

**Estudio de los factores que afectan la selección de materiales, el suministro de recursos
y el control de calidad en los procesos de supervisión de proyectos de construcción de
pavimentos rígidos**

Deiver Antuan Amaya Forgionny, Andrés Loreto Gómez Carrillo

**Trabajo de grado para optar al título de Especialización en interventoría y supervisión
de la construcción**

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Magíster en Evaluación y Gerencia de Proyectos

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de Arquitectura

Especialización en interventoría y supervisión de la construcción

2026

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos llegar hasta este momento, dándonos la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar con éxito este logro académico.

Al ingeniero y docente Homer Armando Buelvas Moya, expresamos nuestro sincero reconocimiento por su orientación, paciencia y valiosos aportes durante el desarrollo de esta monografía. Su guía fue fundamental tanto para este trabajo como para nuestro crecimiento profesional.

A la Universidad Santo Tomás Bucaramanga, agradecemos por abrirnos sus puertas y ofrecernos un entorno académico enriquecedor, donde el compromiso, la dedicación y el esfuerzo son pilares esenciales. Este espacio ha sido determinante para nuestra formación, no solo como profesionales, sino también como seres humanos.

Finalmente, extendemos nuestra gratitud a nuestras familias, amigos y a todas las personas que, de una u otra manera, brindaron su apoyo, palabras de ánimo o colaboración para que este proyecto pudiera hacerse realidad.

Resumen

La presente monografía analiza los procesos de construcción de pavimentos rígidos y los principales factores que inciden en la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en proyectos de infraestructura vial. El objetivo central es estudiar estas variables desde la perspectiva de la supervisión técnica, para fortalecer el desempeño y la durabilidad de los pavimentos de concreto hidráulico. La metodología empleada es de tipo cualitativo y documental, basada en la revisión de normas nacionales, manuales técnicos, literatura especializada e informes de experiencias en obra. A partir de esta revisión, se identifican problemáticas frecuentes como deficiencias en la caracterización de suelos, errores en la dosificación del concreto, fallas en el curado y control insuficiente de juntas. Finalmente, se propone una guía de apoyo para la supervisión, estructurada en listas de chequeo que articulan la normativa vigente con las actividades críticas del proceso constructivo, contribuyendo a prevenir fallas prematuras, optimizar costos y mejorar el nivel de servicio de la infraestructura vial.

Palabras clave: pavimentos rígidos, control de calidad, supervisión técnica, selección de materiales, infraestructura vial

Abstract

This monograph analyzes the construction processes of rigid pavements and the main factors that influence material selection, resource supply, and quality control in road infrastructure projects. The core objective is to examine these variables from the perspective of technical supervision, in order to enhance the performance and durability of hydraulic concrete pavements. A qualitative and documentary methodology is used, based on the review of national standards, technical manuals, specialized literature, and field experience reports. From this review, frequent issues are identified, such as poor subgrade characterization, errors in concrete mix design, curing deficiencies and insufficient joint control. Finally, a supervision support guide is proposed, structured around checklists that link current regulations with the critical stages of the construction process, helping to prevent early failures, optimize life-cycle costs and improve the service level of road infrastructure.

Keywords: rigid pavements, quality control, technical supervision, material selection, road infrastructure.

Contenido

Introducción	10
1. Objetivos.....	13
1.1 Objetivo general.....	13
1.2 Objetivos específicos	13
2. Marco referencial	14
2.1 Marco conceptual.....	14
2.2 Marco teórico	17
2.3 Marco legal	23
3. Metodología	27
3.1 Evaluar las problemáticas comunes en la gestión de la calidad de los proyectos de pavimento rígido, basadas en la revisión de la literatura pertinente.	27
3.2 Determinar los procedimientos actuales para la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos.	28
3.3 Elaborar una guía para el apoyo a la supervisión en la selección de materiales, asignación de recursos y control de calidad utilizados en la construcción de pavimentos rígidos	29
4. Desarrollo.....	31
4.1 Gestión de calidad de proyectos de pavimento rígido basados en revisión literaria relacionada	31
4.1.1 Parte 1: Identificar los procedimientos de gestión de la calidad con base en la información disponible.	31
4.1.2 Parte 2: Identificar las problemáticas generales de los pavimentos rígidos.....	40

4.2	Procedimientos actuales en la selección de materiales, suministro de recursos y de control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos.	45
4.2.1	Parte 1. Identificar los procedimientos de contratos actuales en la construcción de pavimentos en concreto rígido:	45
4.2.2	Parte 2. Listas de chequeo de la selección de materiales, suministros de recursos y control de calidad.	53
4.3	Apoyo a la supervisión en la selección de materiales, la asignación de recursos y el control de calidad utilizados en la construcción de pavimentos rígidos.	59
4.3.1	Selección de materiales	59
5.	Conclusiones	71
	Referencias bibliográficas	73

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Método tabla lista de chequeo para la selección de materiales, suministros de recursos y control de calidad</i>	29
Tabla 2. <i>Tabla de apoyo a la supervisión en la selección de materiales, asignación de recursos y control de calidad</i>	30
Tabla 3. <i>Protocolos de control para capas de fundación.</i>	35
Tabla 4. <i>Protocolos de recepción de materiales</i>	39
Tabla 5. <i>Resultados problemáticos generales en los pavimentos rígidos.</i>	41
Tabla 6. <i>Tabla resumida por categoría dominante.</i>	43
Tabla 7. <i>Resumen de casos analizados</i>	45
Tabla 8. <i>Caso 1 del Proyecto MC-008-2023 del Municipio del Cerrito</i>	47
Tabla 9. <i>Caso 2 del proyecto de obra 9677-PPAL001-532-2021 de la UNGRD en Mocoa, Putumayo.</i>	48
Tabla 10. <i>Caso 3 del proyecto MP-1598-2018 de la alcaldía de Palmira</i>	50
Tabla 11. <i>Caso 4 del proyecto de obra 125 de 2018 del Municipio de San Luis, Tolima</i>	51
Tabla 12. <i>Check List selección de materiales</i>	53
Tabla 13. <i>Check List selección de recursos</i>	55
Tabla 14. <i>Check List Control de Calidad</i>	57
Tabla 15. <i>Guía para la selección de recursos</i>	60
Tabla 16. <i>Guía para la asignación de recursos</i>	61
Tabla 17. <i>Guía para el control de calidad</i>	63
Tabla 18. <i>Guía normativa ensayos capas granulares.</i>	64
Tabla 19. <i>Guía normativa concreto estado fresco</i>	65

Tabla 20. <i>Guia normativa concreto estado endurecido.</i>	66
Tabla 21. <i>Guia normativa geometría, juntas y transferencia de cargas</i>	67
Tabla 22. <i>Guía normativa superficie y servicio.</i>	68
Tabla 23. <i>Guía normativa materiales y suministros</i>	68
Tabla 24. <i>Factores que afectan la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en la supervisión de pavimentos rígidos.</i>	70

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ciclo de vida de un proyecto</i>	17
Figura 2. <i>Ciclo de vida de un pavimento rígido</i>	18
Figura 3. <i>Estructura de un pavimento de concreto hidráulico.</i>	34
Figura 4. <i>Materiales utilizados en pavimentos de concreto rígido</i>	40

Introducción

El control de calidad en obras de construcción tiene por objeto evitar defectos, garantizar la seguridad y lograr el nivel de calidad deseado en el edificio o estructura acabados. Implica comprobar y probar materiales, métodos y productos acabados para garantizar que cumplen las normas y especificaciones requeridas (SafetyCulture, 2025). No obstante, a menudo se producen fallas significativas en varios de estos procesos, lo que compromete directamente la integridad de los elementos constructivos. El uso de materiales de construcción de baja calidad o defectuosos, mano de obra inadecuada, deficiencias en el diseño, supervisión y control de calidad insuficientes son algunas de las principales causas de eventos y otras formas de deterioro en la calidad (Palmar, 2023).

Diversos estudios y proyectos han evidenciado la importancia de fortalecer la supervisión durante la etapa constructiva de pavimentos rígidos. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) ha señalado que una supervisión técnica adecuada permite detectar oportunamente deficiencias en la preparación de la subrasante, la colocación de juntas y el curado del concreto, aspectos críticos para asegurar la durabilidad del pavimento (Instituto Nacional de Vías, 2013). De igual forma, la experiencia recopilada en proyectos ejecutados por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) de Bogotá también ha demostrado que la vigilancia técnica continua minimiza el riesgo de agrietamientos prematuros y asentamientos diferenciales, asegurando una mejor relación costo-beneficio en el largo plazo (Instituto de Desarrollo Urbano, 2016). Estos antecedentes refuerzan la necesidad de abordar el problema desde una perspectiva técnica y preventiva.

Los proyectos de construcción de pavimentos rígidos constituyen una estructura de material utilizada en la construcción de vías, caracterizada porque están hechos con un material

duradero, de comportamiento predecible; su resistencia aumenta con la edad. No se ablanda con el calor y capacidad para soportar cargas elevadas. Los pavimentos de concreto representan hoy en día ahorro, seguridad, calidad y eficiencia. (Londoño C. , 2022). La gestión de la calidad de este tipo de componentes resulta fundamental para que cada etapa del proyecto sea acompañada por personal técnico especializado en control de calidad, cuya función principal es mitigar los riesgos inherentes al desarrollo de la obra. La inclusión de mecanismos de control dentro del proyecto contribuye a asegurar que el resultado final se ajuste a lo planificado. (Barragan, 2019).

Las evidencias literarias sobre los problemas de calidad en proyectos de construcción vial demuestran que estas fallas no solo comprometen la integridad estructural de las obras, sino que también generan sobrecostos, retrasos y riesgos para los usuarios. Por ejemplo: En Bogotá, se ha identificado el uso de materiales de dudosa calidad en la construcción vial, lo que, junto con la falta de mantenimiento preventivo, conduce a fallas recurrentes en el pavimento. Estas fallas incluyen grietas y socavones que comprometen la seguridad de los usuarios (Motor, 2023).

Una pavimentación deficiente no solo representa costos adicionales en mantenimiento y reparación, sino también supone riesgo para la seguridad vial y la confianza ciudadana en la infraestructura pública. En consecuencia, enfrentar estos retos preventivamente pasa a ser una prioridad para consolidar procesos constructivos eficientes y sostenibles. Otro ejemplo que resaltar es el encontrado por la concejal del nuevo liberalismo Cristina Calderón Restrepo en 2024 Denuncio 110 irregularidades en obras de la malla vial, los retrasos en las obras de diferentes localidades de Bogotá son el resultado de la falta de planeación, improvisación con los estudios técnicos y sobrecostos. (Restrepo, 2024).

Cuando se analizan las causas principales de las fallas y sugiere estrategias válidas para su prevención, su objetivo no solo es contribuir a la práctica profesional de la ingeniería civil, sino también a la creación de obras viales seguras, durables y respetuosas con el entorno. Este estudio proporcionará un marco que orientará en la capacitación en proyectos de pavimentación. Es un trabajo que orientará a la ingeniería en su interacción social de manera tal que cada proyecto de pavimentación sea destacado en cada uno de sus rasgos, demostrando y sobrepasando las mejores prácticas y estándares de durabilidad deseados.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar un estudio de los factores que afectan la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en los procesos de supervisión de proyectos de construcción de pavimentos rígidos.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar las problemáticas comunes en la gestión de calidad de proyectos de pavimento rígido basados en revisión literaria relacionada.
- Determinar los procedimientos actuales en la selección de materiales, suministro de recursos y control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos.
- Elaborar una guía para el apoyo a la supervisión en la selección de materiales, asignación de recursos y control de calidad utilizados en la construcción de pavimentos rígidos.

2. Marco referencial

2.1 Marco conceptual

Como material adhesivo en pavimentos, se considera que el ligante asfáltico tiene efectos y contribuciones importantes en el rendimiento del pavimento (Shtayat, 2025).

- *Pavimentos*: Los pavimentos son estructuras que están sometidas a la influencia de un número grande de variables, algunas de las cuales se conocen bien y otras menos. En la medida que se van refinando las investigaciones y se incorporan dentro de los métodos las variables que influyen en el comportamiento de los pavimentos, se logra de mejor manera que la vida útil de las estructuras se acerque más al periodo de diseño. (Londoño, 2004)
- *Pavimento de Concreto hidráulico*: Según las normas y especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (Instituto Nacional de Vías, 2008). Los pavimentos de concreto se caracterizan por su alta rigidez, lo que les permite transmitir cargas y esfuerzos a grandes áreas del suelo, haciéndolos adecuados para tráfico pesado o intenso. Las juntas de dilatación y la rigidez ayudan a reducir la erosión por bombeo y el deterioro, que puede controlarse mediante el mantenimiento adecuado de losas, juntas y drenaje. El uso de una variedad de agregados finos y gruesos, la arena es un agregado fino en pavimentos de concreto es posible siempre que cumplan con normativas mínimas de calidad, y los ensayos cualitativos y cuantitativos son esenciales para garantizar la resistencia adecuada. Además, este tipo de pavimento es menos dependiente de la capacidad portante del suelo y del clima, por lo que es apropiado para suelos de baja capacidad. En zonas de altas temperaturas, los pavimentos

de concreto no se deforman bajo cargas pesadas si su diseño tiene dimensiones razonables. En cuanto a los costos, los pavimentos de concreto presentan generalmente bajos costos de mantenimiento, siempre que estén bien contruidos. La mínima necesidad de cierres viales para reparaciones reduce los costos operativos y asegura la disponibilidad del servicio. La capacitación y la disponibilidad de mano de obra también son claves para una construcción eficiente (Rosero, 2020).

- *Pavimento asfáltico:* El asfalto es un material viscoelástico con comportamientos reológicos que dependen principalmente de la temperatura y el tiempo. Debido a su susceptibilidad a la temperatura, el ligante asfáltico tiende a ser blando a altas temperaturas y rígido a bajas, lo que provoca la formación de roderas y el agrietamiento del pavimento, respectivamente. Además, la naturaleza inhiere del exterior negro del asfalto le hace absorber gran cantidad de calor de la radiación solar, lo que provoca que la temperatura superficial del pavimento sea generalmente mucho más alta que la temperatura ambiente de verano. Esto agrava aún más la deformación permanente del pavimento asfáltico en verano bajo la influencia de la carga de los vehículos. El asfalto también es una mezcla orgánica compuesta de hidrocarburos y sus derivados, lo que provoca un rápido envejecimiento bajo la influencia del calor, el oxígeno, la radiación solar y el agua. Tras un envejecimiento intenso, el asfalto se vuelve extremadamente rígido y quebradizo, lo que provoca el agrietamiento por baja temperatura y fatiga del pavimento asfáltico. Por lo tanto, la alta temperatura superficial del pavimento, resultante de la absorción de una cantidad considerable de energía solar por el asfalto, también agrava el deterioro del pavimento relacionado con el envejecimiento. Además, el efecto isla de calor urbano es un fenómeno climático que aumenta la temperatura de las zonas urbanas y genera una serie de problemas ambientales. (Shtayat, 2025). El pavimento asfáltico es un tipo de

pavimento de gran importancia y se ha utilizado ampliamente en todo el mundo debido a su excelente rendimiento en carretera, sus prácticas medidas de rehabilitación y su comodidad al conducir.

- *Gestión de Calidad:* La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible. (International Organization for Standardization, 2015) La gestión de la calidad en la construcción comprende la planificación, el aseguramiento y el control de los procesos constructivos con el fin de garantizar que los resultados cumplan con los requisitos establecidos por el diseño, las normas técnicas y las expectativas del cliente; Para esto es conveniente que todas las fases del proyecto cuenten con un equipo de técnicos especializados en control de calidad, los cuales, evitaren que se potencialicen esos riesgos a los que una obra se encuentra expuesta. Que existan servicios de control, ayuda a garantizar el resultado final de la ejecución planeada, para esto se deben desarrollar actividades de como la inspección de materiales, seguimiento de procedimientos constructivos y aplicación de ensayos técnicos (Barragan, 2019). La supervisión de pavimentos es una actividad técnica especializada dentro de la supervisión de obras civiles, encargada de verificar que la construcción del pavimento se ejecute conforme a los planos, especificaciones técnicas, normas de calidad y estándares de diseño establecidos. En el caso de pavimentos rígidos, esta supervisión requiere mayor rigurosidad en el control del concreto, del proceso de vaciado, del curado, de las juntas y de las tolerancias geométricas. La supervisión oportuna y técnica permite prevenir fallas prematuras como agrietamientos, desprendimientos, pérdida de nivel o deterioro estructural, y garantiza una mayor durabilidad y desempeño del pavimento construido.

2.2 Marco teórico

- *Ciclo de vida del proyecto:* El ciclo de vida (inicio–planificación–ejecución–monitoreo–control–cierre) ofrece una secuencia de entregables y puntos de control que facilita asignar responsabilidades y asegurar la calidad, el costo y el tiempo (Almaguer, 2021). En Pavimentos de concreto hidráulico, este marco ordena desde la aprobación de materiales y mezclas hasta la aceptación por desempeño en obra (espesores, juntas).

Figura 1. *Ciclo de vida de un proyecto*



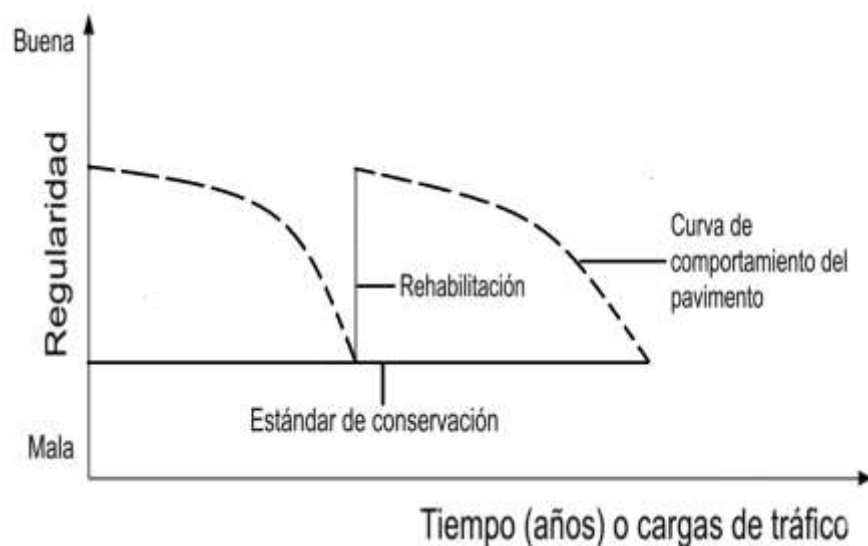
Nota: la imagen fue elaborada teniendo en cuenta la información de (Almaguer, 2021).

El ciclo de vida de un pavimento rígido, luego de su construcción, se caracteriza por un buen estado y satisface plenamente a los usuarios. Con el paso del tiempo y debido a la acción conjunta del tránsito y del clima, empieza un desgaste lento y poco visible, pero constante, en el que el pavimento va debilitándose. Si durante el periodo en el que el pavimento presenta un estado en buenas condiciones no se realiza ningún tipo de mantenimiento, preventivo o correctivo, se corre el riesgo de que aparezca, en un plazo relativamente breve, una pronunciada aceleración del deterioro y un rápido descenso del nivel de servicio esto se debe a que se pasa de fallas de tipo

funcional a problemas de tipo estructural, más difíciles y costosas de corregir como la aplicación de refuerzos o rehabilitaciones importantes. (Solminihac, 2018) El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro etapas:

- *Construcción*: el pavimento se encuentra, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios.
- *Deterioro lento y poco visible*: durante cierto número de años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y debilitamiento gradual, principalmente en la superficie de rodadura.
- *Deterioro acelerado*: después de varios años de uso, los daños comienzan como puntuales y, poco a poco, se extienden hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento.
- *Descomposición total*: esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período, el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación disminuye bruscamente y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original.

Figura 2. Ciclo de vida de un pavimento rígido



Adaptado de Informe de (Solminihac, 2018).

- *Teoría de los interesados (Stakeholder Theory)*: guía la identificación y gestión de expectativas de clientes, proveedores, cuadrillas, laboratorio, tránsito y comunidad. En pavimentos de concreto hidráulico, se definen canales y frecuencias para acordar ventanas de vaciado, corte y sellado de juntas, así como restricciones de tránsito y de manejo ambiental (Volpentesta, 2017). La gestión de los interesados constituye un componente fundamental en la dirección de proyectos, en tanto se orienta a identificar, analizar e involucrar de manera sistemática a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o verse afectadas por el proyecto. El Project Management Institute (PMI) define a los interesados (stakeholders) como cualquier individuo u organización que tiene intereses, expectativas o influencia sobre los objetivos y resultados del proyecto, por lo que su adecuada gestión resulta determinante para el éxito o el fracaso del proyecto (PMI, 2017). En este sentido, la gestión de los interesados no se limita a la comunicación de avances, sino que implica comprender sus necesidades, expectativas, niveles de poder e influencia, así como su actitud frente al proyecto, con el fin de diseñar estrategias de involucramiento coherentes.

De acuerdo con la Guía del PMBOK, la gestión de los interesados se estructura en procesos orientados a: (i) identificar a los interesados y documentar su información relevante; (ii) planificar el involucramiento de los interesados, definiendo enfoques, estrategias y acciones para lograr su participación adecuada; (iii) gestionar el involucramiento, promoviendo su compromiso activo mediante la comunicación, la negociación y la resolución de conflictos; y (iv) monitorear dicha participación, evaluando cambios en su influencia o interés y ajustando las estrategias cuando sea necesario (PMI, 2017). Estos procesos son iterativos y se desarrollan a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, dado que los interesados pueden cambiar con

el tiempo o modificar su nivel de apoyo u oposición. Asimismo, la gestión de los interesados se articula estrechamente con la gestión de las comunicaciones y de los riesgos. Una identificación inadecuada de interesados, o una participación limitada de actores clave, puede generar resistencias, retrasos, incremento de costos o incluso la pérdida de legitimidad social del proyecto. Por el contrario, un manejo planificado y proactivo de los interesados favorece la toma de decisiones informada, la aceptación de los resultados y la sostenibilidad de los beneficios del proyecto en el tiempo (PMI, 2017).

- *Supervisión y Gestión de Pavimentos:* la adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que puede ayudarle a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible. (International Organization for Standardization, 2015) Que existan servicios de control, ayuda a garantizar el resultado final de la ejecución planeado, para esto se deben desarrollar actividades de como la inspección de materiales, seguimiento de procedimientos constructivos y aplicación de ensayos técnicos. (Barragan, 2019). La supervisión de pavimentos es una actividad técnica especializada dentro de la supervisión de obras civiles, encargada de verificar que la construcción del pavimento se ejecute conforme a los planos, especificaciones técnicas, normas de calidad y estándares de diseño establecidos. En el caso de pavimentos rígidos, esta supervisión requiere mayor rigurosidad en el control del concreto, el proceso de vaciado, el curado, el control de juntas y las tolerancias geométricas. La supervisión oportuna y técnica permite prevenir fallas prematuras como agrietamientos, desprendimientos, pérdida de nivel o deterioro estructural, y garantiza una mayor durabilidad y desempeño del pavimento construido. En el caso de pavimentos de concreto, estos, se caracterizan por su alta rigidez, lo que les permite transmitir cargas y esfuerzos a grandes áreas del suelo, haciéndolos adecuados

para tráfico pesado o intenso. Las juntas y la rigidez ayudan a reducir la erosión por bombeo y el deterioro, que puede controlarse mediante el mantenimiento adecuado de losas, juntas y drenaje. El uso de una variedad de agregados finos y gruesos, la arena es un agregado fino en pavimentos de concreto es posible siempre que cumplan con normativas mínimas de calidad, y los ensayos cualitativos y cuantitativos son esenciales para garantizar la resistencia adecuada. Además, este tipo de pavimento es menos dependiente de la capacidad portante del suelo y del clima, por lo que resulta apropiado para suelos de baja capacidad portante. En zonas con altas temperaturas, los pavimentos de concreto no se deforman bajo cargas pesadas si su diseño es adecuado. En cuanto a los costos, los pavimentos de concreto suelen tener bajos costos de mantenimiento, siempre que estén bien contruidos. La mínima necesidad de cierres para reparaciones reduce los costos operativos y asegura la disponibilidad del servicio. La capacitación y la disponibilidad de mano de obra también son claves para una construcción eficiente (Rosero, 2020).

- *Definición de la gestión de proyectos:* generalmente, la definición de la administración se ha aplicado durante milenios y ha cambiado junto con los avances en materia de sociedad, economía, política y tecnología. Los habitantes de Roma implementaron la gestión para facilitar la expansión de su imperio, y con el auge de todo lo referente a la revolución industrial, tanto en la práctica como en la teoría administrativa se desarrollaron significativamente, alcanzando un nivel de relevancia sin precedentes (Stone, Management Theory: The Seven Schools of Thought., 2015).
- *Calidad de la infraestructura vial urbana y de sus componentes: diseño y planificación:* es el proceso de concebir y detallar la estructura y las características de un proyecto. En el contexto de la infraestructura vial, esto incluye la elaboración de planos y especificaciones técnicas, así

como el diseño de elementos como carreteras, puentes y señalización vial. El diseño debe cumplir con normas y requisitos técnicos, de seguridad y funcionalidad (Arroyo, 2023).

Planificación: Es la fase en la que se organizan los recursos, se establecen los cronogramas, se definen las etapas y se coordinan las actividades para llevar a cabo el proyecto. En la planificación se identifican las tareas necesarias, se asignarán diversos recursos adecuados y se establece un planeamiento de labores de manera detallada para asegurar que el disco se pueda implementar efectivamente (Arroyo, 2023).

- *Construcción y Materiales Construcción:* Se refiere a la fase de ejecución del proyecto donde se ejecutan las acciones prácticas para transformar los planos y diseño en una infraestructura tangible. Esto incluye la preparación del sitio, la edificación de estructuras, la instalación de componentes y la supervisión de las obras para asegurar el cumplimiento de los estándares y de cualquier especificación (Navarro y Lozano, 2018). **Materiales:** insumos empleados en los procedimientos de construcción. En el contexto de las infraestructuras de transporte, los materiales incluyen asfalto, concreto, acero, grava y otros elementos necesarios para la construcción y la finalización de la obra. La selección de materiales debe considerar su calidad, durabilidad y adecuación al uso previsto. **Durabilidad y Mantenimiento:** Es la capacidad de una infraestructura para resistir el desgaste, el uso y las condiciones ambientales durante un periodo prolongado sin necesidad de reparaciones frecuentes. En infraestructura vial, la durabilidad es crucial para asegurar que las carreteras, puentes y otras estructuras mantengan su funcionalidad y seguridad a lo largo del tiempo (Jaramillo, A., Patricio, Z., & Librelotto, L., 2019). **Mantenimiento:** Se refiere a las actividades realizadas para preservar y mejorar el estado de una infraestructura a lo largo de su vida útil. Lo cual suele incluir reparaciones, inspecciones, y la realización de trabajos preventivos y correctivos para mantener la

funcionalidad y seguridad de las obras. Un buen plan de mantenimiento ayuda a prolongar la vida útil de la infraestructura y a prevenir problemas mayores (Jaramillo, A., Patricio, Z., & Librelotto, L. , 2019). La calidad se evalúa en función de la seguridad, la funcionalidad, la durabilidad y el cumplimiento normativo (Sangroni, 2021). Subrasante y capas granulares condicionan espesor y desempeño; su capacidad (CBR, Módulo Resiliente o k) es factor básico que afecta diseño y durabilidad. Estructura (subbase/base, losa) y rol de la losa en absorber esfuerzos quedan descritos en tus cartillas técnicas. Base granular: especificaciones, equipos y proceso constructivo están normalizados (p. ej., Art. INV 330-22) y afectan uniformidad y soporte durante la colocación de la losa.

- *Selección de materiales:* Cemento/adiciones/aditivos: compatibilidad y desempeño (trabajabilidad, fraguado, calor, durabilidad); agregados: granulometría/forma/limpieza y reactividad A-S. Las Especificaciones INVIAS – Capítulo Pavimentos de Concreto definen composición del concreto (cemento, agua, agregados, aditivos) y requisitos básicos de calidad para su elaboración, transporte, colocación, vibrado, juntas, acabado y curado, con ajuste por el Interventor a planos y espesores de proyecto.

2.3 Marco legal

Para entender un poco sobre el diseño de los Pavimentos de concreto rígido se hace necesario revisar la publicación “Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajo, medios y altos volúmenes de tránsito” por parte del esfuerzo del Ministerio de Transporte en conjunto con el Instituto Nacional de Vías y el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC) , donde se presenta las particularidades de los pavimentos de concreto, las variables que influyen en su comportamiento y, por ende, en la determinación de los espesores de las capas que

lo constituyen, las características que hacen que este pavimento gane o pierda competitividad frente a otras alternativas de pavimentación y una guía para escoger las dimensiones de las losas y las propiedades del concreto (Londoño Naranjo, Cipriano y Alvarez Pabon, Jorge Alberto., 2008).

El alcance de las especificaciones del presente documento mantiene, como su nombre lo indica, carácter general. Esto implica que, aun cuando se trata de especificaciones de amplio espectro de aplicación, ajustadas y redactadas por profesionales de diversas áreas de la ingeniería, estas no deben ser susceptibles de aplicación indiscriminada en todas las obras, dada la diversidad de características y circunstancias en las que puedan desarrollarse. Por lo tanto, resulta necesario, en la mayoría de los casos, complementar las especificaciones generales con aquellas de carácter particular de cada proyecto, las cuales, como ha ocurrido siempre, han de prevalecer sobre disposiciones de tipo general (Invias, Unal, 2022).

Es importante también tener en cuenta para efecto del análisis a realizar las normas de Ensayo de Materiales para Carreteras 2013 que tiene el propósito de estandarizar los procedimientos de muestreo y ensayo en los laboratorios que realizan pruebas para los proyectos a cargo del Instituto Nacional de Vías, donde las normas se presentan agrupadas en función de sus objetivos; Sección 100 – Suelos, Sección 200 – Agregados pétreos, Sección 300 – Cemento, Sección 400 – Concreto Hidráulico, Sección 500 – Reservada para uso posterior y Sección 600 – Estabilización de suelos (Instituto Nacional de Vías, 2013).

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), en su Capítulo I-2 sobre el "Alcance de la supervisión técnica", establece las funciones que debe desempeñar un supervisor técnico. Esta supervisión debe abarcar una serie de aspectos esenciales que aseguren la culminación exitosa del proyecto. Aunque este capítulo se enfoca específicamente en la

construcción de sistemas estructurales y elementos no estructurales de edificaciones, sus directrices pueden aplicarse como referencia para distintos tipos de proyectos de construcción. A continuación, se presentan los aspectos mínimos que debe cumplir la supervisión técnica de un proyecto de construcción de edificaciones según la NSR-10.:

- Aprobación del programa de control de calidad desarrollado por el constructor del proyecto.
- Aprobación de los laboratorios que realicen los ensayos de control de calidad.
- Realizar el control de materiales de manera adecuada, siguiendo los lineamientos indicados en el capítulo I.2.4. de la NSR-10.
- Aprobación de los procedimientos constructivos propuestos por el constructor del proyecto.
- Exigir a los diseñadores del proyecto que, cuando los planos se encuentren incompletos, indefinidos o contengan omisiones o errores.
- Solicitar al especialista en geotecnia recomendaciones complementarias al estudio geotécnico cuando se presenten situaciones no previstas en el proyecto.
- Mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas en la ejecución de la obra.
- Prevenir por escrito al constructor sobre temas relacionados con posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos y materiales inadecuados, y vigilar que se realicen las correcciones pertinentes.
- Rechazar las partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones.

- Recomendar la suspensión de labores cuando el constructor no se encuentre cumpliendo con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra. (NSR-10, 2010)

3. Metodología

En el desarrollo de este documento se adopta un enfoque cualitativo para realizar un análisis integral de los procesos de supervisión en la construcción de pavimentos rígidos, considerando tres componentes fundamentales: la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad. Este estudio se estructura en torno a los objetivos específicos planteados, y cada uno se abordará mediante actividades analíticas, documentales y técnicas que permitan comprender a profundidad las dinámicas involucradas y formular propuestas aplicables a la práctica profesional.

3.1 Evaluar las problemáticas comunes en la gestión de la calidad de los proyectos de pavimento rígido, basadas en la revisión de la literatura pertinente.

En esta primera etapa, se realiza una revisión documental de la literatura técnica, normativa, académica y profesional, con el propósito de identificar los procedimientos generales asociados a la gestión de la calidad en la construcción de pavimentos rígidos, así como las principales problemáticas reportadas en estudios previos y en experiencias de campo.

Parte 1. Identificar los procedimientos de gestión de la calidad en la construcción de pavimentos rígidos.

Se examinan los lineamientos establecidos en manuales técnicos nacionales (Manual de diseño de pavimentos de concreto - INVÍAS, Manual de interventoría técnica de obra pública, entre otros), así como en publicaciones especializadas con el fin de caracterizar las prácticas más utilizadas en los procesos de control de calidad. Entre los aspectos revisados se incluyen: protocolos de recepción de materiales, ensayos de laboratorio, controles en obra, mecanismos de trazabilidad y seguimiento de las especificaciones técnicas.

Parte 2. Problemáticas generales de los pavimentos rígidos.

A partir del análisis de informes técnicos, publicaciones especializadas como las guías de la empresa ARGOS (Grupo Argos, 2025) y estudios de casos como (Rosero, 2020), se identifican factores recurrentes que afectan la calidad de los proyectos, tales como la inadecuada caracterización de suelos, deficiencias en la dosificación del concreto, fisuración temprana, errores en el curado, desviaciones en las especificaciones contractuales y ausencia de controles documentados. Esta revisión proporciona el sustento teórico para establecer un marco de referencia que permita reconocer y clasificar dichas problemáticas en etapas posteriores del estudio.

3.2 Determinar los procedimientos actuales para la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos.

Esta sección tiene como objetivo analizar los procedimientos actualmente implementados en proyectos de pavimentación con concreto hidráulico, centrándose en tres ejes temáticos: selección de materiales, suministro de recursos y control de calidad.

Parte 1. Identificar los procedimientos de contratos actuales en la construcción de pavimentos en concreto rígido:

A través de la revisión de bases de datos institucionales, como los portales de contratación SECOP I y II, informes de interventoría y estudios de auditoría, se recopila información sobre proyectos ejecutados en los últimos años, priorizando aquellos en los que se hayan evidenciado retrasos, sobrecostos, patologías en el pavimento o incumplimientos técnicos. Se aplican criterios de búsqueda con palabras clave como "pavimento rígido", "control de calidad", "interventoría técnica", "suministro de concreto", "selección de materiales", entre otras, con el objetivo de construir un panorama actualizado de los desafíos actuales en la ejecución de estas obras.

Parte 2. Tablas Check list de la selección de materiales, suministros de recursos y control de calidad.

Con base en la información recopilada y en la normativa técnica vigente (INVIAS, NTC), se diseñan instrumentos de apoyo para la supervisión técnica, en forma de listas de verificación estructuradas. Estas listas permitirán identificar los aspectos críticos a supervisar en cada una de las fases del proceso constructivo, como se ejemplifica a continuación:

Tabla 1. *Método tabla lista de chequeo para la selección de materiales, suministros de recursos y control de calidad*

Proceso	Actividad	Normativa Referente	Aspectos Críticos Para Verificar
Selección de materiales	Completar	Completar	Completar
Suministro de concreto	Completar	Completar	Completar
Control de calidad	Completar	Completar	Completar

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas

3.3 Elaborar una guía para el apoyo a la supervisión en la selección de materiales, asignación de recursos y control de calidad utilizados en la construcción de pavimentos rígidos

En la última fase metodológica se elaborará una compilación de elementos técnicos y normativos que fortalezcan el proceso de supervisión y control en obras de pavimento de concreto rígido. Este componente busca generar orientaciones prácticas para mejorar la capacidad de supervisión en campo.

- Identificación de actividades críticas en obra: Se detallan los momentos clave donde la supervisión técnica debe intervenir, como: inspección de materiales al ingreso a obra, verificación del diseño de mezcla, vigilancia durante el vaciado y curado, control dimensional de placas, entre otros.
- Articulación con la normativa técnica vigente: Se realiza un cruce entre las actividades constructivas y las exigencias normativas aplicables (Manual de interventoría, Manual de pavimentos, normas ASTM, reglamentos de contratación pública), con el fin de asegurar el cumplimiento de estándares mínimos de calidad.
- Incorporación de ensayos técnicos relevantes: Se incluye un listado detallado de ensayos de laboratorio y campo exigidos por la normativa para garantizar la idoneidad de los materiales y la durabilidad del pavimento, como el ensayo Proctor, CBR, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, entre otros.
- Revisión de permisos y aspectos administrativos. Finalmente, se integran consideraciones legales y administrativas relacionadas con la documentación técnica, los permisos ambientales, los reportes de obra y demás requisitos contractuales que inciden en la correcta supervisión del proyecto.

Tabla 2. *Tabla de apoyo a la supervisión en la selección de materiales, asignación de recursos y control de calidad*

Actividad	Normativa	Ensayos	Elementos en obra	Permisos
Completar	Completar	Completar	Completar	Completar

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas

4. Desarrollo

4.1 Gestión de calidad de proyectos de pavimento rígido basados en revisión literaria relacionada

4.1.1 *Parte 1: Identificar los procedimientos de gestión de la calidad con base en la información disponible.*

El control de calidad puede incluir las operaciones y decisiones que se toman con el propósito de cumplir el objeto de un contrato y verificar el cumplimiento de los requisitos exigidos, tal como se explicó en la sección de metodología de este documento. En el marco de la gestión de la calidad del concreto para pavimentos rígidos, se encontraron los siguientes autores (Espinoza Contreras, 2019) y (García Sosa, 2023) mencionan la relevancia del ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar) permite estructurar un sistema en el que, primero, se definen el plan de control de calidad, las fuentes de materiales, el diseño de mezcla y los ensayos preoperacionales (planear); luego se ejecutan la producción, transporte, colocación, vibrado, acabado, corte de juntas y curado del concreto conforme a las Especificaciones técnicas de Construcción de vías y a las Normas Técnicas Colombianas aplicables (hacer); posteriormente se verifican las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, el cumplimiento geométrico, la gestión de juntas y la trazabilidad de los registros (verificar); y, finalmente, se gestionan las no conformidades, acciones correctivas y lecciones aprendidas (actuar).

Dentro del esquema mencionado, la organización del control de calidad exige definir con claridad las competencias y responsabilidades del personal de obra, del laboratorio y de la interventoría, asegurando de forma previa la idoneidad de laboratorios, equipos y procedimientos,

la aprobación de materiales y diseños de mezcla, así como la aplicación de protocolos de muestreo y ensayo según las Normas Técnicas Colombianas, Especificaciones Técnicas del INVIAS y entre otras como la Norma Sismo Resistente Colombiana. Las observaciones sistemáticas sobre la trabajabilidad del concreto complementadas con la medición de la consistencia y la vigilancia de la segregación y la (exudación o sangrado) constituyen herramientas preventivas que permiten anticipar problemas de durabilidad, peladuras, fisuración y descascamientos, posibilitando decisiones en obra en tiempo real (ajuste de mezcla, rechazo de cargues, modificación de procedimientos de colocación y curado) y robusteciendo el aseguramiento de la calidad frente a las patologías asociadas a mezclas y procesos constructivos inadecuados (Londoño, 2004).

4.1.1.1. Estructura del Sistema de Gestión de Calidad en Pavimentos de Concreto Hidráulico (marco PHVA).

Según el documento de análisis de (García Sosa, 2023), se puede explicar el método de PHVA. Lo anterior se enmarca en el enfoque de mejora continua PHVA, establecido por las normas de gestión de la calidad y las disposiciones técnicas para pavimentos de concreto definidas para proyectos viales (International Organization for Standardization [ISO], 2015; Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2013).

- *Planificar (P)*: primero, definir el Plan de Control de Calidad: alcance, lotes, frecuencias, criterios de aceptación, responsables, formatos, equipos y calibraciones. Luego, revisar y aprobar: fuentes de materiales, diseño de mezcla, detalles de juntas y pasadores, plan de curado y texturizado, plan de suministro. Y, por último, ensayos preoperacionales: caracterización de agregados, compatibilidad cemento–aditivos, dosificación y mezcla de prueba.

- *Hacer (H)*: ejecución conforme a Especificaciones INVÍAS (Sección 400) y Normas técnicas colombianas: recepción, producción, transporte, colocación, vibrado, acabado, corte/sellado de juntas, curado.
- *Verificar (V)*: controles en fresco y endurecido; verificación geométrica y de juntas; control de capas de fundación; espesor y ensayos de aceptación.
- *Actuar (A)*: gestión de no conformidades, acciones correctivas/preventivas, registros de lecciones aprendidas y cierre.

Según PHVA, el control de calidad debe ser preventivo, no solo “curativo”: no basta con verificar el concreto endurecido a 28 días; hay que controlar las variables del concreto fresco (asentamiento, aire, temperatura, masa unitaria, fraguado) porque anticipan el desempeño en servicio.

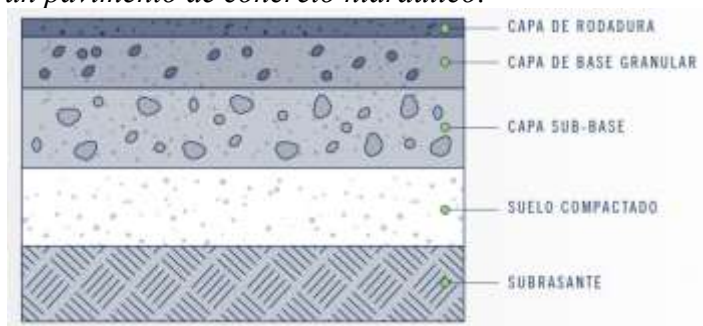
4.1.1.2. Organización, competencias y aseguramiento previo.

En esta subsección se define cómo se organiza el control de calidad del pavimento de concreto en obra, delimitando las competencias del contratista, del laboratorio de ensayos y de la supervisión e interventoría, y los aseguramientos previos indispensables. El enfoque adopta el ciclo PHVA, donde planificar comprende fijar el plan de control y las revisiones previas; hacer, ejecutar conforme a las Especificaciones técnicas de INVÍAS; verificar, comprobar en campo y laboratorio las propiedades del concreto en fresco y endurecido; y actuar, gestionando no conformidades y acciones correctivas. Además, se precisan las funciones mínimas de supervisión técnica y los requisitos técnicos aplicables para la construcción (Cap. 5 de INVÍAS) y para el muestreo y ensayo del concreto (Sección 400 de INVÍAS). Con esta base, el apartado desarrolla

los roles, flujos de información y listas de chequeo que aseguran la trazabilidad desde la recepción del concreto hasta su aceptación.

Inicialmente, se debe asegurar que las capas de fundación (subrasante, subbase y base) proporcionen un soporte uniforme a la losa de concreto, evitando la pérdida de soporte, el bombeo y los escalonamientos. Estas capas condicionan directamente el espesor y la durabilidad de la estructura (CBR, módulo resiliente o k) y, por tanto, son un foco obligatorio del plan de aseguramiento de calidad del pavimento rígido, que será la capa final de la estructura, como se muestra en la Figura 3 de ejemplo. (Londoño, 2004)

Figura 3. *Estructura de un pavimento de concreto hidráulico.*



Adaptado de (Argos, 2023)

La subrasante es el terreno natural de apoyo; su calidad determina los espesores de las capas superiores. Debe estar libre de material orgánico y suelos expansivos y alcanzar densidad y humedad de proyecto antes de recibir capas granulares. La subbase forma parte de la estructura de soporte que distribuye cargas y protege la subrasante. En zonas con riesgo de bombeo y erosión, se favorecen las subbases no erosionables y un buen drenaje. La base controla la uniformidad del soporte inmediato bajo la losa, y su proceso está normalizado (según los artículos de INVÍAS para

bases granulares). Las desviaciones en la compactación y en el espesor generan pérdida de soporte, fisuración por reflexión y un IRI elevado.

En la siguiente imagen se muestra la conformación de la estructura de un pavimento en concreto rígido, y en la siguiente tabla se presenta un protocolo de control para las capas de fundación—subrasante, subbase y base—que articula tres niveles de aseguramiento: verificación documental, control físico in situ (densidad y humedad frente al Proctor, espesor construido, regularidad superficial y condición de drenaje), y criterio normativo base (capítulos aplicables de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVÍAS y el plan particular del proyecto). La lógica responde al ciclo PHVA del sistema de calidad y establece puntos de parada: no se autoriza colocar la capa superior hasta verificar que la inferior cumpla los umbrales definidos, lo que asegura un soporte uniforme para la losa de concreto.

Tabla 3. *Protocolos de control para capas de fundación.*

CAPA	Verificación Documental	Control Físico In Situ	Criterio Base
Subrasante	Estudio geotécnico; metas de compactación (Proctor); CBR/MR/k.	Densidad y humedad vs. Proctor; corrección de puntos blandos; perfilación y nivelación; retiro de suelos orgánicos y expansivos	Cartilla técnica de pavimentos; Plan de Control de Calidad
Subbase	Especificaciones de material (granulometría), metas de compactación y espesor.	Densidad y humedad; espesor; uniformidad superficial; control de erosión bombeo; y compactación	Estructura de soporte y función; riesgo de bombeo → subbase no erosionable/drenaje
Base	Especificaciones de material; metas de compactación/espesor; diseño y curado	Densidad y humedad; espesor; regularidad; drenaje; y compactación	Proceso normalizado para bases granulares; uniformidad de soporte antes de vaciar losa

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Londoño, 2004)

Como se ha mencionado, el control de calidad del concreto debe ser más preventivo que curativo, por tanto, es de vital importancia la realización de ensayos al concreto en estado fresco, con los que se busca garantizar el cumplimiento de las especificaciones en estado endurecido. Los principales ensayos que se deben realizar son:

- *Temperatura del concreto*
- *Trabajabilidad o manejabilidad*
- *Segregación*
- *Exudación o sangrado*
- *Tiempo de fraguado del concreto*
- *Contenido de aire*

4.1.1.3. Elaboración y curado de especímenes de concreto

Las propiedades del concreto en obra no pueden obtenerse directamente del concreto en estado fresco, ya que las características de los elementos estructurales del concreto se ven afectadas por las prácticas constructivas en la obra. Sin embargo, el control de calidad en estado fresco es la única herramienta para tomar decisiones rápidas durante la colocación de concreto.

- *Temperatura del concreto (NTC 3357)*: medir al recibir y durante la colocación con termómetro calibrado. La temperatura del concreto (más que la del ambiente) controla las reacciones químicas y afecta las propiedades tanto en fresco como en endurecido.
- *Asentamiento – Cono de Abrams (NTC 396)*: el asentamiento es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla en estado plástico e indica qué tan seca o fluida se encuentra; no constituye por sí mismo una medida directa de la trabajabilidad.

Procedimiento: molde sobre superficie horizontal/no absorbente, llenar en tres capas, 25

golpes/capa con varilla $\varnothing 16 \text{ mm} \times 60 \text{ cm}$ de longitud, levantar el cono verticalmente y medir la diferencia de alturas. No aplica para concretos muy secos ($<10 \text{ cm}$) o con agregados livianos.

- *Observaciones de trabajabilidad, segregación y exudación:* algunas condiciones para prevenir daños desde la mezcla y el proceso son: la trabajabilidad, compatibilidad, posesividad, plasticidad y consistencia se evalúa con inspección y ensayos correlativos. Otra condición de prevención es la segregación generada por las causas (diferencias de densidad, granulometría, transporte/colocación/vibrado inadecuados); y, por último, está la exudación del agua que sube a la superficie, con efectos en porosidad, abrasión y durabilidad. Son condiciones para prevenir desde la mezcla y el proceso.
- *Probetas cilíndricas – Compresión:* la elaboración y curado de cilindros de concreto para ensayo de compresión inicia con el moldeo junto al sitio de almacenamiento de las primeras 24 h, empleando moldes rígidos, limpios y no absorbentes (previamente engrasados con una capa delgada de desmoldante) y herramientas humedecidas para evitar pérdida de agua; el concreto se coloca en el molde en capas de igual espesor (usual: dos o tres, según tamaño), compactando cada capa con 25 varillados uniformes con varilla cilíndrica metálica y golpeando externamente el molde con mazo para cerrar vacíos, nivelando luego la superficie. Tras el acabado, los especímenes se protegen contra evaporación, vibraciones, golpes e inclinaciones, cubriéndolos con material húmedo o lámina plástica y manteniéndolos en ambiente controlado; el desmoldeo se realiza a $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ y, de inmediato, los cilindros se sumergen en agua saturada con cal a $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del ensayo, asegurando identificación y cadena de custodia (lote, fecha/hora, frente, camión). Un manejo y transporte cuidadosos sin sacudidas ni impactos son indispensables para que los resultados de resistencia sean representativos del concreto colocado en obra.

- *Elaboración y curado de las viguetas de concreto (NTC 2871)*: la elaboración y curado de viguetas para ensayo de flexión consiste en moldearlas cerca del sitio donde permanecerán las primeras 24 horas, usando moldes rígidos, lisos y no absorbentes, previamente engrasados con desmoldante en capa delgada; el concreto se coloca en dos capas de igual espesor, cada una compactada con varilla de acero lisa con al menos el extremo de apisonamiento redondeado en forma hemisférica del mismo diámetro de la varilla, de 16 mm de diámetro y 600 mm de largo (aproximadamente 57 golpes uniformes por cada capa calculados por área) y con golpeteo externo del molde mediante mazo de caucho de 0,20–0,60 kg para cerrar vacíos. La cara superior se nivela y alisa, se identifica el espécimen y se protege de la evaporación, las vibraciones y los golpes (cobertura húmeda o lámina plástica). Transcurridas 24 h (± 8 h) se desmolda y se continúa el curado igual al del concreto estructural; antes del ensayo las viguetas se acondicionan en agua saturada con cal a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$, a fin de uniformar la humedad y garantizar resultados confiables de resistencia a la flexión.
- *Fraguado del concreto (NTC 890)*: el fraguado del concreto es la transición de la mezcla desde estado plástico ha endurecido bajo condiciones de tiempo y temperatura; se controla con el método de resistencia a la penetración (NTC 890). Se distinguen dos hitos: el fraguado inicial, cuando el mortero (tamizado por malla N.º4) alcanza aproximadamente 35 kg/cm^2 de resistencia a la penetración, punto a partir del cual el concreto deja de comportarse como material blando y comienza a ganar rigidez; y el fraguado final, cuando alcanza aproximadamente 280 kg/cm^2 , momento en que cesa la liberación crítica de calor por hidratación y el concreto inicia su endurecimiento efectivo.

Entre ambos hitos del fraguado se definen las ventanas operativas para transporte, colocación, vibrado y acabados, así como el inicio oportuno del curado; la evolución del fraguado

condiciona la manejabilidad, la resistencia temprana y decisiones de obra como uso de aditivos (retardantes/acelerantes) y la programación de corte de juntas, por lo que su seguimiento es clave para evitar juntas frías, fisuración temprana y pérdidas de calidad. La siguiente tabla 4;**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** integra la trazabilidad mínima de los insumos críticos del pavimento de concreto. Para cada material se exige:

- Verificación documental: (certificados, hojas técnicas y trazabilidad por lote) que habilita su uso conforme a las Especificaciones Generales de Construcción INVÍAS, Sección 400
- Control físico in situ: (estado, dimensiones, limpieza, humedad y dosificación) que confirma que las condiciones reales en obra no comprometen la calidad.
- Criterio normativo base: (INVÍAS, ASTM y planos) que define las tolerancias y ensayos de aceptación.

Tabla 4. *Protocolos de recepción de materiales*

Material/Componente	Verificación Documental	Control Físico In Situ	Criterio Base
Cemento	Certificado de conformidad, fecha y lote	Estado y almacenamiento seco, sin grumos; inventario	INVIAS Sección 400
Agregados	Origen y certificados de calidad	Granulometría, humedad, limpieza (arena libre de arcillas/finos)	INVIAS Sección 400; ASTM
Agua	Potabilidad	Cloruros/sulfatos	INVIAS Sección 400
Aditivos	Hoja técnica y compatibilidad	Dosificación, fecha y almacenaje	ASTM C494
Acero (pasadores/Amarre)	Certificados (fy), dimensiones	Diámetro, longitud, rectitud, recubrimiento; almacenamiento	INVIAS/Planos

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2008).

En la siguiente figura 4 se observan los principales materiales utilizados en la construcción de pavimentos de concreto rígido, y en la siguiente tabla se presentan los protocolos de recepción.

Figura 4. *Materiales utilizados en pavimentos de concreto rígido.*

Cemento	Agregados
	
Agua	Acero de refuerzo
	

Adaptado de (Argos, 2023) y (Construproductos, 2026)

4.1.2 Parte 2: Identificar las problemáticas generales de los pavimentos rígidos.

El siguiente apartado contiene una síntesis de las problemáticas más comunes en los pavimentos de concreto, en la que se describen sus posibles causas y recomendaciones para evitarlas. (Grupo Argos, 2025) El presente documento pretende ser una guía para la inspección de los pavimentos rígidos, dirigida a aquellas personas con formación profesional y técnica basada en los principios básicos del área de vías y pavimentos en concreto.

La Tabla 5 organiza los hallazgos de campo en tres columnas complementarias— Descripción, Causas y Prevención—para asegurar una lectura diagnóstica y una acción trazable.

La descripción presenta, de forma objetiva y verificable, el síntoma observado y su localización. Las causas sintetizan el mecanismo probable que explica el deterioro, conectando el síntoma con la cadena causal vinculada a materiales, proceso constructivo, fundación y drenaje, transferencia de carga y régimen de tráfico, evitando tratamientos meramente superficiales. Prevención traduce ese diagnóstico en acciones de control auditables, que se integran al plan de aseguramiento de la calidad y a los puntos de parada del proyecto. En conjunto, la matriz unifica el criterio técnico de inspección y prioriza intervenciones costo-efectivas orientadas a durabilidad (Grupo Argos, 2025).

Tabla 5. *Resultados problemáticos generales en los pavimentos rígidos.*

Problemática	Descripción	Causas	Prevención
Peladuras	Pérdida progresiva del mortero superficial (arena-cemento), dejando una rodadura rugosa y pequeñas cavidades.	Concreto de calidad pobre (bajo contenido de cemento, exceso de agua, granulometría inadecuada), segregación, densificación insuficiente y curado defectuoso.	Ajustar la dosificación, la compactación y el curado oportunos; revisar la variación del asentamiento y la textura inicial.
Baches	Desintegración localizada de la losa hasta su remoción, con bordes irregulares.	Fundaciones inestables, espesores insuficientes, defectos constructivos, retención de agua y progresión de fisuras en bloque bajo abrasión de tránsito.	Compactación y control de las capas de soporte, drenaje superficial y mantenimiento preventivo de losas.
Fisuración Transversal	Grietas perpendiculares al eje de la vía.	Corte de juntas tardío, fatiga por espesor o separación de juntas insuficiente frente a cargas y medioambiente, pérdida de soporte y reflexión desde capas inferiores.	Patrón de juntas y espesores adecuados al tránsito; verificar los tiempos reales de corte.
Fisuración Longitudinal	Grietas paralelas al eje del carril.	Similares a la transversal (corte de juntas tardío, espesor y separación de juntas insuficientes, reflexión); además, asentamientos diferenciales.	Control de subrasante y compatibilidad del patrón de juntas entre carriles.
Descaramiento Y Fisuras Capilares	Desprendimientos superficiales de 5–15 mm y malla fina de	Exceso de acabado, exudación (debilidad frente a la	Limitar “sobrealisado”, controlar la exudación y

Problemática	Descripción	Causas	Prevención
	microgrietas que se cruzan	retracción) y aceros muy superficiales.	los recubrimientos mínimos.
Pulimiento de la superficie	Rodadura excesivamente lisa por desgaste o pulido de los agregados.	Tránsito prematuro, concreto pobre y agregados degradables.	Apertura al tráfico conforme a la resistencia, selección de agregados y control de textura de terminación.
Roturas de esquina	Fisura que une junta transversal con longitudinal y borde en 45°.	Baja transferencia de carga, pérdida de soporte (erosión) y geometrías con ángulos agudos.	Pasadores bien colocados, subbases no erosionables y diseño de juntas para geometrías irregulares.
Bombeo	Expulsión de agua con finos bajo presión en carga; deja vacíos, erosiona la fundación y antecede a escalonamientos.	Presencia de finos susceptibles, agua disponible en capas inferiores y deflexiones altas en bordes/esquinas.	Subbase resistente a la erosión (p. ej., tratada), sellado de juntas y drenajes funcionales.
Dislocamiento	Desnivel entre las losas contiguas en la junta, asociado a fisuras.	Ascenso de material suelto desde la subbase, depresión del extremo de la losa por pérdida de soporte, efectos del bombeo, cambios volumétricos del suelo	Mantenimiento y sellado de juntas, pasadores correctos, compactación de soporte y drenajes.
Hundimientos	Depresión localizada de la rodadura (suele ir acompañada de fisuras).	Consolidación o mala compactación de la subrasante, proximidad a obras de drenaje, asentamientos diferenciales y fallas constructivas.	Control de compactación, abatimiento del nivel freático, procedimientos constructivos y drenaje.
Levantamiento de Losas	Alabeo ascendente localizado en juntas y fisuras, a menudo con fragmentación.	Materiales incomprensibles en la junta, expansiones térmicas excesivas, diseño inadecuado en intersecciones fijas y reacción álcali-sílice	Diseño correcto de juntas, sellos adecuados que eviten el ingreso de agua/sólidos.

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Grupo Argos, 2025)

La tabla 6, resumida por categoría de causa, organiza las fallas del pavimento rígido según su mecanismo dominante —Materiales (M), Proceso (P), Fundaciones y drenaje (F), Juntas y transferencia de carga (J), Tráfico/operación (T), Ambiente (A) y Diseño (D)— para facilitar un diagnóstico rápido y orientar la acción correctiva/preventiva. Cada fila consolida: problemáticas

típicas que suele compartir esa causa, evidencias de campo que el inspector debe confirmar in situ y controles de prevención clave expresados como acciones auditables. Su uso práctico es:

Identificar el síntoma y mapearlo a la categoría

Verificar la evidencia sugerida

Aplicar los controles listados como puntos de control del plan de calidad.

Tabla 6. *Tabla resumida por categoría dominante*

Categoría	Problemáticas Típicas	Evidencias de campo	Controles / Prevención Clave
M - Materiales	Peladuras; Pulimento	Mortero superficial débil; textura lisa; grietas “mapa” con gel	Dosificación y a/c controladas; agregados con desempeño comprobado; textura de terminación adecuada
P - Proceso	Descascaramiento; Fisuración tipo malla; Fisuras inducidas	Microgrietas superficiales; marcas de sobretrabajo; fisuras erráticas	Consolidación y terminación correctas; curado inmediato y continuo; control de ventana de aserrado; no añadir agua
F -Fundaciones / Drenaje	Baches; Hundimientos; Dislocamiento; Bombeo; Roturas de esquina (cuando hay pérdida de soporte)	Expulsión de lechada/fino; desnivel entre losas; depresiones; bordes “golpeados”	Compactación y espesor en subrasante/subbase/base; subbases no erosionables; drenaje funcional; control de nivel freático
J - Juntas / Transferencia	Destornillamientos; Levantamiento de losas; Roturas de esquina; Escalonamientos en junta	Labios desgranados; levantamiento en clima cálido; fisura a 45°; diferencia de nivel	Alineación/diámetro/longitud de pasadores; sellos y limpieza; aislamientos; patrón de juntas consistente
T - Tráfico / Operación	Pulimento; Roturas de esquina (fatiga); Fisuras longitudinales en carril	Superficie pulida; fisuras paralelas al eje; daño acelerado en altas cargas	Apertura al tráfico por resistencia, control de sobrecargas, mantenimiento de sellos

Categoría	Problemáticas Típicas	Evidencias de campo	Controles / Prevención Clave
A - Ambiente	Fisuración por retracción; Levantamientos (incompresibles + dilatación)	“Mapa” de retracción; brotes en juntas en épocas cálidas	Protección climática (viento/sol); curado; sellos que impidan entrada de incompresibles
D - Diseño	Fisuras transversales/longitudinales; Losas subdivididas	Grietas sistemáticas donde faltan juntas o espesor	Espesor acorde a tránsito; patrón y espaciamiento de juntas; y geometría en bordes/entradas

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Grupo Argos, 2025)

Las fallas listadas comparten una misma cadena de causas raíz:

- *Fundación y drenaje deficientes bombeo:* pérdida de soporte y escalonamientos;
- *Mezcla y procesos inadecuados (a/c alta, segregación, compactación y curado deficientes):* peladuras, descascamientos y fisuración tipo malla;
- *Gestión de juntas y pasadores deficiente (ventana de corte, alineación, sellos):* fisuras transversales y longitudinales, roturas de esquina, destornillamientos, levantamientos;
- *Selección de materiales sin control (agregados degradables o reactivos):* pulimento y Reacción álcali agregado y control documental insuficiente que impide actuar a tiempo.

De acuerdo con la literatura (Grupo Argos, 2025), la mayoría de los deterioros no son “accidentes aleatorios”: responden a mecanismos previsibles y, por tanto, prevenibles. La experiencia en pavimentos rígidos muestra un patrón claro: cuando el soporte, la mezcla y el proceso se mantienen uniformes, el desempeño mejora de forma sostenida. Por eso, la supervisión debe articular controles antes (fundación y materiales), durante (suministro, colocación, juntas y curado) y después de la puesta en obra (verificación de espesores y mantenimiento de sellado de juntas). Esta visión integral permite cortar a tiempo las cadenas causales que derivan en patologías. En términos de gestión, se traduce en un plan de aseguramiento de la calidad con frecuencias

adecuadas, puntos de parada definidos ante no conformidades y acciones correctivas trazables. Bajo este marco, la calidad bien gestionada no solo disminuye la incidencia de fallas: también extiende la vida útil y mejora el nivel de servicio, optimizando costos a lo largo del ciclo de vida.

4.2 Procedimientos actuales en la selección de materiales, suministro de recursos y de control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos.

4.2.1 Parte 1. Identificar los procedimientos de contratos actuales en la construcción de pavimentos en concreto rígido:

Con base en los siguientes casos de estudio (Cauca, 2025), (Palmira, 2020), (República, 2022), y (Tolima, 2022), resumidos para identificar los procedimientos de contratos actuales en la construcción de pavimento en concreto rígido se optó por la construcción de la siguiente ficha de extracción, que organiza de forma trazable, la información administrativa y técnica de un contrato de pavimento en concreto hidráulico. Esta ficha de extracción permite evaluar cómo se están aplicando hoy los procedimientos de selección de materiales, suministro y control de calidad. El bloque administrativo permite leer la gobernanza y posibles riesgos de ejecución. Finalmente, los eventos críticos y las causas raíz codificadas conectan resultados observados, retrasos, sobrecostos o patologías. Así, el cuadro no solo consolida datos: funciona como instrumento comparativo entre casos para identificar patrones de brechas técnicas, contractuales y sustentar, que una gestión de calidad bien diseñada incide directamente en la vida útil y el nivel de servicio del pavimento.

Tabla 7. *Resumen de casos analizados*

Caso (nombre corto)	Contrato / ID	Entidad – Localización	Objeto / Alcance	Referencia
Caso 1 – El Cerrito (Valle): PCH + alcantarillado en 13 tramos	MC-008-2023	Municipio de El Cerrito (Valle del Cauca) – Tramos urbanos	Construcción de pavimento rígido y redes de alcantarillado	(Cauca., 2025)
Caso 2 – UNGRD Mocoa (Putumayo): mejoramiento vías urbanas con PCH	9677-PPAL001-532-2021 (obra) / 9677-PPAL001-744-2021 (interventoría)	UNGRD/FNGRD – Mocoa (Putumayo): Quinta Paredes, Ciudadela Deportiva, José Homero/Villa de Leiva	Mejoramiento de vías urbanas en concreto hidráulico (marco de calamidad pública)	(República., 2022)
Caso 3 – Palmira (Valle): Carrera 31 + Box Culvert Zanjón Mirriñao	MP-1598-2018	Alcaldía de Palmira – Carrera 31 (calles 47–54) y Box Culvert Zanjón Mirriñao	Construcción de PCH y obra hidráulica; obra terminada no recibida a satisfacción en etapa de liquidación	(Palmira., 2020)
Caso 4 – San Luis (Tolima): rehabilitación y PCH con fallas y daño patrimonial	Contrato 125 de 2018	Municipio de San Luis (Tolima) – Payandé y casco urbano	Rehabilitación y pavimentación en concreto rígido (incluye andenes/sardineles)	(Tolima., 2022)

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas

El primer caso es el contrato MC-008-2023 del Municipio de El Cerrito (Valle del Cauca), cuyo objeto es la construcción de pavimento rígido y redes de alcantarillado en 13 tramos urbanos, fue adjudicado por \$6.083.234.491 Pesos Colombiano e incluye una adición de \$748.742.830 Pesos Colombiano; el expediente presenta inconsistencias de plazo. El aspecto técnico, el presupuesto referencia un pavimento premezclado MR=42, e=0,20 m, pero no se documenta el método de diseño, ni norma base, plan de suministro, plan de calidad, tampoco se reportan indicadores. En lo contractual, el informe señala selección sin proceso competitivo, interventoría no independiente y pagos vs. ejecución con presunto detrimento, lo que sugiere fallas de gobernanza y supervisión y gestión financiera deficitaria. En conjunto, el caso muestra brechas SM/SU/CQ (selección de materiales, suministro y control de calidad) y de trazabilidad, que elevan

el riesgo de desempeño del pavimento y respaldan la necesidad de armonizar pliegos y control de calidad con Sección 400 De las especificaciones técnicas INVIAS, y alinear control técnico–financiero antes de la aceptación. (Cauca, 2025)

Tabla 8. *Caso 1 del Proyecto MC-008-2023 del Municipio del Cerrito*

Ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
1	ID proceso	MC-008-2023
2	Entidad	Municipio de El Cerrito (Valle del Cauca).
3	Localización	Urbano de El Cerrito; 13 tramos viales (calle 10, 17, carrera 21, etc.).
4	Objeto	“Construcción de pavimento rígido y redes de alcantarillado”.
5	Tipo de Obra	Construcción / mejoramiento urbano con PCH + redes sanitarias/pluviales.
6	Valor adjudicado (obra)	\$ 6.083.234.491
7	Plazo contractual	Inconsistencia temporal. El documento menciona 36 meses (2017–2020) y, aparte, procesos 2023. Verificar en SECOP el plazo real del contrato MC-008-2023.
8	Adiciones	\$748.742.830 (Decreto 115 del 19-sep-2023)
9	Interventoría (valor)	\$ 355.359.159
10	Especificaciones técnicas	Se listan actividades de PCH y redes; no aparecen normas detalladas en el informe (INVIAS/ACI).
11	Diseño	Rubro de pavimento premezclado MR=42, e=0,20 m en presupuesto consolidado. Método de diseño no especificado.
12	Selección de materiales	No se documenta el procedimiento de selección/ensayos previos.
13	Suministro de concreto	No hay plan de suministro detallado (origen planta/ritmos).
14	Control de calidad	No anexa plan de calidad ni frecuencias de control; sí registra posibles irregularidades contractuales.
15	Juntas y curado	No hay especificación técnica (tiempo de corte / sellos).
16	Laboratorio	No se menciona acreditación/cadena de custodia.
17	Puntos de parada (No conformidades)	No se detalla un procedimiento; el informe cuestiona condiciones jurídicas y de supervisión.
18	Indicadores de desempeño	Se reporta avance y valores por tramos.
19	Eventos críticos	a) Selección sin proceso competitivo del municipio; b) Interventoría no independiente (misma asociación); c) Adición sin justificación; d) Pagos vs. ejecución → presunto detrimento.
20	Causas raíz (preliminar)	Falencias de gobernanza contractual (modalidad y supervisión) y gestión financiera (pagos > ejecución).

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Cauca, 2025)

El siguiente caso es el contrato 9677-PPAL001-532-2021 de la UNGRD en Mocoa (Putumayo) buscó el mejoramiento de vías urbanas en Quinta Paredes, Ciudadela Deportiva y José Homero/Villa de Leiva mediante pavimento en concreto hidráulico, por \$4.268.718.305 Pesos Colombianos y 8 meses de plazo (con suspensión 07/03/2022–06/06/2022 y ampliación hasta 31/07/2022); la interventoría (9677-PPAL001-744-2021, \$495.382.720) acompañó un proyecto con estructura tipo (pedraplén 25 cm, subbase 20 cm, losa 20 cm, andenes 10 cm), pero el expediente revisado no evidencia norma base (INVIAS/ACI), plan de suministro, ni plan de calidad (frecuencias, criterios, puntos de parada), juntas y curado, ni acreditación de laboratorio. A la fecha de visita se reportó 31% de avance físico y 42% financiero. Se registraron eventos críticos: suspensión prolongada por permiso de ocupación de cauce, interferencias (postes), inclusión de tramo ya construido, y obras inconclusas, asociados a planeación insuficiente (estudios y permisos incompletos) y débil control de supervisión e interventoría, especialmente en gestión ambiental y de tránsito. (República, 2022)

Tabla 9. Caso 2 del proyecto de obra 9677-PPAL001-532-2021 de la UNGRD en Mocoa, Putumayo.

Ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
1	ID proceso	Contrato de obra: 9677-PPAL001-532-2021.
2	Entidad	Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD / FNGRD (ejecutor).
3	Localización	Mocoa (Putumayo) – Sectores: Quinta Paredes, Ciudadela Deportiva, José Homero/Villa de Leiva.
4	Objeto	Mejoramiento de vías urbanas mediante pavimentación en concreto hidráulico en los tres sectores indicados (en marco de calamidad pública).
5	Tipo de Obra	Construcción/Mejoramiento urbano con PCH y obras pluviales complementarias.
6	Valor adjudicado (obra)	\$4.268.718.305 (valor inicial del contrato de obra).

Ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
7	Plazo contractual	8 meses. Acta de inicio: 08/07/2021. Suspensión: 07/03/2022–06/06/2022; ampliación hasta 31/07/2022.
8	Adiciones	No registra adición en valor en el informe CGR; sí suspensiones y ampliación por permisos y ajustes.
9	Interventoría (valor)	Contrato 9677-PPAL001-744-2021 – Consorcio Inter pavimentos EDUPAC – \$495.382.720 – inicio 08/07/2021.
10	Especificaciones técnicas	El informe describe la alternativa técnica (estructura tipo), pero no consigna norma base (INVIAS/ACI) en el texto revisado.
11	Diseño	Se especifica estructura propuesta: pedraplén e=25 cm, subbase e=20 cm, losa de concreto e=20 cm, andenes e=10 cm; anchos variables 4,6–7,0 m.
12	Selección de materiales	No se hallan criterios de aceptación/calificación de fuentes en el informe CGR (revisar pliegos en SECOP).
13	Suministro de concreto	Sin plan de suministro (planta, ritmos, contingencias) en el informe.
14	Control de calidad	No se evidencia plan de calidad (frecuencias, criterios de aceptación, puntos de parada) en el informe CGR.
15	Juntas y curado	No se documentan modulación/ventana de corte ni método/duración de curado.
16	Laboratorio	No se menciona acreditación ni cadena de custodia.
17	Puntos de parada (No conformidades)	No se evidencian en el informe; se observan incumplimientos PMT/PMA y licencias (ocupación de cauce).
18	Indicadores de desempeño	Avances: 31% físico y 42% financiero a la fecha de visita.
19	Eventos críticos	Suspensión prolongada por falta de permiso de ocupación de cauce, interferencias (postes), tramo ya construido incluido, obras inconclusas (tapas sumideros/cámaras, andenes), riesgos PMT.
20	Causas raíz (preliminar)	Planeación insuficiente (estudios/diseños incompletos; permisos omitidos), débil control de supervisión/interventoría; gestión del riesgo ambiental y de tránsito deficiente.

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (República, 2022).

El siguiente caso de ejemplo; es el contrato MP-1598-2018 de Palmira, orientado a construir pavimento en concreto hidráulico en la Carrera 31 entre calles 47 y 54 y obras asociadas al Box Culvert Zanjón Mirriñao, se ejecutó con interventoría de la Fundación Universidad del Valle, alcanzando un valor fiscal de \$4.079.007.896 Pesos Colombianos (pagado \$3.396.465.726 Pesos Colombianos, saldo \$682.542.170 Pesos Colombianos) y cerrando en etapa de liquidación con obra terminada pero no recibida a satisfacción; la auditoría practicó visita de inspección el 08-

sep-2020 y de verificación el 03-nov-2020 (con base en el informe FUV.INT-1592.052.20), registrando 10 observaciones técnicas sobre el PCH—entre ellas fisuras longitudinales y transversales, desportillamientos y deterioro/desprendimiento del sello de juntas, que fueron corregidas por el contratista (incluido sellado con SIKAFLEX 401) por \$6.261.509, verificado como beneficio de control fiscal; en paralelo, la muestra global auditada evidencia brechas de publicación en SECOP I (actas, pólizas, minutas y estudios previos), lo que limita la trazabilidad pública del expediente y exige contrastar pliegos, plan de calidad y memorias de diseño para valorar la suficiencia del control de calidad (frecuencias, criterios y puntos de parada) y de parámetros estructurales; en consecuencia, este caso aporta al Resultado 5.2 un contexto urbano real con patologías tempranas y gestión correctiva documentada, y respalda la recomendación de fortalecer pliegos y control para asegurar uniformidad del soporte, consistencia de mezcla y oportunidad del proceso a lo largo del ciclo de vida del pavimento. (Palmira, 2020)

Tabla 10. *Caso 3 del proyecto MP-1598-2018 de la alcaldía de Palmira*

ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
1	ID proceso	MP-1598-2018
2	Entidad	Alcaldía de Palmira – Administración Central.
3	Localización	Carrera 31 entre calles 47–54 y Box Culvert Zanjón Mirriñao (Bloque 7).
4	Objeto	“Construcción pavimento Carrera 31 entre calles 47 a 54 y Box Culvert Zanjón Mirriñao (Bloque 7)”.
5	Tipo de Obra	Obra pública – pavimento en concreto rígido y obra hidráulica (box culvert).
6	Valor adjudicado (obra)	\$4.079.007.896 (valor de contrato en estado financiero).
7	Plazo contractual	No aparece en el informe
8	Adiciones	No reportadas en el texto consultado para MP-1598-2018.
9	Interventoría (valor)	Por confirmar (no se identifica contrato/firma interventora para MP-1598-2018).
10	Especificaciones técnicas	El informe no consigna norma base (INVIAS/ACI) para este contrato.
11	Diseño P	No reporta método (AASHTO 93/ME) ni parámetros (ESALs, k/CBR, espesor).

ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
12	Selección de materiales	No se documentan criterios de aceptación/calificación de fuentes (cemento, agregados, aditivos).
13	Suministro de concreto	Sin información de planta, ritmos, contingencias.
14	Control de calidad	No aparece plan de calidad con frecuencias/criterios/puntos de parada; sí se listan observaciones y correcciones en obra.
15	Juntas y curado	Se observó deterioro y desprendimiento del sello de juntas; se reemplazó por SIKAFLEX 401 tras limpieza. No hay detalle de tiempo de corte ni curado.
16	Laboratorio	No se menciona acreditación ni cadena de custodia.
17	Puntos de parada (No conformidades)	No se evidencian procedimientos formales; las acciones fueron correctivas (sellado, nivelación).
18	Indicadores de desempeño	No se reportan. Se registran 10 observaciones técnicas y su corrección con costo total \$6.261.509.
19	Eventos críticos	Fisuras longitudinales/transversales y en bloque, desportillamientos, deterioro/desprendimiento del sello de juntas; correcciones verificadas por auditoría.
20	Causas raíz (preliminar)	Selección/colocación inadecuada del sello (sensibilidad térmica), mantenimiento de juntas insuficiente; posibles tensiones tempranas y soporte variable (a inferir con diseños).

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Palmira, 2020).

El siguiente caso corresponde a la rehabilitación y pavimentación en concreto rígido de vías urbanas en San Luis (Tolima) donde la auditoría evidenció deficiencias de calidad en la losa y sardineles: desgaste prematuro, agregados expuestos y sectores totalmente deteriorados, pese a que el contrato exigía pavimento de 40 MPa (ítem 7.0, $e \approx 17$ cm). En la verificación de cantidades del ítem de PCH se encontraron 74,34 m³ ejecutados, 71,69 m³ reconocidos en actas y 42,12 m³ en visita de control, concluyendo que 50% del pavimento presentaba deficiencias constructivas. La diferencia entre lo pagado y lo observado en campo dio lugar a un presunto daño patrimonial de \$33.757.149,26, y a la recomendación de depurar actas/soportes y fortalecer el control de calidad (ensayos de resistencia, curado, juntas y trazabilidad de mediciones). (Tolima, 2022)

Tabla 11. Caso 4 del proyecto de obra 125 de 2018 del Municipio de San Luis, Tolima

ítem	Variable	Dato Extraído / Resumen
1	ID proceso	Contrato de obra pública 125 de 2018
2	Entidad	Municipio de San Luis (Tolima); caso auditado por la Contraloría Departamental del Tolima.
3	Localización	Corregimiento de Payandé y casco urbano de San Luis (Tolima). (Del cuadro de cantidades y texto de visita).
4	Objeto	Rehabilitación y pavimentación en concreto rígido de vías urbanas (incluye andenes/sardineles). (Del cuadro de actividades).
5	Tipo de Obra	Obra pública municipal – PCH urbano con obras de urbanismo (andenes, sardineles).
6	Valor adjudicado (obra)	\$125.168.947,24 (Total costo obra consignado en el cuadro).
7	Plazo contractual	Por confirmar (no visible en el fragmento).
8	Adiciones	Por confirmar (no visibles en el fragmento).
9	Interventoría (valor)	Por confirmar (no se identifica en el recorte; revisar minuta en SECOP).
10	Especificaciones técnicas	Se exige pavimento en concreto de 40 MPa; la auditoría observa deficiencias de calidad en la losa y sardineles.
11	Diseño	No se indica método (AASHTO 93/ME) en el recorte; el ítem 7.0 especifica 40 MPa y ≈ 17 cm.
12	Selección de materiales	No documentada en el fragmento (ensayos previos/calificación de fuentes: por confirmar en pliegos/plan de calidad).
13	Suministro de concreto	No documentado (planta/ritmos/contingencias: por confirmar en SECOP).
14	Control de calidad	Se reporta carencia de calidad y desgaste prematuro; no se muestran frecuencias/criterios/puntos de parada en el recorte.
15	Juntas y curado	Se describen sectores deteriorados y agregados expuestos; sin detalle de ventana de corte/curado en el recorte.
16	Laboratorio	No consta acreditación ni cadena de custodia en el fragmento.
17	Puntos de parada (No conformidades)	No visibles; la auditoría cuantifica diferencias de cantidades y estado del pavimento.
18	Indicadores de desempeño	Cuantificación en campo del ítem 7.0 (PCH 40 MPa): ejecutado 74,34 m ³ / actas 71,69 m ³ / visita contraloría 42,12 m ³ ; 50 % del pavimento con deficiencias constructivas.
19	Eventos críticos	Ejecución que carece de calidad, desgaste prematuro, agregados expuestos, tramos totalmente deteriorados pese a especificación 40 MPa; diferencias de cantidades entre lo pagado y lo encontrado.
20	Causas raíz (preliminar)	Probables fallas de mezcla/curado/consolidación y/o soporte; control en obra insuficiente frente a la exigencia $f'c = 40$ MPa (a confirmar con ensayos/plan de calidad).
21	Observación fiscal clave	Presunto daño patrimonial: \$33.757.149,26, por diferencia entre cantidades pagadas y cantidades halladas en campo.

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Tolima, 2022).

Estos casos muestran que hoy, en varios contratos, la selección de materiales, el suministro del concreto y el control de calidad no están amarrados como un sistema, sino que quedan sueltos

o se manejan “sobre la marcha”. Eso explica por qué aparecen fallas tempranas y por qué después toca corregir, gastar más o incluso entrar en discusiones fiscales. Por eso, este análisis deja una conclusión clara para el capítulo: si los pliegos y la supervisión no exigen trazabilidad real (diseño, ensayos, puntos de control, laboratorio, curado, juntas y aceptación), el pavimento queda con alto riesgo de no cumplir su vida útil ni el nivel de servicio esperado.

4.2.2 Parte 2. Listas de chequeo de la selección de materiales, suministros de recursos y control de calidad.

- *Selección de materiales (SM).* La **Tabla 12** orienta la verificación previa de todos los insumos que inciden en la uniformidad del soporte y de la mezcla del pavimento rígido: cementos, agregados, agua, aditivos/adiciones, aceros de transferencia y amarre, materiales de sello y compuestos de curado, además de las capas granulares. Para cada ítem define el criterio de aceptación, la norma aplicable (INVIAS–Sección 400 y ACI/ASTM), la frecuencia mínima de muestreo, el responsable y el tipo de evidencia exigida (certificados, ensayos, fichas técnicas y trazabilidad de lote). Su uso permite demostrar la aptitud de las fuentes, ajustar humedades y dosificación, comprobar compatibilidad de aditivos, y garantizar que pasadores, barras y sellos corresponden a lo diseñado. Funciona, en suma, como un umbral de “no pase” antes de la puesta en obra: ningún material sin certificado vigente, fuera de banda granulométrica o con desempeño inferior al diseño de mezcla debe ingresar a producción.

Tabla 12. *Check List selección de materiales*

ítem s	Criterio/Actividad	Norma / Ref.	Frecuencia Sugerida	Responsable	Registro Evidencia	Umbral de aceptación (Definir Proyecto)
SM-01	Cemento: tipo, lote, fecha, certificado	INVIAS, ASTM C150/C595	Por lote/semana	Proveedor + Lab	Certificado + ficha técnica	Conforme a diseño de mezcla
SM-02	Agregados: granulometría, LL/LP, sanidad, equivalente de arena	INVIAS, ASTM C136/C131/C88	Por fuente y cada 1.000 m ³	Lab	Resultados ensayos	Dentro de especificaciones de diseño
SM-03	Humedad y absorción de agregados	ASTM C566/C127/C128	Diario (inicio de jornada)	Lab	Formato de humedad	Correcciones dosificación aplicadas
SM-04	Agua de mezclado: calidad	ASTM C1602	Por fuente (inicial)	Lab	Ensayo y aprobación	Apta para concreto
SM-05	Aditivos: compatibilidad y dosificación	ASTM C494	Cada cambio de aditivo/lote	Proveedor + Lab	Ensayos compatibilidad	Sin segregación/retraso indeseado
SM-06	Adiciones (ceniza, escoria, sílice): % y reactividad	ASTM C618/C989/C1240	Por lote	Lab	Certificado + ensayo	% y desempeño = diseño
SM-07	Acero de pasadores (Ø, L, recubrimiento)	INVIAS Secc. 400	Por entrega	Interventoría	Certificado + inspección	Ø, L, recubrimiento nominal
SM-08	Barras de amarre (fy, Ø)	INVIAS Secc. 400	Por entrega	Interventoría	Certificados	Conforme a planos
SM-09	Material de sello de juntas (tipo, módulo, adhesión)	INVIAS/ASTM D6690	Por lote	Interventoría	Fichas + ensayo de tracción/adhesión	Tipo aprobado para clima del sitio
SM-10	Compuesto de curado (tipo, rendimiento)	ASTM C309/C1315	Por lote	Interventoría	Ficha + hoja de seguridad	Rendimiento ≥ especificado
SM-11	Base/subbase: CBR, densidad	INVIAS	Por tramo/lote	Contratista + Lab	Densidad, CBR/PLT	≥ 95–100% Proctor / CBR ≥ especificado
SM-12	Aprobación de diseño de mezcla (f'c o MR)	ACI 211/INVIAS	Inicial y ante cambios	Interventoría	Informe de diseño	Cumple f'c/MR y trabajabilidad

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

- *Suministro de recursos (SU).* La **Tabla 13** asegura que la logística—calibración de planta, programación de vaciados, tiempos de transporte y descarga, disponibilidad de equipos críticos y planes de contingencia climática—esté alineada con la capacidad real de extendido y acabado. Cada fila vincula el criterio operativo con su respaldo (remisiones con hora de carga/arribo, minutas de vaciado, checklists de equipos, PMT aprobado), la frecuencia de control y el responsable. El énfasis está en prevenir detenciones y juntas frías, mantener la trabajabilidad dentro de límites (p. ej., tiempos conforme ASTM C94 o según aditivos), y garantizar el cumplimiento de ventanas de corte planificadas. Así, la tabla convierte la coordinación diaria en requisitos verificables: si falla un equipo sin respaldo, si el tiempo de viaje excede el límite o si no hay medidas frente a calor/lluvia, se activa punto de parada hasta restablecer condiciones de control.

Tabla 13. *Check List selección de recursos*

Ítems	Criterio/Actividad	Norma Ref.	/ Frecuencia Sugerida	Responsable	Registro Evidencia	Umbral aceptación (Definir Proyecto)	de
SU-01	Calibración de planta/dosificados	ACI 117	Mensual / cambio de ajuste	Proveedor	Certificado calibración	Dentro de tolerancias	de
SU-02	Programación de vaciado (ritmo vs. equipos)	Plan de obra	Cada frente	Residente	Cronograma + minuta diaria	Continuidad sin juntas frías	sin
SU-03	Tiempos de transporte/descarga	ASTM C94	Por camión	Contratista	Remisión con hora salida/llegada	≤ 90 min (o según aditivo)	

Ítems	Criterio/Actividad	Norma Ref.	/ Frecuencia Sugerida	Responsable	Registro Evidencia	Umbral de aceptación (Definir Proyecto)
SU-04	Tickets de entrega: trazabilidad (lote, asentamiento objetivo, aditivos)	ASTM C94	Por camión	Proveedor	Remisión firmada	Datos completos y concordantes
SU-05	Equipos críticos y respaldo (cortadoras, vibradores)	Plan de contingencia	Diario	Residente	Check-list equipos	Back-up disponible/operativo
SU-06	Plan de clima (calor/lluvia/viento) y protección	ACI 305/306	Por jornada	Residente	Parte de medidas	Medidas activas (sombra, niebla, barreras)
SU-07	Formaletas/guías: alineación, nivel	INVIAS	Por placa	Interventoría	Acta topográfica	Tolerancias geométricas
SU-08	Manejo de tráfico (PMT)	Norma tránsito local	Diario	Contratista	PMT aprobado	Señalización y desvíos vigentes
SU-09	Gestión de acopios y rutas	Plan logístico	Semanal	Residente	Plano acopios	Sin contaminación ni segregación
SU-10	Ventana de corte de juntas planificada	INVIAS/A CI 302	Diario	Residente	Programa y registro	Corte en ventana (verificación con sierra)

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas.

- *Control de calidad en obra (CQ).* La **Tabla 14** estructura el aseguramiento técnico durante y después del vaciado: ensayos en fresco (asentamiento, aire, temperatura, peso unitario), elaboración y ensayo de especímenes, verificación geométrica (espesores, alineación de pasadores), control de juntas (timing, profundidad, limpieza y sello), y curado. Cada control queda ligado a su norma, frecuencia, responsable, evidencia (formatos, cadena de custodia, croquis y fotos) y criterio de aceptación—incluido el activador de no conformidad y la acción correctiva. Con ello, el control de calidad pasa de ser una práctica discrecional a un sistema trazable y estadísticamente defendible, capaz de detener la obra ante desviaciones relevantes y

de sustentar la habilitación del tramo solo cuando se cumplen las condiciones de desempeño y seguridad especificadas.

Tabla 14. *Check List Control de Calidad*

ítem s	Criterio/Activi dad	Norma / Ref.	Frecuen cia Sugerid a	Responsa ble	Registro Evidencia	Umbral de aceptación (Definir Proyecto)
CQ-01	Asentamiento (slump)	ASTM C143	Por camión	Lab	Formato ensayo	de $\pm$ tolerancia del diseño
CQ-02	Contenido de aire	ASTM C231/C173	Por camión (o 1/50 m ³)	Lab	Formato	Dentro de rango de exposición
CQ-03	Temperatura del concreto	ASTM C1064	Por camión	Lab	Formato	$\leq$ límite especificado (p. ej. 32 °C) $\leq$ límite especificado (p. ej. 32 °C)
CQ-04	Peso unitario	ASTM C138	1/50 m ³	Lab	Formato	$\pm$ tolerancia
CQ-05	Elaboración de cilindros/vigas	ASTM C31	1 juego/50 –75 m ³	Lab	Acta + cadena custodia	Curado y edades conforme
CQ-06	Resistencia a compresión/flexión	ASTM C39/C78	Según plan (7/28 d)	Lab	Resultados	Cumple f'c o MR (estadístico)
CU-07	Espesor de losa (testigos/calas)	INVIAS/ASTM C174	1/200 m o por placa	Interventoría	Acta con croquis	$\geq$ espesor especificado
CQ-08	Densidad/soporte base-subbase	INVIAS	Cada lote/tramo o	Lab	Ensayos densidad/CBR	$\geq$ especificación
CQ-09	Alineación de pasadores/canas tillas	INVIAS	Cada 100 m / cambio de frente	Interventoría	Verificación/plan tillas	Tolerancias angulares/posición
CQ-10	Corte de juntas (timing, profundidad)	INVIAS/ACI 302	Por placa	Interventoría	Registro de corte	En ventana y profundidad $\geq$ 1/3 e
CQ-11	Limpieza y sello de juntas	INVIAS/ASTM D6690	Por tramo	Interventoría	Acta + fotos	Adhesión y llenado conforme

ítem s	Criterio/Activi dad	Norma / Ref.	Frecuen cia Sugerid a	Respon sa ble	Registro Evidencia	Umbral de aceptación (Definir Proyecto)
CQ-12	Curado (tipo, dosificación, continuidad)	ASTM C309/C1315	Por placa	Intervento ría	Bitácora + fotos	Cobertura completa, rendimiento $\geq$
CQ-13	Texturizado / macro textura	INVIAS	Por placa	Intervento ría	Registro	Patrón uniforme
CQ-14	Regularidad (IRI) si aplica	ASTM E1926 / método operativo	Al finalizar tramo	Intervento ría	Informe IRI	$\leq$ umbral contrato
CQ-15	Evaluación estructural (FWD) si aplica	Manual INVIAS/operativo	Por muestreo	Intervento ría	Informe FWD	Deflexión $\leq$ umbral
CQ-16	Control de no conformidades (punto de parada)	Plan de calidad	En ocurrencia	Intervento ría	Acta NC + acción	Reparación o rechazo según guía

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

Las tres tablas propuestas, Selección de materiales (SM), Suministro de recursos (SU) y Control de calidad (CQ), operan como un sistema integrado de aseguramiento que traslada los requisitos técnicos a verificaciones concretas, medibles y trazables. En conjunto, permiten prevenir variabilidad en la mezcla y en el soporte antes del vaciado, sincronizar la logística con la capacidad real de extendido y acabado para evitar juntas frías y pérdidas de trabajabilidad y, por último, demostrar la conformidad del pavimento en fresco y endurecido, incluyendo geometría, juntas/curado y, cuando aplique, desempeño funcional/estructural. Su valor no es solo normativo: convierte la calidad en una condición de avance y habilitación, reduciendo el riesgo de patologías tempranas, de reprocesos, de controversias y de costos de ciclo de vida.

4.3 Apoyo a la supervisión en la selección de materiales, la asignación de recursos y el control de calidad utilizados en la construcción de pavimentos rígidos.

El apoyo a la supervisión se dividirá en los tres componentes mencionados para conocer el estado de las recomendaciones relativas a la selección de materiales y recursos, el control de calidad y la revisión normativa.

4.3.1 Selección de materiales

La supervisión debe iniciar con la verificación documental y experimental de todos los insumos que inciden en la respuesta del pavimento rígido. Esto implica exigir certificados por lote de cementos, adiciones y aditivos, validar la compatibilidad entre ellos y revisar las condiciones de almacenamiento y rotación. En agregados, se contrasta la calidad de la fuente con granulometrías, sanidad y desgaste, al tiempo que se controlan humedades diarias para ajustar la dosificación y mantener estable la relación a/c. Los aceros de transferencia y amarre deben corresponder a los diámetros, longitudes y recubrimientos de diseño, con soporte de certificados mecánicos; los materiales de sello de juntas y compuestos de curado han de ser coherentes con el clima local y con el ancho/movimiento previsto de las juntas. Las capas granulares de soporte se aceptan únicamente con evidencias de densidad, CBR o placa de carga y espesores conformes. Bajo este enfoque, ningún material ingresa a obra sin trazabilidad, conformidad normativa y evidencia de desempeño respecto del diseño de mezcla y la estructura adoptada. En la siguiente tabla se muestra una guía para la selección de recursos.

Tabla 15. *Guia para la selección de recursos*

Actividad	Normativa de Referencia	de	Ensayos Requeridos	Elementos en Obra Verificar	Permisos / Autorizaciones
clasificación de cementos	INVIAS Sección 400; ASTM C150/C595; ACI 301	–	Certificado de conformidad por lote; química y finura (del proveedor)	Tipo/uso (GU/IP/HS), fecha y lote; almacenamiento seco	—
clasificación de Agregados	INVIAS Sección 400; ASTM C136, C131, C88, C117, C123	–	Granulometría; desgaste (Los Ángeles); sanidad; impurezas	Fuentes aprobadas; segregación; humedad de pila	Licencia/permiso ambiental de cantera
Agua de Mezclado	ASTM C1602		Calidad del agua (pH, cloruros, sulfatos)	Punto de suministro; protección contra contaminación	—
Aditivos químicos	ASTM C494; ACI 212		Compatibilidad con cemento; curva de dosificación	Dosificación en planta; fichas y HDS	—
Diseño de Mezcla (fc/MR)	ACI 211/ACI 301; INVIAS Sección 400	–	Validación estadística; mezclas de prueba	Asentamiento objetivo; rango de aire; T° diseño	—
Acero de pasadores y barras de amarre	INVIAS Sección 400; ASTM A615/A706	–	Certificados mecánicos; recubrimiento	Ø, longitud, espaciamiento; canastillas	—
Material de sello de Juntas	INVIAS; ASTM D6690		Propiedades de adhesión y módulo (del fabricante)	Compatibilidad con clima y ancho de junta	—
Compuesto de Curado	ASTM C309/C1315		Rendimiento/cobertura (ficha técnica)	Existencia y dosificación; aspersores	—
Capas Granulares (Subbase/Base)	INVIAS Especificaciones	–	Densidad, CBR/placa de carga (según pliego)	Espesores, uniformidad, humedad óptima	Extracción de material (licencia fuente)

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

4.3.2. Asignación y suministro de recursos

La calidad del pavimento depende de la sincronización entre producción, transporte y puesta en obra. La supervisión debe requerir la calibración vigente de dosificadores, un programa de vaciados que equilibre el ritmo de camiones con la capacidad real de extendido y acabado, y remisiones por camión con hora de carga, arribo y descarga, además de temperatura y aditivos utilizados. El plan logístico debe contemplar equipos críticos de respaldo (vibradores, cortadoras, bombas) para evitar pérdidas de trabajabilidad o cortes fuera de ventana, e incorporar medidas operativas frente a calor, lluvia y viento (sombras, niebla de agua, barreras anti-evaporación). Asimismo, la topografía de formaletas/guías, la gestión de acopios y el Plan de Manejo de Tráfico (PMT) aprobado se verifican antes de cada jornada. Cuando los tiempos de transporte superan límites, faltan equipos de respaldo o el PMT no está vigente, la intervención debe ordenar la suspensión preventiva y reprogramación hasta restablecer condiciones de control. En la siguiente tabla se muestra una guía para la asignación de recursos teniendo en cuenta las principales actividades y normativa vigente.

Tabla 16. Guía para la asignación de recursos

Actividad	Normativa de Referencia	Ensayos Requeridos	Elementos en Obra a Verificar	Permisos / Autorizaciones
Calibración de planta y dosificadores	ACI 117; ASTM C94	Certificados de calibración vigentes	Registro de ajustes; alarmas de dosificación	—
Programación del vaciado	Plan de obra; POE	Minuta de producción/ritmos	Balance de camiones—extendido—acabado	—
Transporte y tiempos de descarga	ASTM C94	Control de tiempo (carga—arribo—descarga) y temperatura	Remisiones completas; continuidad de flujo	—

Actividad	Normativa de Referencia	Ensayos Requeridos	Elementos en Obra a Verificar	Permisos / Autorizaciones
Equipos críticos y respaldo	Fichas fabricante	Pruebas operativas antes de jornada	Vibradores, regla, cortadoras, bombas	—
Gestión climática (calor, lluvia, viento)	ACI 305/306	Medición de Temperatura, Humedad relativa, viento	Sombras, pulverización, barreras anti-evaporación	—
Formaletas/guías y topografía	INVIAS Sección 400	Nivelación y alineación (acta)	Rigidez, anclaje, desmoldante	Ocupación de espacio público
Manejo de tráfico y seguridad	Manual PMT; normas tránsito	Señalización, desvíos, vigías	Vallas, balizamiento, cierre de frentes	PMT aprobado por autoridad
Gestión ambiental y RCD	PGA/Resol. Local	Plan de manejo, disposición	Punto de lavado, control de polvo/ruido	Permiso de vertimientos; sitio RCD autorizado

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

4.3.3. Control de calidad durante y después del vaciado

La **Tabla 17** menciona el control de calidad que se debe tener para cada una de las actividades antes, durante y después del vaciado, normalmente se estructura en tres niveles: fresco, endurecido y verificación geométrica/constructiva. En estado fresco, la toma sistemática de asentamiento, contenido de aire, temperatura y peso unitario, junto con la elaboración de especímenes bajo cadena de custodia, permite detectar desviaciones y ajustar oportunamente la dosificación. En endurecido, la aceptación se fundamenta en criterios estadísticos para f^c o módulo de ruptura, complementados, cuando corresponda, con extracción de núcleos; ningún tramo se habilita sin alcanzar umbrales mínimos. La geometría se controla con mediciones de espesor por placa o longitud, y la durabilidad se protege mediante un manejo riguroso de juntas (corte en ventana y

profundidad adecuadas, limpieza y sellado) y curado continuo con rendimiento conforme. Donde aplique, la recepción funcional-estructural se completa con IRI y/o FWD. La clave es que cada decisión (aceptar, corregir o rechazar) sea trazable a registros, formatos, fotografías y actas de no conformidad.

Tabla 17. Guía para el control de calidad

Actividad	Normativa de Referencia	Ensayos Requeridos	Elementos en Obra a Verificar	Permisos / Autorizaciones
Control del concreto fresco	ASTM C143 (slump), C231/C173 (Aire), C1064 (T°),	Por camión y/o por lote según pliego	Registro en sitio; tolerancias vs. Diseño	—
Elaboración y cura de especímenes	ASTM C31	Juego por volumen o placa (p. ej., 1/50–75 m³)	Cadena de custodia; curado inicial	—
Resistencia a compresión / flexión	ASTM C39 / C78	7/28 días (criterio estadístico)	Conformidad f'c/MR; acciones si no cumple	—
Espesores de losa	ASTM C174; INVIAS	Calas/testigos por placa/tramo	≥ espesor especificado (tolerancias)	—
Base/subbase compactación	INVIAS	Densidad in situ; CBR/placa	% Proctor; módulo de reacción	—
Corte de juntas (timing/profundidad)	INVIAS; ACI 302	Registro de hora y profundidad	Ventana de corte; ≥ 1/3 del espesor	—
Limpieza y sellado de juntas	INVIAS; ASTM D6690	Inspección visual y de adhesión	Respaldo; llenado continuo, sin oquedades	—
Curado y acabado	ASTM C309/C1315; ACI 302	Rendimiento compuesto; continuidad	Cobertura total; textura uniforme	—
Regularidad y evaluación estructural (si aplica)	ASTM E1926 (IRI); FWD (manual operativo)	Informes al finalizar tramo	IRI ≤ umbral; deflexión ≤ criterio	Autorizaciones de cierre vial (PMT)

Actividad	Normativa de Referencia	Ensayos Requeridos	Elementos en Obra a Verificar	Permisos / Autorizaciones
No conformidades y puntos de parada	Plan de Calidad	Actas correcciones	NC; Criterios gatillo: f'c/MR, espesores, juntas, curado	—
Habilitación al servicio	Pliego/acta de recepción	Evidencias de cumplimiento	f'c mínima, sellos listos, señalización	Acta de habilitación y PMT de reapertura

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

4.3.4. Normativa y ensayos como base de decisión

La guía se apoya en las especificaciones de construcción y diseño vigentes y en las normas ACI/ASTM para ensayos. En la práctica, la supervisión traduce estas referencias en frecuencias mínimas y criterios de aceptación explícitos: qué se ensaya, con qué método, cada cuánto, quién responde y qué evidencia respalda el resultado. Este andamiaje reduce la discrecionalidad y evita que la calidad se convierta en un asunto opinable; por el contrario, la convierte en una condición de avance y de pago, con puntos de parada predefinidos cuando los resultados no cumplen los umbrales acordados. Por eso la **Tabla 18**, **Tabla 19**, **Tabla 20**, **Tabla 21**, **Tabla 22** y **Tabla 23** mencionan las normativas vigentes para cada una de las actividades necesarias para construir la estructura de pavimentos rígidos.

A. Soporte y capas granulares (antes del vaciado)

Tabla 18. *Guía normativa ensayos capas granulares.*

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de aceptación	de Responsable	Evidencia Exigida
A1	Densidad in situ (compactación)	ASTM D1556 (cono de arena) / D6938 (nuclear)	1 por 300–500 m ² por capa o por lote (según pliego)	≥ 95–100% de densidad especificada (Proctor)	Lab del contratista; verificación interventoría	Formato de ensayo, ubicación georreferenciada, croquis
A2	CBR o placa de carga (según diseño)	INVIAS/ASTM D1883 (CBR) / Placa DIN/INVIAS	1 por lote de material	CBR Módulo ≥ valor de diseño	Lab; interventoría valida	Informe con curvas/esfuerzo–deformación
A3	Espesor y uniformidad de capa	Regla/topografía	Cada 50 m por carril y cambios de frente	Espesor ≥ especificación (± tolerancia)	Contratista; verificación interventoría	Acta con perfiles, croquis y fotos
A4	Humedad óptima (control proceso)	ASTM D2216 / D4643	Diario, al inicio y cambio de material	Dentro de rango óptimo de compactación	Lab	Registro de humedad y ajustes

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

B. Concreto en estado fresco (durante el vaciado)

Tabla 19. *Guía normativa concreto estado fresco*

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de aceptación	de Responsable	Evidencia Exigida
B1	Asentamiento (slump)	ASTM C143	Por camión o 1/50 m ³	Dentro del rango del diseño (± tolerancia del pliego)	Lab (independiente del proveedor)	Formato firmado con hora y N.º de camión
B2	Contenido de aire	ASTM C231 (método presión) / C173 (volumétrico)	Por camión o 1/50 m ³	Dentro del rango especificado (p. ej., 4–7% si aplica)	Lab	Registro con temperatura y slump asociados

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de aceptación	Responsable	Evidencia Exigida
B3	Temperatura del concreto	ASTM C1064	Por camión	$\leq$ límite del pliego (típico $\leq 32^{\circ}\text{C}$ sin medidas especiales)	Lab	Formato con hora y condiciones climáticas
B4	Peso unitario / rendimiento	ASTM C138	1/50 m ³	Dentro de tolerancia vs. Diseño	Lab	Formato y cálculo de rendimiento
B5	Elaboración de especímenes	ASTM C31	1 juego/50–75 m ³ o 1/500 m ²	Curado/identificación conforme; edades según plan (7/28 d)	Lab; interventoría custodia	Formato, etiquetas, cadena de custodia

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

C. Concreto en estado endurecido (aceptación estructural)

Tabla 20. Guía normativa concreto estado endurecido.

Ítem	Ensayo / Verificación	Método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de Aceptación	Responsable	Evidencia Exigida
C1	Resistencia a compresión (f'c)	ASTM C39	1 juego/50–75 m ³ o 1/500 m ²	Cumplir criterio estadístico del pliego (promedios y mínimos INVIAS/ACI 301)	Lab; interventoría evalúa	Informe con estadística y trazabilidad a camión/placa
C2	Resistencia a flexión (MR) (si aplica)	ASTM C78 / C293	Según pliego (p. ej., 1/500 m ²)	MR $\geq$ especificación (criterio estadístico)	Lab	Informe MR con edades y condiciones
C3	Módulo de elasticidad (si aplica)	ASTM C469	Por diseño o verificación especial	E $\geq$ diseño	Lab	Informe con curva esfuerzo–deformación
C4	Núcleos para verificación (si hay controversia)	ASTM C42	Por evento (no conformidad)	Cumplimiento con correcciones	Lab; interventoría ordena	Informe con localización exacta

Ítem	Ensayo / Verificación	Método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de Aceptación	Responsable	Evidencia Exigida
				de diámetro/edad		

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2022).

D. Geometría, juntas y transferencia de cargas

Tabla 21. *Guía normativa geometría, juntas y transferencia de cargas*

Ítem	Ensayo / Verificación	Método / Norma	Frecuencia Mínima (Base /Subbase)	Criterio de Aceptación	Responsable	Evidencia Exigida
D1	Espesor de losa	ASTM C174 (calas) / testigos	1/200 m por carril o por placa	Espesor $\geq$ especificación (tolerancias del pliego)	Interventoría (con apoyo laboratorio)	Acta con croquis y fotos
D2	Tiempo y profundidad de corte	ACI 302 / INVIAS	Por placa (registro de hora)	Corte en ventana y profundidad $\geq$ 1/3 e	Contratista; interventoría verifica	Registro de aserrado y fotos
D3	Alineación y posición de pasadores	INVIAS / guía de obra	Cada 100 m o por canastilla	Tolerancias de alineación y recubrimiento	Interventoría	Acta de inspección, plantilla/medición
D4	Limpieza y sellado de juntas	ASTM D6690 / INVIAS	Por tramo	Superficie limpia y seca, adhesión continua, sin vacíos	Contratista; interventoría acepta	Fichas técnicas, fotos antes/después
D5	Curado (tipo, cobertura y rendimiento)	ASTM C309/C1315 ; ACI 302/305/306	Por placa	Continuo, cobertura total; rendimiento $\geq$ especificado	Contratista; interventoría verifica	Bitácora, conteo de consumo, fotos

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

E. Superficie y servicio (funcional/estructural)**Tabla 22.** *Guía normativa superficie y servicio.*

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia mínima (Base/Subbase)	Criterio de aceptación	Responsable	Evidencia Exigida	
E1	Textura macro (si aplica)	ASTM (método arena)	E965 de	Por placa o según pliego	Dentro de rango (mm de mancha/altura)	Interventoría	Registro con fotos
E2	Regularidad superficial (IRI) (si aplica)	ASTM E1926 / procedimiento operativo	Al finalizar tramo	$IRI \leq$ umbral del contrato	Tercero laboratorio acreditado	o	Informe IRI con trazas
E3	Evaluación estructural (FWD) (si aplica)	Manual INVIAS/operativo	Por muestreo (p. ej., 1 cada 200–500 m)	$\text{Deflexión} \leq$ criterio de aceptación	Especialista/laboratorio		Informe con retro cálculo k/E

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2022)

F. Materiales y suministros (aprobación previa y trazabilidad)**Tabla 23.** *Guía normativa materiales y suministros*

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia mínima (Base/Subbase)	Criterio de aceptación	Responsable	Evidencia Exigida
F1	Cemento (tipo/lote)	ASTM C150/C595 (cert. proveedor)	Por lote	Tipo conforme al diseño; vigente	Proveedor ; interventoría revisa	Certificado y ficha técnica
F2	Agregados (granulometría)	ASTM C136/C88/C131/C117	Por fuente y cada	Dentro de bandas del diseño	Lab	Informes con curva

ítem	Ensayo / verificación	método / Norma	Frecuencia mínima (Base /Subbase)	Criterio de aceptación	de	Responsable	Evidencia Exigida
	a, sanidad, desgaste)		1.000 m ³ o cambio				granulométrica
F3	Humedades y absorción	ASTM C566/C127/C128	Diario y ante cambio	Dosificación ajustada (a/c constante)		Lab	Registro de correcciones
F4	Aditivos / adiciones (compatibilidad)	ASTM C494/C618/C989/C1240	Al inicio y cambio de lote	Sin efectos adversos; % de reemplazo conforme		Proveedor + Lab	Ensayo de compatibilidad y fichas
F5	Pasadores / barras (propiedades)	ASTM A615/A706; INVIAS	Por entrega	Ø, recubrimiento fy conformes	L, y	Contratista; a; interventoría válida	Certificados y acta de recepción
F6	Sello de juntas (tipo/propiedades)	ASTM D6690	Por lote	Aptitud para clima/ancho; adhesión		Contratista; a; interventoría válida	Ficha técnica y recomendación fabricante
F7	Compuesto de curado (tipo/rendimiento)	ASTM C309/C1315	Por lote	Rendimiento especificado	≥	Contratista; a; interventoría válida	Fichas + control de consumo
F8	PMT y permisos (habilitantes)	Normas de tránsito/ambientales	Previo a iniciar frentes	PMT aprobado; licencias/vertimientos		Contratista; a; interventoría exige	Resoluciones y actas vigentes

Nota: la tabla fue adaptada a partir de las distintas fuentes de información citadas (Instituto Nacional de Vías, 2013).

5. *Permisos y condicionantes para habilitar frentes:* Previo a cualquier vaciado, la interventoría valida la vigencia de permisos y autorizaciones: PMT y cierres viales, ocupación del espacio público para formaletas y acopios, permisos de vertimiento y manejo de RCD, así como licencias o autorizaciones de las fuentes de materiales cuando sean aplicables. También se verifica la coordinación con redes de servicios públicos y la aprobación de horarios de trabajo

y niveles de ruido. La ausencia de cualquiera de estos permisos no solo expone al proyecto a sanciones y suspensiones, sino que afecta la continuidad del proceso, por lo que su control se integra al flujo de decisiones técnicas.

Teniendo en cuenta las guías propuestas, los factores expuestos pueden resumirse en la

Tabla 24.

Tabla 24. *Factores que afectan la selección de materiales, el suministro de recursos y el control de calidad en la supervisión de pavimentos rígidos.*

Eje	Factores clave (qué afecta)	Implicación directa para supervisión/interventoría (qué verificar)
Selección de materiales	1) Definición y especificación de materiales (cemento, agregados, aditivos, curado, sellantes y acero). 2) Cambios de materiales durante obra. 3) Parámetros de diseño de mezcla	Exigir fichas y trazabilidad por lote; cualquier cambio debe ser informado y aprobado por supervisión para evitar pérdida de desempeño del concreto y del pavimento.
Suministro de recursos	1) Capacidad de equipos vs. ritmo de suministro de concreto. 2) Logística/continuidad del vaciado (evitar detenciones). 3) Abastecimiento y almacenamiento (canastillas/pasadores).	Verificar plan logístico (producción–transporte–colocación); el suministro debe ajustarse al rendimiento del frente para evitar tiempos de espera que afecten la calidad; revisar almacenamiento y disponibilidad de elementos críticos.
Control de calidad (QA/QC)	1) Control y caracterización de materiales y capas de soporte (subrasante/base). 2) Controles al concreto en obra (viguetas/cilindros, etc.). 3) Ensayos de resistencia como base para aceptación y verificación de especificaciones.	Asegurar cumplimiento de especificaciones y frecuencias de control; dejar registros (formatos) y tomar acciones correctivas; usar resultados (ej., resistencia) para verificar cumplimiento contractual.

Nota: la tabla fue elaborada teniendo como referencia lo siguiente: (Instituto Nacional de Vías, 2022), y (Grupo Argos, 2025).

5. Conclusiones

Al evaluar las problemáticas comunes en la gestión de calidad, la literatura técnica es consistente en tres focos de riesgo evaluados mediante el método PHVA: materiales sin trazabilidad o con control de procesos; desalineación logística–proceso (tiempos de transporte elevados y falta de equipos de respaldo, lo que retrasa el corte de juntas y el curado); y control de calidad incompleto (ausencia de criterios de aceptación y puntos de parada). Estas brechas se traducen en fisuración temprana, desportillamientos, un sello de juntas deficiente y variabilidad de la resistencia; por tanto, la calidad del pavimento en concreto hidráulico depende menos de la especificación “en papel” y más de controles preventivos, medibles y trazables antes, durante y después de la construcción.

En la determinación de los procedimientos actuales de selección de materiales, suministro y control de calidad, los casos revisados muestran que los procedimientos existen, pero suelen ser heterogéneos e incompletos: controlan ensayos en fresco, pero no siempre conectan con la aceptación estructural (f'_c /MR), con la geometría (espesores) y con la gestión de juntas y el curado, como se aborda en este documento. Hay vacíos frecuentes en la selección de fuentes, los planes de suministro y el plan de calidad formal (frecuencias, criterios de aceptación y no conformidades). En consecuencia, la probabilidad de fallas tempranas aumenta cuando la selección de materiales, los suministros de recursos y el control de calidad no están integrados en un mismo sistema y la trazabilidad contractual (pliegos, actas y registros) es débil.

Elaborando la guía para apoyar la supervisión convierte las normas INVIAS, ACI y ASTM, en instrucciones operativas claras: qué se ensaya, con qué método, cada cuánto, quién responde y qué evidencia lo soporta, incorporando criterios de aceptación y puntos de parada que detienen el avance cuando hay desviaciones. Aplicada en obra, esta guía sincroniza materiales, logística,

normatividad y control de calidad, facilita la auditoría (por su trazabilidad) y mejora el desempeño y la durabilidad del pavimento al disminuir retrabajos, patologías y controversias técnico-contractuales.

Referencias bibliográficas

- Almaguer, M. (2021). *Gestión de proyectos: fundamentos y aplicaciones*.
- Argos. (2023). *Guia basica de construccion de pavimentos de concreto*.
- Arroyo, J. (2023). *The design of strategies and tactics in the strategic planning of education. Educación*.
- Barragan, D. A. (2019). *Supervision tecnica y control de calidad en proyectos de pavimentacion de la malla vial y construccion de obras de arte complementarias*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Barragan, D. A. (2019). *Supervision tecnica y control de calidad en proyectos de pavimentacion de la malla vial y construccion de obras de arte complementarias*. Bucaramanga.
- Cauca, C. D. (2025). *Informe final: Denuncia ciudadana DC-11-2025 (Municipio de El Cerrito)*. Santiago de Cali, Colombia.
- Construproductos. (2026). *Construproductos*. Obtenido de Construproductos: <https://construproductos.com/producto/dowel-gExuv>
- Espinoza Contreras, A. G. (2019). *Mejoramiento de las herramientas de control de calidad en la construcción de pavimentos rígidos para plataformas de abordaje en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- García Sosa, J. (2023). *Sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2015 y la productividad en la construcción de pavimentos rígidos*.
- Grupo Argos. (2025). *Tipos de deterioros en pavimentos de concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/>
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2016). *Informe técnico sobre desempeño estructural de pavimentos en vías urbanas de Bogotá*. Bogotá D.C.

Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*.

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Manual de diseño de pavimentos para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Instituto Nacional de Vías.

Instituto Nacional de Vías. (2013). *Normas de Ensayo de Materiales Para Carreteras*.

Instituto Nacional de Vías. (2022). *Manual de interventoria de obra publica*.

International Organization for Standardization. (2015). *iso.org*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

Invias, Unal. (2022). *Especificaciones generales de construcción de carreteras*.

Jaramillo, A., Patricio, Z., & Librelotto, L. . (2019). *Durability of natural building materials: Perceptions of designers, builders and users in Florianópolis*. Brazil.

Londoño Naranjo, Cipriano y Alvarez Pabon, Jorge Alberto. (2008). *Manual de diseño de Pavimentos de concreto : para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Medellin: ICPC.

Londoño, C. (2022). *Conoce la importancia y las ventajas de los pavimentos en concreto*. Obtenido de 360enconcreto.com: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/importancia-y-ventajas-del-pavimento-en-concreto/>

Londoño, C. A. (2004). *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto*. Medellin: Piloto S.A.

Motor. (03 de Marzo de 2023). *¿Por qué se demoran tanto las obras en Colombia?* Obtenido de Motor.com: https://www.motor.com.co/seccion/industria/por-que-se-demoran-tanto-las-obras-en-colombia_15405?utm

Navarro y Lozano. (2018). *Construction materials. Strategies for teaching in architecture schools*.

NSR-10. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, Título I - Supervisión técnica*.

Palmar, C. E. (2023). *Concretos El Palmar*. Obtenido de concretoselpalmar.com:
<https://concretoselpalmar.com/problemas-de-calidad-en-construccion-como-identificarlos-y-solucionarlos>

Palmira, C. M. (2020). *Informe final de auditoría regular: Administración Central de Palmira, vigencia 2019 (Código 140-17-06-33, versión 07)*. Palmira, Colombia.

PMI. (2017). *A guide to the project management body of knowledge*. (6th ed.). Project Management Institute.

República, C. G. (2022). *Resultado final de la denuncia código SIPAR 2022-243773-80864-D: UNGRD*. Bogotá, D. C., Colombia.

Restrepo, C. C. (2024). *Denuncian 110 irregularidades y sobrecostos en obras de la malla vial*. Obtenido de concejodebogota.gov: https://concejodebogota.gov.co/denuncian-110-irregularidades-y-sobrecostos-en-obras-de-la-malla-vial/cbogota/2024-02-14/114932.php?utm_source=chatgpt.com

Rosero, J. C. (2020). *Análisis del diseño y la calidad de la estructura de pavimento del proyecto: “Mejoramiento de las vías urbanas del municipio de Córdoba, a través de la pavimentación en concreto rígido de la calle 4 entre carrera 1a y carrera 4, departamento de Nariño”*. Medellín.

SafetyCulture. (11 de 04 de 2025). *SafetyCulture*. Obtenido de safetyculture.com:
<https://safetyculture.com/es/temas/gestion-de-la-construccion/control-de-calidad-en-obras-de-construccion/>

Sangroni, N. M. (2021). *Main models of urban life quality management associated with transport*.

Shtayat, A. (29 de Noviembre de 2025). *ScienceDirect*. Obtenido de Asphalt pavements.

ScienceDirect

Topics:

Engineering:

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/asphalt-pavements>

Solminihaç, T. H. (2018). *Gestión de Infraestructura Vial*. Santiago de Chile: Ediciones

Universidad Católica de Chile. .

Stone, J. (2015). *Management Theory: The Seven Schools of Thought*. Obtenido de

[https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_](https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_Thought)

Stone, J. (2015). *Management Theory: The Seven Schools of Thought*. . Obtenido de

[https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_](https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_Thought)

Stone, J. (s.f.). *Management Theory: The Seven Schools of Thought*. . Obtenido de

[https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_](https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_Thought?email_work_card=view-paper)

[Thought?email_work_card=view-paper](https://www.academia.edu/36536131/Management_Theory_The_Seven_Schools_Of_Thought?email_work_card=view-paper)

Tolima, C. D. (2022). *Auto de archivo de proceso de responsabilidad fiscal No. 020:*

Administración Municipal de San Luis (Tolima) (Proceso 112-127-019; código RF-017, versión 01). Ibagué, Colombia.

Volpentesta, A. (2017). *Stakeholder theory y gobierno de proyectos*.