

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle



Propuesta de implementación desde la gerencia de proyectos para el uso de llantas recicladas en la construcción de placa-huellas en zonas rurales de Riofrío

Victoria Andrea Sánchez Ramírez - NRC-176 Monografía

Lisay Peña Peñaranda - NRC-176 Monografía

Paula Andrea Torres Toro - NRC-176 Monografía

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo de 2026

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Propuesta de implementación desde la gerencia de proyectos para el uso de llantas recicladas en la construcción de placa-huellas en zonas rurales de Riofrío

Victoria Andrea Sánchez Ramírez

Lisay Peña Peñaranda

Paula Andrea Torres Toro

Monografía presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

Ivonne Tatiana Muñoz Martínez

Magíster en Administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Mayo de 2026

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

CONTENIDO.

Lista de Tablas	5
Lista de imágenes	6
Lista de anexos	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1. 1212	
1.1 Descripción Del Problema	12
1.2 La pregunta de investigación	13
1.3 Los objetivos de investigación.	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Justificación de la investigación	14
2. 1616	
2.1. Marco de Antecedentes	16
2.2. Marco Teórico	17
2.3. Marco normativo	19
3. 2121	
3.1. Enfoque y Alcance De La Investigación	21
3.2. Población y muestra	
273.2.1.Tipo De Población Del Diseño De Investigación	273.2.1.
273.2.2.Cálculo y Selección de Muestra De La Población Objeto De Estudio	273.2.2.
283.3. Instrumentos De Recolección De Datos	283.3.
303.4. Descripción De Procedimientos De	303.4.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Aplicación De Instrumentos De Recolección De Datos	
31	
3.5. Análisis De Información	33
3.6. Consideraciones Éticas (Consentimiento Informado Y Confidencialidad)	35
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas	35
3.7. Diagnóstico y Análisis de la Percepción Social en la Vereda Corozal	36
3.7.1. Análisis de Tecnologías y Aplicabilidad en Infraestructura Rural (Objetivo 1)	36
3.7.2. Diseño de Mecanismos de Gestión para la Aplicación Eficiente (Objetivo 2)	37
3.8. Articulación Gerencial de los Hallazgos	38
4. Analisis de Resultados	39
4.1 Análisis de tecnologías de reciclaje de llantas y su aplicabilidad en infraestructura vial rural	39
4.2 Análisis de Tecnologías y Aplicabilidad en Infraestructura Rural	42
5. Discusión	45
6. Conclusiones	47
7. Recomendaciones	49
Referencias Bibliográficas	51
Anexos	55

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Lista de Tablas

Tabla 1. Investigaciones previas del enfoque cualitativo de proyecto de investigación	22
Tabla 2. Analisis de Resultados	38

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Lista de imágenes

Imagen 1. Toma Satelital del Municipio de Riofrío, Valle del Cauca	29
Imagen 2. Toma Satelital del Corregimiento de Portugal de Piedra - Riofrío, Valle del Cauca	30
Imagen 3. Portal Territorial de Sisbén - Portugal de Piedra Riofrío Valle del Cauca	34
Imagen 4. Portal Territorial de Sisbén - Portugal de Piedra Riofrío Valle del Cauca	35

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Lista de anexos

Anexo 1. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 2. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 3. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 4. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 5. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 6. Encuesta a la comunidad del corregimiento de Portugal de Piedra	55
Anexo 7. Anexo consentimiento punto 3.6	56

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Resumen

Riofrío, especialmente en el corregimiento de Portugal de Piedra, vereda Corozal, donde las dificultades de movilidad limitan el acceso a servicios básicos como salud, educación y comercio. El objetivo principal fue proponer, desde la gerencia de proyectos, la implementación de placa-huellas elaboradas con aglomerado asfáltico y llantas recicladas como alternativa sostenible para el mejoramiento de la infraestructura vial rural. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y de alcance exploratorio, sustentado en revisión documental, análisis de estudios técnicos y aplicación de encuestas mixtas a la comunidad rural, con el fin de identificar factores técnicos, sociales, ambientales y gerenciales asociados a la viabilidad del proyecto. Los resultados evidenciaron una alta aceptación comunitaria frente al uso de materiales reciclados, así como la percepción positiva sobre la durabilidad, sostenibilidad y beneficios sociales de la propuesta. Asimismo, se identificó que la implementación eficiente del proyecto requiere mecanismos de gestión enfocados en la planificación estratégica, la participación comunitaria y la sostenibilidad del mantenimiento vial. Se concluye que el uso de aglomerado asfáltico con llantas recicladas constituye una alternativa viable para mejorar la conectividad rural y promover modelos de economía circular, aportando no solo al fortalecimiento de la infraestructura vial, sino también al desarrollo territorial sostenible y a la generación de valor público desde la gerencia de proyectos.

Palabras clave: gerencia de proyectos, infraestructura vial rural, llantas recicladas, placa-huellas, sostenibilidad.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Abstrac

Riofrio, especially in the village of Portugal de Piedra, hamlet of Corozal, where the difficulties of mobility limit the access to basic services like health, education, and commerce. The principal object was purpose since the project management team implemented paving slabs made from asphalt aggregate and recycled tires as a sustainable alternative for the improvement of rural road infrastructure. The investigation developed under qualitative research and is exploratory in range, based on a review of the documents, analysis of the technical studies, and application of our mixed surveys of the rural community, in order to identify technical, social, environmental, and management factors related to the viability of the project. The results evidenced high community acceptance of the use of recycled materials, as well as a positive perception of the proposal's durability, sustainability, and social benefits. Furthermore, it was determined that the project's efficient implementation requires management mechanisms focused on strategic planning, community participation, and the sustainability of road maintenance. It is concluded that the use of asphalt mix with recycled tires constitutes a viable alternative for improving rural connectivity and promoting circular economy models, contributing not only to the strengthening of road infrastructure but also to sustainable territorial development and the generation of public value through project management.

Keywords: Project management, rural road infrastructure, recycled tires, tire treads, sustainability.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Introducción

En la actualidad, la infraestructura vial se enfrenta al desafío de integrar prácticas sostenibles que mitiguen el impacto ambiental generado por los residuos industriales. Uno de los mayores contaminantes de difícil degradación son las llantas usadas (NFU - Neumáticos Fuera de Uso), las cuales, al no ser gestionadas correctamente, se convierten en focos de contaminación y riesgos para la salud pública. En este escenario, la economía circular emerge como un modelo estratégico que permite transformar estos residuos en insumos de alto valor para la construcción, específicamente mediante la obtención de Grano de Caucho Reciclado (GCR) para la modificación de mezclas asfálticas y elementos estructurales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017, julio 6). Resolución 1326 de 2017.

Colombia presenta una brecha significativa en la conectividad de sus zonas rurales, donde el mal estado de las vías terciarias limita el desarrollo socioeconómico de las comunidades. El municipio de Riofrío, en el Valle del Cauca, no es ajeno a esta realidad; la vereda Portugal de Piedra requiere soluciones de infraestructura que no solo sean duraderas, sino también técnica y financieramente viables. (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2022) La construcción de placa-huellas se ha consolidado como la solución técnica para la topografía colombiana, pero su implementación tradicional demanda un alto consumo de materiales convencionales, lo que abre una oportunidad para la innovación tecnológica.

Desde la perspectiva de la Gerencia de Proyectos, la implementación de nuevas tecnologías en la construcción civil no debe limitarse únicamente a la ejecución técnica, sino que requiere una gestión integral basada en estándares internacionales como los del Project Management Institute (PMI). Esta monografía aborda la problemática desde una visión gerencial, analizando la viabilidad técnica, el cumplimiento normativo (alineado con las resoluciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y la gestión de los interesados (stakeholders). El éxito de un proyecto de esta naturaleza radica en la capacidad de equilibrar la triple restricción: alcance, tiempo y costo, incorporando además un cuarto eje fundamental: la sostenibilidad ambiental. (Project Management Institute [PMI], 2021).

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

El presente trabajo de investigación se propone diseñar una hoja de ruta para la implementación de GCR en la construcción de placa-huellas en la zona rural de Riofrío. Para ello, se realiza un diagnóstico de la situación actual, se evalúan las percepciones de la comunidad directamente beneficiada y se estructura una propuesta que sirva como modelo replicable para otros entes territoriales. A través de este análisis, se pretende demostrar que la innovación en materiales, respaldada por una gerencia de proyectos rigurosa, es un motor clave para el desarrollo territorial sostenible en el departamento del Valle del Cauca.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

1. Planteamiento Del Problema

1.1 Descripción Del Problema

En la zona rural del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, las condiciones de las vías hacia las veredas reflejan un marcado deterioro que obstaculiza el tránsito de vehículos y, en particular, se convierte en un reto mayor durante las temporadas de lluvias, cuando el terreno se vuelve intransitable. Esta situación afecta de manera directa la posibilidad de acceder a servicios esenciales como salud, educación y comercio, lo cual no solo impacta negativamente en la calidad de vida de los habitantes, sino que también limita las oportunidades de crecimiento y desarrollo económico de la región. (Alcaldía de Riofrío, 2024)

Observando la realidad de esta comunidad, se ha considerado realizar unas placas huella en las zonas más afectadas como alternativa para mejorar la movilidad rural. Sin embargo, realizando un análisis técnico-ambiental, se ha decidido utilizar asfalto con llantas recicladas para así, a su vez, contribuir con el cuidado del medio ambiente. Para ello, se requiere realizar una evaluación minuciosa desde la perspectiva de la gerencia de proyectos de infraestructura rural.

Desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental, esto implica analizar costos de inversión, normatividad vigente, disponibilidad de materiales y la aceptación por parte de la comunidad. Para ello, la toma de decisiones debe ser estratégica, lo cual nos permitirá, como gerentes de proyectos, definir todo lo que se requiere para la implementación de esta placa huella en el contexto específico del municipio de Riofrío. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

El problema se plantea no solo desde el punto de vista del mal estado de las vías, sino desde la falta de criterios y herramientas que nos permitan ser orientados para la toma de decisiones de inversión y convertirlas en soluciones innovadoras y sostenibles. Para ello, se necesita determinar si utilizar las llantas recicladas para la producción del asfalto será una buena opción para mejorar la infraestructura vial de la zona rural, teniendo en cuenta los recursos disponibles, el impacto ambiental que se logrará y, lo principal, los beneficios para esta

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

comunidad a largo plazo, los cuales les permitirán mejorar tanto el acceso a sus vías como su desarrollo social. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

1.2 La pregunta de investigación

¿Qué estrategias o mecanismos desde la gerencia de proyectos se pueden proponer para utilizar aglomerado asfáltico con llantas recicladas en la implementación de placa-huellas, considerando los desafíos de movilidad y acceso a servicios básicos en la zona rural de Riofrío, Valle del Cauca?

1.3 Los objetivos de investigación.

1.3.1 Objetivo general

- Proponer desde la gerencia de proyectos la implementación de placa-huellas, de aglomerado asfáltico con llantas recicladas en Riofrío, Valle de Cauca, que contribuyan a mejorar la movilidad y el acceso a servicios básicos en la zona rural del corregimiento de Portugal de Piedra en la vereda Corozal.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las tecnologías disponibles en Colombia para el reciclaje de llantas, con la finalidad de identificar su aplicabilidad en proyectos de infraestructura vial en la zona rural, desde el punto de vista de gerencia de proyectos.
- Diseñar mecanismos de gestión utilizados en gerencia de proyectos que permitan la aplicación eficiente del aglomerado asfáltico con llantas recicladas en vías rurales del corregimiento de Portugal de Piedra.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladadas Para Zona Rural De Riofrío Valle

1.4 Justificación de la investigación

El presente proyecto se justifica por su relevancia académica, científica y social, ya que busca generar un aporte integral a la comunidad rural del corregimiento Portugal de Piedra en la vereda Corozal del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, a partir de una solución innovadora y sostenible para el mejoramiento de sus vías terciarias.

Desde lo académico y científico, este estudio contribuye al campo de la gerencia de proyectos al analizar la viabilidad de emplear materiales alternativos como el granulado de caucho reciclado (GCR) en mezclas asfálticas. Aporta nuevo conocimiento sobre criterios técnicos, ambientales y normativos que permiten valorar la aplicabilidad de esta solución en contextos rurales, además de generar insumos para futuras investigaciones en infraestructura vial sostenible. (Monge Riofrío, B. A., & S. G. , 2019)

Desde el punto de vista técnico y ambiental, los neumáticos usados, están compuestos en un 60% por caucho natural o sintético, tiene propiedades como la impermeabilidad; absorción de impactos y mayor fricción, cuyas características lo hacen apto para su incorporación en mezclas asfálticas. (Páez García, M.A, 2020)

Desde lo social y comunitario, la propuesta responde a una necesidad prioritaria de la población rural de Riofrío, según la proyección del DANE a partir del censo realizado en 2018, más del 50% de sus habitantes depende directamente del estado de las vías para acceder a servicios esenciales de salud, educación, comercio y transporte de productos agrícolas. La implementación de placa-huellas con materiales reciclados no solo mejora la movilidad y la calidad de vida de la comunidad, sino que también fortalece el desarrollo económico local y la cohesión social.

Desde el punto de vista ambiental y económico, la iniciativa representa una oportunidad de aprovechar un residuo sólido altamente contaminante como las llantas en desuso, incorporándolo a una solución vial sostenible que reduce costos de mantenimiento a largo plazo. Asimismo, favorece la gestión eficiente de residuos y contribuye al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad en la región.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

En conclusión, este proyecto es relevante porque articula los criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales en una propuesta de innovación que mejora la infraestructura vial, fomenta la sostenibilidad y fortalece la presencia del Estado en el territorio, constituyéndose en un aporte significativo tanto para la comunidad de Riofrío como para el ámbito académico y científico de la gerencia de proyectos.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

2. Marco De Referencia

2.1. Marco de Antecedentes

La deficiente intervención económica del estado en las zonas rurales de Colombia afecta directamente el desarrollo económico, social y ambiental de las comunidades en Colombia. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2019), el 69 % de la red vial nacional corresponde a vías terciarias, de las cuales solo el 19 % se encuentra en condiciones aceptables. Esta limitación ha generado que la población rural enfrente dificultades para acceder a servicios básicos (salud, educación y comercialización de productos agrícolas), lo que agrava las desigualdades territoriales.

A nivel latinoamericano, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021) indica que los servicios básicos y, en este caso, las vías rurales son un componente primordial para el desarrollo territorial sostenible, ya que fortalecen la productividad y la equidad social. Sin embargo, la falta de inversión, los altos costos de rehabilitación y las limitaciones presupuestales en los municipios continúan afectando su funcionalidad.

En Colombia, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2017) ha promovido el uso de las placas-huellas como una opción eficaz en áreas montañosas y vías con poco tráfico. Sin embargo, su implementación se encuentra con retos relacionados con la falta de recursos y la escasez de materiales sostenibles a bajo costo.

La utilización de asfalto natural proveniente del Alto Magdalena y Norcasia (Caldas) como una alternativa factible para optimizar las condiciones de las vías terciarias ha sido sugerida en investigaciones realizadas por Núñez et al. (2020), publicadas en la Revista Centro Sur, y por Ruiz Núñez (2021) en la Universidad Pontificia Bolivariana. Estos estudios evidencian que el uso de materiales locales puede disminuir los costos medioambientales y logísticos, produciendo opciones sustentables adecuadas para la realidad rural de Colombia.

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020) ha promovido la incorporación de granulado de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas en la

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

pavimentación de vías, favoreciendo la economía circular y la reducción de residuos sólidos. Rubcorp (2023) y la Revista Espacios (2019) documentan que las mezclas asfálticas modificadas con caucho aumentan la durabilidad, flexibilidad y adherencia del pavimento, reduciendo el ruido vehicular y los costos de mantenimiento.

Investigaciones como las de Flores-De Valgas y Mogrovejo (2023), publicadas en la revista Yachasun, evidencian a nivel global la relevancia de realizar una evaluación funcional del pavimento flexible. Esta evaluación se lleva a cabo a través de indicadores como el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Regularidad Internacional (IRI), que posibilitan medir tanto la factibilidad técnica como el rendimiento estructural de los caminos rurales. Del mismo modo, PetroNaft (2022) y Scielo Costa Rica (2021) han mostrado que el asfalto se beneficia de las propiedades geológicas y mecánicas del caucho reciclado, lo cual hace que su vida útil sea más larga. (Flores De Valgas Giler Stalin Bladimiro, 2023)

Estos antecedentes evidencian que la aplicación de materiales reciclados y recursos locales constituye una oportunidad estratégica para mejorar la movilidad rural, fortalecer la sostenibilidad ambiental y optimizar la inversión pública en infraestructura vial, principios fundamentales para el proyecto propuesto en la zona rural de Riofrío, Valle del Cauca.

2.2. Marco Teórico

De acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el acceso a vías terciarias permite la conexión de la población rural a los mercados, también a servicios básicos como salud y educación, y la reducción de las brechas territoriales (DNP, 2019). En Colombia, las vías terciarias representan cerca del 69% de la red vial del país, presentando un estado deficiente, con solo el 19% en buenas condiciones, con los cambios normativos e institucionales desde 1991, se les ha entregado la obligación a los municipios sin los recursos o capacidades técnicas adecuadas, para poder mejorar estas condiciones en sus zonas rurales, lo que afecta la producción y calidad de vida de las comunidades rurales. (Gabriel, 2020)

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

En este sentido, las vías terciarias se definen como aquellas que permiten la integración entre zonas rurales y centros urbanos, cumpliendo una función estratégica en el desarrollo territorial. Desde un enfoque teórico, la infraestructura vial rural no solo facilita la movilidad, sino que actúa como un determinante del desarrollo económico, la inclusión social y la reducción de la pobreza en contextos rurales.

Esta situación se explica por el estado deficiente de la infraestructura en las vías rurales de los corregimientos y veredas, como es el caso del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, se debe a varios factores: la escasa inversión pública, la limitada capacidad técnica de las entidades territoriales para conservar y rehabilitar vías terciarias y el impacto climático que acelera el deterioro de estas vías. Según proyecciones del DANE (2018), más del 50% de la población rural depende directamente del buen estado de estas vías para garantizar su subsistencia y comercializar productos agrícolas.

Esta problemática no es aislada, ya que el boletín de la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) nos habla de la importancia de la infraestructura vial rural y su papel crucial en la producción, conectividad y desarrollo territorial en América Latina y el Caribe. El papel tan importante que juegan los caminos rurales para el desarrollo sostenible y para lograr el acceso universal básico, un objetivo clave en la Agenda 2030. Mediante el uso del Índice de Acceso Rural (RAI), el análisis revela las importantes brechas de inversión y la baja proporción de vías pavimentadas en la región. (Gabriel, 2020)

En coherencia con lo anterior, la incorporación de materiales reciclados en proyectos de infraestructura vial se fundamenta en los principios de la economía circular, la cual promueve el aprovechamiento de residuos como recursos productivos. Desde la ingeniería civil, el uso de caucho reciclado en mezclas asfálticas ha demostrado mejorar propiedades como la elasticidad, resistencia y durabilidad, convirtiéndose en una alternativa técnica viable y ambientalmente sostenible.

Frente a este contexto el gerente de proyectos moderno trasciende la supervisión técnica para convertirse en un articulador estratégico que integra los objetivos organizacionales con las necesidades del entorno. Bajo los lineamientos del Project Management Institute (PMI, 2021), el liderazgo en proyectos viales debe fundamentarse en un pensamiento sistémico, donde el gerente

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

evalúa cómo la introducción de materiales alternativos, como el caucho reciclado afecta no solo la infraestructura física, sino también el ecosistema social y ambiental.

Bajo este enfoque, la gerencia de proyectos aplicada a infraestructura pública implica la toma de decisiones basada en criterios de valor, donde se integran variables técnicas, económicas, sociales y ambientales. Esto permite no solo garantizar la ejecución eficiente del proyecto, sino también su sostenibilidad y pertinencia en el contexto territorial donde se desarrolla.

En este sentido, la gerencia de proyectos se define como la aplicación de conocimientos y habilidades para entregar valor, lo cual implica que el gerente debe balancear las restricciones tradicionales (alcance y recursos) con criterios de sostenibilidad y resiliencia. Según el estándar del PMI, la eficiencia en la ejecución no se mide solo por la entrega de la obra, sino por la gestión de beneficios a largo plazo, asegurando que la innovación técnica en las placa-huellas de vereda de Portugal de Piedra del municipio de Riofrío, se traduzca en una mejora real de la movilidad y el acceso a servicios básicos, garantizando así la viabilidad social y la optimización del ciclo de vida del activo vial.

2.3. Marco normativo

El desarrollo de infraestructura vial con materiales alternativos se sustenta en una estructura legal integral que busca armonizar el progreso civil con la preservación del capital natural. Este marco normativo no sólo establece límites, sino que define la hoja de ruta para la gestión pública y privada en Colombia. En primer lugar, se fundamenta en el derecho a un medio ambiente sano y el desarrollo sostenible, principios que obligan a que todo proyecto de ingeniería minimice su huella ecológica. En segundo lugar, se integra la política de producción y consumo sostenible, la cual exige un cambio en los modelos lineales hacia procesos que optimicen el uso de recursos. Finalmente, la normativa vigente sobre el aprovechamiento de residuos en procesos productivos actúa como el soporte técnico que legaliza y fomenta la reincorporación de materiales como el caucho reciclado en la cadena de valor de la construcción, transformando un pasivo ambiental en un insumo de alta ingeniería.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

- **Decreto 1076 de 2015 (Ministerio de Ambiente):** Decreto expedido en Colombia, la cual regula la gestión de residuos sólidos del sector ambiente y desarrollo sostenible (sostenible, Decreto 1076 de 2015, 2015). En este caso, se toma como referencia para aplicarlo en el uso adecuado y sostenible de reciclaje de neumáticos.
- **Resolución 1326 de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible):** establece lineamientos de sistemas de recolección y gestión ambiental para el manejo de llantas usadas (sostenible, Decreto 1326 de 2017, 2017). Se toma como guía para la evaluación y viabilidad del aglomerado con llantas recicladas con mezcla asfáltica, para la aplicación de placa-huellas.
- **Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible:** Motiva hacia una cultura sostenible y transformación productiva a la competitividad empresarial, como estrategia del estado colombiano que promueven el mejoramiento ambiental sostenible, (Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, 2011). Se toma como referencia y parte importante de la investigación, ya que promueve y orienta al aprovechamiento de residuos en procesos productivos.

En conclusión, la integración de los tres ejes normativos analizados proporciona la base de legalidad y legitimidad necesaria para la implementación de placa-huellas con asfalto modificado en el corregimiento de Portugal de Piedra en la vereda Corozal del municipio de Riofrío, Valle del Cauca. La sinergia entre las políticas de desarrollo sostenible y los lineamientos de producción y consumo demuestra que la gerencia de proyectos debe migrar hacia modelos de economía circular, donde el residuo deja de ser un desecho para convertirse en un recurso estratégico. El cumplimiento de la normativa sobre el aprovechamiento de residuos no solo garantiza la protección ambiental, sino que asegura la eficiencia técnica y la durabilidad de la obra vial. Así, el marco legal se transforma en una herramienta de gestión que respalda la innovación, el bienestar social y la conectividad de las comunidades rurales bajo estándares de responsabilidad global.

3. Metodología

3.1. Enfoque y Alcance De La Investigación

El alcance del presente proyecto es establecer una ruta de implementación basada en gerencia de proyectos para el uso de aglomerado asfáltico con llantas recicladas en la aplicación de placa-huellas rurales en el corregimiento de Portugal de Piedra en la vereda Corozal del municipio de Riofrío, Valle del Cauca. A través de un enfoque exploratorio, se busca generar un diagnóstico integral que permita identificar los factores clave que inciden en la implementación de esta alternativa sostenible, considerando las condiciones geográficas, la disponibilidad de materiales, la normativa vigente y la percepción de la comunidad.

La investigación no contempla la ejecución física de la obra ni la fabricación del material, sino la propuesta de aplicación en el contexto rural del municipio. De esta manera, el estudio contribuirá a establecer lineamientos y recomendaciones que sirvan de base para un proyecto de infraestructura vial sostenible.

La población beneficiada corresponde a la comunidad rural de Riofrío, que actualmente enfrenta dificultades de movilidad, acceso a servicios básicos y limitaciones económicas debido al deterioro de las vías terciarias. Los resultados de este estudio permitirán orientar decisiones de inversión y gestión de proyectos que mejoren la conectividad, impulsen el desarrollo local y promuevan prácticas de construcción más sostenibles mediante el aprovechamiento de materiales reciclados.

El enfoque de este proyecto de investigación adopta un enfoque metodológico cualitativo, ya que su objetivo principal es diseñar la implementación del uso de llantas recicladas para la elaboración de aglomerado asfáltico en placa-huella, para el mejoramiento de vías rurales que conducen a veredas del municipio de Riofrío, Valle del Cauca.

El enfoque metodológico cualitativo del proyecto se justifica porque no se pretende realizar mediciones numéricas, ni pruebas experimentales directas sobre el material, sino

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

interpretar y analizar los hallazgos existentes para establecer criterios que orienten la toma de decisiones desde la gerencia de proyectos de infraestructura rural.

Este enfoque es adecuado con el proyecto porque el estudio se sustenta en una revisión exhaustiva de información secundaria como lo son: investigaciones previas, tesis, artículos científicos y revistas especializadas, que aportan conocimiento sobre experiencias similares en otros contextos.

Tabla 1. Investigaciones previas del enfoque cualitativo de proyecto de investigación

ítem	Nombre	Tipo de Documento	Autor	Resultados	Link Referencial
1	Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada.	Investigación	Figueroa Infante, Ana Sofía; Sánchez Castillo, Arnulfo; and Reyes Lizcano, Fredy Alberto (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - La mezcla elaborada con asfalto modificado del CIB es más resistente y rígida que la mezcla preparada con asfalto convencional. (El asfalto modificado del CIB es un tipo de asfalto que ha sido modificado con polímeros para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. El CIB (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria del Asfalto) es una organización que se dedica a la investigación y desarrollo de tecnologías para la industria del asfalto en Colombia). - Los asfaltos modificados con material reciclado tienen propiedades mejoradas en comparación con los asfaltos convencionales, incluyendo una mayor resistencia a la fatiga, una mayor capacidad de recuperación elástica, una mayor resistencia a la 	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47711998001

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

				<p>deformación permanente, una mayor resistencia a la oxidación y una menor susceptibilidad térmica.</p> <p>- La adición de materiales reciclados, como el icopor y las llantas, puede mejorar la calidad y desempeño del asfalto, al aumentar su rigidez, resistencia y capacidad de absorción de energía.</p> <p>- La técnica de criomicroscopía óptica es una herramienta útil y económica para obtener imágenes claras y reproducibles de asfaltos modificados.</p>	
2	<p>Diagnóstico de las condiciones superficiales y evaluación del comportamiento estructural del pavimento de las vías construidas por el instituto de desarrollo urbano con asfalto modificado con caucho reciclado de llanta (GCR), en las localidades de Fontibón, Bosa y Teusaquillo, en la ciudad de Bogotá.</p>	Monografía	<p>Nelson Eduardo Vargas Jimenez ,Fabio Alonso Rodriguez (2014)</p>	<p>-Las mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho reciclado de llanta (GCR) presentan un comportamiento estructural y superficial adecuado en los tramos de vía evaluados.</p> <p>-La utilización de esta tecnología puede contribuir a la reducción de los costos de mantenimiento de las vías, ya que se ha observado una menor frecuencia de reparaciones en los tramos evaluados.</p>	<p>https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/2d60e9f9-379f-437e-9c2a-634453d9fd0a/content</p>
3	<p>Uso de residuos de caucho en pavimento de asfalto para el mejoramiento de Carreteras terciarias en el municipio de pesca Departamento de Boyacá.</p>	Trabajo de grado	<p>HUGO ARMANDO MONTAÑA SANABRIA (2021)</p>	<p>- Se pueden obtener buenos favorables de la mezcla asfáltica en caliente con GCR por vía húmeda.</p> <p>- Generar la reacción adecuada entre el cemento asfáltico y el GCR.</p>	<p>http://hdl.handle.net/10654/39602.</p>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

4	Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos.	Artículo	Martínez-Arguelles, G., Caicedo, B., González, D., Celis, L., Fuentes, L., & Torres, V. (2018). (2018)	<p>- Reducción significativa en el ahuellamiento y la densidad de fisuración, lo que indica una mayor resistencia a la fatiga.</p> <p>- Se encontró que las mezclas modificadas con GCR presentaron un mejor desempeño y propiedades mecánicas en comparación con las mezclas convencionales.</p> <p>- El estudio mostró que la modificación de mezclas asfálticas con grano de caucho reciclado (GCR) utilizando procesos de vía seca y vía húmeda arrojó varios resultados significativos. En el proceso de vía seca, se observó que las mezclas con GCR demostraron menores estabilidades y menores flujos en comparación con las mezclas convencionales. En contraste, el proceso de vía húmeda, que implicaba la modificación del cemento asfáltico previo al mezclado con los agregados, mostró que las mezclas con GCR presentaron viscosidades mayores y generaron mezclas con módulos igualmente mayores. Estas diferencias sugieren que la inclusión del GCR por el método de vía seca involucra mayores contenidos de asfalto, resultando en mezclas menos rígidas, mientras que el método húmedo produce mezclas con viscosidades</p>	<p>https://doi.org/10.4067/s0718-50732018000100041</p>
---	--	----------	--	---	--

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

				mayores y módulos dinámicos también mayores.	
5	Evaluación de la viabilidad de uso de mezclas asfálticas densas modificadas con grano de caucho reciclado (GCR) por medio de la vía seca.	Trabajo de grado	SARA FLOREZ LEMOS SARA ELENA GONZALEZ PIMIENTA (2021)	Busca evaluar la viabilidad de utilizar mezclas asfálticas densas modificadas con grano de caucho reciclado por medio de la vía seca, como una alternativa más amigable con el medio ambiente y potencialmente más económica que otros métodos de modificación asfáltica.	https://repository.eia.edu.co/entities/publication/bfcbfcc2-8aba-4237-8941-abad27e4cfd
6	Análisis documental del uso de llantas recicladas en obras civiles a nivel nacional.	Monografía	Felipe Santiago Clavijo Rodríguez (2021)	- Los resultados se basaron en la recolección de información cualitativa y cuantitativa de diversas fuentes, tales como bases de datos, documentos científicos, revistas, informes e institucionales.	https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-11634-42450 https://repository.usta.edu.co/items/d6712ac8-7c0d-48ff-8b26-09fc847978cd
7	Utilización de granulo de caucho pulverizado proveniente de llantas usadas como solución para reforzar los suelos Blandos de subrasante en la sabana de Bogotá.	Trabajo de grado	SERGIO ANDRÉS ÁLVAREZ CASTELBLANC O (2020)	- La utilización de caucho pulverizado como alternativa para el mejoramiento de suelos blandos de la capital colombiana busca abordar problemas como hundimientos en el suelo, extracción de agua subterránea y sobrecarga excesiva del terreno. - Beneficios económicos y ambientales para la ciudad, en comparación con los métodos tradicionales de reforzamiento de suelos. Además, se evidencia la falta de grandes estudios sobre el tema en Colombia.	http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2256
8	Comportamiento, viabilidad y costos de la implementación de Grano de caucho reciclado para la fabricación de mezcla Asfáltica.	Trabajo de grado	NESTOR ANDRES RUIZ GALEANO BRIAN RODRIGUEZ MEDINA (2016)	-La mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado (GCR) muestra una recuperación axial inicial mayor que la mezcla convencional a bajas temperaturas y frecuencias,	https://repository.ugc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f55fcbae-9809-46a5-a0d5-a94ad517fe22/content

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

				<p>pero esta recuperación disminuye con el aumento de temperatura y frecuencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El GCR puede mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, pero su uso en el proceso húmedo disminuye los módulos dinámicos. - El uso de GCR puede aumentar la resistencia a la tracción, prolongar la vida útil de los pavimentos y reducir el impacto ambiental de las llantas usadas. 	
9	Diseño del proceso de Reciclaje y reutilización de Neumáticos, introducción a La economía circular.	Trabajo final maestría	Byron Andrés Monge Riofrío (2019)	Proceso de reciclaje y reutilización de neumáticos en desuso para fabricar polvo de caucho y generar mezclas asfálticas. El objetivo principal es contribuir a la economía circular y se abordan diferentes aspectos como la estrategia de cumplimiento de pedidos, la elección de maquinaria y equipos de manejo.	https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/85972ffc-3997-48dc-b030-11833c800478/content
10	Caracterización y análisis de posibilidades tecnológicas para la apropiación del caucho reciclado a partir de llantas usadas en el desarrollo de nuevos productos.	Trabajo de grado	JOSE ALEJANDRO MEJIA ALZATE (2016)	Los resultados en el documento, incluyendo la realización de una prueba de percepción y sensorialidad. Esta prueba constó de tres etapas: en la primera etapa se presentaron sondas de diferentes tamaños y se pidió a los participantes que dieran sus impresiones sobre el caucho en polvo y granulado provenientes del reciclaje de llantas. En la segunda etapa, se realizaron preguntas sobre la percepción del caucho reciclado. Finalmente, en la tercera etapa, se mostraron imágenes de los usos actuales	https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2598/Trabajo%20de%20grado-Jose%20Alejandro%20Mejia%20Alzate.pdf?sequence=1

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

				del caucho reciclado y se pidió a los participantes que dieran sus ideas sobre posibles nuevos usos para este producto.	
--	--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

A través de este análisis documental, se busca comprender y evaluar cómo el uso de llantas recicladas con mezcla asfáltica puede contribuir a la sostenibilidad ambiental, la reducción de costos y la mejora en el ámbito infraestructural rural que beneficia a la comunidad rural de Riofrío.

Por lo tanto, este enfoque cualitativo permite profundizar en el entendimiento del problema, analizar los impactos sociales y ambientales de la población rural de Riofrío y proponer alternativas innovadoras y sostenibles para el desarrollo vial del municipio de Riofrío.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Tipo De Población Del Diseño De Investigación

Este tipo de diseño de investigación, de acuerdo a nuestro proyecto, es exploratorio, ya que el propósito principal no es desarrollar un producto final o validar resultados técnicos, sino analizar, conocer y comprender un fenómeno o un problema poco estudiado en Colombia, en este caso la propuesta de implementación basada en gerencia de proyectos de llantas recicladas en placa-huellas con mezcla asfáltica para las vías de la zona rural de Riofrío. Este tipo de investigación se utiliza cuando el estudio presenta un nivel limitado de información previa y necesita un acercamiento inicial que permita identificar variables relevantes al proyecto y posibles soluciones.

La población beneficiada será la comunidad rural del corregimiento de Portugal de Piedra en la vereda Corozal del municipio de Riofrío, cuyas condiciones de movilidad, acceso a servicios básicos y oportunidades económicas se ven afectadas por el deterioro de vías o el difícil acceso a las veredas. Este proyecto permitirá analizar y valorar cómo la placa-huella con material

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

de llantas recicladas con mezcla asfáltica puede mejorar la conectividad, la movilidad de personas y productos, y generar beneficios sociales y económicos a la comunidad de Riofrío, al tiempo que se considera el impacto ambiental y la aceptación local.

A través de la exploración de experiencias previas, revisión documental, análisis de estudios técnicos y recolección de información de actores locales, se pretende obtener un panorama general que permita analizar y valorar el potencial del material de llantas recicladas con mezcla asfáltica como alternativa sostenible para el mejoramiento de vías terciarias de la zona rural de Riofrío, Valle del Cauca.

3.2.2. *Cálculo y Selección de Muestra De La Población Objeto De Estudio*

La población objeto de estudio está conformada por la comunidad rural del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, específicamente los habitantes del corregimiento de Portugal de piedra quien tiene 630 viviendas construidas y 1762 habitantes, quienes se ven afectados por el deterioro de las vías terciarias. Donde solo se escogerá la vereda de Corozal que tiene solo 38 viviendas y se encuestará todos los predios, pero por jefe cabeza de hogar.

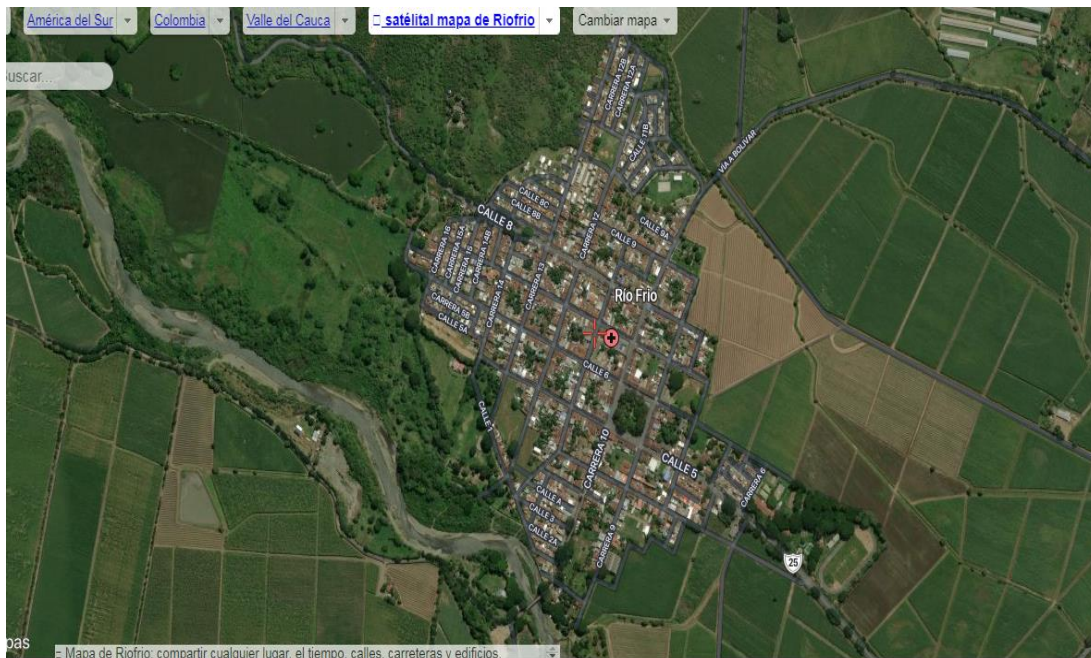
Dicho lo anterior, se encuestarán 38 personas de la vereda Corozal del corregimiento de Portugal de Piedra del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, quienes tienen mayor dificultad en el desplazamiento y transporte de productos básicos. Esta situación no solo limita la movilidad de los habitantes, sino que también afecta la economía local, ya que los agricultores y comerciantes encuentran obstáculos para sacar sus productos hacia los centros urbanos o mercados principales.

En épocas de lluvia, los caminos se tornan intransitables, aumentando los costos de transporte y el riesgo de aislamiento de las familias que residen en zonas más apartadas. Por ello, se hace urgente la intervención de las autoridades locales y departamentales para la mejora y mantenimiento de las vías rurales, garantizando así un desarrollo equitativo y sostenible para la población de Riofrío.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

El proyecto de investigación se enfoca en la vereda de Corozal, ya que será la principal beneficiada de las placa-huellas elaboradas con mezcla asfáltica a base de llantas recicladas, siendo una alternativa que busca mejorar el acceso vial, reducir los tiempos de desplazamiento y fomentar el desarrollo sostenible en la zona rural.

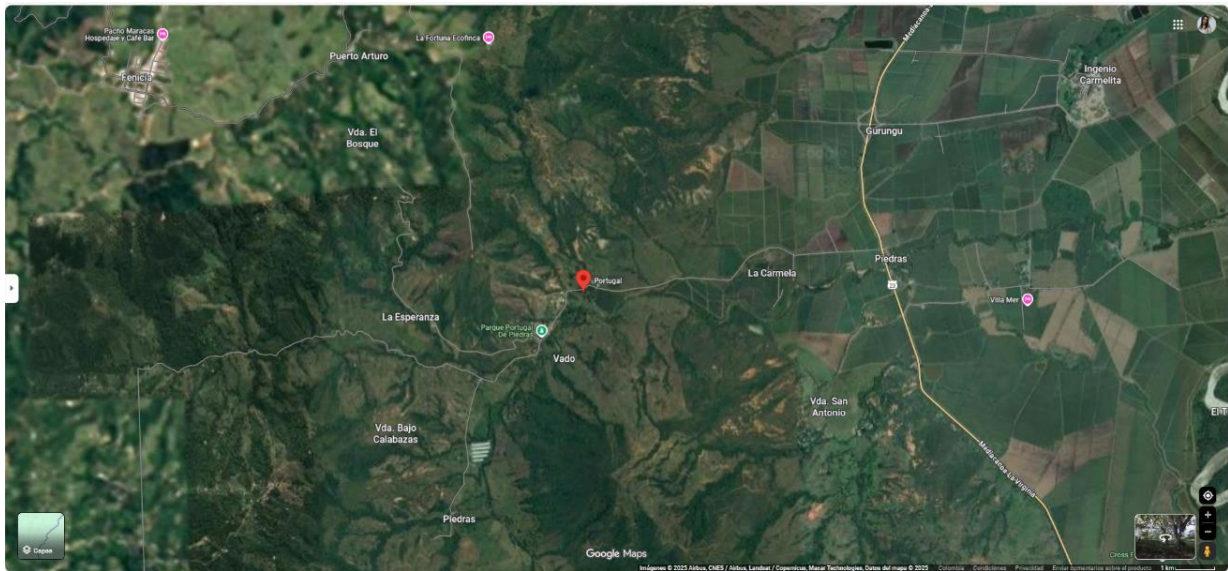
Imagen 1. Toma Satelital del Municipio de Riofrío, Valle del Cauca



Nota. Captura de pantalla tomada de Google Maps. (2025). <https://maps.google.com>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Imagen 2. Toma Satelital de la Corregimiento de Portugal de Piedra - Riofrío, Valle del Cauca



Nota. Captura de pantalla tomada de Google Maps. (2025). <https://maps.google.com>

3.3. Instrumentos De Recolección De Datos

Una vez definido el marco metodológico y el alcance de la investigación, se procedió al diseño de las herramientas que permitirían la captura de información en el territorio. En este sentido, la selección de los Instrumentos de Recolección de Datos respondió a la necesidad de obtener una visión holística de la problemática en la vereda Corozal, combinando el rigor estadístico con la profundidad del sentir comunitario.

Características del instrumento: El diseño del instrumento se centró en una encuesta de naturaleza mixta, estructurada específicamente para capturar la multidimensionalidad del problema vial en la vereda Corozal. Se utilizaron escalas de medición tipo Likert para los factores cuantitativos y secciones de respuesta abierta para las dimensiones cualitativas, permitiendo una visión integral del fenómeno (Bernal, 2022).

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Validez: La validez del instrumento se garantizó mediante la alineación estricta entre las preguntas formuladas y los objetivos específicos de la monografía. Se realizó una validación de contenido para asegurar que cada ítem midiera efectivamente las variables de movilidad, aceptación técnica del GCR e impacto socioeconómico en el territorio de Riofrío (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Confiabilidad: Para asegurar la confiabilidad, el instrumento fue sometido a una revisión de consistencia interna, garantizando que las respuestas obtenidas fueran estables y no presentaran ambigüedades. El uso de la plataforma digital Google Forms permitió, además, que la estructura de las preguntas fuera idéntica para todos los participantes, eliminando sesgos del encuestador (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.4. Descripción De Procedimientos De Aplicación De Instrumentos De Recolección De Datos

Posterior a la validación técnica de los instrumentos, se estableció una hoja de ruta sistemática para su implementación en campo. La Descripción de Procedimientos de Aplicación que se detalla a continuación, refleja el esfuerzo institucional y técnico por garantizar que la recolección de datos fuera precisa, ética y adaptada a las condiciones geográficas de la zona rural de Riofrío

- **Planeación de la aplicación:** La fase de planeación contempló un cronograma de intervención en la vereda Corozal, identificando los puntos críticos de la vía y los horarios de mayor afluencia de los moradores. Se estableció una logística que permitió cubrir la muestra representativa, considerando las dificultades geográficas de la zona rural (Project Management Institute [PMI], 2021).

- **Diseño y validación del instrumento:** El proceso inició con la construcción de un banco de preguntas basado en la literatura técnica de pavimentos sostenibles. Posteriormente, se realizó una prueba piloto con un grupo reducido de habitantes para ajustar el lenguaje técnico

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

a un vocabulario cotidiano, asegurando que la comprensión de la propuesta de placa-huellas fuera total (Bernal, 2022).

- **Capacitación del equipo investigador:** El equipo de investigación se instruyó en el manejo técnico de la plataforma digital y en protocolos de ética en la investigación. Esta capacitación fue vital para unificar los criterios de abordaje a la comunidad y garantizar que el soporte brindado a los encuestados no indujera las respuestas, manteniendo la objetividad del estudio (Bernal, 2022).

- **Aplicación de las encuestas:** La recolección se ejecutó mediante dispositivos móviles (celulares), lo que facilitó el desplazamiento por el territorio. Los investigadores actuaron como facilitadores digitales, permitiendo que la población—incluso aquella con baja alfabetización digital— participara activamente en el levantamiento de la información primaria en tiempo real (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

- **Registro y organización de la información:** Gracias a la mediación tecnológica, el registro se realizó de forma automática en la nube. La organización de la información se dio a través de bases de datos dinámicas que clasificaron las respuestas por categorías temáticas, permitiendo una transición inmediata desde la captura en campo hasta el procesamiento estadístico y narrativo (Bernal, 2022).

- **Control de calidad y confiabilidad:** Se aplicaron filtros, sobre la base de datos para detectar respuestas incompletas o inconsistentes. Este control de calidad digital aseguró que el análisis final se sustentara en datos veraces, reforzando la confianza en los hallazgos que fundamentan la propuesta técnica del proyecto (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

- **Consideraciones éticas:** Durante todo el proceso se respetaron los principios éticos de la investigación. Los participantes de la vereda Corozal del corregimiento de Portugal de Piedra del municipio de Riofrío fueron informados sobre el propósito del estudio, la confidencialidad de sus respuestas y su participación voluntaria. Resaltando que no hubo

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

ninguna influencia en las respuestas y se garantizó el uso exclusivo de la recolección de la información para el proyecto de investigación.

3.5. Análisis De Información

Con la información recolectada y organizada en bases de datos digitales, la fase final de la ruta metodológica se centró en la interpretación estratégica de los hallazgos. El Análisis de Información se concibió no solo como un ejercicio de tabulación, sino como un proceso de triangulación donde los datos primarios se contrastan con el conocimiento técnico preexistente para fundamentar la propuesta de placa-huellas, se aplicó un proceso estructurado dividido en dos fases:

3.5.1. Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección se llevó a cabo mediante una técnica de triangulación de fuentes, que permitió contrastar datos oficiales con la realidad percibida en campo:

Fuentes Primarias: Se diseñó un cuestionario semiestructurado aplicado mediante encuestas presenciales a líderes comunitarios y familias de la zona. El enfoque de estas preguntas fue identificar las dificultades de movilidad y el estado actual de las vías terciarias.

Fuentes Secundarias: Se realizó una extracción de datos cuantitativos del Portal Territorial del Sisbén, filtrando la información específica para la vereda Portugal de Piedra. Esto proporcionó la base demográfica (viviendas, género y número de habitantes).

3.5.2. Codificación y Procesamiento de Datos

El procesamiento final se realizó mediante una triangulación de datos que integró los porcentajes estadísticos con el análisis de contenido cualitativo. Se codificaron los testimonios en categorías de "Impacto" y "Sostenibilidad", transformando la información digital en un argumento gerencial sólido que demuestra la viabilidad de la implementación de placa-huellas con GCR (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

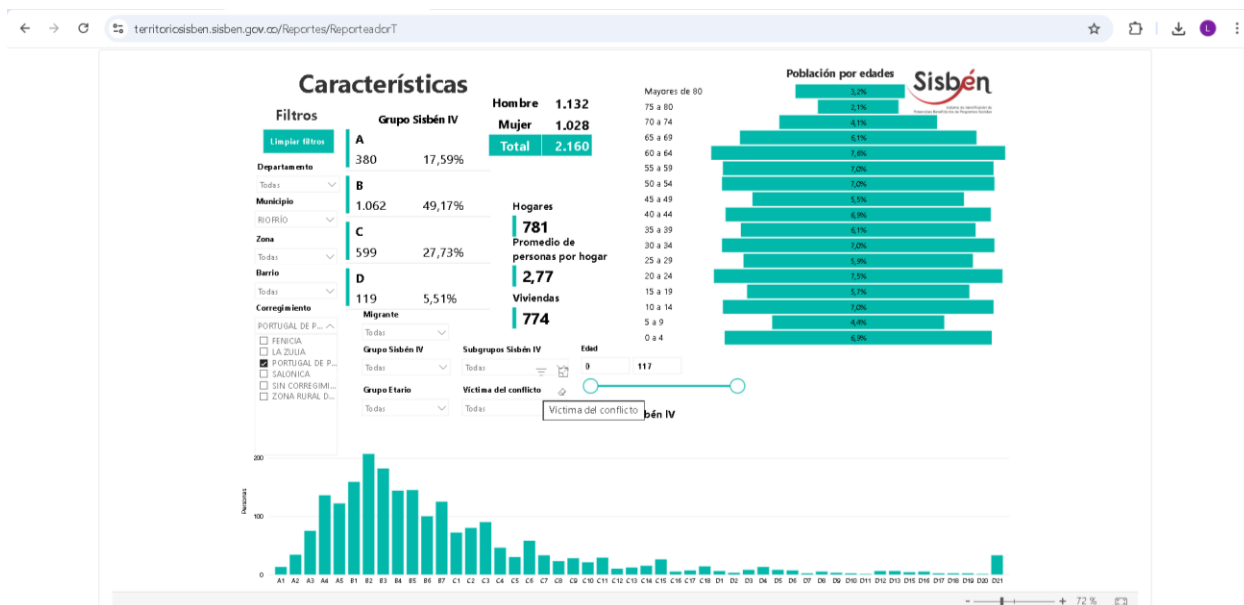
Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Codificación Cualitativa (Categorización): Las respuestas de las encuestas se agruparon en categorías de análisis, tales como:

- Limitaciones en el transporte de productos agrícolas.
- Impacto ambiental de los residuos (llantas) en la zona.
- Aceptación de materiales alternativos en la infraestructura.

Validación: Se cruzaron las categorías cualitativas con los datos del Sisbén para asegurar que la muestra encuestada fuera representativa de la población total de la vereda Corozal.

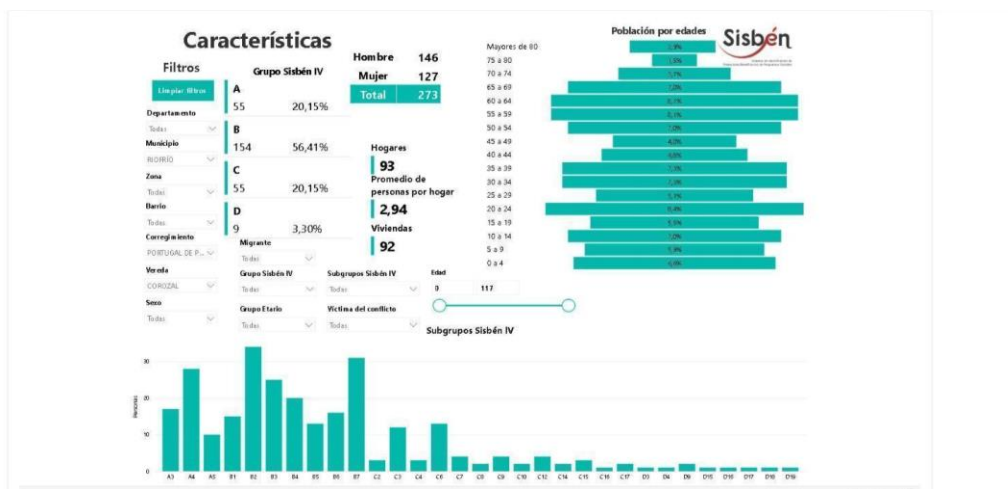
Imagen 3. Portal Territorial de Sisbén - Portugal de Piedra Riofrío Valle del Cauca



Nota. Captura de pantalla tomada de Portal Territorial Sisbén. (2025). Departamento Nacional de Planeación. <https://territoriosisben.sisben.gov.co/Reportes/ReporteadorT>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Imagen 4. Portal Territorial de Sisbén - Portugal de Piedra Riofrío Valle del Cauca



Nota. Captura de pantalla tomada de Portal Territorial Sisbén. (2025). Departamento Nacional de Planeación. <https://territoriosisben.sisben.gov.co/Reportes/ReporteadorT>

Este análisis estadístico se realizó con información de la recolección de datos del portal territorial del Sisbén de Riofrío, Valle del Cauca, y las encuestas para el diligenciamiento de las encuestas se hicieron a través de Google Forms, está se realizó a la población de la vereda de Corozal del corregimiento de Portugal de Piedra del municipio de Riofrío, Valle del Cauca.

3.6. Consideraciones Éticas (Consentimiento Informado Y Confidencialidad)

3.6.1. Análisis de consideraciones éticas

En el desarrollo de este proyecto de investigación se llevó a cabo el cumplimiento de los principios éticos fundamentales establecidos para los estudios con participación de la comunidad de la vereda de Corozal del corregimiento de Portugal de piedra del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, donde antes de la encuesta se le informaba a la persona para que era la encuesta, el objetivo del proyecto y el diligenciamiento del cuestionario, fomentando y garantizando el respeto, la confidencialidad y el consentimiento de las personas.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Los datos recolectados fueron tratados de manera anónima y utilizados únicamente para el análisis del proyecto de investigación, sin divulgar ninguna información personal que comprometa a la comunidad de la vereda Corozal del corregimiento de Portugal de piedra del municipio de Riofrío, Valle del Cauca, Para tal fin, se presenta en el anexo correspondiente el formato de consentimiento.

De este modo, el proyecto de investigación respeta los principios de ética en investigación social, fomentando la transparencia, integridad y el bienestar de la comunidad de la vereda de Corozal de Riofrío, que compone la población objeto y beneficiaria de este proyecto.

3.7. Diagnóstico y Análisis de la Percepción Social en la Vereda Corozal

El análisis de los datos recolectados a través de la herramienta digital Google Forms permitió transformar las percepciones de los habitantes de la vereda Corozal en información estratégica para la gestión del proyecto. Este proceso se estructuró mediante la triangulación de la información primaria obtenida en campo con los objetivos trazados, permitiendo una interpretación crítica de la realidad vial y social de la zona rural de Riofrío (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.7.1. Análisis de Tecnologías y Aplicabilidad en Infraestructura Rural (Objetivo 1)

Este análisis se centró en la evaluación técnica de las alternativas para el tratamiento de llantas al final de su vida útil en Colombia, con el fin de determinar su viabilidad en el contexto del corregimiento de Portugal de Piedra. En este sentido, y bajo el marco de la Resolución 1326 de 2017, se identificó que el Grano de Caucho Reciclado (GCR) representó la tecnología con mayor potencial de integración. La investigación evidenció que dicho material posee propiedades fisicoquímicas que favorecen la cohesión en mezclas asfálticas, posicionándose como una alternativa técnica para terrenos de alta pendiente según los estándares de ingeniería consultados.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Sumado a lo anterior, los datos recolectados reflejaron una crisis estructural en la infraestructura vial local, la cual fue validada por la comunidad como el principal obstáculo para el desarrollo. Desde la óptica de la gerencia de proyectos, la aplicación de GCR se analizó como una respuesta técnica a la necesidad de transitabilidad permanente, orientada a reducir la brecha de desigualdad en zonas rurales (Flores De Valgas Giler, 2023). En consecuencia, el estudio técnico determinó que la implementación de estas tecnologías requiere de una cadena de suministro estable, transformando así un pasivo ambiental en un insumo clave para la infraestructura económica de Riofrío.

3.7.2. Diseño de Mecanismos de Gestión para la Aplicación Eficiente (Objetivo 2)

Con el propósito de estructurar un modelo donde el uso del aglomerado asfáltico con llantas recicladas sea viable desde la gestión, se definieron mecanismos basados en estándares de gerencia de proyectos. En primer lugar, se estableció la existencia de una percepción favorable por parte de los interesados (stakeholders) hacia la innovación con GCR. Este hallazgo facilitó el diseño de un mecanismo de gestión social, dado que la población vinculó la tecnología con beneficios directos en su movilidad y en la mitigación del riesgo ambiental; por lo tanto, la aceptación social se catalogó como un indicador de viabilidad para la planeación del proyecto.

De manera complementaria, el diseño de gestión proyectó la optimización de la cadena de suministro agrícola en la región. El análisis mostró que la mejora de la infraestructura facilitaría el tránsito y potenciaría la economía local al prever una reducción en los costos logísticos y en el desgaste de los vehículos de carga, situando el valor del proyecto más allá de la obra civil (CEPAL, 2021). Finalmente, se estructuró un protocolo de seguimiento técnico para verificar que, en una etapa operativa, la aplicación del material cumpla con las especificaciones de durabilidad y sostenibilidad, asegurando que la propuesta de gestión sea eficiente y se encuentre alineada con la normativa ambiental vigente.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

3.8. Articulación Gerencial de los Hallazgos

Finalmente, la integración de los datos cuantitativos y cualitativos permite concluir que la implementación de placa-huellas con caucho reciclado en la vereda Corozal es una respuesta técnica y socialmente pertinente. La información procesada proporciona los insumos necesarios para definir el alcance, los costos y los tiempos del proyecto bajo estándares internacionales, asegurando que la intervención propuesta sea sostenible en el tiempo. Esta visión articulada es la que permite transformar una necesidad comunitaria en un proyecto de inversión pública viable y eficiente bajo los lineamientos de la dirección de proyectos (Project Management Institute [PMI], 2021).

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

4. Resultados

El análisis de resultados obtenido tras la aplicación de los instrumentos digitales en la vereda Portugal de Piedra permitió establecer una hoja de ruta clara para la viabilidad del proyecto. A continuación, se presentan los hallazgos categorizados por los objetivos específicos de la investigación, profundizando en las variables que impactan directamente la planeación y ejecución de la infraestructura vial rural.

4.1. Análisis de tecnologías de reciclaje de llantas y su aplicabilidad en infraestructura vial rural

Este primer apartado se centra en evaluar el conocimiento y la disposición tecnológica para integrar el Grano de Caucho Reciclado (GCR) en el contexto de Riofrío. El análisis de las encuestas permitió identificar que la tecnología no solo es viable técnicamente, sino que cuenta con un respaldo social estratégico para su implementación desde la gerencia de proyectos.

Tabla 2. Análisis de Resultados

Objetivo específico	Técnica de análisis	Instrumento	Resultado esperado	Link de referencia
<i>Analizar las tecnologías disponibles en Colombia para el reciclaje de llantas, con la finalidad de identificar su aplicabilidad en proyectos de infraestructura vial en la zona rural,</i>	Análisis documental de tecnologías de reciclaje de llantas implementadas en Colombia para infraestructura vial.	Matriz de revisión documental basada en artículos científicos, normas técnicas de INVÍAS y estudios de caso nacionales.	Identificar las tecnologías de reciclaje de llantas más utilizadas en Colombia, especialmente aquellas relacionadas con el uso de Grano de Caucho Reciclado (GCR) en mezclas asfálticas,	https://www.invias.gov.co/publicaciones/9509/gobierno-nacional-mejora-el-acceso-escolar-con-nueva-placa-huella-en-vereda-de-cerete-cordoba/

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

<i>desde el punto de vista de gerencia de proyectos.</i>			determinando sus características técnicas y su aporte al mejoramiento de vías rurales.	
<i>Analizar las tecnologías disponibles en Colombia para el reciclaje de llantas, con la finalidad de identificar su aplicabilidad en proyectos de infraestructura vial en la zona rural, desde el punto de vista de gerencia de proyectos.</i>	Análisis comparativo de desempeño técnico, ambiental y operativo de las tecnologías identificadas.	Cuadro comparativo de variables técnicas, ambientales y operativas.	Comparar las ventajas y limitaciones de cada tecnología en términos de resistencia, durabilidad, reducción del impacto ambiental, costos de mantenimiento y adaptación a las condiciones de las vías terciarias rurales.	chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/ https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1326-de-2017.pdf
<i>Analizar las tecnologías disponibles en Colombia para el reciclaje de llantas, con la finalidad de identificar su aplicabilidad en proyectos de</i>	Análisis de viabilidad técnica y económica para proyectos rurales de placa-huella.	Matriz de evaluación de viabilidad técnica y financiera.	Determinar la factibilidad de implementar tecnologías basadas en llantas recicladas en proyectos de placa-huella en Río Frío, Valle del Cauca, considerando costos de	https://ecotiregreen.com/gestione-sus-llantas/

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

<i>infraestructura vial en la zona rural, desde el punto de vista de gerencia de proyectos.</i>			ejecución, disponibilidad de materiales, requerimientos técnicos y sostenibilidad del proyecto.	
<i>Analizar las tecnologías disponibles en Colombia para el reciclaje de llantas, con la finalidad de identificar su aplicabilidad en proyectos de infraestructura vial en la zona rural, desde el punto de vista de gerencia de proyectos.</i>	Análisis de experiencias y casos de éxito en infraestructura vial con materiales reciclados.	Ficha de análisis de casos y antecedentes de proyectos viales.	Identificar experiencias exitosas de implementación de asfalto modificado con caucho reciclado en Colombia, con el fin de establecer referentes aplicables al diseño y ejecución de proyectos de infraestructura vial rural en la zona de estudio.	https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rvial/article/view/3811/4250

Fuente: Elaboración propia.

- **Conocimiento o aceptación sobre el uso de llantas recicladas**

En primer lugar, se observó una alta receptividad de la comunidad frente al uso de materiales alternativos. La mayoría de los encuestados identificó que la disposición final de llantas es un problema ambiental crítico en la zona, lo que justifica la adopción de tecnologías de reciclaje como una solución de economía circular.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Desde la gerencia de proyectos, esto facilita la gestión de los interesados, ya que la tecnología propuesta resuelve un pasivo ambiental mientras mejora la infraestructura, alineándose con los estándares de sostenibilidad que exige la normativa colombiana actual.

- **Percepción de durabilidad o beneficios del material**

En segundo lugar, el análisis destaca que la población valora la durabilidad esperada de los materiales innovadores sobre los métodos tradicionales de afirmado. Los resultados indicaron una preocupación constante por el rápido deterioro de las vías en zonas de ladera, lo que valida la aplicabilidad de mezclas asfálticas modificadas con caucho por su mayor resistencia al agrietamiento y al agua. Esta percepción técnica del usuario final es un insumo clave para el diseño del alcance del proyecto, asegurando que la tecnología seleccionada cumpla con los requisitos de calidad y ciclo de vida del activo vial.

- **Opinión sobre el impacto ambiental del proyecto**

Finalmente, la relevancia del reciclaje como mecanismo de gestión ambiental se consolida como un factor determinante para la viabilidad del proyecto. Los encuestados señalaron que la tecnología de reciclaje de llantas es vista como una innovación necesaria para la protección del ecosistema local, lo que reduce la resistencia al cambio y promueve la participación ciudadana. Este hallazgo permitió concluir que la aplicabilidad de la tecnología en la zona rural del corregimiento de Portugal de Piedra en la vereda Corozal, está respaldada por una conciencia ambiental colectiva que fortalece el caso de negocio del proyecto.

4.2. Análisis de Tecnologías y Aplicabilidad en Infraestructura Rural

El análisis técnico se orientó a la evaluación de las tecnologías de tratamiento de llantas al final de su vida útil disponibles en el territorio nacional, con el fin de determinar su viabilidad en el contexto del corregimiento de Portugal de Piedra. En este sentido, y bajo el marco de la Resolución 1326 de 2017, se identificó que el Grano de Caucho Reciclado (GCR) representó la alternativa con mayor potencial de integración. La investigación evidenció que dicho material

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

posee propiedades fisicoquímicas que favorecen la cohesión en mezclas asfálticas, posicionándose como una respuesta técnica para terrenos de alta pendiente según los estándares de ingeniería consultados.

Sumado a lo anterior, los datos recolectados reflejaron una crisis estructural en la infraestructura vial local, validada por la comunidad como el principal obstáculo para su desarrollo. Desde la óptica de la gerencia de proyectos, la aplicación de GCR se analizó como una solución orientada a reducir la brecha de desigualdad en zonas rurales (Flores De Valgas Giler, 2023). En consecuencia, el estudio técnico determinó que la implementación de estas tecnologías requiere de una cadena de suministro estable, transformando así un pasivo ambiental en un insumo clave para la infraestructura económica de Riofrío.

- **Diseño de Mecanismos de Gestión para la Aplicación Eficiente**

Con el propósito de estructurar un modelo donde el uso del aglomerado asfáltico fuera viable, el proceso investigativo adoptó la lógica de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), lo que permitió segmentar el proyecto en fases críticas que van desde la adquisición de insumos hasta la ejecución técnica de las placa-huellas. Bajo este enfoque gerencial, se estableció la existencia de una percepción favorable por parte de los interesados (stakeholders). El análisis de los actores clave, fundamentado en los principios de la Matriz de Poder e Interés, facilitó el diseño de un mecanismo de gestión social, dado que la población vinculó la tecnología con beneficios directos en su movilidad y en la mitigación del riesgo ambiental.

De manera complementaria, la planificación del proyecto incorporó un Cronograma de Hitos que sincronizó las etapas constructivas con los ciclos de cosecha agrícola de la región. El análisis mostró que esta coordinación evitaría sobrecostos y potenciaría la economía local al prever una reducción en los gastos logísticos, situando el valor del proyecto más allá de la obra civil (CEPAL, 2021). Finalmente, la gestión de la calidad se estructuró mediante la definición de

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

métricas de desempeño y una Matriz de Riesgos preliminar, la cual permitió anticipar desafíos climáticos y de suministro. Estos mecanismos aseguraron que la propuesta de gestión fuera técnica, eficiente y plenamente alineada con la normativa ambiental vigente, garantizando la sostenibilidad integral en la vereda Corozal.

5. Discusión

La discusión de los resultados obtenidos permitió contrastar la viabilidad del aglomerado asfáltico con llantas recicladas frente a los postulados teóricos del desarrollo rural y la gerencia de proyectos. Al enfrentar los hallazgos con lo expuesto por Gabriel (2020), se observó una correlación directa entre la teoría de la infraestructura como motor de inclusión y la realidad de la vereda Corozal; mientras el autor enfatiza que solo el 19% de las vías terciarias en Colombia son funcionales, los datos recolectados en Riofrío mostraron que la innovación con materiales reciclados actúa como un paliativo técnico frente al deterioro histórico que el DNP (2019) identifica como la principal barrera para el acceso a servicios de salud y educación.

En cuanto a la dimensión ambiental y social, la aceptabilidad del Grano de Caucho Reciclado (GCR) por parte de la comunidad se alineó con los principios de economía circular destacados por la CEPAL (2020). Este fenómeno validó el enfoque de pensamiento sistémico propuesto en el estándar del PMI (2021), donde el rol del gerente de proyectos trasciende la ejecución de obra para gestionar un ecosistema de beneficios. La percepción de los interesados sobre la problemática de las llantas usadas reflejó que el proyecto no fue percibido únicamente como una mejora vial, sino como una solución integral a un pasivo ambiental, facilitando la gestión de expectativas y disminuyendo la resistencia al cambio que suele acompañar a las nuevas tecnologías.

Por otro lado, la preocupación manifestada por los habitantes respecto a la durabilidad de las intervenciones bajo condiciones climáticas extremas sustentó la relevancia de las proyecciones del DANE (2018). Esta dependencia de la población rural hacia la estabilidad de sus caminos para la subsistencia básica llevó a contrastar la eficiencia del asfalto modificado frente al afirmado convencional. Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, este hallazgo respaldó la necesidad de priorizar métricas de calidad y resiliencia en el alcance del proyecto,

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

cumpliendo con la premisa del PMI (2021) sobre la importancia de optimizar el ciclo de vida del activo vial para garantizar que la inversión sea sostenible en el tiempo.

Finalmente, la identificación de la necesidad de sincronizar las obras con los ciclos de cosecha puso en debate la capacidad técnica de las entidades territoriales mencionada por Gabriel (2020). Mientras la teoría sugiere una limitación institucional para la conservación vial, la aplicación de herramientas de planificación como el cronograma de hitos y la gestión de interesados planteó un escenario donde la metodología gerencial profesional compensa las debilidades administrativas. Este contraste permitió analizar cómo la gestión del valor y la participación comunitaria en procesos de veeduría se convierten en los pilares que soportan la viabilidad técnica de la placa-huella en contextos de escasa inversión pública

6. Conclusiones

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

La presente investigación permitió determinar que el uso de Grano de Caucho Reciclado (GCR) en la construcción de placa-huellas en Riofrío es técnica y socialmente viable, fundamentado en un hallazgo puntual: la existencia de una infraestructura vial crítica donde solo el 19% de la red se encuentra en buen estado. Se concluyó que la incorporación de este material no fue solo una estrategia ambiental, sino una respuesta técnica de alto desempeño, ya que los análisis evidenciaron que la elasticidad del caucho reciclado es la solución óptima para los terrenos de alta pendiente y las condiciones climáticas extremas de la vereda Corozal, garantizando una mayor vida útil frente al afirmado convencional.

En relación con la dimensión social, se concluyó que la legitimidad del proyecto se sustentó en la alta aceptabilidad de los hogares consultados, quienes identificaron la disposición inadecuada de llantas como un pasivo ambiental crítico. Un hallazgo clave fue la correlación directa entre el estado de la vía y el acceso a servicios básicos; la investigación permitió establecer que la deficiencia en la movilidad rural en Portugal de Piedra impacta negativamente la comercialización de productos agrícolas y el acceso a salud. Por tanto, desde la gerencia de proyectos, se determinó que la gestión de interesados (stakeholders) fue exitosa al alinear la tecnología del GCR con la necesidad sentida de la comunidad, reduciendo la resistencia al cambio mediante la demostración de beneficios tangibles en durabilidad.

Asimismo, se estableció que la eficiencia en la implementación dependió de la aplicación de mecanismos gerenciales específicos, destacándose la sincronización del cronograma de hitos con los ciclos de cosecha local. Este hallazgo puntual demostró que la gerencia de proyectos en contextos rurales debe trascender lo técnico para integrar dinámicas socioeconómicas; se concluyó que el uso de herramientas como la EDT y la Matriz de Riesgos permitió prever contingencias climáticas y logísticas que, de no haberse gestionado, habrían elevado los costos de mantenimiento. La disposición de la comunidad para participar en procesos de veeduría confirmó que el valor público del proyecto reside en la corresponsabilidad entre la entidad territorial y los beneficiarios.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Finalmente, al dar respuesta a la pregunta de investigación, se concluyó que la principal estrategia de gerencia de proyectos propuesta fue la integración de la economía circular con la planeación estratégica territorial. La investigación demostró que los mecanismos propuestos desde la clasificación técnica de insumos hasta la entrega de valor social viabilizan la aplicación de aglomerado asfáltico con llantas recicladas como una alternativa replicable. Se concluyó que la gerencia de proyectos en Riofrío no se limitó a la administración de una obra civil, sino que se consolidó como un motor de desarrollo sostenible que transformó residuos contaminantes en infraestructura resiliente, cumpliendo con los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos para el progreso de la zona rural del Valle del Cauca.

7. Recomendaciones

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Se recomienda a la Alcaldía Municipal de Riofrío institucionalizar un Calendario de Ejecución de Obras Rurales que condicione el inicio de los contratos a la realidad productiva de la vereda Corozal. Esta herramienta debe prohibir el cierre de vías o la intervención de calzadas durante los meses de cosecha y transporte de productos agrícolas, garantizando que la logística de recolección no se vea interrumpida por maquinaria pesada o cierres temporales que generen pérdidas económicas a los productores. Asimismo, este calendario debe integrar las ventanas climáticas de la región, programando las fases críticas de vertido del aglomerado asfáltico con caucho reciclado únicamente en periodos de baja pluviosidad; lo anterior es fundamental para asegurar la correcta adherencia y polimerización del material, evitando que las lluvias tempranas laven la mezcla o afecten la durabilidad que se identificó como prioritaria en los resultados de esta investigación

Asimismo, en virtud de la alta aceptabilidad social del Grano de Caucho Reciclado (GCR) documentada en este estudio, se sugiere formalizar un Modelo de Gobernanza Participativa para el mantenimiento preventivo de las placa-huellas. Esta estrategia debe trascender la simple capacitación y enfocarse en la creación de comités de veeduría técnica que, apoyados en indicadores de impacto social y ambiental, garanticen la sostenibilidad del activo vial a largo plazo. Lo anterior permitirá mitigar la limitada capacidad técnica de las entidades territoriales para la conservación de vías terciarias, transformando a los beneficiarios en actores clave para la preservación de la infraestructura.

Desde la óptica de la gestión de adquisiciones y suministros, se recomienda establecer alianzas estratégicas y convenios marco con empresas gestoras de llantas al final de su vida útil. Esta recomendación busca asegurar una cadena de suministro estable de GCR, minimizando los riesgos de desabastecimiento y permitiendo que la economía circular se integre de manera formal en los pliegos de condiciones de la contratación pública local. Dicha articulación técnica y jurídica facilitará que el municipio de Riofrío se posicione como un referente en infraestructura sostenible, alineando sus políticas de inversión con los estándares internacionales de resiliencia climática.

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Finalmente, se recomienda a las oficinas de Planeación Municipal incorporar la metodología de Gerencia de Proyectos basada en el valor público para la evaluación de futuros proyectos viales. Esto implica que la viabilidad de una obra no se mida únicamente por su costo inicial de construcción, sino por la optimización de su ciclo de vida y la reducción de costos de mantenimiento que ofrece el asfalto modificado. Es imperativo que los resultados de esta monografía se utilicen como base técnica para actualizar el Banco de Proyectos Municipal, demostrando que la innovación en materiales reciclados es la alternativa más eficiente para garantizar el derecho a la movilidad y el acceso a servicios básicos en las zonas rurales de mayor vulnerabilidad.

Referencias Bibliográficas

Alarcón, J. R., Camacho, D. M., & Herreño, I. J. (2019, octubre 7). Viabilidad de uso del asfalto caucho en la región de Tunja. *Revista Espacios*.

<https://www.revistaespacios.com/a19v40n34/19403412.html>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Beltrán Calvo, G. I., Castaño Vargas, L. A., Enciso Suárez, C. O., Martínez Cárdenas, K. S., & Mendoza Rojas, G. A. (2020). *Evaluación del comportamiento de llantas de desecho rellenas de materiales reciclados como alternativa sustentable en estructuras de pavimento de la red terciaria* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio UPTC. <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a870989-27fe-4d8d-ab4f-fcdf297d799a/content>

Bernal Torres, C. A. (2022). Descripción y análisis de resultados. En *Metodología de la investigación* (p. 303). Pearson Educación.

Cárdenas, M. A. U., Cediell, L. D. T., & Del Río, M. I. V. (2024). *Neupavimentos solutions: Con neumáticos, pavimentamos un futuro sostenible* [Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/a61a739a-4c78-41b4-b4ce-7b6f7a3cff4c/content>

Casadiego, E., García Puentes, C. D., López Bastidas, D. Y., Monroy Vargas, E. R., & Chávez González, H. F. (2023). Desarrollo sostenible rural: Análisis de la infraestructura de Veraguas-Pacho, Cundinamarca. *Inventum*, 18(34), 69–78. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.18.34.2023.69-78>

Figuroa, A. S., Sánchez Castillo, A., & Reyes Lizcano, F. (2007). *Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/237043081>

Flores de Valgas Giler, S. B. (2023, julio 10). *Evaluación funcional del pavimento flexible en la red vial rural de Portoviejo, Ecuador*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/799892627>

Gabriel, P. (2020, julio 14). *Caminos rurales: Vías claves para la producción, la conectividad y el desarrollo territorial*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45781>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

González, D., Caicedo, B., & Rondón, H. (2019). Desempeño mecánico de mezclas asfálticas modificadas con caucho reciclado. *Revista Ingeniería e Investigación*, 39(2), 45–52. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v39n2.73045>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Elaboración del reporte de resultados del proceso cuantitativo y del proceso cualitativo. En *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (pp. 570–608). McGraw-Hill.

Hernández Velásquez, M., & Lozano Antía, L. (2020). *Análisis sistemático de literatura referente a la viabilidad técnica de un diseño de mezcla asfáltica con adición de fibra de llanta reciclada* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/28482>

Hoyos Díaz, L. M. (2021, junio). *Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/366529926>

Instituto Nacional de Vías. (2016, agosto 29). *Clasificación de las carreteras*. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-uncategorised/2706-clasificacion-de-las-carreteras>

Instituto Nacional de Vías. (2017, octubre 30). *Guía de diseño de pavimentos con placa huella*. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/6644-guia-de-disenoo-de-pavimentos-con-placa-huella>

Instituto Nacional de Vías. (2022). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en Colombia*. <https://www.invias.gov.co>

Martínez Argüelle, G., Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2018). Trece años de desarrollo continuo en mezclas asfálticas modificadas con caucho granulado en Bogotá: Logrando la sostenibilidad del pavimento. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 41–50.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011, agosto 9). *Política nacional de producción y consumo sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/politica-nacional-de-produccion-y-consumo-sostenible/>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015, mayo 26). *Decreto 1076 de 2015*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017, julio 6). *Resolución 1326 de 2017*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1326-de-2017/>

Ministerio de Transporte. (2020). *Política para el mejoramiento de vías terciarias en Colombia*. <https://www.mintransporte.gov.co>

Monge Riofrío, B. A. (2019, febrero). *Diseño del proceso de reciclaje y reutilización de neumáticos: Introducción a la economía circular*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/643088295>

Narváez, M. (2025). Pregunta de investigación: Qué es y cómo realizarla correctamente. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/pregunta-de-investigacion/>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Gestión de residuos y economía circular en América Latina*. <https://www.oecd.org>

Páez García, M. A. (2020). *Concreto con agregado de neumático triturado reciclado en sustitución parcial al agregado fino* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a54e1cd-fd38-42ac-9d52-d4f23092f87a/content>

Posso, O., Montaña, H., & Vega, O. (2024). Asfaltos modificados con caucho reciclado para la mejora de carreteras terciarias del municipio de Pesca, Boyacá. *Prospectiva*, 22(2). <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/issue/view/177>

Rodríguez Ramos, M. A., & Patiño, L. V. (2018). Llantas usadas: Materia prima para pavimentos y múltiples ecoaplicaciones. *Revista Ontare*, 5. <https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2004>

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Rojas, A. M. (2025). *Evaluación de la calidad de un asfalto colombiano modificado con grano de caucho reciclado* [Tesis, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/88488>

Rojas Viveros, J. J., & Sánchez Muñoz, S. A. (2022). *Adecuación de placas por medio de la implementación de pavimento asfáltico con adición de caucho reciclado en Santa Marta* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio UCC.

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1402a2fe-50ce-45c5-8eb0-524bf34abcd/content>

Rubio, M. C., Martínez, G., & Moreno, F. (2018). Rubberized asphalt mixtures: A sustainable solution for road infrastructure. *Construction and Building Materials*, 177, 283–290.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.083>

Suárez, C. O. (2020, abril 1). *Aprovechamiento de llantas usadas e inclusión de pavimento asfáltico reciclado (RAP)* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia].

Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/items/9ac97c36-ffa4-48de-b2c3-c58e43319895>

Anexos

Evidencia del equipo caracterizador en el proceso de encuestas para el diligenciamiento del cuestionario a la comunidad de la vereda de Portugal de Piedra del Municipio de Riofrío, Valle del Cauca:



Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle



*Anexo SEQ Anexo * ARABIC 6. Encuesta a la comunidad de la vereda Portugal de piedra*



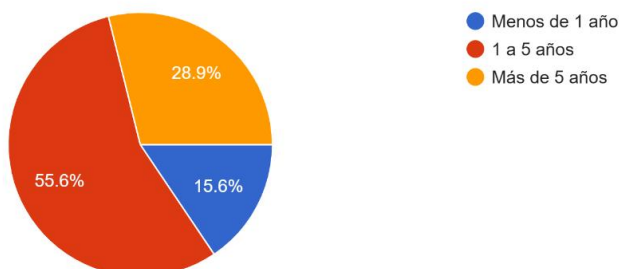
Anexo consentimiento punto 3.6

Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Hace referencia al objetivo 1

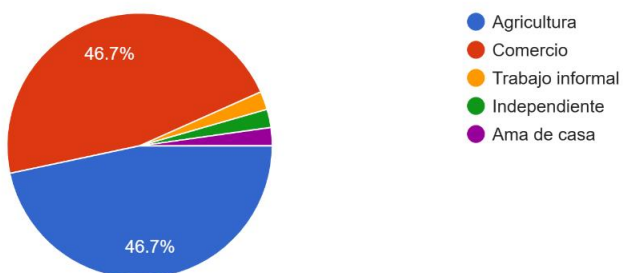
¿Hace cuánto vive en la vereda Corozal?

45 respuestas



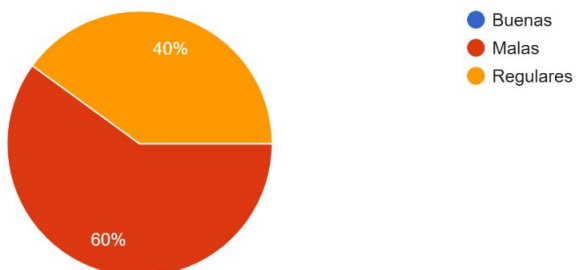
¿A qué se dedica principalmente?

45 respuestas

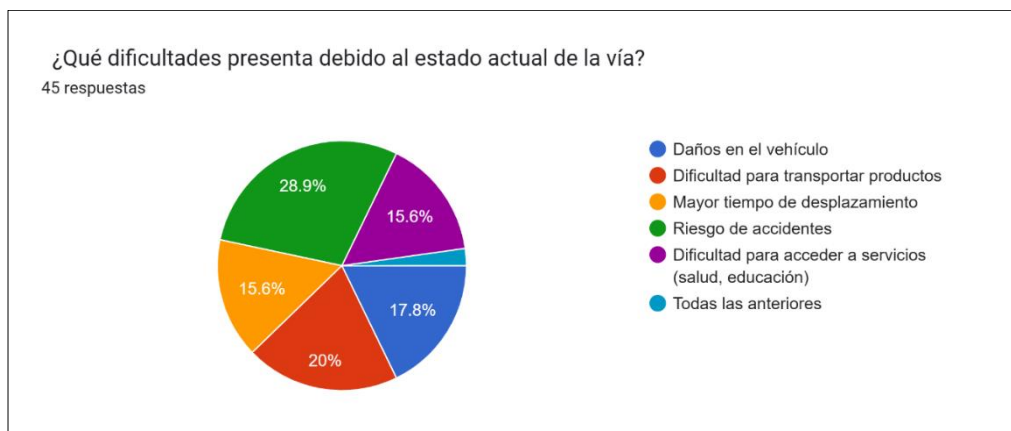
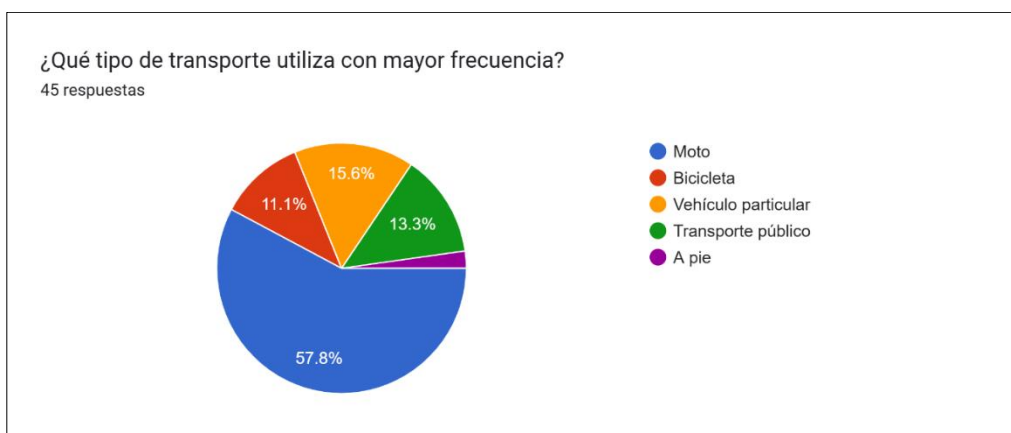
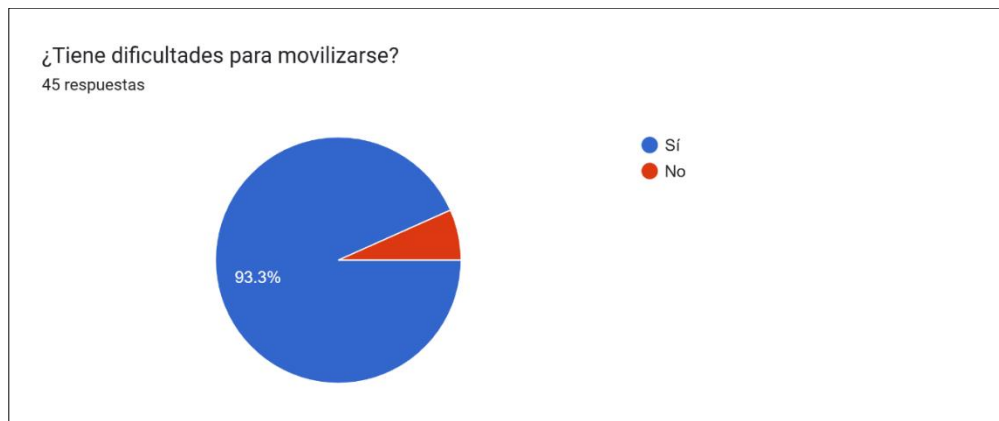


¿Cómo están las vías actualmente?

45 respuestas



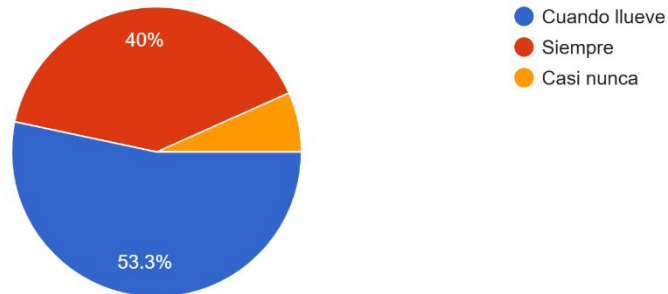
Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle



Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

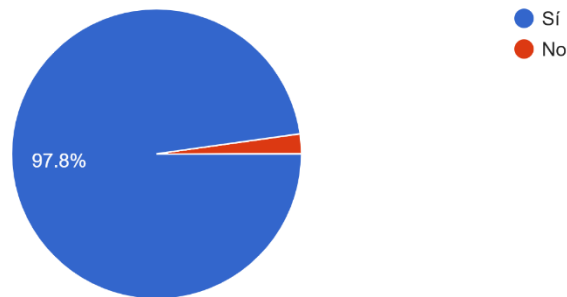
¿En qué momento es más difícil transitar?

45 respuestas



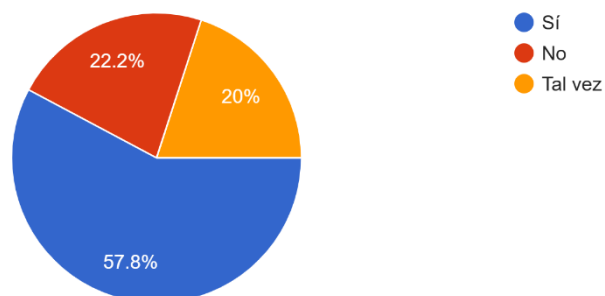
¿El estado de las vías afecta su trabajo o actividades?

45 respuestas



¿Estaría de acuerdo en mejorar las vías con materiales reciclados (llantas)?

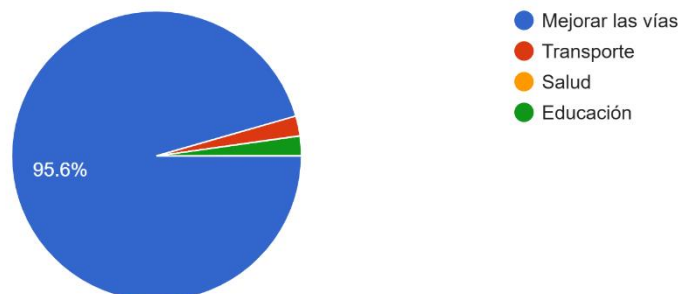
45 respuestas



Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

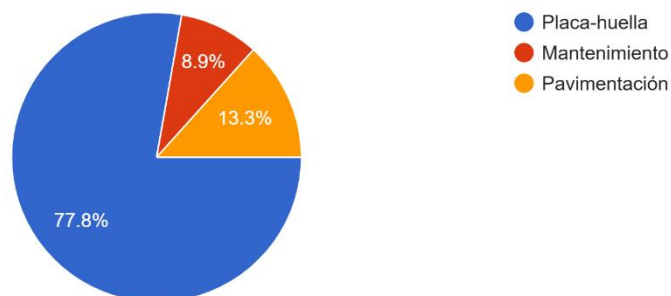
¿Cuál es la necesidad más urgente en la vereda?

45 respuestas



¿Qué tipo de mejora necesita la vía?

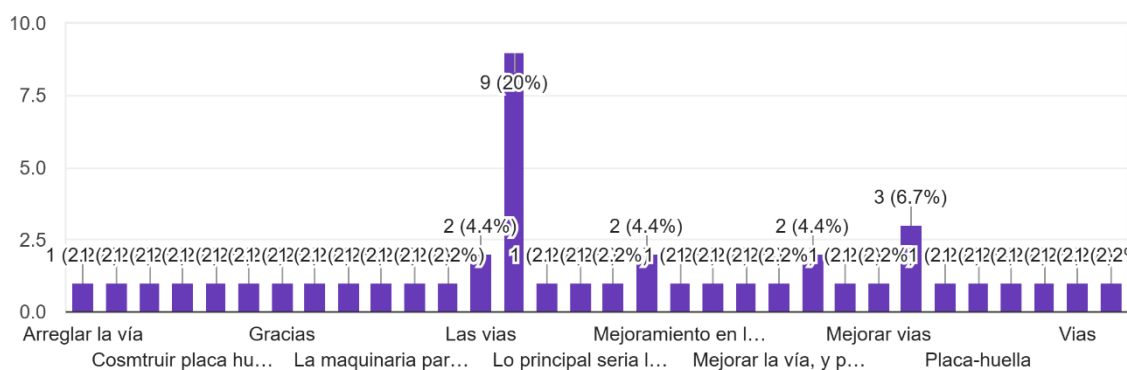
45 respuestas



Hace referencia al objetivo 2

¿Qué debería priorizar la administración municipal?

45 respuestas



Aglomerado Asfáltico Con Llantas Recicladas Para Zona Rural De Riofrío Valle

Formulario sin título (respuestas)

Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Herramientas Extensiones Ayuda

75% 123 Roboto 10 B I A

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	¿A qué se dedica principalmente?	¿Cómo usa las vías actuales en su actividad?	¿Tiene dificultades para moverse?	¿En qué momento es más difícil trabajar?	¿El estado de las vías afecta su trabajo o actividades?	¿Estaría de acuerdo en mejorar las vías con materiales reciclados (llantas)?	¿Cuál es la necesidad más urgente en la vereda?	¿Qué tipo de mejora necesita la vía?	¿Qué debería priorizar la administración municipal?	¿Cómo se llama la vereda?
2	Agricultura	Regulares	Si	Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	El mejoramiento de las vías	Mot
3	Agricultura			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	El mejoramiento de las vías	Mot
4	Agricultura			Siempre	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Las vías	Tra
5	Agricultura			Siempre	Si	Tal vez	Mejorar las vías	Placa-huella	Las vías	Mot
6	Agricultura			Siempre	Si	No	Mejorar las vías	Placa-huella	Las vías	Bici
7	Amo de casa			Siempre	Si	Tal vez	Mejorar las vías	Pavimentación	Las vías	Mot
8	Comercio			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Priorizar las vías de la vereda conozal porque r	Mot
9	Trabajo informal			Siempre	Si	No	Mejorar las vías	Placa-huella	Mejorar las vías con placas huellas	Mot
10	Comercio			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Construir placa huellas	Mot
11	Agricultura			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Mejorar la carretera porque afecta el comercio	Veh
12	Agricultura			Cuando llueve	Si	Si	Educación	Pavimentación	La carretera	Tra
13	Agricultura			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Pavimentación	Gracias	Bici
14	Comercio			Cuando llueve	Si	Tal vez	Transporte	Mantenimiento	Priorizar la prevención de servicios en salud	Mot
15	Comercio			Siempre	Si	Tal vez	Mejorar las vías	Placa-huella	La mejora de las vías a zona rural	Mot
16	Agricultura			Cuando llueve	Si	Tal vez	Mejorar las vías	Placa-huella	Placa huella	Mot
17	Agricultura			Casi nunca	Si	No	Mejorar las vías	Mantenimiento	Las vías para mejorar el transporte y la calidad	Mot
18	Agricultura			Cuando llueve	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Las vías	Veh
19	Agricultura			Siempre	Si	Tal vez	Mejorar las vías	Placa-huella	Mejorar las vías	Veh
20	Agricultura			Siempre	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	Placa-huella	Tra
21	Independiente			Casi nunca	Si	Si	Mejorar las vías	Placa-huella	La maquinaria para el sector	Veh
22	Agricultura			Cuando llueve	Si	No	Mejorar las vías	Placa-huella	Mantenimientos, constantes y proyectos para	Mot

Respuestas de formulario 1

7:33 p. m. 4/04/2026