel alto.

4.2.3.3. Dimensión Y3: Conservación vial. A partir de la dimensión Y3: Conservación vial se determinó el porcentaje que permite interpretar y explicar el objeto de estudio específico, de acuerdo con los siguientes resultados:

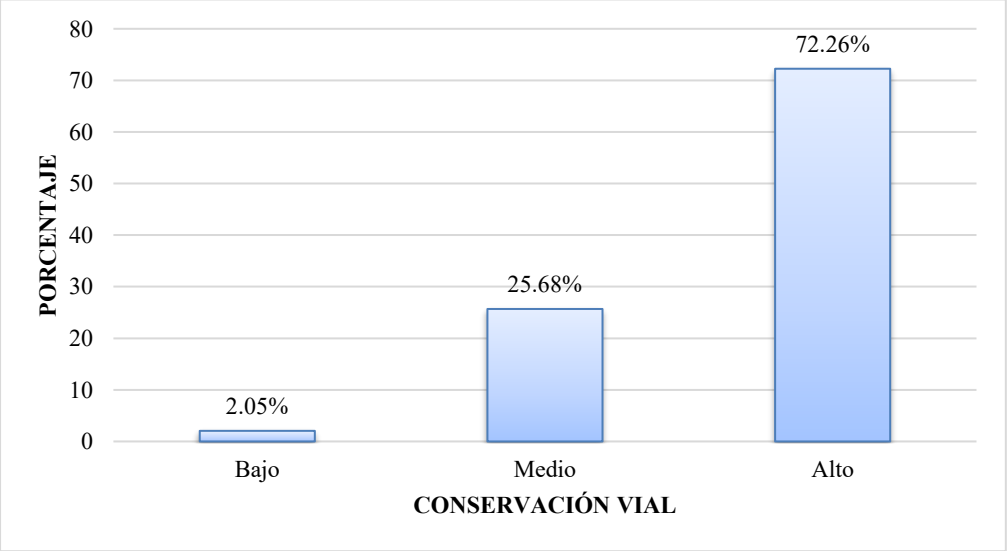
Tabla 14

Conservación vial

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Bajo	6	2.1	2.1	2.1
	Medio	75	25.7	25.7	27.7
	Alto	211	72.3	72.3	100.0
	Total	292	100.0	100.0	

Figura 7

Conservación vial



La Tabla 14 y la Figura 7 evidencian que, del total de participantes, el 2.05% (6) percibe que el modelo de gestión de proyectos presenta un nivel bajo, el 25.68% (75) considera que posee un nivel medio, mientras que el 72.26% (211) lo percibe con un nivel alto.

4.3. Contrastación de las hipótesis

4.3.1. Contrastación de la hipótesis general

- Hipótesis Alterna (Ha): La aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.
- Hipótesis Nula (Ho): La aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* no contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.

Con el propósito de confirmar las hipótesis planteadas, se efectuó el cálculo de la correlación entre las variables modelo de gestión de proyectos y vida útil del pavimento flexible, utilizando la prueba no paramétrica Rho de Spearman. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla siguiente, donde se sintetizan los valores de correlación y los niveles de significancia estadística derivados del análisis realizado.

Tabla 15

Correlaciones entre el modelo de gestión de proyectos y la vida útil del pavimento flexible

			Modelo de gestión de proyectos	Vida útil del pavimento flexible
Rho de Spearman	Modelo de gestión de proyectos	Coeficiente de correlación	1.000	0.685**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	292	292
	Vida útil del pavimento flexible	Coeficiente de correlación	0.685**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	292	292

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los hallazgos obtenidos a partir del análisis efectuado para contrastar la hipótesis

general evidencian un coeficiente de correlación Rho de Spearman (rs) de 0.685, con un p-valor de 0.000. Este valor manifiesta una correlación positiva de magnitud moderada, lo que revela que entre las variables de estudio existe una asociación consistente y significativa.

En consecuencia, se rechazó Ho y se aceptó la Ha, confirmando que la implementación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* se asocia de manera significativa con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en la zona costera del Perú.

Con la finalidad de fortalecer la interpretación de los resultados, en la Tabla 16 se presenta la evidencia documental proveniente de estudios nacionales e internacionales, la cual resulta coherente con la relación identificada entre el modelo de gestión de proyectos y la vida útil del pavimento flexible.

Tabla 16

Evidencia documental que respalda los resultados de la hipótesis general

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Alimohammadi (2020)	Demuestra que la sistematización del diagnóstico y el análisis costo–beneficio del ciclo de vida permiten prevenir fallas y optimizar la durabilidad del pavimento.	El coeficiente rs = 0.685 evidencia que una gestión estructurada del proyecto se asocia con el cumplimiento de la vida útil del pavimento.
Cavalcanti et al. (2022)	Identifica que el análisis de vulnerabilidad ambiental y estructural permite priorizar intervenciones y reducir fallas prematuras.	La correlación positiva hallada respalda que una adecuada gestión de proyectos contribuye a la reducción de deterioro prematuro.
Román (2022)	Concluye que la planificación técnica y la inspección de campo mejoran la efectividad del mantenimiento y reducen sobrecostos.	Los resultados del estudio confirman que la gestión del proyecto incide en la eficiencia del ciclo de vida del pavimento.
Mohammadi et al. (2022)	Evidencia que los modelos de gestión estructurados mejoran la asignación de recursos y eliminan procesos redundantes.	La asociación estadística encontrada respalda el aporte de modelos de gestión en el desempeño del pavimento.
Cárdenas (2024)	Señala que la incorporación de variables locales permite anticipar fallas y definir medidas preventivas más eficientes.	La correlación obtenida es coherente con la influencia de la gestión contextualizada en la vida útil.

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Campos & Irigoín (2019)	Determinan que la falta de mantenimiento adecuado incrementa el deterioro del pavimento.	El resultado estadístico confirma que una gestión deficiente se asocia a menor desempeño del pavimento.
Mercedes (2019)	Concluye que la ausencia de planificación y registros técnicos favorece el deterioro prematuro.	Refuerza que la gestión del proyecto es un factor asociado al cumplimiento de la vida útil.
Castillo & Quispe (2023)	Demuestran que un modelo de gestión estructurado mejora productividad y eficiencia constructiva.	La correlación encontrada valida que una gestión organizada influye en resultados sostenibles del pavimento.

En síntesis, la evidencia combinada, tanto estadística como documental, permite sostener que los métodos de gestión de proyectos basados en PMBOK y *Lean Construction* se encuentran significativamente asociados con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva moderada hallada, junto con los antecedentes revisados, sugiere que una gestión estructurada, planificada y orientada al control del ciclo de vida del proyecto constituye un elemento relevante para mejorar el desempeño del pavimento, reducir la presencia de fallas y promover la sostenibilidad de la infraestructura vial.

4.3.2. Contrastación de las hipótesis específicas

4.3.2.1. Hipótesis específica 1

- Hipótesis Alterna (Ha): Los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.
- Hipótesis Nula (Ho): Los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK no inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.

Para verificar las hipótesis propuestas, se empleó la prueba no paramétrica Rho de Spearman para determinar la correlación entre el PMBOK y el expediente técnico. La tabla

siguiente presenta las pruebas encontradas, que sintetizan los niveles de significación estadística y los valores de correlación resultantes del análisis efectuado.

Tabla 17

Correlaciones entre PMBOK y expediente técnico

			PMBOK	Expediente técnico
Rho de Spearman	PMBOK	Coeficiente de correlación	1.000	0.702**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	292	292
	Expediente técnico	Coeficiente de correlación	0.702**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	292	292

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Con un p-valor bilateral de 0.000, los resultados del análisis realizado para comprobar la primera hipótesis específica muestran un coeficiente de correlación Rho de Spearman (rs) de 0.702. Este resultado revela una correlación positiva de gran tamaño, lo cual indica que existe una relación fuerte y significativa entre las variables examinadas.

Por lo tanto, se aceptó la Ha y se desestimó la Ho, confirmando que los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.

Con la finalidad de fortalecer la interpretación de los resultados, en la Tabla 18 se presenta la evidencia documental proveniente de estudios nacionales e internacionales, la cual resulta coherente con la relación identificada entre los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK y la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico.

Tabla 18

Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 1

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Alimohammadi (2020)	La sistematización de diagnósticos y la evaluación financiera del ciclo de vida permiten seleccionar soluciones técnicas adecuadas desde la etapa de planificación.	Se relaciona con la correlación positiva alta obtenida (rs = 0.702), al evidenciar que una planificación técnica adecuada reduce deficiencias en la formulación del expediente técnico.
Cavalcanti et al. (2022)	La identificación temprana de vulnerabilidades mediante SIG permite anticipar riesgos estructurales antes de la ejecución.	Coincide con los resultados, ya que los procesos de iniciación y planificación permiten reducir errores técnicos en el expediente.
Román (2022)	El levantamiento de información en campo y la priorización técnica de intervenciones garantizan coherencia entre diseño y necesidades reales del pavimento.	Refuerza los resultados al demostrar que una planificación basada en datos disminuye malas prácticas en la elaboración del expediente técnico.
Cárdenas (2024)	La consideración de factores locales (clima, suelo y carga vehicular) permite anticipar el comportamiento estructural del pavimento.	Es coherente con la relación positiva alta hallada, al evidenciar que la planificación contextualizada mejora la calidad del expediente técnico.
Mercedes (2019)	La falta de un enfoque integral en la elaboración del expediente técnico incide negativamente en la vida útil del pavimento.	Sustenta los resultados al mostrar que la ausencia de planificación adecuada genera expedientes deficientes y fallas prematuras.

En síntesis, los resultados estadísticos y la evidencia documental analizada permiten sostener que los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK se encuentran significativamente asociados con la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva alta obtenida, junto con los antecedentes revisados, sugiere que una adecuada definición del alcance, el análisis técnico preliminar y la consideración de variables contextuales desde las etapas iniciales del proyecto constituyen factores relevantes para mejorar la calidad del expediente técnico. Además, el análisis documental respalda esta interpretación al evidenciar que la planificación estructurada es un elemento clave para disminuir errores de diseño y decisiones inadecuadas que podrían comprometer el desempeño futuro del pavimento.

4.3.2.2. Hipótesis específica 2

- Hipótesis Alterna (Ha): Los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.
- Hipótesis Nula (Ho): Los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK no incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.

Con la finalidad de comprobar las hipótesis planteadas, se aplicó la correlación entre conservación vial y PMBOK utilizando la prueba no paramétrica Rho de Spearman. La tabla siguiente presenta los resultados obtenidos donde se sintetizan los niveles de significación estadística y las correlaciones cálidas a partir de los análisis realizados.

Tabla 19

Correlaciones entre PMBOK y procedimiento constructivo

			PMBOK	Procedimiento constructivo
Rho de Spearman	PMBOK	Coeficiente de correlación	1.000	0.714**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	292	292
	Procedimiento constructivo	Coeficiente de correlación	0.714**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	292	292

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los datos encontrados muestran una correlación positiva de gran valor, lo que implica que hay relación potencialmente importante y fuerte entre las variables contrastadas.

Por tanto, se pudo rechazar la Ho y se tuvo que aceptar la Ha, corroborando que los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.

Con la finalidad de fortalecer la interpretación de los resultados, en la Tabla 20 se presenta la evidencia documental proveniente de estudios nacionales e internacionales, la cual resulta coherente con la relación identificada entre los procesos de ejecución y de seguimiento y control de la guía PMBOK y la reducción de malas prácticas durante la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.

Tabla 20

Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 2

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Alimohammadi (2020)	El seguimiento estructurado de la implementación de técnicas constructivas mejora la durabilidad del pavimento durante la ejecución.	Se corresponde con la correlación positiva alta (rs = 0.714), al evidenciar que el control durante la ejecución reduce deficiencias constructivas.
Román (2022)	La supervisión permanente y la evaluación del estado del pavimento permiten priorizar acciones correctivas oportunas y evitar fallas constructivas.	Refuerza los resultados al demostrar que el seguimiento técnico disminuye malas prácticas durante la ejecución de obra.
Mohammadi et al. (2022)	La incorporación de modelos de planificación y control de decisiones elimina actividades sin valor y mejora la asignación de recursos en la ejecución.	Es coherente con los resultados, ya que los procesos de seguimiento y control optimizan la ejecución y reducen prácticas ineficientes.
Campos & Irigoín (2019)	La ausencia de auditorías e inspecciones de control de calidad genera deterioro prematuro del pavimento.	Sustenta los resultados al evidenciar que la falta de control incrementa errores constructivos durante la ejecución.
Mercedes (2019)	La carencia de auditorías y registros históricos de evaluación conlleva a intervenciones inadecuadas en obra.	Coincide con los hallazgos al demostrar que el seguimiento deficiente se traduce en malas prácticas constructivas.
Cárdenas (2024)	El control técnico y las auditorías de las condiciones del entorno permiten anticipar fallas durante la ejecución.	Se relaciona directamente con la correlación alta obtenida, al evidenciar que el control sistemático mejora la calidad de la obra ejecutada.

En síntesis, los resultados estadísticos y la evidencia documental revisada permiten sostener que los procesos de ejecución y de seguimiento y control de la guía PMBOK se encuentran significativamente asociados con la reducción de malas prácticas durante la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva alta obtenida sugiere que la supervisión técnica sistemática, el control de calidad y el monitoreo continuo constituyen factores relevantes para mejorar la correcta implementación de las obras. Además, el análisis documental respalda esta interpretación al señalar que el control estructurado durante la ejecución contribuye a prevenir deficiencias constructivas y a optimizar el desempeño del pavimento a lo largo de su ciclo de vida.

4.3.2.3. Hipótesis específica 3

- Hipótesis Alterna (Ha): El proceso de cierre de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.
- Hipótesis Nula (Ho): El proceso de cierre de la guía PMBOK no incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

A fin de verificar las hipótesis postuladas, se calcula la correlación entre el PMBOK y la conservación vial, usando la prueba no paramétrica Rho de Spearman. Los resultados obtenidos se indican en la tabla inferior, donde se recogen los valores de correlación y los grados de significancia estadística que resultan del análisis realizado.

Tabla 21

Correlaciones entre PMBOK y conservación vial

			PMBOK	Conservación vial
Rho de Spearman	PMBOK	Coeficiente de correlación	1.000	0.581**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	292	292
	Conservación vial	Coeficiente de correlación	0.581**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	292	292

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados del análisis efectuado para contrastar la hipótesis general evidencian un coeficiente de correlación Rho de Spearman (rs) de 0.581, con un p-valor bilateral de 0.000, menor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Este valor indica una correlación positiva de magnitud moderada, lo que sugiere una asociación significativa y consistente entre las variables estudiadas.

En consecuencia, se rechazó la Ho y se aceptó la Ha, confirmando que el proceso de cierre de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

Con la finalidad de fortalecer la interpretación de los resultados, en la Tabla 22 se presenta la evidencia documental proveniente de estudios nacionales e internacionales, la cual resulta coherente con la relación identificada entre el proceso de cierre de la guía PMBOK y la reducción de malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

Tabla 22

Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 3

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Cavalcanti et al. (2022)	La elaboración de mapas temáticos y el registro de la vulnerabilidad del pavimento permiten realizar un seguimiento longitudinal para la planificación del mantenimiento preventivo.	Se relaciona con la correlación positiva media (rs = 0.581), al evidenciar que la información documentada al cierre facilita una adecuada conservación vial.
Román (2022)	El registro sistemático de observaciones de campo y la integración de bases de datos en sistemas de información permiten priorizar intervenciones y evitar deterioro prematuro.	Sustenta los resultados al demostrar que el cierre documentado reduce malas prácticas en la etapa de conservación vial.
Cárdenas (2024)	La documentación del estado estructural del pavimento y de las condiciones locales optimiza el desempeño y prolonga la vida útil del pavimento.	Es coherente con los hallazgos, ya que un cierre técnico adecuado contribuye a una gestión eficiente de la conservación.

En síntesis, los resultados estadísticos y la evidencia documental analizada permiten sostener que el proceso de cierre de la guía PMBOK se encuentra significativamente asociado con la reducción de malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva moderada hallada sugiere que la documentación técnica, el registro del estado del pavimento y la sistematización de la información constituyen insumos relevantes para una gestión de mantenimiento más eficiente. Además, el análisis documental respalda esta interpretación al evidenciar que un cierre técnico documentado facilita la planificación de intervenciones futuras y contribuye a prolongar la vida útil del pavimento.

4.3.2.4. Hipótesis específica 4

- Hipótesis Alterna (Ha): La aplicación del enfoque *Lean Construction* incide directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.
- Hipótesis Nula (Ho): La aplicación del enfoque *Lean Construction* no incide

directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.

Se llevó a cabo el cálculo de la correlación entre *Lean construction* y la vida útil de los pavimentos flexibles, con el objetivo de verificar las hipótesis propuestas; para ello se utilizó la prueba no paramétrica Rho de Spearman. En la tabla que sigue se muestran los resultados, que incluyen los valores de correlación y los niveles de importancia estadística.

Tabla 23

Correlaciones entre Lean construction y vida útil del pavimento flexible

			Lean construction	Vida útil del pavimento flexible
Rho de Spearman	Lean construction	Coeficiente de correlación	1.000	0.647**
		Sig. (bilateral)		0.000
		N	292	292
	Vida útil del pavimento flexible	Coeficiente de correlación	0.647**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.000	
		N	292	292

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los resultados obtenidos en el estudio destinado a comprobar la hipótesis general presentan un coeficiente de correlación Rho de Spearman (rs) de 0.647 y un valor de p bilateral de 0.000, lo cual está por debajo del nivel de significación (α= 0.05) previamente establecido.

Este hallazgo revela una correlación positiva moderada, lo cual indica que ha sido posible establecer una relación entre ambas variables, la cual es notablemente constante.

Por lo tanto, se rechaza la Ho y se acepta la Ha. El resultado final indica que la aplicación del enfoque *Lean Construction* incide directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.

Con la finalidad de fortalecer la interpretación de los resultados, en la Tabla 24 se presenta la evidencia documental proveniente de estudios nacionales e internacionales, la cual resulta coherente con la relación identificada entre la aplicación del enfoque *Lean Construction* y la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.

Tabla 24

Evidencia documental que respalda la hipótesis específica 4

Autor	Evidencia principal reportada por el autor	Correspondencia con los resultados obtenidos
Chinchay et al. (2023)	La implementación de *Lean Construction* permitió controlar retrasos, optimizar la programación y mejorar la asignación de recursos, alcanzando mayores niveles de cumplimiento del plan.	Es coherente con la correlación positiva moderada (rs = 0.647), al evidenciar que el enfoque Lean contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución de obras viales.
Mohammadi et al. (2022)	La integración de principios *Lean Construction* en la planificación y programación del mantenimiento vial permite eliminar actividades sin valor, reducir costos y disminuir la variabilidad de los tiempos de ejecución.	Sustenta los resultados al demostrar que *Lean Construction* mejora la eficiencia operativa y la continuidad en la ejecución y conservación vial.
Castillo & Quispe (2023)	Un modelo de gestión basado en *Lean Construction* incrementa la productividad, mejora el cumplimiento de cronogramas y optimiza el uso de recursos.	Refuerza los hallazgos al evidenciar que *Lean Construction* reduce desviaciones en la ejecución y fortalece el desempeño del proyecto.
Mercedes (2019)	La ausencia de una metodología estructurada como *Lean Construction* conduce a trabajos rutinarios, errores constructivos y deterioro prematuro de los pavimentos.	Es consistente con los resultados, ya que demuestra que la falta de *Lean Construction* incrementa las malas prácticas durante la ejecución y conservación vial.

En síntesis, los resultados estadísticos y la evidencia documental revisada permiten sostener que la aplicación del enfoque *Lean Construction* se encuentra significativamente asociada con la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva moderada obtenida sugiere que la planificación colaborativa, la eliminación de desperdicios y la mejora continua constituyen factores relevantes para optimizar la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los proyectos

viales. Además, el análisis documental respalda esta interpretación al señalar que la adopción de principios *Lean Construction* favorece la reducción de reprocesos, la optimización de recursos y la continuidad del desempeño del pavimento.

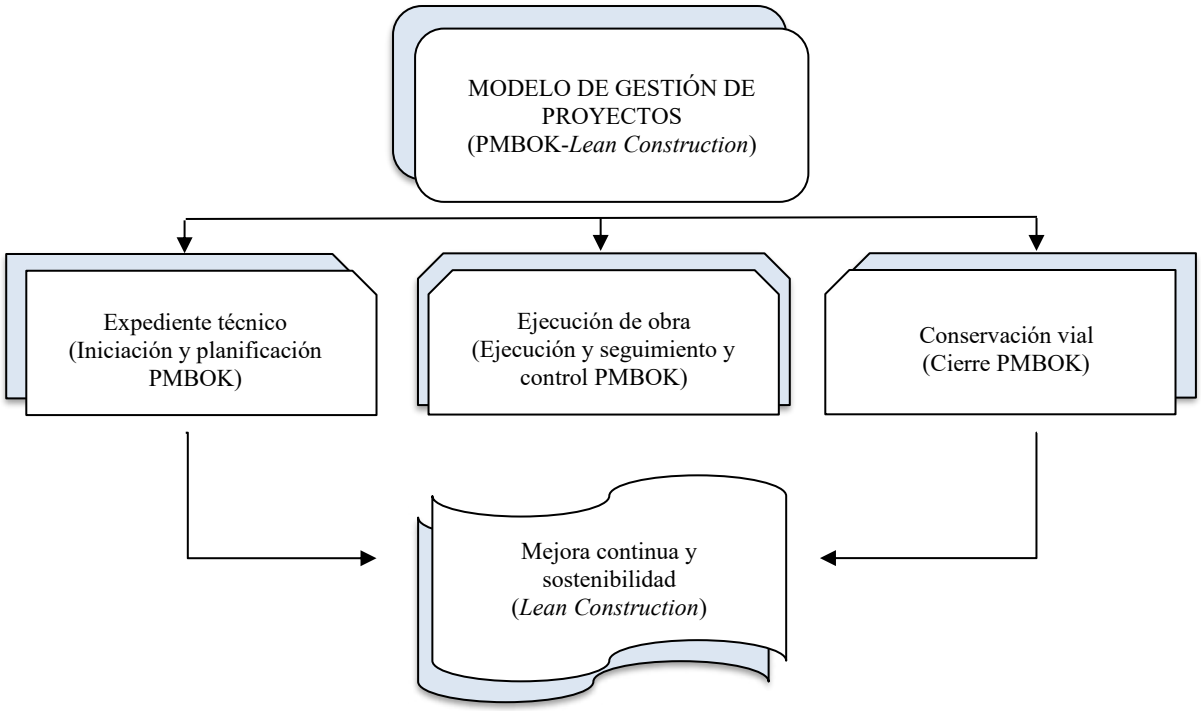
De lo expuesto, los resultados obtenidos evidencian asociaciones estadísticamente significativas entre las variables analizadas, lo que permitió contrastar las hipótesis planteadas. Además, la revisión documental de antecedentes científicos y técnicos permitió contextualizar e interpretar estos hallazgos.

4.4. Propuesta de modelo de gestión

A continuación, se propone el esquema conceptual a partir del cual se desarrolla el modelo de gestión de proyectos, integrando los enfoques de PMBOK y *Lean Construction*.

Figura 8

Esquema conceptual del modelo de gestión



Nota. El modelo integra las prácticas del PMBOK con principios de *Lean Construction* orientados a la mejora continua y sostenibilidad.

El modelo se sustenta en los descubrimientos del estudio, que confirmaron que la aplicación conjunta de los enfoques PMBOK y *Lean Construction* incide significativamente en el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles.

Por tanto, la propuesta constituye un modelo integral de gestión aplicable a proyectos de pavimentación, orientado a reducir malas prácticas en las etapas de elaboración de expediente técnico, ejecución de obra y conservación vial.

4.4.1. Desarrollo del modelo de gestión

4.4.2.1. Fase 1: Expediente técnico.

A. Objetivo. Fortalecer la planificación de los proyectos de pavimentación flexible sostenible mediante la aplicación de los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK, con el fin de reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico, mejorar la coherencia entre los recursos programados y los objetivos del proyecto y garantizar que los diseños técnicos respondan de forma precisa a las condiciones geográficas y climáticas de la zona costera del Perú.

***B. Sustento*.** La fase de iniciación y planificación es el núcleo metodológico del modelo de gestión propuesto, dado que en esta fase se establecen las bases técnicas, financieras, sociales y ambientales que determinan la viabilidad y el éxito del proyecto.

Desde la perspectiva PMBOK, la fase de iniciación y planificación permite contar con un marco sistemático para establecer los objetivos del proyecto, identificar a los interesados, estimar los recursos, determinar un marco de referencia de control en costo, tiempo y alcance, y, a la vez, la integración con Invierte.pe garantiza el cumplimiento de las normas de la gestión de la inversión pública, lo que significa gastos públicos eficientes, sostenibles y trazables.

En la estrategia de línea de infraestructura vial costera peruana, la iniciación y planificación adquiere una dimensión fundamental a causa de las condiciones adversas del entorno, tales como suelos arenosos y de escasa capacidad portante, altos niveles freáticos, salinidades atmosféricas y de subsuelo, y una humedad relativa elevada. Estas condiciones inciden directamente en la durabilidad y el desempeño del pavimento flexible; por ello, la conducción y planificación, rigurosamente argumentada, permite anticipar riesgos estructurales, ambientales y operativos, gestiona recursos de forma óptima y asegura la vida útil proyectada.

C. Estructura metodológica. El procedimiento para la elaboración del expediente técnico implica dos procesos fundamentales: el proceso de iniciación y el proceso de planificación.

C.1. Proceso de iniciación.

a. Acta de Constitución del Proyecto integrada al Invierte.pe. El acta de constitución se relaciona con los instrumentos establecidos por el sistema de Invierte.pe tales como la Ficha Técnica de Inversión (FTI) o el Estudio de Preinversión dependiendo de la magnitud y tipología del proyecto. Su objetivo es formalizar la intención institucional de llevar a cabo la inversión, orientado sobre los objetivos, presupuesto, responsabilidades, fuente de financiamiento y viabilidad técnica, económica y ambiental.

Los componentes esenciales que debe incluir son:

- **Antecedentes institucionales y normativos:** Identificación de las brechas de infraestructura vial, alineación con los objetivos estratégicos institucionales y correspondencia con los Planes Multianuales de Inversión (PMI).
- **Propósito y justificación:** Descripción del problema público sustentado en

diagnósticos técnicos, estudios viales y análisis de brechas, destacando cómo el proyecto contribuye a la política nacional de transporte sostenible.

- **Objetivos estratégicos y resultados esperados:** Establecimiento de objetivos concretos, cuantificables, realizables, pertinentes y con un plazo establecido vinculados con indicadores de desempeño y resultado.

- **Alcance preliminar del proyecto:** Delimitación técnica, espacial y funcional de las obras proyectadas, describiendo la infraestructura vial, sus metas físicas y los criterios de desempeño estructural y ambiental.

- **Presupuesto referencial y fuente de financiamiento:** Estimación económica de la inversión y su origen.

- **Cronograma general de ejecución:** Estructura secuenciada de las fases del proyecto, considerando la ruta crítica y las condiciones climáticas costeras como variables determinantes en la programación.

- **Estructura organizacional del proyecto:** Identificación de los actores institucionales: Titular de la Entidad, Unidad Formuladora (UF), Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI), equipo técnico y director del proyecto (*Project Manager*).

- **Aprobación y formalización:** Debe estar respaldada por resolución institucional, firma del titular de la entidad y registro en el Banco de Inversiones del MEF, lo que confiere validez legal y administrativa.

- **Compromisos de gestión y sostenibilidad:** Establecimiento de mecanismos de control de calidad, compromisos ambientales y obligaciones institucionales de mantenimiento y rendición de cuentas.

b. Identificación de interesados. Esta actividad contempla la identificación, el análisis y la categorización de los actores claves que se encuentran ligados de forma directa o indirecta al proyecto, y la determinación del nivel de interés, influencia y poder de decisión. Para tal propósito, se debe realizar un registro de interesados con el fin de dejar constancia de sus datos, función institucional, expectativas, responsabilidades y su grado de intervención en las diferentes fases que comprende el ciclo de inversión.

Una adecuada gestión de los interesados permite prevenir conflictos sociales, consolidar la legitimidad del proyecto y la transparencia de la fase de ejecución pública. Da lugar a la efectiva comunicación y la coordinación interinstitucional en la que deben involucrarse entidades gubernamentales, contratistas y supervisores, beneficiarios y organizaciones sociales.

c. Nombramiento del director del proyecto. Consiste en la designación formal del director del proyecto o *Project Manager*, el cual se responsabiliza de la gestión del proyecto desde la fase de planificación hasta la fase de cierre del proyecto.

El director del proyecto debe ser un experto en gestión de proyectos en la normativa del PMBOK, contar con sólido conocimiento de planificación pública y la normativa del Invierte.pe y además tener experiencia en ingeniería vial, liderazgo estratégico y sostenibilidad ambiental. Su perfil aúna la capacidad técnica con el manejo de la dirección de los equipos interdisciplinarios y el manejo adecuado de la comunicación con las partes interesadas.

Destacan entre sus funciones: el control del cumplimiento de los plazos y costos, del alcance y de la calidad; que las actividades constructivas del proyecto se desarrollen en los márgenes del pliego técnico y de los planes de gestión, que se cumpla con el PMBOK y el *Lean Construction*, propiciando la eficiencia de funcionamiento, la maximización de la utilización de los recursos y la minimización de la generación de desechos durante el proceso constructivo,

la mejora continua, la transparencia de los procesos y la rendición de cuentas para consolidar una gestión orientada a los resultados y al fortalecimiento institucional.

C.2. Proceso de planificación.

a. Plan de gestión del alcance. Establece el alcance del proyecto, los productos a entregar y los criterios de aceptación que determinan el cumplimiento de los objetivos técnicos y funcionales del expediente. El plan incluye la definición del producto a ejecutar, las especificaciones técnicas, los métodos constructivos previstos, y las tareas o componentes excluidos o no considerados en el mismo, garantizando la definición adecuada de funciones y objetivos.

El documento establece el punto de partida para la supervisión del alcance con el objetivo de garantizar que las actividades que se desarrollan correspondan con lo que se prevé y regula los mecanismos de control de cambios, de forma que cualquier modificación técnica o ampliación sean analizadas, justificadas y aprobadas utilizando un procedimiento oficial, con el fin de evitar modificaciones no consensuadas que pongan en riesgo el presupuesto, los plazos o la calidad de la obra.

b. Plan de gestión del tiempo. Ofrece el marco metodológico para la ejecución, seguimiento y actualización del plan de actividades del proyecto, de manera que el cumplimiento de la planificación técnica, de los recursos existentes y de los objetivos de ejecución se encuentren alineados. En este plan se contempla el hecho de definir la secuencia lógica de las actividades, la estimación realista de la duración de las actividades, la asignación de todos los recursos necesarios, así como la determinación de la ruta crítica que permite fijar el orden óptimo de ejecución y los puntos de control a tener en cuenta en el proyecto. La programación del plan de actividades deberá actualizarse por medio de herramientas de gestión, tales como el diagrama de Gantt y el método de PERT/CPM que faciliten la representación del

tipo de dependencias y llevar a cabo el seguimiento del mismo.

c. Plan de gestión de costos. Determinar los métodos y criterios técnicos para estimar, asignar, controlar y reportar los costes de la intervención, de tal manera que se garantice la lógica de la utilización de los recursos económicos e hitos a conseguir a partir de esa lógica de la utilización de los recursos económicos e hitos a conseguir a partir del alcance. La planificación considera también la elaboración del presupuesto base y el estudio de los precios unitarios respectivos a cada una de las partidas.

El documento define también las metodologías para medir el rendimiento financiero, considerando indicadores de control como el Costo Presupuestado de Trabajo Programado (PV), el Costo Real de Trabajo Ejercido (AC) y el Índice del rendimiento de Costes (CPI), que le permitirá medir la eficiencia de uso de los recursos e implementar acciones correctivas en el momento requerido.

De esta manera se persigue el objetivo primordial de garantizar el uso racional y transparente de los recursos económicos, de forma que, la inversión pública no pueda verse superada por los límites del presupuesto aprobado y que no haya sobrecostos como consecuencia de deficientes o no justificadas modificaciones del alcance.

d. Plan de gestión de la calidad. Especifica los estándares técnicos, los procedimientos de ensayo y las normas de control que regularán la ejecución del proyecto, y que asegurará que los procedimientos y los productos sean conformes a los criterios establecidos en el expediente técnico. Este plan manifiesta las políticas de calidad, los criterios de aceptación y rechazo en cuanto a los productos, los protocolos de ensayo de los materiales, las frecuencias de muestreo y los formatos de los registros de inspección, y asegura la trazabilidad y fiabilidad de los resultados que se van obteniendo en la ejecución de la obra.

Igualmente, el plan establece las responsabilidades del personal técnico y del laboratorio de control de calidad, la documentación que será de cumplimiento para el registro de los ensayos a realizar, así como las acciones correctivas previstas en caso de detectar no conformidades.

e. Plan de gestión de los recursos. Define la planificación, la asignación y el control que se va a realizar en cuanto a los recursos humanos, materiales, maquinaria y equipos que son necesarios para la ejecución de cada fase del proyecto, asegurando la disponibilidad en el tiempo adecuado y su eficaz utilización. Este plan contempla la organización del proyecto, los cargos y funciones del personal técnico, las cualificaciones del personal necesarias y la estructura de jerarquías y canales de comunicación, reflejadas por medio de organigramas funcionales que facilitan la coordinación entre los distintos actores del sistema de gestión.

Asimismo, el documento establece los rendimientos esperados de equipos y cuadrillas, la programación de suministros y el cronograma de adquisición y distribución de materiales, considerando las limitaciones logísticas, las condiciones ambientales y los plazos críticos de ejecución. De igual manera, incluye los procedimientos para el control del uso de recursos, así como los mecanismos de ajuste en caso de desviaciones respecto al plan original.

Este plan tiene la finalidad de optimizar el uso de los recursos críticos, minimizar los tiempos de inactividad, evitar la sobrecarga de equipos y garantizar la continuidad operativa del proyecto.

f. Plan de gestión de las comunicaciones. Establece los mecanismos, canales, formatos y frecuencias de comunicación que se aplicarán entre los integrantes del equipo y los actores involucrados asegurando un intercambio de información claro y transparente, oportuno y verificable durante todas las fases del ciclo de inversión. Este plan define los tipos de información que se generarán, así como los responsables de su emisión, revisión y distribución,

asegurando la trazabilidad documental y la coherencia entre los objetivos estratégicos de la institución y las acciones operativas desarrolladas.

Implica la formulación y entrega de informes periódicos de avance físico y financiero, la realización de reuniones de coordinación interinstitucional, la emisión de actas de supervisión y control de obra, y la preparación de reportes técnicos de calidad, seguridad y ambiente. También incluye la herramienta de planificación de comunicaciones, que determina los medios de comunicación a emplear (reuniones, plataformas digitales o informes escritos), junto con la periodicidad y el alcance informativo establecido según los actores involucrados.

Una comunicación gestionada de manera efectiva contribuye a minimizar la incertidumbre, prevenir discrepancias o tensiones y optimizar la toma de decisiones, garantizando una sinergia adecuada entre la Entidad, la supervisión, el contratista y los actores beneficiarios.

g. Plan de gestión ambiental y de seguridad ocupacional. Constituye un documento obligatorio que identifica, evalúa y controla los impactos ambientales y riesgos laborales asociados al desarrollo del proyecto, estableciendo las medidas preventivas, correctivas, de mitigación y compensación necesarias para garantizar una ejecución sostenible y segura. El presente plan es el que define los objetivos, responsabilidades y procedimientos de gestión ambiental y seguridad a los que se da cumplimiento según el marco normativo.

Considera la ejecución de los planes de gestión ambiental que incluye el control responsable y tratamiento adecuado de residuos, el control de las emisiones a la atmósfera y de ruidos o la revegetación de sectores tratados. En relación con seguridad ocupacional se consideran protocolos de trabajo seguro, la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER), dotación de equipos de protección individual, capacitación en seguridad y en salud, procedimientos de respuesta ante situaciones de emergencia o accidentes.

h. Plan de gestión de adquisiciones. Constituye el documento que establece los procedimientos, requisitos y recursos para llevar a cabo la adquisición de los bienes, servicios y de las obras requeridos en la ejecución del proyecto. Consiste en la planificación de las adquisiciones y en la identificación de los requerimientos.

Contempla la gestión del riesgo asociado a las adquisiciones (retraso entregas, incumplimientos contractuales, variaciones de costos) planteando las medidas preventivas y correctivas previstas para cada caso.

i. Plan de gestión de la integración. Coordina y relaciona todos los planes del proyecto, garantizando la coherencia, la trazabilidad y la alineación estratégica de todos los procesos de gestión. Este plan es el marco operativo del proyecto porque permite establecer una información técnica, administrativa y financiera en un sistema de gestión único y permite tomar decisiones. El Plan de Gestión de la Integración establece cómo elaborar, supervisar y actualizar el Plan para la Dirección del Proyecto (PDP), así como los mecanismos de seguimiento, control de los cambios y gestión de versiones de los documentos de planificación. También establece las interrelaciones entre los procesos y define las responsabilidades de los actores para coordinar la ejecución de las actividades de manera eficiente y efectiva.

Este plan se actualiza de forma dinámica a medida que avanza el proyecto, atendiendo a los resultados del seguimiento y de los informes de rendimiento para mantener la coherencia entre los objetivos estratégicos y los objetivos operativos.

j. Plan de gestión de riesgos. Especifica la metodología para la identificación, análisis y planificación de respuestas, así como para el seguimiento y control de los posibles incidentes que pudieran afectar al alcance, costo, cronograma, calidad o sostenibilidad del proyecto. Este procedimiento define el modo de identificación, procesos, responsabilidades y herramientas de valoración que se aplicarán para anticipar situaciones adversas y gestionar dentro de límites

aceptables, los efectos que puedan tener, para asegurar que la ejecución se mantenga predecible y controlada.

Incorpora la identificación de riesgos técnicos, económicos, ambientales, contractuales y sociales, mediante la recopilación de información de documentos de estudios previos, diagnósticos viales y experiencias de proyectos similares. Después se hace un análisis cualitativo y cuantitativo donde se valora la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias que puedan tener respecto al alcance y a las metas del proyecto, posteriormente se categorizan los riesgos en función del nivel de severidad. Los resultados se recogen en una matriz de riesgos, donde se definen niveles de prioridades y personas responsables que deben gestionar dicho riesgo.

También define los planes de respuesta a los riesgos que incluirán distintas estrategias para mitigar, transferir, aceptar o eliminar un determinado evento identificable en función de cada naturaleza y criticidad, se contemplan mecanismos de seguimiento continuo y de control, con el establecimiento de indicadores que permiten activar sistemas de alerta temprana en el caso de desviaciones e impulsar en consecuencia las acciones correctivas necesarias.

De este modo, el Plan de Gestión de Riesgos es uno de los mecanismos más relevantes para maximizar la resiliencia del propio proyecto, la optimización de los recursos y la minimización de las posibilidades del incumplimiento técnico o financiero.

k. Plan de gestión de interesados. Establece las estrategias y procedimientos para identificar y coordinar la comunicación y satisfacción de los interesados en la ejecución, seguimiento y cierre del proyecto. Tiene como principales propósitos las garantías de la participación efectiva, la transparencia y la aceptación social del proyecto, así como fomentar y asegurar relaciones colaborativas entre la entidad ejecutora, los beneficiarios y los agentes institucionales relacionados con la gestión de la inversión.

Abarca la identificación y caracterización de los interesados en función de su nivel de influencia, interés, poder y el grado de afectación, a partir de la cual se elabora un mapa de los actores para facilitar la priorización de las estrategias de gestión. Establece las estrategias de comunicación y participación ciudadana, los canales de diálogo institucional y los mecanismos para la consulta y la retroalimentación continua. Además, define los procedimientos de gestión de conflictos y reclamos, orientados a prevenir y resolver de forma consensuada las observaciones sociales o técnicas que pudieran darse.

l. Plan para la dirección del proyecto (PDP). El PDP constituye el documento integrador que da forma a los resultados obtenidos durante la iniciación y la planificación, a la vez que se establece como la guía operativa de ejecución, seguimiento, control y cierre del proyecto de pavimentación. Según el marco metodológico del PMBOK, el PDP busca garantizar la coherencia entre la consecución de los objetivos estratégicos, el establecimiento de los recursos disponibles, las programaciones de obra y las directrices encaminadas a promover el cumplimento de criterios ambientales y sociales.

El PDP integra todos los planes que se han ido desarrollando en la fase de planificación, definiendo y determinando los lineamientos iniciales en materia de alcance, programación y presupuesto, así como los procedimientos establecidos para el control de las obras, la evaluación del desempeño y, en su caso, la gestión de cambios.

m. Estudios técnicos complementarios. Los estudios técnicos son la base de la fase de la planificación, ya que permiten proporcionar la información básica para la elaboración del expediente técnico y, con ello, la información para tomar las decisiones estratégicas de gestión del proyecto. Su elaboración correcta también es sinónimo de garantía de viabilidad técnica, económica y ambiental de las intervenciones. A partir de aquí, permitirá que las soluciones propuestas respondan a las condiciones reales del entorno en que se producen.

- **Estado de los servicios básicos:** Dicho estudio tiene como objetivo determinar la infraestructura de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y telecomunicaciones existentes en el ámbito de intervención. Con su análisis se comprueba la posible existencia de interferencias con la obra, la necesidad de prever posibles medidas de reubicación y/o de protección de la infraestructura existente con el objeto de evitar contingencias en el desarrollo de las obras, y contribuirá también a garantizar la continuidad de los servicios públicos y la seguridad de las instalaciones.

- **Estudio de tráfico:** Es una actividad fundamental, ya que sirve para la determinación de los parámetros que van a servir como diseño para el pavimento, se basa en analizar los volúmenes vehiculares actuales y previsibles, el tipo de la composición del tráfico, la clasificación de vehículos, así como el aumento en la previsión del tráfico. Esto resultará en el cálculo de los ejes equivalentes de diseño, así como en la definición de los espesores y materiales del pavimento de acuerdo con el nivel de servicio.

- **Estudio de suelos:** El análisis geotécnico del suelo constituye un insumo esencial para el diseño estructural del pavimento, este estudio pone de manifiesto las propiedades físicas y mecánicas que certifican el terreno que se está construyendo (capacidad portante, granulometría, plasticidad, contenido de humedad). Los resultados llevan a determinar la subrasante, seleccionar los materiales de mejora y determinar las capas del paquete estructural atendiendo criterios sobre durabilidad y economía.

- **Estudio topográfico:** Es la información geométrica en la que se basa la elaboración del diseño de la vía, ya que comprende el levantamiento del terreno tanto

planimétrico como altimétrico, las curvas de nivel, las cotas, las pendientes y las coordenadas de control. Dicha información resulta fundamental para el diseño geométrico, para la definición de las rasantes, para el control del drenaje superficial y para la volumetría del movimiento de tierras. La precisión de esta información constituye la base del diseño del pavimento para minimizar errores de ejecución y favorecer el control de calidad de la obra.

D. Criterios de control. La tabla siguiente sintetiza los criterios técnicos de cumplimiento derivados del modelo PMBOK aplicados a la elaboración del expediente técnico. Su finalidad es estandarizar la verificación documental y técnica que asegure la coherencia entre el alcance, tiempo, costo, calidad y sostenibilidad del proyecto.

Tabla 25

Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la elaboración del expediente técnico

Área de conocimiento PMBOK	Subproceso	Criterios de cumplimiento o verificación técnica
Gestión de la integración	Elaboración del Plan para la Dirección del Proyecto	Documento integral que define los planes de gestión.
	Integración de especialidades técnicas	Compatibilidad entre planos.
	Consolidación del expediente técnico	Expediente final visado y foliado.
Gestión del alcance	Levantamiento topográfico	Planos georreferenciados, curvas de nivel, secciones transversales y coordenadas UTM.
	Estudio de suelos	Ensayos certificados y perfil estratigráfico.
	Estudio de tráfico	Determinación del tráfico vehicular, composición vehicular y ejes equivalentes.
	Estudio hidrológico e hidráulico	Cálculo de caudales, diseño de drenaje longitudinal, transversal y cunetas.
	Estudio geológico y geotécnico	Caracterización del terreno, estabilidad de taludes y canteras.
	Estudio ambiental y social	Identificación de impactos, medidas de mitigación y fichas ambientales.
	Estudio arqueológico	Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRAS), Plan de Monitoreo Arqueológico (PMAR).
	Estudio de saneamiento físico legal	Acreditación de la disponibilidad física y legal del terreno (títulos, planos visados, registros).
	Diseño geométrico	Radios, pendientes, visibilidad y secciones tipo conforme al Manual DG–2018.
	Diseño estructural del pavimento	Cálculo según AASHTO 93, considerando parámetros de CBR y ejes equivalentes.

	Diseño de señalización y seguridad vial	Diseño de señalización vertical, horizontal y elementos de seguridad.
Gestión del tiempo	Definición de actividades	Identificación y secuencia lógica de actividades por disciplina.
	Estimación de duraciones	Definición de plazos realistas basados en rendimientos y recursos disponibles.
	Elaboración del cronograma	Diagrama Gantt o equivalente, con hitos, ruta crítica y entregables.
	Control del cronograma	Seguimiento del cumplimiento de plazos mediante indicadores de avance.
Gestión de costos	Estimación de costos por partida	Costo unitario basado en análisis de precios, insumos actualizados y rendimientos.
	Determinación del presupuesto total	Presupuesto integral, con costos directos, indirectos, gastos generales y utilidad.
	Establecimiento de la línea base de costos	Línea base para control de variaciones y ajustes.
	Control de costos	Verificación de coherencia entre presupuesto, metrados y diseño técnico.
Gestión de la calidad	Plan de aseguramiento y control de calidad	Define normas, procedimientos de ensayo y criterios de aceptación.
	Control de revisión técnica	Registro de revisiones cruzadas entre especialidades.
	Validación normativa	Cumplimiento del RNE, Manual de Carreteras.
Gestión de riesgos	Identificación y análisis de riesgos	Matriz de riesgos técnicos, ambientales, sociales y contractuales.
	Evaluación cualitativa y cuantitativa	Estimación de probabilidad, impacto y medidas de mitigación.
	Plan de respuesta a riesgos	Estrategias de mitigación y contingencias presupuestales.
Gestión de comunicaciones	Plan de comunicaciones	Frecuencia, medios y responsables del flujo de información.
	Control documental	Control de versiones, trazabilidad y archivo físico–digital.
	Registro de reuniones y acuerdos	Actas técnicas con compromisos y seguimiento.
Gestión de recursos	Identificación del equipo técnico	Listado del personal y competencias profesionales requeridas.
	Matriz de responsabilidades	Asignación de roles y responsabilidades por disciplina.
	Control de avance de entregables	Monitoreo del progreso técnico por especialidad.
Gestión de interesados	Identificación y análisis de interesados	Registro actualizado de *stakeholders*.
	Plan de involucramiento	Estrategia de comunicación con comunidad, autoridades y supervisión.
Gestión de adquisiciones	Identificación de requerimientos complementarios	Servicios especializados necesarios (laboratorio, geotecnia, topografía, etc.).

El cumplimiento de los criterios mencionados constituye la condición base para el inicio de la ejecución de obra. Los indicadores definidos en los planes de gestión servirán como línea base de control para el seguimiento físico, financiero y de calidad durante la construcción.

4.4.2.2. Fase 2: Ejecución de obra.

A. Objetivo. Asegurar la correcta aplicación de los procesos constructivos del proyecto de pavimentación flexible sostenible, acogiéndose a la aplicación coordinada de los procesos establecidos para la realización de la ejecución, seguimiento y control contenidos en el PMBOK, con la finalidad de dar cumplimiento al alcance, la programación, el presupuesto, la calidad y los estándares ambientales y de seguridad establecidos en el expediente técnico.

Dicha fase tiene como propósito asegurar que las obras finalmente construidas se ajusten a los diseños aprobados y que se mantenga una trazabilidad permanente entre lo que fue objeto de la planificación y lo que finalmente se ejecuta.

B. Sustento: La etapa de ejecución es el centro operativo del proyecto en el que se convierten en realidad los productos que se definieron en la etapa de planificación. En el enfoque del PMBOK, se considera en el marco de los grupos de procesos de ejecución (coordinación de personas y recursos, gestión y buena comunicación) y los mecanismos de control y supervisión (seguimiento del rendimiento, gestión del cambio y control de calidad).

C. Estructura metodológica. La fase de ejecución de obra recoge dos procesos principales: proceso de ejecución y proceso de seguimiento y control.

C.1. Proceso de ejecución. Este proceso pretende coordinar la ejecución de los planes aprobados en la fase de planificación, estableciendo la garantía de la correcta aplicación del contenido técnico del proyecto, así como la seguridad ocupacional, la sostenibilidad ambiental y la trazabilidad de la documentación. Las actividades más destacadas son:

a. Dirección y gestión de la ejecución del proyecto. El director del proyecto (*Project Manager*) se encarga de ejecutar el Plan de Ejecución, adecuado al PDP que ha sido aprobado. De este modo, será posible gestionar toda la coordinación del personal, los materiales, los

equipos y las contrataciones necesarias para la correcta ejecución de la construcción. Se orienta a facilitar el cumplimiento de los estándares técnicos, normativos y de sostenibilidad que se hayan fijado dentro del expediente técnico, según los parámetros de calidad, eficiencia y transparencia.

Son algunas de sus funciones las siguientes:

- Dirigir las actividades del contratista y el supervisor, favoreciendo la búsqueda de una comunicación fluida, la colaboración interinstitucional y la resolución de incidencias técnicas o administrativas que puedan alterar la marcha del proyecto.

- Velar que las actividades constructivas se ejecuten en el estricto cumplimiento del expediente técnico de referencia y la normativa vigente, así como que las metodologías, los procedimientos, los equipos y los materiales empleados se ajusten a los requerimientos técnicos.

- Coordinar la oportuna provisión de materiales, maquinaria y personal, asegurando que los insumos lleguen con certificados de calidad y fichas técnicas actualizadas y cumplan con los requerimientos impuestos por las normas ASTM y AASHTO que sean aplicables.

- Verificar la práctica de un uso óptimo y sostenible de los recursos evitando desperdicios, reprocesos y sobrecostos, aplicando los principios de *Lean Construction* y optimizando los procesos constructivos.

- Dirigir la ejecución y actualización continua de los planes de gestión, asegurando su cumplimiento en campo y su coherencia con los objetivos del proyecto.

- Garantizar que las políticas de sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y

manejo responsable de residuos se implementen en todas las etapas constructivas, en concordancia con la normativa vigente y los compromisos del Estudio o Declaración de Impacto Ambiental.

- Controlar los hitos de ejecución mediante indicadores de desempeño físico y financiero, aplicando acciones preventivas y correctivas ante desviaciones del cronograma, del presupuesto o de los indicadores de calidad.

- Coordinar con el supervisor la revisión y validación de valorizaciones, metrados, modificaciones contractuales y reportes de avance mensual, asegurando su alineación con los parámetros establecidos en la línea base.

- Garantizar la actualización permanente de la línea base del proyecto y aplicar los mecanismos de control de modificaciones establecidos en el Plan de Integración, documentando toda modificación aprobada.

- Supervisar la correcta ejecución de los controles de calidad en campo, verificando que se ejecuten conforme a las directrices y normativas establecidas en la normativa vigente.

- Asegurar la implementación de las medidas de seguridad industrial y señalización vial, preservando la integridad del personal y de los usuarios del entorno.

- Supervisar el registro técnico permanente de la información generada en obra, incluyendo planos actualizados, informes de control, fotografías georreferenciadas y fichas de supervisión.

- Fomentar la adopción de buenas prácticas de gestión y el uso de herramientas digitales de control y monitoreo, promoviendo la innovación, la productividad y la

mejora continua institucional a través de la retroalimentación sistemática y la documentación de lecciones aprendidas.

b. Ejecución de procesos constructivos. Implica la ejecución técnica que se realiza de forma sucesiva y conforme al expediente técnico aprobado en el marco de la ejecución del proyecto, siguiendo las exigencias que se encuentran en el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Su carácter es garantizar que la obra se desarrolle dentro de las condiciones de control de calidad, de seguridad, sostenibilidad, eficiencia en la operación, conforme a lo establecido para un pavimento de ejecución, de acuerdo con los parámetros de diseño que se han fijado.

En el marco de la ejecución del proceso general de ejecución se diferencia las siguientes fases:

b.1. Preparación del terreno. Esta fase es determinante en la ejecución de obra, ya que hace posible garantizar las condiciones óptimas en el terreno necesarias para el desarrollo de las fases posteriores de la ejecución del proyecto. Comprende:

- **Limpieza y desbroce:** retiro de vegetación, escombros, desechos y material orgánico inadecuado que pueda afectar la capacidad portante.
- **Replanteo topográfico:** verificación de ejes, cotas, alineamientos y niveles de referencia mediante estación total y GPS diferencial, conforme a los planos de diseño aprobados.
- **Nivelación y conformación del terreno natural:** corrección de irregularidades y pendientes mediante maquinaria de movimiento de tierras, garantizando la uniformidad del terreno.

- **Delimitación y señalización de áreas de trabajo:** implementación de cercos de seguridad, rutas de tránsito interno, zonas de acopio y señalización preventiva.

b.2. Movimiento de tierras. Etapa orientada a conformar la subrasante del pavimento, capa fundamental que brinda soporte estructural a las capas superiores. Incluye:

- **Excavación y retiro de material inadecuado:** eliminación de zonas blandas o saturadas, reemplazándolas con material seleccionado que garantice la estabilidad del terreno.

- **Relleno con material granular seleccionado:** conforme a las especificaciones del diseño y con control de granulometría.

- **Compactación por capas sucesivas:** conforme al **e**nsayo Proctor Modificado, determinando densidad máxima y humedad óptima.

- **Control de compactación in situ:** mediante cono de arena o equipo nuclear, alcanzando un mínimo del 95% de la densidad máxima del Proctor Modificado.

- **Control de rasante:** verificación del nivel proyectado con una **t**olerancia máxima de ±2 cm respecto al diseño.

b.3. Construcción de capas estructurales. Esta etapa implica la colocación, extendido, compactación y control de calidad de las capas que conforman la estructura del pavimento flexible: subbase granular, base granular y carpeta asfáltica.

i. Subbase granular. Se utiliza material granular de granulometría controlada y adecuada capacidad de soporte.

- **Colocación y extendido:** en capas uniformes de espesor < 20 cm, conforme al

diseño.

- **Compactación:** hasta alcanzar una densidad mínima del 100% del Proctor Modificado**.**
- **Control de humedad y densidad:** ensayos in situ cada 250 m² de área compactada.
- **Verificación de nivel y espesor:** tolerancia de ±10 mm respecto al diseño.
- **CBR mínimo:** 30%.

ii. Base granular. Constituye la capa de transición y soporte inmediato de la carpeta asfáltica.

- **Material:** grava triturada o mezcla de piedra chancada con arena natural, en cumplimiento del diseño técnico aprobado.
- **Colocación y extendido:** en capas uniformes de espesor < 20cm, conforme al diseño.
- **Compactación:** hasta alcanzar una densidad mínima del 100% del Proctor Modificado.
- **Acabado:** superficie nivelada y continua, exenta de segregaciones, con rugosidad menor o igual a 1 cm al ser evaluada con una regla de 3 m**.**

iii. Carpeta asfáltica. Corresponde a la capa superior del pavimento, cuya función es resistir esfuerzos de tracción, abrasión y fatiga.

- **Preparación de la superficie:** limpieza y riego de imprimación (asfalto MC-30 o emulsión catiónica).

- **Colocación de la mezcla asfáltica:** extendido uniforme con *finisher* autopropulsado, con espesor de diseño y tolerancia de ±5 mm**.**

- **Compactación:** tres etapas (inicial, intermedia y final) con rodillos lisos y neumáticos, alcanzando el 98% de la densidad teórica máxima.

- **Control de temperatura:** mezcla entre 140–165 °C en planta y 110–150 °C en obra, según el tipo de ligante asfáltico.

- **Ensayos de control:** estabilidad y flujo Marshall, contenido de asfalto, y densidad y vacíos en mezcla, garantizando un rango de 3–5% de vacíos de aire para asegurar la durabilidad y resistencia al daño por humedad.

c. Aseguramiento de la calidad. Implica la verificación sistemática de que los procesos constructivos, materiales empleados y los resultados verificados correspondan a los criterios técnicos, los procesos regulados y las normas técnicas establecidas. El control técnico aplicado asegura que las actividades constructivas se alineen en concordancia con los parámetros de calidad y desempeño contemplados en el expediente técnico, asegurando el adecuado funcionamiento, la vida útil y la estabilidad estructural del pavimento.

Las actividades de control se desarrollan bajo la supervisión del laboratorio de campo y la unidad de aseguramiento de la calidad, empleando instrumentos y registros que permiten la trazabilidad de los resultados y la detección oportuna de desviaciones. Entre los principales instrumentos de control se incluyen:

- Fichas técnicas de control de compactación, granulometría y contenido de asfalto, utilizadas para documentar los resultados de ensayos in situ y verificar el cumplimiento de los valores de diseño.

- Protocolos de ensayo de laboratorio que equivalen a ensayos normalizados, tales como la densidad de la mezcla, el contenido de asfalto, CBR, el análisis granulométrico, Proctor modificado, flujo Marshall, estabilidad y demás.

- Registros de conformidad técnica y control de no conformidades, mediante los cuales se establece la aceptación o rechazo de los trabajos de ejecución, conforme a los criterios de calidad establecidos en el expediente técnico, asegurando así la posibilidad de trazabilidad y la asunción incomparable y la posibilidad de implementación inmediata de las medidas correctivas y preventivas.

C.2. Proceso de seguimiento y control. La meta de este procedimiento es verificar que el proyecto se adecue a la extensión, las duraciones, el coste, la calidad y los compromisos de sostenibilidad del mismo, de manera que exista concordancia entre la planificación y la ejecución. Para ello, existe la posibilidad de detectar desviaciones, implementar vías de corrección y mantener la trazabilidad, a lo largo de cada una de las fases constructivas propuestas, con arreglo al Plan para la Dirección del Proyecto (PDP) y de acuerdo con las pautas del PMBOK.

a. Monitoreo del avance físico y financiero. La medición del progreso también se realiza mediante la supervisión continua del programa y del presupuesto base, utilizando la curva S físico-financiera como principal instrumento de control. Las mediciones se basan en valorizaciones mensuales, informes semanales de obra, así como en observaciones del supervisor técnico. Se aplican los siguientes instrumentos analíticos:

- **Método del Valor Ganado (EVM):** Permite determinar el desempeño global del proyecto a través de la comparación entre el costo planificado (PV), el costo real (AC) y el valor ganado (EV), identificando desviaciones en costo y cronograma respecto a la línea base.

- **Indicadores de desempeño (KPI):** el Índice de Desempeño de Costos (CPI) y el Índice de Desempeño de Cronograma (SPI) permiten analizar la eficacia del uso de los recursos financieros y el avance temporal del proyecto, proporcionando una visión cuantitativa del desempeño general.

- **Tablero de control:** integra gráficamente los indicadores de avance físico, financiero y de productividad, facilitando la toma de decisiones basada en evidencias.

b. Control de calidad. Asegura que los productos, materiales y procesos constructivos cumplan con las especificaciones del expediente técnico y las normas aplicables. Este proceso incluye inspecciones in situ, ensayos de laboratorio, registros fotográficos y seguimiento de observaciones.

El supervisor técnico valida los resultados de cada ensayo, asegurando la trazabilidad de la información. Entre los controles específicos se consideran:

- **Subrasante:** verificación de compactación, humedad óptima, nivelación, rasante y ensayo CBR.

- **Subbase:** control de granulometría, límites de Atterberg, compactación y contenido de humedad.

- **Base granular:** verificación de granulometría, CBR, compactación y acabado superficial.

- **Carpeta asfáltica:** control de temperatura, granulometría, contenido de asfalto, estabilidad y flujo Marshall, densidad de mezcla, vacíos de aire y espesor de capa.

Todos los resultados se registran en fichas de control de calidad y se contrastan con los

valores de referencia establecidos por las normas ASTM, AASHTO y MTC.

c. Control de cambios. Cualquier modificación en el alcance, tiempo o costo debe gestionarse a través de un sistema formal de control de cambios, autorizado por el director del proyecto y la Entidad Ejecutora, conforme al Plan de Integración. Este procedimiento garantiza la integridad de la línea base y evita sobrecostos y ampliaciones de plazo.

Todo cambio aprobado debe estar sustentado en informes técnicos, análisis de impacto y resoluciones administrativas que mantengan el seguimiento y alineación con los fines del proyecto.

d. Gestión de riesgos en ejecución. En el periodo de implementación del proyecto, se actualiza la matriz de riesgos formulada durante la fase de planificación, integrando las variaciones e incidencias reales observadas en campo. Se aplican medidas preventivas y correctivas para mitigar los riesgos emergentes derivados de problemas geotécnicos, demoras por factores climáticos, sobrecostos, tensiones sociales o accidentes en obra.

De igual modo, se documentan de manera ordenada las lecciones aprendidas durante la ejecución, las cuales servirán como base para optimizar los procesos y orientar la formulación de proyectos posteriores.

e. Control de comunicaciones y reportes. Se desarrolla un Sistema de Información del Proyecto (SIP) que centraliza los reportes técnicos, financieros, ambientales y sociales, garantizando la trazabilidad y el flujo de información entre los actores del proyecto. Entre los principales documentos producidos se encuentran:

- Partes diarios y semanales de obra.
- Informes mensuales de avance físico y financiero.

- Actas de coordinación y supervisión.
- Indicadores de desempeño y control de calidad.

El sistema permite además monitorear alertas tempranas, actualizar indicadores y mantener la comunicación con las partes interesadas de manera oportuna y verificable.

f. Control de interesados. Durante la ejecución, se mantiene una interacción continua con las partes interesadas, especialmente comunidades locales, autoridades municipales y organismos de control.

Se actualizan los planes de involucramiento, se difunde información sobre avances y se gestionan consultas, observaciones o reclamos mediante mecanismos de atención participativa, fortaleciendo la aceptación social y la transparencia del proyecto.

g. Evaluación del desempeño del proyecto. Cuando se llega a la fase de cierre de la ejecución, se hace la evaluación integral del desempeño del proyecto, recabando resultados a partir de los indicadores de eficiencia de la ejecución del proyecto en términos de plazo, costo, calidad, seguridad y sostenibilidad ambiental.

Estos resultados son parte del Informe de Cierre de Ejecución, que es el documento que inicia el cierre del proyecto, y que permite verificar los logros alcanzados, las dificultades y las acciones correctivas que se han realizado, por lo que es el último documento que queda sobre la fase de cierre del proyecto que permite su transferencia.

h. Integración de seguimiento y control. Todos estos procesos se integran en el Plan de Gestión de la Integración, que es el que coordina los procesos de seguimiento y control y actualización de la documentación.

Desde la planificación y ejecución del proyecto, es el que permite, por un lado, verificar

la coherencia y la trazabilidad entre planificación, ejecución y evaluación, y por otro, permite que la ejecución esté alineada con los objetivos de los proyectos desde el punto de vista estratégico, técnico y financiero.

D. Criterios de control. La tabla siguiente sintetiza los criterios técnicos y de gestión derivados del modelo PMBOK aplicados a la ejecución de obra. Su finalidad es estandarizar la verificación técnica, documental y administrativa que permita asegurar la coherencia entre los procesos constructivos, el cumplimiento del alcance, los plazos, los costos, la calidad y la sostenibilidad del proyecto de pavimentación flexible.

Este instrumento permite además consolidar la trazabilidad entre la planificación y la ejecución, sirviendo como guía para el monitoreo continuo y la aplicación de medidas correctivas o preventivas durante la etapa de construcción.

Tabla 26

Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la ejecución de la obra

Área de conocimiento PMBOK	Subproceso	Criterios de cumplimiento o verificación técnica
Gestión de la integración	Implementación del Plan para la Dirección del Proyecto	El plan debe estar formalmente aprobado antes del inicio de obra; incluir control de planes de gestión.
	Control de cambios integrados	La modificación debe sustentarse para su aprobación.
	Actualización de lecciones aprendidas	Registro de incidencias técnicas, administrativas y ambientales durante la ejecución.
Gestión del alcance	Verificación de la traza y puntos de control	Validación topográfica con coordenadas UTM, ejes y cotas de diseño antes de iniciar movimientos de tierra.
	Control de trabajos ejecutados vs. metrados de diseño	Medición de obra ejecutada respecto al expediente técnico aprobado (control semanal y valorización mensual).
	Control de interferencias (saneamiento, redes, servidumbres)	Coordinación previa con servicios públicos (agua, desagüe, energía, telecomunicaciones). Registro fotográfico y actas de verificación.
	Supervisión arqueológica	Coordinación con el Ministerio de Cultura antes y durante la remoción de suelos. Actas de no hallazgo o hallazgo fortuito.
Gestión del tiempo	Validación del cronograma de obra base	Cronograma aprobado con ruta crítica definida, secuencia lógica de actividades y asignación de recursos.
	Control de avances semanales	Registro de porcentajes de avance físico y comparación con cronograma base.
	Reprogramación de obra	Sustento técnico de desviaciones >10% del avance programado, con análisis de impacto en plazo y costo.

Gestión de costos	Validación del presupuesto de obra actualizado	Comparación con presupuesto aprobado. Identificación de partidas observadas y contingencias.
	Control de valorizaciones mensuales	Revisión técnica y financiera de metrados ejecutados vs. aprobados.
	Control del flujo de caja del proyecto	Registro mensual de ejecución financiera vs. avance físico.
Gestión de la calidad	Implementación del Plan de Aseguramiento y Control de Calidad	Evidencia de ensayos de laboratorio y de campo: compactación, densidad, granulometría, contenido de asfalto.
	Control de materiales	Aprobación de canteras, proveedores y certificados de calidad.
	Inspecciones técnicas programadas	Listas de chequeo por frente de trabajo, actas de conformidad y trazabilidad.
	Auditoría interna de calidad	Revisión independiente del cumplimiento de especificaciones técnicas.
Gestión de riesgos	Monitoreo de riesgos operativos	Revisión quincenal del registro de riesgos: climáticos, logísticos, sociales, de seguridad.
	Plan de contingencia	Procedimientos definidos ante interrupciones de suministro, accidentes o conflictos sociales.
	Evaluación de impacto y actualización	Matriz de impacto actualizada con acciones de mitigación ejecutadas.
Gestión de comunicaciones	Plan de reuniones técnicas	Reuniones semanales de coordinación: contratista – supervisión – entidad. Actas con acuerdos y compromisos.
	Comunicación con la comunidad	Registro de reuniones informativas, avisos públicos y atención de quejas.
	Control documental	Sistema de gestión documental con planos aprobados, versiones controladas y archivo digital.
Gestión de recursos	Control de personal técnico y obrero	Registro actualizado del personal en obra, planillas y roles de turno.
	Control de equipos y maquinarias	*Checklists* diarios, mantenimiento preventivo, calibración y control de horas-máquina.
	Indicadores de productividad	Relación trabajo planificado vs. trabajo cumplido. Análisis de causas de incumplimiento.
Gestión de interesados	Seguimiento a compromisos sociales y ambientales	Cumplimiento de medidas de mitigación y manejo de residuos. Coordinación con municipalidades y comunidades.
	Reporte de conflictos o quejas	Registro, clasificación y atención oportuna.
Gestión de adquisiciones	Control de contratos y subcontratos	Validación de contratos vigentes, plazos, penalidades y garantías.
	Control de suministros	Seguimiento de insumos críticos.
	Cierre técnico-administrativo parcial	Conformidades por hitos o tramos concluidos, respaldadas con informes técnicos.
Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional	Plan de seguridad y salud en obra	Aprobado y vigente, con capacitaciones registradas y cumplimiento de EPP.
	Inspecciones y reportes de incidentes	Registro diario de observaciones y medidas correctivas.
Gestión de Sostenibilidad y Medio Ambiente	Control ambiental en obra	Cumplimiento de medidas del Plan de Manejo Ambiental: control de polvo, ruido, residuos y efluentes.
	Cierre ambiental progresivo	Reposición de áreas verdes, manejo de desmonte y limpieza de zonas intervenidas.

El cumplimiento de los criterios mencionados constituye una condición esencial para validar la adecuada ejecución técnica y administrativa del proyecto, asegurando que los procesos de construcción se desarrollen conforme al expediente técnico aprobado.

Asimismo, los resultados de verificación obtenidos en esta fase son relevantes para el cierre del proyecto y la conservación vial, permitiendo evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos de desempeño físico, financiero y de sostenibilidad, así como consolidar la trazabilidad entre la planificación, la ejecución y la transferencia del proyecto.

4.4.2.3. Fase 3: Conservación vial.

A. Objetivo. Garantizar la sostenibilidad funcional, estructural y ambiental del pavimento flexible tras concluir la ejecución de la obra, implementando un plan integral de conservación vial, que contemple el mantenimiento rutinario y periódico, la evaluación del desempeño del pavimento, la transferencia de la obra y la elaboración de la documentación final del cierre del proyecto, de acuerdo con los procesos establecidos por la guía PMBOK.

B. Sustento. La conservación vial corresponde a la última fase del ciclo de inversión, que permite lograr el mantenimiento de las condiciones de servicio del proyecto y el alargamiento de su vida útil para afianzar los resultados obtenidos.

En el caso del PMBOK, esta fase queda incluida dentro del proceso de cierre del proyecto, que contiene la verificación del cumplimiento de entregables, liquidación y documentación final, la formalización de la entrega de la infraestructura vial, el análisis del cumplimiento de los objetivos y el registro de experiencias y buenas prácticas de retroalimentación para proyectos futuros.

C. Estructura metodológica. La fase de conservación vial queda estructurada en tres procesos principales, que corresponden al proceso de cierre técnico y administrativo de la obra, proceso de transferencia y puesta en operación y proceso de conservación y mantenimiento vial sostenible.

C.1. Proceso de cierre técnico y administrativo de la obra. El cierre técnico y

administrativo viene a ser la culminación formal del proyecto a partir de la cual se asegura el cumplimiento de los objetivos, las especificaciones técnicas y los compromisos de gestión establecidos en el fichero técnico aprobado, se garantiza con ello la trazabilidad, la transparencia y la sostenibilidad del ciclo de inversión pública, que consolida la información técnica, financiera y ambiental que se genera en la ejecución.

a. Verificación de cumplimiento técnico. La verificación técnica final tiene por finalidad evidenciar que la ejecución de la obra se dio en concordancia del expediente técnico aprobado, en lo concerniente a los elementos estructurales que la componen, así como a las obras complementarias. En este sentido, el director del proyecto es el responsable de coordinar la revisión exhaustiva de los planos de ejecución "*as built*" (conforme a lo construido), en comparación con los planos originales, de forma que dicha verificación asegure la existencia de la documentación que respalde a las modificaciones adoptadas durante fases de la construcción.

También, se efectúa una revisión técnica en conjunto entre la Entidad, el Contratista y la Supervisión para llevar a cabo la evaluación de niveles, espesores, acabados, sistemas de drenaje, señalización, conforme a las Especificaciones Generales de Construcción del MTC y de acuerdo con los reconocidos estándares internacionales vinculados a las especificaciones de las normas ASTM y AASHTO.

Los resultados de dicha verificación originan el Informe de Conformidad Técnica que se trata del documento oficial mediante el cual se certifica la calidad constructiva y los componentes que conciernen a la obra vial y ambiental, por lo que sirve de base el cierre administrativo.

b. Cierre administrativo y financiero. El cierre administrativo y financiero del proyecto viene acompañado de la revisión y conciliación final de la documentación económica

y contractual del proyecto, por lo que, en esta etapa se revisan las valorizaciones ejecutadas, los adicionales, los deductivos, la liquidación técnica y financiera.

También confiere la importancia de revisar los compromisos contractuales del proyecto, la liquidación de los contratos y la entrega del legajo técnico consolidado donde están todos los planos "*as built*" y las salidas de los ensayos de control de calidad, los reportes de supervisión, las actas de conformidad, los certificados ambientales y todos los documentos administrativos que acompañarán la finalización del proyecto.

Cumplidos todos los requisitos, la Entidad formaliza el cierre de los proyectos, asegurando su registro, validación y archivamiento. Por lo que el cierre del proyecto es una forma de alcanzar la mayor transparencia posible y de rendir cuentas en el uso de los recursos públicos.

c. Evaluación de desempeño del proyecto. La medición del desempeño es un elemento básico del proceso de cierre, que busca valorar el desempeño y la eficiencia del proyecto, su sostenibilidad con respecto a la consecución de las metas planificadas. Por lo que se realiza una comparación entre la línea base planificada con una línea de los resultados alcanzados durante la ejecución.

Para ello se recurre al uso de algunos indicadores de desempeño que permiten medir la gestión del proyecto, como:

- **Cumplimiento del alcance:** se mide como el porcentaje de metas físicas superadas respecto a las planificadas.
- **Desempeño del cronograma (SPI):** indicador que informa la eficiencia mediante el tiempo, es decir, un valor > 1 significa cumplimiento de plazos y, < 1 significa incumplimiento o poca coordinación.

- **Desempeño financiero (CPI):** relación entre el valor ganado (EV) y el costo real (AC), que permite determinar si el proyecto se ejecutó dentro del presupuesto aprobado.

- **Nivel de calidad alcanzado:** determinado por los resultados de los ensayos de control de calidad (CBR, Marshall, Proctor, densidad, granulometría), el cumplimiento de especificaciones técnicas y la gestión de no conformidades.

- **Impacto ambiental y social mitigado:** se evalúa la efectividad de las medidas de protección, la rehabilitación de áreas intervenidas, el manejo adecuado de residuos, el control de emisiones y la conformidad y valoración positiva del proyecto por los actores sociales involucrados.

Los datos y conclusiones se presentan de manera sistemática, de acuerdo con los datos obtenidos, en el Informe de Cierre de Ejecución, donde se recoge la información técnica del proyecto, la información financiera, la información del cumplimiento ambiental de la ejecución del proyecto, incluyendo las lecciones aprendidas y las sugerencias de mejora institucional. Este informe sirve de soporte de mejora sostenible y de aprendizaje organizativo sobre el proyecto ya que proporciona información cuantitativa y cualitativa sobre el funcionamiento del proyecto y el nivel de efectividad de las acciones de la gestión que se han aplicado.

C.2. Proceso de transferencia y puesta en operación. La finalidad de este circuito es garantizar la continuidad funcional y operativa del activo construido, formalizando su entrega al área o entidad responsable del mismo. La transferencia del proyecto es el proceso que sirve de reencuentro entre la finalización técnica y administrativa de la obra y su inicio formal en la etapa de conservación, permitiendo garantizar la operatividad, durabilidad y gestión del activo vial.

a. Recepción y transferencia del activo. La redacción y suscripción del acta de entrega-recepción constituye una de las etapas más importantes del cierre técnico-administrativo del proyecto, en tanto permite la formalización de la entrega del activo construido por la Entidad al responsable de su mantenimiento. Con este documento se deja constancia de que la infraestructura vial es entregada habiendo sido ejecutada conforme las especificaciones técnicas del expediente técnico aprobado y en condiciones óptimas de operatividad y seguridad.

Antes de la suscripción del acta de entrega-recepción del activo, se lleva a cabo una verificación integral del funcionamiento de la vía, que incluye la comprobación del pavimento flexible. La comprobación de la funcionalidad de la vía se lleva a cabo en forma conjunta entre la supervisión de obra, el contratista y los representantes técnicos de la entidad beneficiaria, quienes certifican que la vía ha sido ejecutada de acuerdo con los niveles de servicio, a la norma técnica y a la normativa vigente.

Así, el proceso de entrega-recepción del activo comporta la culminación de la obra física del proyecto, pero a su vez implica su entrega en términos de inicio de la etapa operativa, con un esquema de mantenimiento planificado y un control institucional permanente.

b. Capacitación y transferencia del conocimiento. Forman parte de un elemento clave en el proceso de transferencia y puesta en explotación, donde debe garantizarse la sostenibilidad técnica e institucional del activo ya finalizado. Deben capacitar al personal que se hará responsable del mantenimiento y la conservación en las competencias necesarias para poner en práctica la correcta explotación, inspección y conservación de la infraestructura, fijando que las intervenciones futuras sean conducidas de acuerdo con los estándares técnicos y normativos.

En esta fase se genera una especialización técnica en la formación del personal del área de mantenimiento, que incluirá:

- Mantenimiento rutinario y periódico del pavimento flexible.
- Mantenimiento del drenaje de aguas pluviales.
- Verificación y reposición de los elementos de señalización vial.
- Análisis de los índices de Estado del Pavimento (PCI) y el Índice Internacional de Rugosidad de las Carreteras (IRI).
- Técnicas de rehabilitación de caminos y sellado superficial de fisuras.

La formación se combina con sesiones teóricas y prácticas, orientando a la correcta utilización de los equipos de medición, la realización de los procesos de control de calidad y la interpretación de resultados de acuerdo con la normativa vigente.

Al mismo tiempo, se efectúa la transferencia formal de la documentación técnica, manuales de operación y mantenimiento, planos tal cual construido ("*as built*"), fichas, protocolos de control de calidad e informes de mantenimiento recomendado. Estos documentos consolidan la información técnica del activo y constituyen una referencia obligatoria para la planificación de futuras intervenciones, garantizando la trazabilidad y transparencia en la gestión del patrimonio vial.

Asimismo, se implementa un Sistema de Seguimiento Post entrega (SSP) que permite evaluar periódicamente el comportamiento estructural y funcional del pavimento. Dicho sistema contempla la elaboración de reportes semestrales que recopilan los resultados de inspecciones visuales, mediciones de IRI, estado de drenaje, señalización y condiciones de seguridad vial. Estos reportes sirven como herramienta de gestión preventiva, orientada a programar oportunamente las actividades de conservación y preservar los niveles de servicio y seguridad previstos en el diseño original. Estos documentos recopilan la documentación técnica

del activo y son el soporte de referencia a utilizar para la preparación de futuras actuaciones, tal como sucede en la gestión del patrimonio vial, para garantizar la trazabilidad y la transparencia en la gestión del patrimonio vial.

También se establece el Sistema de Seguimiento Post entrega (SSP) que permite evaluar periódicamente el comportamiento estructural y funcional del pavimento. El Sistema de Seguimiento Post entrega también incorpora la producción de informes semestrales para los cuales se documentan los resultados de la inspección visual, las mediciones de IRI, la condición del drenaje, la señalización y las condiciones de seguridad del tráfico. Estos informes son una herramienta para la gestión preventiva, orientada a la planificación anticipada de las actividades de conservación que culminan con la preservación de los niveles de servicio y seguridad que se previeron durante el diseño.

C.3. Proceso de conservación y mantenimiento vial sostenible. Dicha actividad tiene como finalidad garantizar la funcionalidad, la seguridad y la durabilidad de la capa flexible, es decir, alargar su vida útil y reducir el coste de la rehabilitación a muy largo plazo. La puesta en práctica de este mantenimiento vial se fundamenta en la aplicación sistemática de estrategias preventivas y correctivas que garanticen el desempeño estructural del pavimento y el cumplimiento de los niveles de servicio que se establecen en el proyecto.

La actividad de conservación vial se articula en dos niveles: el primer nivel de mantenimiento rutinario, y el segundo nivel de mantenimiento periódico, ambos desarrollados según lo normado por la Guía de Mantenimiento de la Infraestructura Vial del MTC, el Manual de Carreteras - Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico.

a. Mantenimiento rutinario. Consiste en un conjunto de ejercicios que son permanentes y preventivos para facilitar el mantenimiento del pavimento flexible y de sus componentes complementarios, para alcanzar la funcionalidad de la vía, la ganancia de costes

del ciclo de vida y la extensión de la vida útil de la infraestructura de acuerdo con unas condiciones apropiadas de seguridad, durabilidad y servicio.

Entre las tareas predominantes se encuentran la limpieza de la superficie de rodadura, la garantía de un buen control del drenaje pluvial, trabajos enfocados en impedir el estancamiento de la humedad, evitando así el deterioro de las capas estructurales, el sellado de pequeñas fisuras (*crack sealing*), y las tareas de bacheo superficial, que son trabajos que evitan la infiltración de agua y las fallas del pavimento.

Se incluyen así mismo la reposición de tachas reflectivas, señales verticales y demarcaciones viales, facilitando la visibilidad y seguridad del tráfico, el control de la erosión, el mantenimiento de las bermas, evitando también el estancamiento de sedimentos asociados tanto a los drenajes que se instalan como a la estabilidad lateral.

Esta serie de actividades se complementa con las inspecciones visuales trimestrales que comienzan a evidenciar los daños iniciales (fisuras, baches, deformaciones o desprendimientos) y permiten planificar acciones correctivas en el momento apropiado. El mantenimiento rutinario tiene como objetivo alcanzar que el Índice de Condición del Pavimento (PCI) sea mayor de 70, que está considerado un nivel “bueno” según los estándares internacionales; por tanto, conseguir ese nivel significa que el pavimento va a mantener su capacidad estructural y funcional dentro de unos parámetros de diseño, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto y a la gestión del patrimonio vial.

b. Mantenimiento periódico. En suma, conocemos tratamientos correctivos y de intervención, destinados a la recuperación de las condiciones estructurales y de funcionalidad presentes en el pavimento, tras alcanzar un determinado grado de deterioro moderado en función del tránsito y las condiciones ambientales que han tenido uso normal. Los tratamientos correctivos tendrán como objetivo último el restablecimiento de la capacidad de soporte y la

regularidad superficial del pavimento, evitando que se llegue a un estado de deterioro estructural total.

Entre los tratamientos correctivos más representativos se encuentran el recapeo o la aplicación de microcarpetas asfálticas, que asumen la función de renovar la capa de rodadura, mejorar la textura y aumentar la adherencia. En todo caso, en los tramos donde se detectan ciertas pérdidas de capacidad estructural o deformaciones bastante significativas, se procederá a la retirada de las capas granulares (base y subbase) y a su reposición para así recuperar el soporte mecánico del sistema vial.

Por otro lado, se utilizan tratamientos superficiales bituminosos cuya finalidad es aumentar la impermeabilidad del pavimento y su resistencia al envejecimiento. Paralelamente, se realizan labores de restauración de los sistemas de drenaje, cunetas y estructuras de contención para recuperar la estabilidad del pavimento frente a la acción del agua y del clima.

Para determinar el tipo y la extensión de los tratamientos, se realizan ensayos técnicos específicos, tales como:

- CBR (*California Bearing Ratio*), para evaluar la capacidad de soporte del suelo.
- Deflectometría y Viga Benkelman, para medir la respuesta estructural y deformación elástica del pavimento.
- Ensayo Marshall, para evaluar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica.

Los resultados de los ensayos permiten establecer diagnósticos precisos y definir estrategias de mantenimiento técnica y económicamente óptimas.

La frecuencia de las intervenciones periódicas recomendadas es de cada cuatro a seis años, en función de los resultados de los monitoreos técnicos, la intensidad del tránsito y las

condiciones climáticas locales. Esta periodicidad permite mantener la vía en niveles de servicio adecuados a la vez que se minimizan los costes de rehabilitación a largo plazo, facilitando la implementación de una gestión sostenible del ciclo de vida del pavimento flexible.

c. Monitoreo del desempeño y evaluación del pavimento. La evaluación del rendimiento dado el caso del pavimento basado en su propia vida útil, es un sistema de evaluación del comportamiento estructural y funcional que se lleva a cabo de forma continuada. Para ello se ejecuta un Programa de Evaluación Continua (PEC) que abarca inspecciones anuales en campo, que registran mediante una ficha de registro físico las características estructurales, los defectos observados y las condiciones de servicio en cada uno de los tramos viales en los que se interviene. Se utilizan indicadores técnicos válidos internacionalmente, destacando los siguientes:

- El Índice de Condición del Pavimento (PCI), que cuantifica el deterioro superficial mediante la identificación y ponderación de defectos visibles.
- El Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que mide la regularidad longitudinal del pavimento y el nivel de confort de los usuarios.

La combinación de indicadores técnicos permite obtener una intención de diagnóstico del pavimento y anticipar necesidades de intervención o bien priorizar tramos viales en función de un diagnóstico que requiere ser tratado. A partir de la recopilación de datos se elaboraron reportes técnicos de seguimiento, que incluyen curva de deterioro y previsión de trabajos a realizar o trabajos indicativos en estadística y análisis. Estos reportes constituyen herramientas de gestión preventiva para poder orientar la planificación racional del gasto público, optimizar la conservación vial y la priorización de tramos en función de su propia jerarquización y del volumen de tráfico, del nivel de deterioro y del riesgo operativo, garantizando de esta forma ser capaces de llevar a cabo intervenciones a tiempo y de forma adecuada.

d. Gestión ambiental y social post ejecución. La gestión ambiental y social post ejecución tiene como objetivo garantizar que la infraestructura esté en un funcionamiento de acuerdo con los criterios de sostenibilidad, para esto, en otros términos, procura que sea respetuosa con el medio natural y social.

El seguimiento post ejecución, tiene por objeto supervisar que las acciones de mitigación ambiental llevadas a cabo durante la ejecución han sido eficaces y que se cumple con los compromisos fijados en la Declaración o en el Estudio de Impacto Ambiental; las principales tareas se pueden sintetizar como sigue:

- Seguimiento y control de los niveles de polvo en suspensión, emisiones y ruido; tiene especial atención en los sectores urbanos o próximos a entornos habitados.
- Manejo adecuado de los residuos sólidos o líquidos generados en las actividades de mantenimiento.
- Restauración vegetal de los espacios tratados e implemento de acciones para prevenir procesos erosionales.
- Análisis y control de la estabilidad de taludes y bordes de vía con la finalidad de prevenir deslizamientos y erosión.

Del mismo modo, el seguimiento post ejecución también contempla la evaluación del cumplimiento de compromisos sociales, tales como la comunicación y participación comunitarias, atención a los reclamos y percepción de los beneficiarios en términos de satisfacción. La comunicación permanente con la población beneficiaria permite detectar de forma anticipada las incidencias funcionales o aquellos efectos no predecibles, permite establecer las respuestas pertinentes y al mismo tiempo permite construir la confianza institucional.

e. Lecciones aprendidas y cierre definitivo. El registro de lecciones aprendidas constituye el último paso del proceso de conservación vial y cierre del proyecto. Esta acción contribuye a organizar y documentar la experiencia obtenida durante las etapas de ejecución, transferencia y conservación, destacando las buenas prácticas, los retos técnicos y las estrategias aplicadas para su resolución.

La información utilizada proviene de entregables reportes de supervisión, reuniones de evaluación y actas de conformidad, integrando los aspectos técnicos, administrativos, financieros y ambientales.

Las lecciones aprendidas se incorporan al repositorio institucional de la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI), que actúa como sistema de gestión del conocimiento, facilitando la consulta y el aprovechamiento de la experiencia para la formulación y gestión de futuros proyectos.

Con base en los resultados obtenidos, se elabora el Informe de Cierre Definitivo del Proyecto, documento que consolida los resultados técnicos, financieros y ambientales, y contiene recomendaciones para la mejora continua. Este informe es validado por la Entidad Ejecutora y remitido al MEF a través del Banco de Inversiones.

Posteriormente, se realiza el cierre formal del proyecto en los sistemas administrativos del Estado: el Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE), el Sistema Integrado de Administración Financiera (SIAF) y la plataforma Invierte.pe, garantizando la transparencia, la trazabilidad y la rendición de cuentas.

Con esta etapa concluye oficialmente la gestión del proyecto, asegurando que todos los compromisos técnicos, contractuales y presupuestales hayan sido cumplidos, y que los resultados obtenidos contribuyan al fortalecimiento de la gestión pública y a la sostenibilidad

vial nacional.

D. Criterios de control. La tabla siguiente sintetiza los criterios técnicos de cumplimiento derivados del modelo PMBOK aplicados a la conservación vial. Su finalidad es estandarizar la verificación documental y técnica que asegure la coherencia entre el alcance, tiempo, costo, calidad, riesgos y sostenibilidad del proyecto durante la fase de cierre, transferencia y conservación vial.

Tabla 27

Criterios técnicos de cumplimiento de la guía PMBOK aplicados a la conservación vial

Área de conocimiento PMBOK	Subproceso	Criterios de cumplimiento o verificación técnica
Gestión de la integración	Cierre del proyecto	Verificación del cumplimiento de objetivos, entregables, planos "*as built*", reportes de supervisión y documentación administrativa.
	Transferencia y puesta en operación	Formalización del acta de entrega-recepción, capacitación del personal responsable del mantenimiento, entrega de manuales, protocolos y documentación técnica.
Gestión del alcance	Control de cambios	Comparación de los entregables finales con el expediente técnico aprobado, registro de modificaciones adoptadas durante la ejecución.
Gestión de tiempo	Control del cronograma	Verificación de cumplimiento de los plazos de ejecución de obras, inspecciones y transferencia.
Gestión de costos	Control de costos / Liquidación	Revisión y conciliación final de valorizaciones, adicionales, deductivos, liquidación técnica y financiera del proyecto.
Gestión de la calidad	Control de calidad	Revisión de niveles, espesores, acabados, sistemas de drenaje, señalización y ensayos de laboratorio.
	Monitoreo de desempeño post entrega	Inspecciones periódicas posteriores al cierre; medición de PCI e IRI, verificación de drenaje, señalización y seguridad vial, planificación de acciones preventivas y correctivas.
Gestión de riesgos	Monitoreo y control de riesgos	Identificación temprana de deterioros, riesgos de seguridad o funcionalidad; definición de intervenciones preventivas y correctivas según monitoreo post obra.
Gestión de comunicaciones	Gestión de la información	Registro de lecciones aprendidas, informes de cierre definitivo, reportes de seguimiento post entrega y remisión a repositorios institucionales.
Gestión ambiental	Control de impactos	Seguimiento post ejecución de medidas ambientales: control de polvo, emisiones, ruido, manejo de residuos, restauración vegetal, estabilidad de taludes y bordes de vía.
Gestión de recursos	Capacitación y transferencia de conocimiento	Formación del personal de mantenimiento en técnicas de conservación rutinaria y periódica, uso de equipos de medición y control de calidad

El cumplimiento de los criterios mencionados constituye la base para la gestión del pavimento en la etapa de conservación vial, donde se aplican los mantenimientos rutinarios y periódicos y se implementa el Programa de Evaluación Continua (PEC) para asegurar la sostenibilidad funcional, estructural y ambiental del pavimento flexible.

4.4.2.4. Implementación transversal del *Lean Construction* para la mejora continua y sostenibilidad.

El enfoque *Lean Construction* se aplica de manera transversal durante todas las etapas del proyecto. Su objetivo es optimizar el valor aportado por el proyecto, minimizar los desperdicios, mejorar la eficiencia operativa y fomentar la sostenibilidad ambiental y social, alineándose con los principios del PMBOK.

Este enfoque convierte la gestión del proyecto en un proceso continuo de planificación, ejecución, verificación y mejora (PDCA), orientado a la excelencia y la innovación institucional.

a. Principios del Lean Construction. Se fundamenta en la implementación de principios orientados a la creación de valor, la eliminación de desperdicios y la mejora continua en todas las fases del proyecto. Entre los principios más importantes están:

- **Enfoque en el valor:** centrar la gestión en las actividades que generan verdaderos beneficios para el usuario y la comunidad.
- **Eliminar desperdicios:** reducir sobreproducción, esperas, reprocesos, transportes y utilización ineficaz de materiales.
- **Eliminación de desperdicios:** reducir sobreproducción, esperas, reprocesos, transporte y uso ineficiente de materiales.

- **Flujo continuo:** garantizar la secuencia eficiente de procesos sin interrupciones ni cuellos de botella.

- **Planificación colaborativa:** involucrar a todos los actores (entidad, contratista, supervisor y *stakeholders*) en la toma de decisiones.

- **Mejora continua *(Kaizen)*:** promover pequeños ajustes constantes en procedimientos y resultados.

- **Sostenibilidad y responsabilidad ambiental:** optimizar recursos, minimizar emisiones y fomentar la economía circular.

- **Gestión del conocimiento:** documentar y reutilizar las buenas prácticas para futuros proyectos.

b. Aplicación durante la ejecución de obra. Durante la fase de ejecución, el *Lean Construction* busca optimizar los procesos constructivos, garantizando eficiencia, calidad y cumplimiento de plazos. Su aplicación se desarrolla mediante los siguientes mecanismos:

- **Planificación colaborativa y *Last Planner System*:** Se implementa la planificación semanal de actividades con participación del contratista, supervisor y entidad ejecutora. El *Last Planner System* permite programar tareas realizables y monitorear su cumplimiento, mejorando la confiabilidad del cronograma y reduciendo las interrupciones.

- **Gestión de flujos de valor:** Se identifican las actividades que generan valor directo (control de calidad, seguridad, sostenibilidad) y se eliminan aquellas que no aportan al objetivo final. Esto permite optimizar el uso de maquinaria, materiales y personal.

- **Control visual y transparencia:** Se instalan tableros de control en obra que

muestran avances, indicadores de productividad (SPI, CPI, PPC) y metas semanales. La gestión visual fortalece la comunicación y facilita la toma de decisiones oportuna.

- **Estandarización y mejora continua *(Kaizen)*:** Se documentan procedimientos constructivos eficientes, los cuales se revisan y perfeccionan a lo largo del proyecto. La mejora continua permite reducir variaciones y aumentar la calidad de los resultados.

- **Gestión sostenible:** Se promueve la reducción de desperdicios, la reutilización de materiales, la eficiencia energética y el manejo adecuado de residuos de construcción, en concordancia con la normativa vigente.

c. Aplicación durante la conservación y mantenimiento vial. En la fase de conservación vial, el *Lean Construction* orienta las acciones hacia la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la minimización del gasto del ciclo de vida del pavimento. Sus principales líneas de aplicación son:

- **Mantenimiento preventivo y flujo continuo:** Se priorizan las actividades rutinarias que eviten deterioros mayores, manteniendo un flujo constante de mantenimiento y reduciendo la necesidad de rehabilitaciones costosas.

- **Planificación colaborativa del mantenimiento:** Se aplica el sistema *Last Planner* adaptado a la conservación, mediante reuniones semanales para programar tareas y coordinar recursos de forma eficiente.

- **Estandarización de procedimientos:** Se establecen protocolos homologados de: sellado de fisuras, limpieza, bacheo, drenaje, señalización y recarpeteo, asegurando la uniformidad y calidad en las intervenciones.

- **Optimización de recursos y sostenibilidad:** Se fomenta el uso de materiales reciclados (RAP), la disminución del consumo de combustibles y la implementación de técnicas de economía circular, que disminuyen la huella de carbono y ayuda en la sustentabilidad de las actividades de mantenimiento vial.

- **Gestión visual y monitoreo del desempeño:** Se aplican herramientas visuales e indicadores (PCI e IRI) con el fin de evaluar la condición del pavimento, permitiendo identificar los tramos críticos y optimizar la programación de las actividades de mantenimiento.

d. Gestión del conocimiento y aprendizaje institucional. La filosofía Lean propicia el establecimiento de un sistema estructurado de gestión del conocimiento orientado a garantizar la mejora continua y la innovación en los proyectos viales. Para ello, se implementan los siguientes mecanismos:

- **Registro de lecciones aprendidas:** recopilación sistemática de experiencias, errores corregidos y buenas prácticas en cada fase del proyecto.

- **Repositorio institucional:** almacenamiento digital en la Unidad Ejecutora de Inversiones (UEI) para consulta y replicabilidad.

- **Revisión post proyecto:** evaluación integral del desempeño, identificando oportunidades de mejora para futuras inversiones públicas.

- **Capacitación continua:** fortalecimiento de las competencias técnicas del equipo técnico en prácticas de *Lean Construction*, gestión sostenible y modelos de administración basados en resultados medibles.

e. Sostenibilidad y responsabilidad ambiental. El *Lean Construction* se integra con los

principios de los ODS, fomentando proyectos de infraestructura sostenibles, resilientes y eficientes en el aprovechamiento de recursos**.** Dentro de las estrategias sostenibles, se consideran las siguientes:

- Gestión responsable y optimizada de los recursos materiales y energéticos en cada fase del ciclo de vida del proyecto.
- Disminución en la generación de desechos sólidos y gases nocivos.
- Aprovechamiento de materiales reciclados para capas asfálticas y bases granulares.
- Ejecución de medidas orientadas a la eficiencia energética y la reducción de emisiones.
- Revegetación y reforestación de zonas afectadas, de acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental.

Estas acciones garantizan que el proyecto contribuya al desarrollo territorial sostenible, reduciendo su huella ecológica y fortaleciendo la resiliencia ambiental.

f. Liderazgo colaborativo y cultura Lean Construction. La adopción del *Lean Construction* demanda una evolución cultural apoyada en la cooperación, el diálogo permanente y la participación activa de la institución. El director del proyecto ejerce la función de facilitador, fomentando:

- Reuniones periódicas de seguimiento y gestión.
- Intervención directa de todos los involucrados en el proceso de decisión.
- Comunicación transparente y control visual del desempeño.

- Reconocimiento de logros y promoción de la innovación.

Este liderazgo compartido permite consolidar equipos de trabajo cohesionados, responsables y orientados al cumplimiento de los objetivos de valor público.

g. Resultados esperados. La implementación transversal del enfoque *Lean Construction* en el modelo de gestión de proyectos viales sostenibles genera beneficios medibles en todas las fases:

- **Productividad:** minimización de los periodos de espera, optimización de recursos y mejora del flujo de trabajo.
- **Calidad:** cumplimiento de especificaciones técnicas, disminución de retrabajos y mayor control de procesos.
- **Costo:** disminución de sobrecostos y mejor utilización del presupuesto asignado.
- **Sostenibilidad:** reducción de la huella ambiental y promoción de materiales reciclados.
- **Gestión del conocimiento:** sistematización de buenas prácticas y fortalecimiento institucional.
- **Valor público:** mayor eficiencia en la inversión, satisfacción de los usuarios y durabilidad del pavimento.

La aplicación transversal del *Lean Construction* fortalece el modelo de gestión pública al transformar cada proyecto vial en un proceso continuo de eficiencia, innovación y sostenibilidad. Su integración con el PMBOK garantiza proyectos más rentables, duraderos y alineados con los principios de mejora continua y responsabilidad ambiental, contribuyendo al

desarrollo sostenible del país.

h. Criterios de control. La siguiente tabla presenta los criterios de cumplimiento técnico basados en *Lean Construction* aplicados durante la elaboración del expediente técnico. Cada criterio busca asegurar que los procesos de planificación, definición de objetivos y selección de materiales se realicen con eficiencia, transparencia y sostenibilidad, promoviendo la calidad desde las etapas iniciales del proyecto.

Tabla 28

Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la elaboración del expediente técnico

Área de aplicación *Lean Construction*	Subproceso	Criterios de cumplimiento / verificación técnica
Planificación colaborativa	Definición de alcance y objetivos	▪ Se asegura la participación activa de todos los actores clave en la definición de alcances, entregables y metas. Se documentan reuniones y acuerdos de definición de objetivos y criterios técnicos.
Flujo de valor	Estudios técnicos	▪ Se priorizan los estudios críticos que aportan valor al diseño final. Se verifican memorias, informes y registros de revisión.
Flujo continuo y eliminación de desperdicios	Diseño y selección de materiales	▪ Se aplican procesos estandarizados de revisión y aprobación de planos y materiales. Se revisan fichas de materiales, actas y planos.
Mejora continua *(Kaizen)*	Planos y especificaciones técnicas	▪ Se realizan revisiones iterativas y retroalimentación constante de planos y memorias. ▪ Se asegura consistencia entre documentos técnicos. Se registran versiones revisadas y comentarios de ajuste.
Estandarización de procesos	Cronograma y planificación de obra	▪ Se asegura coherencia interna y facilita la revisión técnica. Se revisan diagramas de Gantt, tablas de recursos y actas de reuniones.
Gestión sostenible	Presupuesto y estimación de costos	▪ Se incorporan criterios de eficiencia de recursos y sostenibilidad ambiental. ▪ Se verifica la coherencia técnica y económica de los presupuestos y memorias de cálculo.
Control visual y transparencia	Revisión de documentación y trazabilidad	▪ Se implementan tableros visuales o indicadores para el seguimiento de entregables. ▪ Se asegura trazabilidad y coherencia entre planos, memorias y presupuestos. ▪ Se registran revisiones y actas de reuniones.
Gestión del conocimiento	Registro de decisiones y lecciones	▪ Se documentan decisiones críticas y cambios realizados durante la elaboración del expediente técnico. ▪ Se generan reportes de mejoras y buenas prácticas para replicabilidad en futuros proyectos. ▪ Se archivan actas e informes.

En la fase de ejecución, el *Lean Construction* se traduce en mecanismos concretos para

optimizar los recursos, garantizar la calidad y reducir desperdicios. La tabla siguiente sintetiza los criterios técnicos y de verificación aplicables a esta etapa, considerando planificación colaborativa, control visual, flujo de valor y mejora continua.

Tabla 29

Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la ejecución de la obra

Área de aplicación *Lean Construction*	Subproceso	Criterios de cumplimiento / verificación técnica
Planificación colaborativa	*Last Planner System*	▪ Planificación semanal de actividades. ▪ Coordinación entre contratista, supervisión y entidad ejecutora. Registro de compromisos y control de cumplimiento de tareas planificadas.
Gestión de flujo de valor	Identificación de actividades de valor	▪ Clasificación de tareas según impacto en la calidad y funcionalidad. ▪ Eliminación de actividades sin aporte directo al objetivo final. Optimización del uso de maquinaria, personal y materiales.
Control visual y *KPIs*	Tableros de gestión visual	▪ Indicadores de desempeño: SPI, CPI, PPC. ▪ Seguimiento de avances físicos y financieros. Alertas tempranas sobre riesgos de retraso o incumplimiento de calidad.
Mejora continua *(Kaizen)*	Documentación y optimización de procesos	▪ Registro de procedimientos constructivos eficientes. ▪ Revisión periódica y ajuste de métodos para reducir variaciones. Retroalimentación basada en inspecciones y reportes de avance.
Gestión sostenible	Reducción de desperdicios y eficiencia de recursos	▪ Uso responsable de materiales, reducción de residuos y consumo de energía. Implementación de economía circular y prácticas ambientales sostenibles.
Gestión del conocimiento	Capacitación y lecciones aprendidas	▪ Registro de buenas prácticas, errores corregidos y experiencias de obra. ▪ Almacenamiento digital para replicabilidad y mejora de futuros proyectos.

Durante la fase de conservación y mantenimiento, los criterios de *Lean Construction* se orientan a mantener la funcionalidad y prolongar la vida útil de los pavimentos. La siguiente tabla resume los criterios de verificación técnica aplicables a las actividades preventivas, correctivas y de seguimiento, incluyendo indicadores de desempeño y gestión del conocimiento.

Tabla 30

Criterios técnicos de cumplimiento de Lean Construction aplicados a la conservación vial

Área de aplicación *Lean Construction*	Subproceso	Criterios de cumplimiento / verificación técnica
Planificación colaborativa	*Last Planner System*	▪ Planificación semanal y mensual de tareas rutinarias y periódicas. ▪ Coordinación de personal de mantenimiento, supervisión y contratista. Registro de compromisos y seguimiento de cumplimiento de actividades.
Gestión de flujo de valor	Priorización de intervenciones críticas	▪ Identificación de tareas con mayor impacto en la funcionalidad del pavimento. ▪ Eliminación de tareas redundantes o innecesarias. Optimización de recursos y tiempos de intervención.
Control visual y *KPIs*	Indicadores de desempeño post obra	▪ Monitoreo PCI, IRI, drenaje y señalización. ▪ Reportes trimestrales y semestrales sobre el estado de la vía. Alertas de deterioro crítico y planificación de intervenciones correctivas.
Mantenimiento rutinario	Actividades preventivas	▪ Limpieza de la superficie y control de drenaje pluvial. ▪ Sellado de fisuras, bacheo superficial y reposición de señalización. Inspecciones visuales trimestrales y registro de daños iniciales.
Mantenimiento periódico	Tratamientos correctivos y recuperación estructural	▪ Recapeo, microcarpetas asfálticas y reposición de capas base/granulares. ▪ Restauración de drenajes, cunetas y bordes de vía. ▪ Ensayos técnicos: CBR, Viga Benkelman, Marshall. Frecuencia: cada 4–6 años según resultados de monitoreo.
Mejora continua *(Kaizen)*	Optimización de procesos de mantenimiento	▪ Estandarización de procedimientos de conservación. ▪ Ajuste de métodos según resultados de inspecciones y reportes técnicos. ▪ Documentación de mejoras aplicadas y lecciones aprendidas.
Gestión sostenible	Eficiencia de recursos y reducción de impactos	▪ Uso de materiales reciclados, ahorro energético y reducción de emisiones. ▪ Restauración ambiental, revegetación y control de erosión. ▪ Cumplimiento de compromisos sociales y comunicación con beneficiarios.
Gestión del conocimiento	Repositorio y lecciones aprendidas	▪ Registro digital de procedimientos, reportes y experiencias. ▪ Evaluación post proyecto para ajustes futuros. ▪ Capacitación continua del personal responsable del mantenimiento.

El cumplimiento de los criterios mencionados garantiza que tanto la ejecución de obra como la conservación vial post obra se realicen bajo los principios de *Lean Construction*, asegurando eficiencia, calidad, sostenibilidad y mejora continua. La documentación generada sirve como base para seguimiento, auditoría y planificación de futuras intervenciones, consolidando la gestión del patrimonio vial y optimizando los recursos públicos.

4.4.2. Resumen de los resultados de la investigación

La presente investigación, de enfoque mixto y diseño correlacional, permitió analizar

de manera sistemática la relación entre los procesos de gestión de proyectos, bajo los enfoques PMBOK y *Lean Construction*, y el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en la zona costera del Perú.

Los resultados se sustentan, por un lado, en el análisis estadístico de la información recopilada mediante instrumentos validados y confiables, y, por otro, en la revisión de evidencia científica nacional e internacional, la cual permitió complementar la interpretación de los hallazgos desde una perspectiva técnica y conceptual.

En relación con el resultado general, se identificó una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el modelo de gestión de proyectos y el cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible, lo que evidencia una asociación relevante entre la gestión estructurada de proyectos y el desempeño esperado de la infraestructura vial.

Este hallazgo se encuentra respaldado por la evidencia documental sintetizada en la tabla siguiente, donde diversos estudios coinciden en que la aplicación de modelos de gestión estructurados, la planificación técnica, la evaluación del ciclo de vida, la consideración de factores locales y la optimización de recursos se asocian con una mayor durabilidad y sostenibilidad de los pavimentos flexibles.

Tabla 31

Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado general

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Alimohammadi (2020)	La sistematización del diagnóstico y el análisis del ciclo de vida optimizan la durabilidad del pavimento.	Confirma que una gestión estructurada del proyecto contribuye al cumplimiento de la vida útil.
Cavalcanti et al. (2022)	La identificación de vulnerabilidad permite priorizar acciones y reducir fallas prematuras.	Sustenta que la gestión planificada reduce riesgos que afectan la vida útil del pavimento.
Román (2022)	La planificación técnica y la inspección de campo mejoran la efectividad del mantenimiento.	Refuerza que los procesos de gestión influyen en el desempeño del pavimento.

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Mohammadi et al. (2022)	Los modelos de gestión estructurados optimizan recursos y eliminan procesos redundantes.	Evidencia que la gestión del proyecto impacta en la sostenibilidad del pavimento.
Cárdenas (2024)	La inclusión de factores locales permite anticipar fallas estructurales.	Valida la necesidad de una gestión contextualizada para cumplir la vida útil.
Campos & Irigoín (2019)	La falta de mantenimiento incrementa el deterioro del pavimento.	Confirma que una gestión deficiente afecta negativamente la vida útil.
Mercedes (2019)	La ausencia de planificación y registros técnicos genera deterioro prematuro.	Refuerza la importancia de la gestión del proyecto en el ciclo de vida.
Castillo & Quispe (2023)	Un modelo de gestión estructural mejora eficiencia y cumplimiento de plazos.	Sustenta que la gestión organizada favorece resultados sostenibles.

En conjunto, los resultados obtenidos y el respaldo documental evidencian que una gestión de proyectos orientada a la planificación técnica, el control de procesos y la mejora continua guarda correspondencia con mejores condiciones para el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zonas costeras.

En relación con el resultado específico 1, el análisis de correlación evidenció que los procesos de iniciación y planificación del PMBOK presentan una relación positiva alta con la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico. Este hallazgo sugiere que una planificación estructurada sustentada en diagnósticos técnicos, la consideración de factores locales y una adecuada priorización de decisiones se asocia con una mejor calidad en la formulación de los proyectos viales desde sus etapas iniciales.

Este resultado se encuentra respaldado por la evidencia documental presentada en la tabla siguiente, donde diversos estudios coinciden en que los procesos de iniciación y planificación, la sistematización de diagnósticos y la priorización técnica se relacionan con una menor presencia de deficiencias en la elaboración de expedientes técnicos de pavimentos flexibles sostenibles.

Tabla 32

Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 1

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Alimohammadi (2020)	La sistematización de diagnósticos y la evaluación financiera del ciclo de vida permiten seleccionar soluciones técnicas adecuadas desde la etapa de planificación.	Refuerza que una planificación técnica adecuada reduce deficiencias y malas prácticas en la elaboración del expediente técnico (rs = 0.702).
Cavalcanti et al. (2022)	La identificación temprana de vulnerabilidades mediante SIG permite anticipar riesgos estructurales antes de la ejecución.	Evidencia que los procesos de iniciación y planificación permiten reducir errores técnicos y prevenir fallas prematuras.
Román (2022)	El levantamiento de información en campo y la priorización técnica de intervenciones garantizan coherencia entre diseño y necesidades reales del pavimento.	Confirma que la planificación basada en datos disminuye malas prácticas en la elaboración del expediente técnico.
Cárdenas (2024)	La consideración de factores locales (clima, suelo y carga vehicular) permite anticipar el comportamiento estructural del pavimento.	Indica que una planificación contextualizada mejora la calidad y efectividad del expediente técnico.
Mercedes (2019)	La falta de un enfoque integral en la elaboración del expediente técnico incide negativamente en la vida útil del pavimento.	Sustenta que la ausencia de planificación adecuada genera expedientes deficientes y fallas prematuras.

En conjunto, la convergencia entre los resultados estadísticos y la evidencia documental permite sostener que una planificación técnica integral y contextualizada guarda correspondencia con mejores condiciones para la formulación de expedientes técnicos de calidad, lo cual favorece el desempeño posterior de los proyectos viales.

En relación con el resultado específico 2, los procesos de ejecución y de seguimiento y control mostraron una correlación positiva alta con la reducción de malas prácticas durante la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles. Este hallazgo sugiere que la supervisión técnica sistemática, el control de avances y la aplicación de mecanismos de monitoreo continuo se asocian con una mejor implementación de las obras y con una menor presencia de deficiencias constructivas.

Este resultado se encuentra respaldado por la evidencia documental que se sintetiza en la tabla siguiente, donde estudios coinciden en que los procesos de ejecución, el seguimiento y control de proyectos, guardan relación con una disminución de malas prácticas durante la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles, favoreciendo su calidad y desempeño.

Tabla 33

Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 2

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Alimohammadi (2020)	El seguimiento estructurado de la implementación de técnicas de ejecución permite mejorar la durabilidad de los pavimentos.	Se relaciona con la correlación positiva alta (rs = 0.714), evidenciando que un control adecuado en la ejecución reduce deficiencias en la obra.
Román (2022)	La supervisión y evaluación del estado del pavimento permite priorizar acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.	Refuerza los resultados al mostrar que el seguimiento técnico evita deficiencias constructivas y optimiza la intervención.
Mohammadi et al. (2022)	La incorporación de modelos de planificación y control de decisiones permite eliminar actividades sin valor y asignar correctamente los recursos.	Sustenta la evidencia al indicar que un control estructurado mejora la eficiencia en la ejecución.
Campos & Irigoín (2019)	La falta de auditorías e inspecciones de control de calidad incrementa el deterioro prematuro del pavimento.	Coherente con los hallazgos, mostrando que la ausencia de control eleva las malas prácticas.
Mercedes (2019)	La carencia de auditorías y registros históricos de evaluaciones conlleva a intervenciones deficientes.	Respaldan los resultados, evidenciando que la supervisión es clave para reducir errores en la ejecución.
Cárdenas (2024)	Profundizar en el control y auditorías de las condiciones del lugar permite anticipar fallas y mejorar la obra.	Es consistente con los resultados, demostrando que un seguimiento adecuado favorece la calidad y durabilidad de la ejecución.

En conjunto, la concordancia entre los resultados estadísticos y la literatura revisada permite sostener que un seguimiento técnico permanente y una supervisión organizada se vinculan con mejores condiciones de control en obra, lo que contribuye a reducir desviaciones constructivas y a fortalecer el desempeño del proyecto.

En relación con el resultado específico 3, el proceso de cierre mostró una correlación positiva moderada con la reducción de malas prácticas en la conservación vial. Este hallazgo

sugiere que la documentación técnica, el registro del estado del pavimento y la sistematización de la información se asocian con una gestión más organizada del mantenimiento y con mejores condiciones para el seguimiento de la vida útil del pavimento.

Este resultado se encuentra respaldado por la evidencia documental presentada en la tabla siguiente, donde estudios nacionales e internacionales coinciden en que un cierre documentado y sistemático de los proyectos guarda relación con una conservación vial más eficiente. La recopilación de información, el registro de la vulnerabilidad del pavimento y la integración de bases de datos facilitan un seguimiento longitudinal, lo cual se vincula con una menor probabilidad de deterioro prematuro.

Tabla 34

Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 3

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Cavalcanti et al. (2022)	La elaboración de mapas temáticos y el registro de la vulnerabilidad del pavimento permiten realizar un seguimiento longitudinal para la planificación del mantenimiento preventivo.	Se relaciona con la correlación positiva media (rs = 0.581), evidenciando que la información documentada al cierre facilita una adecuada conservación vial.
Román (2022)	El registro sistemático de observaciones de campo y la integración de bases de datos en sistemas de información permiten priorizar intervenciones y evitar deterioro prematuro.	Sustenta los resultados al demostrar que el cierre documentado reduce malas prácticas en la etapa de conservación vial.
Cárdenas (2024)	La documentación del estado estructural del pavimento y de las condiciones locales optimiza el desempeño y prolonga la vida útil del pavimento.	Es coherente con los hallazgos, ya que un cierre técnico adecuado contribuye a una gestión eficiente de la conservación.

En conjunto, la coincidencia entre los resultados estadísticos y la literatura revisada permite sostener que un cierre técnico debidamente documentado se relaciona con mejores condiciones para planificar el mantenimiento, reducir omisiones en la etapa de conservación vial y fortalecer la gestión del desempeño del pavimento a lo largo del tiempo.

En relación con el resultado específico 4, el análisis del enfoque *Lean Construction* evidenció una relación positiva moderada con la reducción de malas prácticas durante la ejecución y la conservación vial. Este hallazgo sugiere que la aplicación de principios Lean —como la eliminación de desperdicios, la planificación colaborativa, la mejora continua y la optimización de recursos— se asocia con mejores niveles de organización, productividad y continuidad en los proyectos viales.

Este resultado se encuentra respaldado por la evidencia documental que se sintetiza en la tabla siguiente, donde estudios nacionales e internacionales coinciden en que la adopción de principios *Lean Construction* guarda relación con una gestión más eficiente de los procesos constructivos y de mantenimiento. La optimización de la programación, la mejora en la asignación de recursos y la reducción de actividades que no agregan valor se vinculan con menores desviaciones durante la ejecución y con mejores condiciones para la conservación vial.

Tabla 35

Síntesis de evidencia documental que sustenta el resultado específico 4

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Chinchay et al. (2023)	La implementación de *Lean Construction* en obras de pavimentación urbana permitió controlar retrasos, optimizar la programación y mejorar la asignación de recursos, alcanzando mayores niveles de cumplimiento del plan.	Es coherente con la correlación positiva moderada (rs = 0.647), evidenciando que el enfoque *Lean Construction* contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución de obras viales.
Mohammadi et al. (2022)	La integración de *principios Lean Construction* en la planificación y programación del mantenimiento vial permite eliminar actividades sin valor, reducir costos y disminuir la variabilidad de los tiempos de ejecución.	Sustenta los resultados al demostrar que *Lean Construction* mejora la eficiencia operativa y la continuidad en la ejecución y conservación vial.
Castillo & Quispe (2023)	Un modelo de gestión basado en *Lean Construction* incrementa la productividad, mejora el cumplimiento de cronogramas y optimiza el uso de recursos en proyectos de infraestructura.	Refuerza los hallazgos al evidenciar que *Lean Construction* reduce desviaciones en la ejecución y fortalece el desempeño del proyecto.

Autor	Evidencia del estudio	Aporte
Mercedes (2019)	La ausencia de una metodología estructurada como *Lean Construction* conduce a trabajos rutinarios, errores constructivos y deterioro prematuro de los pavimentos.	Es consistente con los resultados, ya que demuestra que la falta de *Lean Construction* incrementa las malas prácticas durante la ejecución y conservación vial.

En conjunto, la coincidencia entre los resultados estadísticos y la literatura revisada permite sostener que la incorporación de prácticas Lean se relaciona con una gestión más eficiente de la ejecución y conservación de pavimentos, lo cual favorece la estabilidad de los procesos constructivos y el desempeño general del proyecto.

En conjunto, los resultados de la investigación confirman, desde una perspectiva teórica y documental, que la integración de los enfoques PMBOK y *Lean Construction* constituye una base sólida para el desarrollo de un modelo de gestión orientado al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles. La evidencia estadística obtenida, complementada con el análisis documental, sustenta su pertinencia técnica y su potencial como herramienta de mejora para la gestión de proyectos viales en el ámbito público.

4.4.3. Benchmarking del aporte

Con el propósito de contextualizar y sustentar el aporte teórico de la presente investigación, se desarrolló un benchmarking comparativo con información documental y propuestas técnicas afines en el ámbito de la gestión de proyectos y la infraestructura vial. Este análisis permite identificar las principales similitudes y diferencias entre enfoques existentes y el modelo de gestión propuesto, considerando criterios como metodología de planificación y control, nivel de integración de herramientas de gestión, enfoque en sostenibilidad y alcance a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En ese sentido, el benchmarking no busca evaluar resultados de aplicación, sino contrastar conceptualmente el nivel de estructuración, integralidad y profundidad del aporte planteado frente a antecedentes relevantes.

Tabla 36

Benchmarking del modelo de gestión propuesto

Ítem	Enfoque tradicional	Enfoques referenciales	Modelo propuesto
Enfoque de planificación	Planificación rígida, secuencial y centralizada. Programación general sin ajuste dinámico.	Uso parcial de herramientas de planificación (cronogramas, control de hitos). Aplicación limitada del *Last Planner System,* mayormente en edificación.	Planificación colaborativa y progresiva mediante *Last Planner System*, integrada a la planificación PMBOK. Programación semanal confiable, basada en restricciones reales del proyecto vial.
Control y seguimiento del proyecto	Control reactivo, enfocado en avances físicos y financieros tardíos.	Control enfocado en productividad o costos, sin integración con sostenibilidad ni ciclo de vida.	Control integral mediante KPIs (SPI, CPI, PPC), control visual en obra y seguimiento continuo en ejecución y conservación vial.
Gestión de malas prácticas	Ausencia de mecanismos sistemáticos para identificar y corregir malas prácticas. Alta dependencia de inspecciones finales.	Identificación parcial de deficiencias constructivas, con enfoque correctivo.	Identificación temprana y reducción de malas prácticas mediante estandarización de procesos, auditorías *Lean Construction* y mejora continua (*Kaizen*).
Enfoque en la productividad	Productividad medida solo en términos de avance físico. Alta variabilidad de rendimientos.	Incremento de productividad focalizado en etapas específicas del proyecto.	Incremento de productividad sostenida mediante eliminación de desperdicios, optimización de flujos de trabajo y confiabilidad del cronograma.
Gestión de la ejecución de obra	Procesos constructivos poco estandarizados. Alta incidencia de reprocesos.	Aplicación de controles técnicos aislados sin integración sistémica.	Ejecución optimizada con flujo continuo, estandarización de procesos y control colaborativo entre entidad, contratista y supervisión.
Conservación y mantenimiento vial	Enfoque reactivo y correctivo. Intervenciones tardías y costosas.	Conservación basada en evaluaciones puntuales sin integración a la fase de ejecución.	Conservación preventiva y planificada, integrada al modelo de gestión desde el cierre del proyecto, con indicadores PCI e IRI.
Gestión del conocimiento	Escasa documentación de lecciones aprendidas. Poca transferencia de experiencias.	Registro limitado a informes finales.	Sistema estructurado de gestión del conocimiento, repositorio institucional y retroalimentación para futuros proyectos viales.
Sostenibilidad	Consideración ambiental limitada al cumplimiento normativo.	Inclusión parcial de criterios ambientales.	Integración transversal de sostenibilidad ambiental, social y económica, alineada a ODS y economía circular (RAP, eficiencia energética).
Enfoque del ciclo de vida del pavimento	Predominio del costo inicial del proyecto.	Evaluaciones parciales del desempeño del pavimento.	Enfoque de ciclo de vida, orientado al cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible sostenible.
Valor público generado	Alta probabilidad de sobrecostos, retrasos y deterioro prematuro.	Mejora focalizada en productividad o control.	Generación de valor público mediante eficiencia en la inversión, mayor durabilidad del pavimento y satisfacción del usuario vial.

El benchmarking realizado evidencia que el modelo de gestión propuesto articula de manera sistemática los procesos del PMBOK con los principios del *Lean Construction* en todas las fases del ciclo de vida del pavimento flexible: expediente técnico, ejecución de obra y conservación vial. La presente propuesta consolida un marco estructurado orientado al cumplimiento de la vida útil y la sostenibilidad del pavimento, incorporando criterios de control técnico, gestión del conocimiento y responsabilidad ambiental. En ese sentido, el benchmarking respalda que el principal aporte del estudio radica en la formulación de un modelo conceptual estructurado, alineado a las necesidades de la gestión pública vial, constituyéndose en una base técnica para futuras aplicaciones y validaciones empíricas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación se orientó al desarrollo de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* que contribuyan con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú. En este marco, la discusión de los resultados se desarrolla desde un enfoque mixto. En primer lugar, se interpretan los hallazgos cuantitativos obtenidos mediante el análisis estadístico correlacional. Posteriormente, dichos resultados son contrastados y explicados con base en evidencia documental proveniente de investigaciones nacionales e internacionales, lo cual constituye el componente cualitativo del estudio.

Respecto a la hipótesis general, el coeficiente de Spearman tuvo un valor de 0.685, con una significancia menor de 0.05. Por tanto, se concluye que la aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú, con una correlación positiva moderada.

Estos resultados guardan concordancia con estudios previos que destacan la importancia de contar con enfoques sistematizados para la durabilidad y sostenibilidad de los pavimentos. Alimohammadi (2020) refirió que la sistematización de diagnósticos, el análisis costo beneficio del ciclo de vida y la selección de técnicas adecuadas de conservación vial permiten prevenir fallas y obtener intervenciones más eficientes. Asimismo, Cavalcanti et al. (2022) manifestaron que el diagnóstico de vulnerabilidad a través de SIG mediante el conjunto de factores ambientales y estructurales permite la identificación de riesgos para priorizar las tareas de prevención y reducir las fallas prematuras. De similar manera, Román (2022) considera que planificación, inspección de campo y el levantamiento de datos permiten mantenimientos efectivos con menos sobrecostos y retrasos. Asimismo, Mohammadi et al.

(2022) destacan que la incorporación de modelos de toma de decisiones estructurados mejora la asignación de recursos y elimina procesos redundantes durante la gestión de mantenimiento vial. En el ámbito nacional, Cárdenas (2024) menciona que, al incluir factores locales, tales como características del terreno, factores ambientales y carga vehicular, se puede predecir el comportamiento estructural de los pavimentos y establecer medidas preventivas más eficientes. Por su parte, Campos & Irigoín (2019) concluyen que la falta de mantenimiento y las inadecuadas condiciones constructivas aumentan el deterioro del pavimento, mientras que Mercedes (2019) aporta que la falta de registros históricos de evaluación y de planificación influye en el deterioro prematuro. Finalmente, Castillo & Quispe (2023) demostraron que el desarrollo de un modelo de gestión estructural asegura el cumplimiento de cronogramas y presupuestos, permitiendo una mejora en la productividad y eficiencia constructiva. En resumen, todos estos antecedentes son coherentes con los resultados obtenidos en la presente investigación, al resaltar que la aplicación de modelos de gestión estructurados favorece una administración más eficiente del ciclo de vida del pavimento, lo que se relaciona con el cumplimiento de su vida útil.

En relación a la hipótesis específica 1, el coeficiente de Spearman tuvo un valor de 0.702, con una significancia menor de 0.05, por lo cual se puede inferir que los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles, ya que se evidenció una correlación positiva alta.

Estos resultados son consistentes con los antecedentes analizados que sostienen que la planificación debe ser ordenada y tener fundamentos técnicos. En este sentido, Alimohammadi (2020) señala que la sistematización de diagnósticos, la evaluación financiera del ciclo de vida y la selección de las técnicas de conservación vial tiene repercusiones en el ciclo de vida del

pavimento. Complementariamente, Cavalcanti et al. (2022) manifiestan que la determinación y evaluación de la vulnerabilidad de los pavimentos mediante utilización de SIG previene riesgos y disminuye incidencias en la ejecución. Igualmente, Román (2022) expone que la observación de campo, el levantamiento de datos y la priorización técnica de las acciones de mantenimiento, produce una intervención coherente con las necesidades reales del pavimento. A nivel nacional, Cárdenas (2024) expone que la consideración de las variaciones locales del terreno, clima y carga vehicular permite anticipar el comportamiento estructural y disminuir la probabilidad de fallas prematuras. Además, Mercedes (2019) señala que la no consideración de un enfoque integral en la elaboración del expediente técnico afecta la vida útil de los pavimentos. Por lo que, todos estos antecedentes refuerzan la coherencia de los resultados obtenidos, al evidenciar que la planificación fundamentada en criterios técnicos constituye una condición necesaria para la buena calidad y efectividad de los expedientes técnicos.

En lo concerniente a la hipótesis específica 2, el coeficiente de Spearman tuvo un valor de 0.714, con una significancia menor de 0.000. De ello se desprende que los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles, evidenciando una correlación positiva alta.

Lo señalado es consistente con los antecedentes que destacan la importancia de un control y seguimiento durante la ejecución, tal y como señala Alimohammadi (2020), el seguimiento estructurado de la implementación de técnicas de ejecución permite mejorar la durabilidad de los pavimentos. Del mismo modo, Román (2022) sostiene que la supervisión y la evaluación del estado del pavimento permite determinar aquello que proporciona la priorización de las acciones del mantenimiento preventivo correctivo que resulten ser las más correctas evitando al mismo tiempo las deficiencias constructivas, mientras que Mohammadi

et al (2022) exponen de la misma manera que la atención en la introducción de modelos tanto de planificación como de control de decisiones permite eliminar actividades sin valor y asegurar la correcta asignación de recursos en el mantenimiento de la ejecución. En el ámbito nacional, Campos & Irigoín (2019) manifiestan que la falta de auditorías e inspecciones de control de calidad conlleva un deterioro prematuro, de la misma forma, Mercedes (2019) también demuestra que la falta de auditorías y un registro histórico de evaluaciones lleva a una mala intervención, por otro lado, Cárdenas (2024) indica que profundizar en el control y realización de auditorías de las condiciones del lugar permite anticipar fallas mejorar la obra.

Con lo que respecta a la hipótesis específica 3, el coeficiente de Spearman tuvo un valor de 0.581, con una significación menor a 0.05. De este modo, podemos concluir que el proceso de cierre de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles, ya que tiene una correlación positiva media.

Esta conclusión es consistente con los antecedentes que priorizan la relevancia de un cierre que contenga la información necesaria para la futura gestión del pavimento, en este sentido, Cavalcanti et al. (2022) ponen de manifiesto cómo la elaboración de mapas temáticos junto al registro de la vulnerabilidad del pavimento permite realizar un seguimiento longitudinal del pavimento dentro de la planificación del mantenimiento preventivo, por otra parte, Román (2022) señala como el registro de las observaciones más la integración de bases de datos en los sistemas de información permiten priorizar las intervenciones de los pavimento impidiendo así un deterioro prematuro. En el ámbito nacional, Cárdenas (2024) demuestra que documentar el estado estructural del pavimento y evaluar las condiciones locales fomenta la optimización del desempeño y la duración del pavimento en el tiempo. De esta manera, dichos antecedentes refuerzan la coherencia de los resultados obtenidos, al evidenciar que un cierre

documentado es fundamental para la conservación vial.

En lo relacionado a la hipótesis específica 4, el coeficiente de Spearman tuvo un valor de 0.647, con una significancia menor que 0.05. Por lo que se concluye que la utilización del enfoque *Lean Construction* incide directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles, mostrando una correlación positiva moderada.

El resultado es consistente con antecedentes que documentan la eficacia de *Lean Construction* para implementar la gestión de proyectos de carreteras. Al respecto, Chinchay et al. (2023) muestran que la adopción de *Lean Construction* en proyectos de pavimentación urbana permite tener control sobre los retrasos, mejora la programación y la asignación de los recursos del proyecto, generando avances positivos en la ejecución, en este sentido, Mohammadi et al. (2022) muestran cómo el uso de los principios *Lean Construction* en la programación y planificación del mantenimiento vial permite eliminar las actividades que no aportan valor, mejorar costos y reducir la variabilidad de los tiempos de ejecución, permitiendo con ello operar con eficacia y conseguir continuidad. A nivel nacional, Castillo & Quispe (2023) comprueban que un modelo de gestión basado en *Lean Construction* permite la mejora en la productividad y el cumplimiento de cronogramas y presupuestos. Por su parte, Mercedes (2019) muestra cómo no contar con una metodología de trabajo estructurada como *Lean Construction* deriva en trabajos rutinarios y en errores que disminuyen la vida útil de las carreteras.

En conclusión, los resultados demostraron todas las hipótesis, con base en correlaciones positivas con magnitudes que oscilaron entre moderadas y altas, lo que denota una correlación significativa y consistente entre los factores presentados en cada uno de los análisis realizados. Estas evidencias sugieren que la utilización de un modelo de gestión de proyectos basado en

PMBOK y *Lean Construction* favorece el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.

En conjunto, los resultados estadísticos obtenidos muestran coherencia con la evidencia científica revisada, lo que fortalece la validez interpretativa del estudio. La integración del análisis cuantitativo con la revisión documental permitió no solo identificar asociaciones significativas entre las variables, sino también comprender su significado técnico dentro del contexto de la gestión de proyectos viales en zonas costeras, reforzando así el sustento del modelo de gestión propuesto.

VI. CONCLUSIONES

El estudio presenta un modelo de gestión de proyectos fundamentado en los enfoques del PMBOK y *Lean Construction*, orientado a garantizar el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en la zona costera del Perú. A partir de ello, se concluye lo siguiente:

6.1. La aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y *Lean Construction* se relaciona de manera significativa con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en la zona costera del Perú. El análisis estadístico evidenció una correlación positiva moderada ($rs = 0.685$; $p < 0.05$), lo que indica que una gestión estructurada del proyecto se asocia con mejores condiciones para el desempeño del pavimento a lo largo de su periodo de diseño. Desde el punto de vista técnico, esto implica que una adecuada planificación, control de calidad, gestión de riesgos y coordinación entre actores favorece decisiones oportunas sobre selección de materiales, control de espesores, calidad de compactación, drenaje y conservación, factores directamente vinculados con la resistencia estructural, estabilidad funcional y durabilidad del pavimento flexible. El sustento documental de este resultado se presenta en la Tabla 31 del resumen de resultados.

6.2. Los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK se relacionan significativamente con la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva alta ($rs = 0.702$; $p < 0.05$) evidencia que una planificación estructurada se asocia con expedientes técnicos de mayor calidad. En términos de ingeniería, esto se refleja en la incorporación adecuada de estudios de tráfico, estudios de suelos, análisis de capacidad portante, evaluación de drenaje, caracterización climática y definición correcta de espesores

estructurales. Una deficiente planificación suele traducirse en diseños subdimensionados, incompatibilidades técnicas y omisiones en metrados, lo que acelera la aparición de fallas como agrietamientos prematuros, deformaciones permanentes y pérdida de capacidad estructural. El respaldo documental se encuentra en la Tabla 32 del resumen de resultados.

6.3. Los procesos de ejecución, así como de seguimiento y control del PMBOK, se relacionan significativamente con la reducción de malas prácticas durante la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.La correlación positiva alta ($rs = 0.714$; $p < 0.05$) indica que un control sistemático de la obra se asocia con una mejor calidad constructiva. Desde la perspectiva técnica, esto se vincula con el cumplimiento de especificaciones en granulometría, contenido óptimo de asfalto, temperaturas de mezclado y compactación, control de densidades, verificación de espesores de capas y control de juntas. La ausencia de supervisión y control favorece fallas como exudación, desprendimiento de agregados, ahuellamientos y fisuración prematura. Por tanto, el seguimiento y control técnico durante la ejecución incide directamente en la capacidad estructural y funcional del pavimento. La evidencia documental que respalda este resultado se presenta en la Tabla 33 del resumen de resultados.

6.4. El proceso de cierre de la guía PMBOK se relaciona significativamente con la reducción de malas prácticas en la etapa de conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva moderada ($rs = 0.581$; $p < 0.05$) sugiere que un cierre técnico adecuado se asocia con una mejor gestión del mantenimiento. En términos de ingeniería, el cierre del proyecto permite consolidar información sobre espesores ejecutados, materiales realmente utilizados, resultados de ensayos de control de calidad y condiciones iniciales del pavimento. Estos datos son fundamentales para planificar

mantenimientos preventivos, sellado de fisuras, tratamientos superficiales y refuerzos estructurales oportunos. Sin esta información, las intervenciones suelen ser reactivas y tardías, lo que incrementa la progresión de fallas estructurales y reduce la vida útil del pavimento. El sustento documental se encuentra en la Tabla 34 del resumen de resultados.

6.5. La aplicación del enfoque *Lean Construction* se relaciona significativamente con la reducción de malas prácticas durante la ejecución y la conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles. La correlación positiva moderada ($rs = 0.647$; $p < 0.05$) evidencia que la adopción de principios Lean se asocia con una ejecución más eficiente y ordenada. Desde el enfoque técnico, la reducción de desperdicios, la planificación colaborativa y el control de procesos contribuyen a evitar reprocesos, sobreconsumo de materiales, tiempos muertos y fallas por mala secuencia constructiva. Esto favorece la continuidad de las capas estructurales, el control de calidad en obra y la ejecución oportuna de actividades de mantenimiento, elementos clave para prevenir deterioros como baches, fisuración por fatiga y pérdida de textura superficial. El respaldo documental correspondiente se presenta en la Tabla 35 del resumen de resultados.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Institucionalizar la aplicación integral de los lineamientos del PMBOK durante cada etapa comprendida en la gestión del proyecto, garantizando expedientes técnicos de calidad, un control concurrente efectivo durante la ejecución de la obra y procesos de cierre sustentados en indicadores verificables. Esta medida permitirá reducir el riesgo de adicionales, ampliaciones de plazo, paralizaciones y deficiencias constructivas, asegurando al mismo tiempo la sostenibilidad y el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles en la zona costera del Perú.

7.2. Promover una cultura de gestión basada en herramientas de *Lean Construction*, como el *Last Planner System*, la metodología 5S, el análisis de causa raíz y la mejora continua, lo cual permitirá optimizar recursos, reducir desperdicios y fortalecer entornos de trabajo organizados, colaborativos y seguros. La integración de estas prácticas permitirá prevenir errores recurrentes y consolidar una visión compartida orientada a la sostenibilidad, eficiencia y calidad de los pavimentos flexibles.

7.3. Validar e incorporar el modelo de gestión desarrollado en la presente investigación como referencia metodológica en la gestión de proyectos viales. Su aplicación contribuirá a garantizar la durabilidad de los pavimentos flexibles y maximizar el empleo adecuado de los recursos con el objetivo de optimizar la eficiencia en la inversión pública.

7.4. Fortalecer la validación de los expedientes técnicos de proyectos viales mediante revisiones técnicas multidisciplinarias que contrasten el diseño con las condiciones reales de campo, verifiquen la pertinencia de las evaluaciones ambientales y sociales, así como, aseguren la coherencia entre presupuestos, cronogramas y especificaciones técnicas. Este enfoque permitirá reducir el riesgo de adicionales y ampliaciones,

asegurar estándares de calidad, durabilidad y sostenibilidad.

7.5. Reforzar la supervisión de los proyectos viales mediante un control concurrente que combine inspecciones de campo con evaluaciones periódicas de desempeño que verifiquen el cumplimiento de cronogramas, presupuestos y especificaciones técnicas. La implementación de reportes de avance estandarizados y trazables permitirá reducir prácticas ineficientes o irregulares, preservar la eficiencia y el tiempo de servicio de los pavimentos y fortalecer la rendición clara y responsable de los recursos destinados a la inversión pública.

7.6. Impulsar la consolidación de programas de conservación vial que incorporen planes de conservación vial preventiva y de reparación apoyados en indicadores de desempeño de los pavimentos, apoyados en inspecciones periódicas y registros sistemáticos del estado de la infraestructura. Esta estrategia permitirá prevenir fallas, reducir los costos de mantenimiento y extensión del periodo de servicio de los pavimentos flexibles, asegurando que las inversiones realizadas no se limiten a la etapa constructiva, sino que garanticen un servicio continuo, seguro y sostenible a lo largo de todo el ciclo de vida de la vía.

7.7. Fortalecer las competencias de los ingenieros y especialistas responsables de la gestión, desarrollo y control de proyectos viales de las instituciones a través de procesos de formación y perfeccionamiento profesional continuo en gestión de proyectos, control de calidad y sostenibilidad vial. Al contar con equipos técnicos mejor preparados, será posible anticipar riesgos, tomar decisiones acertadas y garantizar obras que respondan a estándares de durabilidad y eficiencia.

VIII. REFERENCIAS

Abarzúa, A. (2017). *Confiabilidad, validez e imparcialidad en evaluación educativa.* Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación INEE.

Acuña, A. P. (2012). La gestión de los Stakeholders: Análisis de los diferentes modelos. Universidad Nacional del Sur. https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4441

Alimohammadi, H. (2020). A framework for evaluation of existing pavement conditions and selection of feasible maintenance/rehabilitation alternatives; a case study in some routes of Livingston parish in the state of Louisiana. *SN Applied Sciences, 2*(2), 289. https://doi.org/10.1007/s42452-020-1999-6

Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom 2008.

Bonett Solano, G. E. (2014). *Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible.* Universidad Militar Nueva Granada.

Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales.* Bogotá: Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior.

Calles Quinaluiza, A. M. (2016). *Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del cantón Pastaza.* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/27566

Campos, A., & Irigoín, I. (2019). Deterioro prematuro de los pavimentos flexibles de la zona urbana de la ciudad de Chota: Premature deterioration of flexible pavements in the urban area of the city of Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, *2*(2), 96-105. https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v2n2p96

Canossa Montes de Oca, H. (2022). Gestión de proyectos como estrategia para la evaluación de desempeño del talento humano en las empresas. *Ciencias administrativas*, (19), 4-4. https://doi.org/10.24215/23143738e093

Cantú, Alejandro D.; López, Miriam C.; Peirone, Pablo Arreghini Méndez, Guillermo, (2016). *Dirección técnica de procesos de construcción*. (1a. ed.). Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. https://bdigital.uncu.edu.ar/18423

Cárdenas, J. (2024). Evaluación Estructural y Modelado Predictivo del Pavimento Flexible en Zonas Rurales: Un Caso de Estudio en la Carretera Puente Palca–Palca. *Revista De Investigación Científica Y Tecnológica Llamkasun*, *5*(2), 02-12. https://doi.org/10.47797/llamkasun.v5i2.132

Carrizales, A., Gonzales, Y., Garavito, M., & Benavides, R. (2021). Acción del agua y la temperatura ambiental extrema sobre pavimento flexible. *GnosisWisdom*, *1*(2), 39-48. https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i2.17

Castillo Pintado, J. H., & Quispe Ramos, B. J. (2023). Modelo de la producción con Lean Construction y PMBOK para la productividad del proyecto de almacenes central Huachipa Lima 2023. [Tesis de maestría, Universidad Católica de Trujillo]. https://hdl.handle.net/20.500.14520/6325

Castro-Castro, J. D., & Cendales-Ladino, E. D. (2019). Casos aplicados del análisis de causa raíz: revisión. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 29*(1), 95-134. https://doi.org/10.18359/rcin.3197

Cavalcanti, A. B., Silva, M. T., da Cunha Campos, J. H. B., & Rodrigues, J. K. G. (2022). Determinação da Vulnerabilidade Ambiental em Pavimentos Rodoviários: Estudo de Caso da BR-230 no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, *15*(06), 3156-3171. https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.6.p3156-3171

Cepal, N. U. (2019). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Objetivos, metas e indicadores mundiales. https://repositorio.cepal.org/items/5bd13e17-8ccf-40b1-b1ff-805a48225b2b

Chinchay, B., Muñoz, S., Marín, N. & García, J. (2024). Application of the Lean Construction methodology in an urban paving work. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 32, 1-9. http://dx.doi.org/10.4067/s0718-33052024000100202.

Conejo Sánchez, C. & Echeverría Jadraque, D. (2018). *Manual para project managers. Cómo*

gestionar proyectos con éxito. Wolters Kluwer España, S.A.

Contraloría General de la República. (2025). *Formulación del expediente técnico para la ejecución del proyecto "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial de la Carretera Departamental Ruta LM-101; Emp. PE-1n (Dv. Huacho)-Huacho-Huaura-Emp. PE-1n (Dv. Vegueta); 5 Distritos de la Provincia de Huaura - Departamento de Lima.* (Informe de Visita de Control N° 006-2025-OCI/7176-SVC). https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2025CSI717600007&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2023). *Mantenimiento periódico de la vía regional AR-102, tramo: Km. 25+000 Acarí - Chotavento - Otapara - Huaroto - Km. 61+000 L.D. Ayacucho (AY-116 a Santa Lucia), provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, Long. 36.00 Km* (Informe de Hito de Control N° 058-2023-OCI/5334-SCC). http://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2023CSI533400058&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2023). *Mantenimiento periódico de la vía regional AR-105-tramo: Cruce Salamanca Km.162+000 al Km. 187+690.09: provincia de Castilla - departamento de Arequipa, Long. 25.69 Km* (Informe de Hito de Control N° 059-2023-OCI/5334-SCC). http://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2023CSI533400065&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2023). *Mantenimiento periódico de la vía regional AR114, tramo: km. 10+000 puente Quishuarani al km. 25+440, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, Long. 15.44 KM* (Informe de Hito de Control N° 060-2023-OCI/5334-SCC). https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2023CSI533400060&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2023). *Intervención de Reconstrucción mediante Inversiones (IRI): Mejoramiento de la vía vecinal AR-828. km 0+000 a km 4+340. EMP. PE-1S D, El Frisco, EMP. PE-1S D, distrito Dean Valdivia, provincia de Islay-Arequipa* (Informe de Hito de Control N° 29151-2023-CG/GRAR-SCC). http://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2023

CSIL47000328&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2023). *Intervención de Reconstrucción mediante Inversiones (IRI): "Mejoramiento y recuperación del servicio de transitabilidad de la vía rural AR-603 y AR-606, distrito de Pampamarca y Huaynacotas, provincia La Unión - región Arequipa - I Etapa"* (Informe de Hito de Control N° 29237-2023-CG/GRAR-SCC). http://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2023CSIL47000336&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Contraloría General de la República. (2020). *Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en la urbanización Los Cipreses del distrito de San Vicente, provincia de Cañete, departamento de Lima.* (Informe de Orientación de Oficio N° 007-2020-OCI/0430-SOO). https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2020CSI043000015&TIPOARCHIVO=ADJUNTO

Garcés, G., & Peña, C. (2023). A Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista ingeniería de construcción, 38*(1), 43-60. http://dx.doi.org/10.7764/ric.00051.21

González, L. (2000). La evaluación ex-post o de impacto: un reto para la gestión de proyectos de cooperación internacional al desarrollo. *Cuadernos de trabajo Hegoa*, (29).

Hatoum, A. A., Khatib, J. M., Barraj, F., & Elkordi, A. (2022). Survival analysis for asphalt pavement performance and assessment of various factors affecting fatigue cracking based on LTPP data. *Sustainability 14*(19), 12408 https://doi.org/10.3390/su141912408

Hernández. H., Barrios, I., & Martínez, D. (2018). Gestión de la calidad: elemento clave para el desarrollo de las organizaciones. *Criterio libre, 16*(28), 169-185. https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2018v16n28.2130

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System:

una revisión de la literatura. *Ingeniería y desarrollo*, *36*(1), 187-214. https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946

Huamán Contreras, A., Murga Tirado, C., Massa Palacios, L., & Olivera Chura, A. (2023). Ciclo de vida del pavimento orientado a su agrietamiento y mantenimiento. *Revista De Investigación Científica Y Tecnológica Llamkasun*, *4*(1), 33-39. https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i1.117

Isniah, S., Purba, H. H., & Debora, F. (2020). Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, *4*(1), 72-81. https://doi.org/10.30656/JSMI.V4I1.2186

Jihanny, J., Subagio, B. S., Yang, S. H., Karsaman, R. H., & Hariyadi, E. S. (2021). The overload impact on design life of flexible pavement. *Geomate journal*, *20*(78), 65-72. https://doi.org/10.21660/2021.78.j2020

Juárez Eleorraga, K. A. y Cordova Chirinos, J. W. y Merino Núñez, M. y Córdova Lizarazo, N. R. (2021). Metodología 5S para mejorar el rendimiento del almacén de una empresa azucarera de Perú. *UCVHACER. Revista de Investigación y Cultura, 10*(1), 59-68. https://doi.org/10.18050/ucv-hacer.v10i1.578

Karim, D. F., Rubasi, D. K. A. H., & Saleh, D. A. A. (2016). The road pavement condition index (PCI) evaluation and maintenance: a case study of Yemen. *Organization, technology & management in construction: an international journal*, *8*(1), 1446-1455. https://doi.org/10.1515/otmcj-2016-0008

Kerzner, H. (2018). *Project management best practices: Achieving global excellence*. John Wiley & Sons.

Leyton, A., & Mendoza, D. (2012). *Clases y tipos de investigación científica.* IET.

Llopis-Castelló, D., García-Segura, T., Montalbán-Domingo, L., Sanz-Benlloch, A., & Pellicer, E. (2020). Influence of pavement structure, traffic, and weather on urban flexible pavement deterioration. *Sustainability*, *12*(22), 9717. https://doi.org/10.3390/su12229717

Mercedes Tello, M. D. (2019). Modelo de gestión para mantenimiento de pavimentos flexibles

en vías urbanas del distrito de Chiclayo. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://hdl.handle.net/20.500.12893/5914

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014). *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 023*. Editorial Paraninfo S.A.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2005). *Directiva N° 001-2005-MTC/14: Designación de ingenieros residentes de obras viales para la ejecución de proyectos por el tipo de ejecución presupuestaria directa* (Resolución Directoral N.° 035-2005-MTC/14). Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Directiva N° 005-2005-MTC/14: Funciones de la supervisión en obras de infraestructura vial* (Resolución Directoral N.° 023-2008-MTC/14). Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.* Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos - Sección suelos y pavimentos.* Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Mantenimiento o conservación vial.* Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). *Plan Operativo Institucional 2022. Oficina General de Planeamiento y Presupuesto.* PROVIAS Nacional Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma G.040. Definiciones.* Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Miranda Argüello, F., Aguiar Moya, J. P., & Loría Salazar, L. G. (2018). *Daño por humedad*

en mezclas asfálticas. Universidad Nacional de Costa Rica. https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1710

Miranda Mejia, M., Torobisco Vilca, E., & Gomez Minaya, R. (2020). Evaluación de la eficacia de la aplicación de Last Planner System en un proyecto de construcción en la etapa de acabados-Arquitectura en Perú en el año de 2019. *Investigación & desarrollo*, *20*(1), 193-213. https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-14i

Mohammadi, A., Igwe, C., Amador-Jimenez, L., & Nasiri, F. (2022). Applying lean construction principles in road maintenance planning and scheduling. *International journal of construction management*, *22*(12), 2364-2374. https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1788758

Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Universidad Católica de Colombia.

Montúfar Chiriboga, G. J. (2025). Análisis teórico de la vulnerabilidad y mitigación de pavimentos flexibles frente al cambio climático en Panamá. *I+ D Tecnológico*, *21*(2). https://doi.org/10.33412/idt.v21.2.4072

Moreno, A.; Wiesenberg, M. & Verčič, D. (2016). Excelencia en la Gestión de Comunicación. Análisis de los Departamentos de comunicación en España mediante el Comparative Excellence Framework. *Comhumanitas: Revista Científica de Comunicación, 7*(2), 1-15. https://doi.org/10.31207/rch.v7i2.105

Moreno, B. (2022). Gestión de Adquisiciones de Materiales en el Sector Construcción (el Reto de los Gerentes de Proyectos). *Revista científica anfibios, 5*(1), 105-116. https://doi.org/10.37979/afb.2022v5n1.107

Moreno, L., Parrales, G., Cobos, D., Cordero, M., Peralta, J., Ponce, F. & Baque, B. (2018). Mantenimiento y conservación de carreteras. *3Ciencias, 28.* https://doi.org/10.17993/IngyTec.2018.28

Niño, V. M. (2011). *Metodología de la investigación Diseño y ejecución*. Ediciones de la U.

Norambuena-Contreras, J., Zamora Barraza, D., Castro-Fresno, D., & Vega-Zamanillo, A. (2009). Análisis térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, *17*(1), 95-100. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052009000100010

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.* Ediciones de la U.

Oblitas, B. E., Medina, I. I., & Paredes, C. R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, *18*(2), 170-175. https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i2.2616

Oliveros Villegas, M. Á., & Rincón de Parra, H. C. (2011). Gestión de Costos en los Proyectos: un abordaje teórico desde las mejores prácticas del Project Management Institute. *Visión Gerencial,* (1), 85-94. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545890010

Ordoñez Díaz, M. M., & Meneses Silva, L. C. (2015). Criterios e indicadores de sostenibilidad en el subsector VI. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *25*(2), 81-98. http://dx.doi.org/10.15665/re.v13i1.348

Ovalles Acosta, J.C, Gisbert Soler, V. y Pérez Molina, A.I. (2017). Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, Edición Especial, 1-9.

Pachas, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. *Academia*, *8*(16), 29-45.

Patel, P. M., & Deshpande, V. A. (2017). Application of plan-do-check-act cycle for quality and productivity improvement-A review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, *5*(1), 197-201. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3090183

Pérez Sierra, V. y Quintero Beltrán, L. C. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas, 25*(38), 411-423. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939009

Piñero, E. A. y Vivas, F. E. y Flores de Valga, L. K. (2018). Programa 5S´s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. Ingeniería Industrial. *Actualidad y Nuevas Tendencias, 6*(20), 99-110. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215057003009

PMI. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (7.ª ed.).

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Avances, 11*(1), 32-53. http://dx.doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298

Ramírez-Delgado, R. P. (2021). Gestión de la planificación de los proyectos de investigación y extensión de ingeniería, basado en los lineamientos del PMI. *Mundo FESC, 11*(21), 166-181. https://doi.org/10.61799/2216-0388.859

Ravello Rodríguez, M. A. (2022). Gestión de la integración según el PMBOK® en un proyecto de extensionismo tecnológico y su relación con el desempeño del proyecto, en una universidad privada de Lima (2015-2018). [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.12867/5373

Reyes Alarcón, R. (2016). Metodología integral para la gestión del tiempo durante la planificación, ejecución y control en proyectos de edificación. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. https://hdl.handle.net/20.500.12867/5373

Roberts F., Kandhal P., Ray E., Lee D., Kennedy T. (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. *NAPA Education Foundation, Second Edition*.

Román Zambrano, J. A. (2022). Metodología para la gestión de mantenimiento de pavimentos flexibles, en vías rurales, considera la condición superficial e identificación de fallas. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Machala]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19272

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. R. (2007). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: Tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *17*(2), 41-65. https://doi.org/10.18359/rcin.1074

Simón Rojas, L. M. (2019). Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco–Oyón, Año-2019. [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. https://hdl.handle.net/20.500.14138/2506

Soler- González, R., Varela-Lorenzo, P., Oñate-Andino, A., & Naranjo-Silva, E. (2018). La gestión de riesgo: el ausente recurrente de la administración de empresas. *Revista Ciencia Unemi, 11*(26), 51-62. https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss26.2018pp51-62p

Sotil Chávez, A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Infraestructura vial*, *16*(28), 13-24. https://doi.org/10.15517/iv.v16i28.14582

Terrazas Pastor, R. A. (2009). Modelo de gestión financiera para una organización. *Perspectivas*, (23), 55-72. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425942159005

Vara Horna, A. (2012). Desde la idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. *Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos*. Universidad de San Martín de Porres. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2238.4080

Vargas, C. (2018). Modelo de gestión basado en los lineamientos del Project Management Institute para la construcción de plantas de concreto en Bogotá. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Colombia]. http://hdl.handle.net/10983/16052

Vidal Ramos, A. J. (2018). Gestión del tiempo en la construcción de proyectos de edificaciones. Universidad Nacional de Ingeniería. http://hdl.handle.net/20.500.14076/17163

IX. ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema general ¿De qué manera el desarrollo de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y Lean Construction contribuyen con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú?	Objetivo general Desarrollar un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y Lean Construction que contribuyan con el cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.	Hipótesis general La aplicación de un modelo de gestión de proyectos basado en los enfoques PMBOK y Lean Construction contribuye al cumplimiento de la vida útil de los pavimentos flexibles sostenibles en zona costera del Perú.	Modelo de gestión de proyectos	PMBOK	● Iniciación ● Planificación ● Ejecución ● Seguimiento y control ● Cierre	Tipo Aplicada Enfoque Mixto Nivel Explicativo Alcance Descriptivo-Correlacional Diseño No experimental Método Deductivo Población 1200 ingenieros de empresas contratistas y Entidades. Muestra 292 ingenieros. Técnica Encuesta Instrumento Cuestionario
				Lean Construction	● Last Planner System ● 5S ● Mejora continua ● Análisis de causa raíz	
Problemas específicos a. ¿De qué manera los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles?	Objetivos específicos a. Determinar si los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.	Hipótesis específicas a. Los procesos de iniciación y planificación de la guía PMBOK inciden directamente en reducir las malas prácticas en la elaboración del expediente técnico de pavimentos flexibles sostenibles.	Vida útil del pavimento flexible	Expediente técnico	● Estado de servicios básicos ● Estudio de tráfico ● Estudio de suelos ● Estudio topográfico	
b. ¿De qué manera los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas durante la ejecución de pavimentos flexibles sostenibles?	b. Determinar si los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK inciden en la reducción de malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.	b. Los procesos de ejecución y seguimiento y control de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la ejecución de obras de pavimentos flexibles sostenibles.		Procedimiento constructivo	● Dirección técnica ● Materiales y equipos ● Supervisión de obra	
c. ¿De qué manera el proceso de cierre de la guía PMBOK incide en la reducción de malas prácticas durante la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles?	c. Determinar si el proceso de cierre de la guía PMBOK incide en la reducción de malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.	c. El proceso de cierre de la guía PMBOK incide directamente en reducir las malas prácticas en la conservación vial de pavimentos flexibles sostenibles.		Conservación vial	● Factores ambientales ● Mantenimientos	
d. ¿De qué manera el enfoque Lean Construction contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles?	d. Determinar si la aplicación del enfoque Lean Construction contribuye a reducir malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.	d. La aplicación del enfoque Lean Construction incide directamente en la reducción de malas prácticas durante la ejecución y conservación vial de los pavimentos flexibles sostenibles.				

Anexo B: Cuestionario de Modelo de Gestión de Proyectos.

CUESTIONARIO DE MODELO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Instrucciones: Estimado ingeniero, la presente encuesta forma parte del proyecto de investigación "Modelo de gestión para el cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible sostenible en zona costera del Perú" y tiene como propósito recopilar información sobre el modelo de gestión de proyectos. Le agradeceré leer atentamente y marcar con un (X) la opción correspondiente, la presente es totalmente anónima y su procesamiento es reservado, por lo que solicito sinceridad en su respuesta. Agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Escala de Likert:
5. Totalmente de acuerdo
4. De acuerdo
3. Neutral
2. En desacuerdo
1. Totalmente en desacuerdo

N°	Dimensiones / ítems	Escala de valoración				
		1	2	3	4	5
	Dimensión 1: PMBOK (Cuerpo de Conocimiento de Gestión de Proyectos)					
1	Los proyectos de pavimentación en zona costera del Perú tienen como objetivo principal mejorar la transitabilidad vehicular y calidad de vida de la población beneficiaria.					
2	Los proyectos de pavimentos flexibles sostenibles en las zonas costeras del Perú, son una opción técnica y socialmente viable, para las entidades.					
3	Las entidades, las empresas constructoras y la población beneficiaria son los principales interesados en los proyectos de pavimentos sostenibles.					
4	La elección de materiales y técnicas constructivas suele estar más condicionada por el presupuesto que por criterios de durabilidad.					
5	Los riesgos relacionados con los factores ambientales de la zona costera del Perú, deben ser evaluados al planificar pavimentos flexibles sostenibles.					
6	El presupuesto de obra, puede elaborarse con costos estimados de otros proyectos de similar característica, sin tomar en cuenta las condiciones locales.					
7	El contratista durante la ejecución de la obra debe cumplir con la programación establecida en el expediente técnico.					
8	La comunicación efectiva entre las partes interesadas (entidad contratista supervisión y población beneficiaria) es fundamental para resolver problemas durante la ejecución del proyecto.					

9	La ausencia de pruebas de control de calidad en la ejecución del pavimento flexible sostenible no es un factor determinante en la durabilidad de la obra.					
10	Las deficiencias del expediente técnico que generan modificaciones en el diseño original deben analizarse para asegurar que no afecten la vida útil del pavimento flexible.					
11	Las entidades realizan inspecciones visuales y ensayos técnicos durante la recepción de la obra que garantice lo establecido en el expediente técnico.					
12	Las entidades deben realizar una evaluación ex post a las obras para mejorar futuros proyectos de pavimentación en la zona costera del Perú.					
13	Las entidades publican información del replanteo de la obra en portales de transparencia para asegurar la sostenibilidad del pavimento a través de planes de mantenimiento.					
14	La entidad realiza monitoreos continuos al estado del pavimento durante su vida útil para identificar y corregir problemas antes de que afecten la durabilidad.					
15	La aplicación integral de los procesos de la guía PMBOK contribuye a maximizar la vida útil del pavimento flexible sostenible.					
	Dimensión 2: Lean Construction (Construcción sin pérdidas)					
16	Al iniciar la ejecución de la obra, la supervisión valida que el programa de ejecución guarde coherencia con las especificaciones técnicas de cada partida, a fin de garantizar la correcta secuencia constructiva.					
17	Durante la ejecución de la obra se monitorea el cumplimiento de la planificación, aplicando el sistema Last Planner para coordinar semanalmente los compromisos de trabajo y optimizar la confiabilidad del cronograma.					
18	En las obras de pavimentación se establecen áreas de almacenamiento y acopio organizadas para garantizar el orden y la disponibilidad inmediata de los equipos y materiales.					
19	En las obras de pavimentación se debe garantizar el orden y limpieza constante de la zona de trabajo, evitando la acumulación de residuos o materiales que afecten la seguridad y la calidad del proceso.					
20	Durante la ejecución de la obra se monitorea permanentemente la programación; de existir variaciones, se implementan medidas correctivas y reajustes que aseguren el cumplimiento del plazo contractual.					
21	Durante la ejecución de la obra, la entidad verifica que se cuente con un plan de desvío de tránsito, el cual, en concordancia con los principios del Lean Construction, busca mantener un flujo continuo, minimizar interrupciones y evitar impactos negativos en la población del ámbito de la obra.					

22	Una vez finalizada la obra, la entidad realiza inspecciones periódicas que permitan identificar el tipo de mantenimiento requerido, en concordancia con el enfoque de mejora continua, para asegurar la vida útil del pavimento flexible.					
23	La entidad debe realizar un análisis de causa raíz a la obra de pavimentación, con la finalidad de identificar los factores que ocasionaron el deterioro prematuro del pavimento para realizar acciones correctivas que eviten su repetición en futuras intervenciones.					
24	Dentro del marco de la conservación vial, la entidad lleva un registro documentado de las acciones de mantenimiento efectuadas a las obras de pavimentación, para disponer de lecciones aprendidas que generen proyectos futuros sostenibles.					
25	La entidad cuenta con procedimientos estandarizados internos de conservación vial orientados a determinar el estado de la vía y el tipo de mantenimiento requerido.					

Anexo C: Cuestionario de Vida Útil del Pavimento Flexible.

CUESTIONARIO DE VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Instrucciones: Estimado ingeniero, la presente encuesta forma parte del proyecto de investigación "Modelo de gestión para el cumplimiento de la vida útil del pavimento flexible sostenible en zona costera del Perú" y tiene como propósito recopilar información sobre la vida útil del pavimento flexible. Le agradeceré leer atentamente y marcar con un (X) la opción correspondiente, la presente es totalmente anónima y su procesamiento es reservado, por lo que solicito sinceridad en su respuesta. Agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Escala de Likert:
5. Totalmente de acuerdo
4. De acuerdo
3. Neutral
2. En desacuerdo
1. Totalmente en desacuerdo

N°	Dimensiones / ítems	Escala de valoración				
		1	2	3	4	5
	Dimensión 1: Expediente técnico					
1	Antes de la elaboración del expediente técnico, la entidad debe coordinar con las instituciones competentes respecto al estado de los servicios básicos para evitar futuros cortes y deterioro del pavimento.					
2	Para elaborar el expediente técnico de una obra de pavimentación se debe evaluar el tipo y volumen de vehículos que transitan por la zona a intervenir.					
3	El expediente técnico de pavimentación debe incorporar un estudio de suelos que identifique la capacidad portante, el tipo de suelo y las condiciones necesarias para el diseño estructural del pavimento flexible, con el fin de prolongar su vida útil.					
4	El cálculo de volumen de corte y relleno en un estudio topográfico para una obra de pavimentación no es un componente esencial en el expediente técnico.					
5	La entidad debe evaluar exhaustivamente el expediente técnico antes de su aprobación, con la finalidad de evitar modificaciones posteriores por causas relacionadas con deficiencias técnicas en los estudios.					
	Dimensión 2: Procedimiento constructivo					
6	La dirección técnica cautela el cumplimiento de la programación aprobada, de manera que la ejecución de la obra se realice dentro de los plazos contractuales previstos.					
7	En la ejecución de la estructura del pavimento flexible, la dirección técnica hace uso de materiales locales que cumplen con las especificaciones técnicas exigidas en el expediente técnico, a fin de garantizar la calidad y sostenibilidad de la obra.					

8	La supervisión de la obra debe cautelar que los materiales y equipos utilizados en la ejecución de la obra cumplan con las especificaciones técnicas establecidas en el expediente técnico para asegurar la resistencia y vida útil del pavimento flexible.					
9	Es innecesario que la supervisión realice verificaciones propias de calidad, puesto que los ensayos del contratista garantizan el cumplimiento de especificaciones técnicas del expediente técnico.					
10	La ejecución de la obra debe realizarse de acuerdo al diseño estructural aprobado en el expediente técnico, a fin de garantizar la vida útil del pavimento flexible.					
11	Durante la ejecución de la obra, la entidad efectúa inspecciones técnicas orientadas a detectar hechos que se aparten de lo dispuesto en el expediente técnico y ordenar su corrección inmediata, asegurando así la calidad del proyecto.					
	Dimensión 3: Conservación vial					
12	Las condiciones ambientales de humedad, como lluvias, filtraciones o falta de drenaje, afectan significativamente la durabilidad del pavimento flexible.					
13	Los factores ambientales de origen climático, en especial las variaciones de temperatura, influyen negativamente en la vida útil del pavimento flexible.					
14	La falta de mantenimientos a la obra de pavimentación afecta significativamente su vida útil.					
15	La demora en detectar y reparar fallas superficiales y estructurales del pavimento acelera su deterioro y reduce su vida útil.					