



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE (PITRA)

EIC-Lanamme-INF-1170-2022 INFORME DE EVALUACIÓN DE LA RED VIAL CANTONAL DE LA MUNICIPALIDAD DE ESPARZA

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal

San José, Costa Rica
Setiembre 2022



Documento generado con base en el Art. 6, inciso j) de la ley 8114 según la reforma aprobada en la ley 8603. Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.





EIC-Lanamme-INF-1170-2022

Página 2

Información técnica del documento

| | | | |
|---|--|--|--|
| 1. Informe EIC-Lanamme-INF-1170-2022 | | 2. Copia No. 1 | |
| 3. Título y subtítulo: Informe de evaluación de la red vial cantonal de la Municipalidad de Esparza | | 4. Fecha del Informe: Setiembre 2022 | |
| 5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440 | | | |
| 6. Notas complementarias | | | |
| 7. Resumen <i>El presente informe presenta los resultados del proceso de digitalización, validación y evaluación de la red vial cantonal de Esparza que se realizó entre los años 2019 y 2020, de acuerdo con la Ley 8114 y 8603, el convenio marco de cooperación R-CONV-002-2019 y lo establecido en los oficios LM-IC-D-126-19, AME-277-2019, LM-IC-D-0410-2020 y LM-Lanamme-352-2022. Los resultados del proceso de digitalización y validación indican que el cantón de Esparza tiene una red vial de 192,47 km distribuida en los seis distritos, que se clasificó según su tipo de superficie de ruedo en mezcla asfáltica, concreto, lastre o grava, tratamiento superficial bituminoso, tierra y arena, con datos de 2020 y se actualizó a febrero de 2022. Se clasificó la red vial en rutas primarias, secundarias y terciarias. Se realizó 54 conteos vehiculares, se estimó el TPD en cada uno, y para 15 de estos conteos se realizó una comparación con datos similares del año 2011. Se evaluó la condición de la red vial cantonal por Notas de Calidad en 43,55 km, que incluye la evaluación estructural y funcional de la red vial asfaltada e indicación de tipos de intervención asociados a nivel de red, que en su mayoría se asocian a pavimentos en buena condición y mantenimiento de preservación. Además, se realizó Evaluación Visual en 143,61 km, principalmente en rutas terciarias con superficie de mezclas asfáltica, tratamiento superficial bituminoso, concreto, lastre, tierra y arena.</i> | | | |
| 8. Palabras clave Evaluación de red vial cantonal, Esparza | | 9. Nivel de seguridad: Ninguno | 10. Número de páginas: 140 |
| 11. Preparado por: | | | |
| Ing. Catalina Vargas Sobrado, M.Eng Unidad de Gestión Municipal | | Ing. Alonso Ulate Castillo, M.Eng Unidad de Gestión Municipal | |
| 12. Revisado por: | | 13. Revisado por: | 14. Aprobado por: |
| Ing. Erick Acosta Hernández Coordinador Unidad de Gestión Municipal | | Lic. Luis Fernando Cruz Rojas Asesor legal LanammeUCR | Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc Coordinadora PITRA |



Índice de contenido

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Antecedentes y marco legal | 9 |
| 2. | Introducción | 9 |
| 3. | Objetivos | 12 |
| 3.1 | Objetivo general | 12 |
| 3.2 | Objetivos específicos | 12 |
| 4. | Alcance | 12 |
| 5. | Metodología de evaluación de la red vial cantonal de Esparza | 13 |
| 5.1 | Identificación de la RVC | 14 |
| 5.2 | Conteos vehiculares | 15 |
| 5.3 | Evaluación con Notas de calidad | 16 |
| 5.3.1 | Condición funcional | 16 |
| 5.3.2 | Condición estructural | 17 |
| 5.3.3 | Caracterización de la estructura de pavimento | 19 |
| 5.3.4 | Tramos homogéneos | 20 |
| 5.3.5 | Notas de calidad | 20 |
| 5.3.6 | Tipos de intervención asociada a nivel de red | 23 |
| 5.4 | Evaluación Visual | 24 |
| 5.4.1 | Caminos con superficie de mezcla asfáltica | 24 |
| 5.4.2 | Caminos con superficie de tratamiento superficial bituminoso (TSB) | 26 |
| 5.4.3 | Caminos con superficie de concreto hidráulico | 27 |
| 5.4.4 | Caminos con superficie de grava, lastre y arena | 28 |
| 5.4.5 | Caminos con superficie de tierra | 29 |
| 6. | Validación y descripción de la red vial del cantonal de Esparza | 29 |
| 6.1 | Validación de la red vial cantonal | 29 |
| 6.2 | Longitud y tipo de superficie de ruedo | 30 |
| 6.2.1 | Longitud y tipo de superficie de ruedo, año 2020 | 30 |



EIC-Lanamme-INF-1170-2022

Página 4

| | |
|---|-----|
| 6.2.2 Longitud y tipo de superficie de ruedo, año 2022 | 39 |
| 6.3 Análisis funcional y jerarquía de la red vial cantonal..... | 48 |
| 7. Resultados de los conteos vehiculares..... | 57 |
| 7.1 Conteos vehiculares 2019-2020 | 57 |
| 7.2 Comparación con conteos vehiculares de 2011..... | 67 |
| 8. Tipo de evaluación aplicada a la red vial cantonal de Esparza..... | 69 |
| 9. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal asfaltada con Notas de Calidad (FWD/IRI) | 78 |
| 9.1 Condición funcional de los pavimentos asfálticos evaluados..... | 79 |
| 9.2 Condición estructural de los pavimentos asfálticos evaluados..... | 86 |
| 9.2.1 Condición estructural de las rutas evaluadas | 86 |
| 9.2.2 Condición estructural específica de las rutas “Sin IRI” | 93 |
| 9.3 Notas de calidad..... | 94 |
| 9.4 Tipos de intervención a nivel de red | 104 |
| 10. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal con metodología visual. | 114 |
| 10.1 Evaluación visual de la red vial con superficie de mezcla asfáltica | 116 |
| 10.2 Evaluación visual de la red vial con superficie de TSB | 118 |
| 10.3. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto..... | 122 |
| 10.4 Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre | 125 |
| 10.5 Evaluación visual de la red vial de tierra..... | 128 |
| 11. Conclusiones..... | 138 |
| 12. Recomendaciones | 142 |
| 13. Referencias bibliográficas | 143 |
| 14. Anexos..... | 144 |



Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Condición funcional según la medición de IRI..... | 17 |
| Tabla 2. Notas de calidad de acuerdo con los resultados de la condición de IRI y FWD... | 20 |
| Tabla 3. Evaluación visual de red vial asfaltada..... | 25 |
| Tabla 5. Evaluación de la red vial con TSB..... | 26 |
| Tabla 4. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto..... | 27 |
| Tabla 5. Evaluación de la red vial con superficie de grava o lastre..... | 28 |
| Tabla 6. Evaluación visual de la red vial con superficie de tierra..... | 29 |
| Tabla 7. Longitud de caminos según el tipo de superficie en la RVC de Esparza 2020. .. | 31 |
| Tabla 8. Longitud de caminos según el tipo de superficie en la RVC de Esparza 2022. .. | 39 |
| Tabla 9. Comparación de la RVC de Esparza de 2022 respecto de 2020..... | 41 |
| Tabla 10. Jerarquía de la RVC para cada distrito..... | 48 |
| Tabla 11. TPD, % de pesados y ESAL para los conteos realizados en Esparza..... | 57 |
| Tabla 12. Resumen de TPD y % de pesados por distrito..... | 60 |
| Tabla 13. Comparación entre conteos vehiculares del 2011 y del 2019-2020..... | 68 |
| Tabla 14. Tipo de evaluación por distrito para la red vial cantonal de Esparza..... | 70 |
| Tabla 15. Evaluación de la RVC de Esparza con Notas de calidad según la jerarquía vial. | 78 |
| Tabla 16. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito..... | 81 |
| Tabla 17. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito..... | 88 |
| Tabla 18. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas "Sin IRI"..... | 94 |
| Tabla 19. Distribución porcentual de Notas Q en la red vial cantonal asfaltada de Esparza. | 96 |
| Tabla 20. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada. | 98 |
| Tabla 21. Distribución del Tipo de Intervención recomendada en la RVC asfaltada de Esparza..... | 106 |
| Tabla 22. Distribución del Tipo de Intervención recomendada en la RVC asfaltada por distrito..... | 108 |
| Tabla 23. Evaluación Visual de la RVC según jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo (2019)..... | 115 |
| Tabla 24. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo asfáltica..... | 117 |
| Tabla 26. Evaluación visual de red vial con TSB..... | 119 |
| Tabla 27. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de concreto..... | 122 |
| Tabla 27. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre..... | 126 |
| Tabla 28. Evaluación visual de red vial de tierra..... | 129 |



Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura general de un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) | 10 |
| Figura 2. Flujograma del proceso de gestión vial municipal. | 11 |
| Figura 3. Esquema metodológico general. | 14 |
| Figura 4. Tipo de conteos vehiculares realizados por el LanammeUCR en la RVC | 16 |
| Figura 5. Perfilómetro inercial laser del LanammeUCR. | 17 |
| Figura 6. Deflectómetro de impacto del LanammeUCR. | 18 |
| Figura 7. Condición estructural del pavimento con base granular según la deflexión medida y TPD. | 18 |
| Figura 8. Estructura típica de un pavimento flexible. | 19 |
| Figura 9. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad. | 23 |
| Figura 10. Longitud y tipo de superficie para la RVC de Esparza 2020. | 32 |
| Figura 11. Tipo de superficie de ruedo para cada distrito de la RVC de Esparza 2020. | 32 |
| Figura 12. Tipo de superficie de ruedo del distrito Espíritu Santo, 2020. | 33 |
| Figura 13. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Juan Grande, 2020. | 34 |
| Figura 14. Tipo de superficie de ruedo del distrito Macacona, 2020. | 35 |
| Figura 15. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Rafael, 2020. | 36 |
| Figura 16. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Jerónimo, 2020. | 37 |
| Figura 17. Tipo de superficie de ruedo del distrito Caldera, 2020. | 38 |
| Figura 18. Longitud y tipo de superficie para la RVC de Esparza 2022. | 40 |
| Figura 19. Tipo de superficie de ruedo para cada distrito de la RVC de Esparza 2022. | 40 |
| Figura 20. Tipo de superficie de ruedo del distrito Espíritu Santo, 2022. | 42 |
| Figura 21. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Juan Grande, 2022. | 43 |
| Figura 22. Tipo de superficie de ruedo del distrito Macacona, 2022. | 44 |
| Figura 23. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Rafael, 2022. | 45 |
| Figura 24. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Jerónimo, 2022. | 46 |
| Figura 25. Tipo de superficie de ruedo del distrito Caldera, 2022. | 47 |
| Figura 26. Distribución porcentual de la Jerarquía de la RVC de Esparza. | 49 |
| Figura 27. Distribución por distrito de la Jerarquía de la RVC de Esparza. | 50 |
| Figura 28. Jerarquía de la RVC del distrito Espíritu Santo, 2022. | 51 |
| Figura 29. Jerarquía de la RVC del distrito San Juan Grande, 2022. | 52 |
| Figura 30. Jerarquía de la RVC del distrito Macacona, 2022. | 53 |
| Figura 31. Jerarquía de la RVC del distrito San Rafael, 2022. | 54 |
| Figura 32. Jerarquía de la RVC del distrito San Jerónimo, 2022. | 55 |
| Figura 33. Jerarquía de la RVC del distrito Caldera, 2022. | 56 |
| Figura 34. Estadísticas del TPD por distrito de Esparza. | 60 |
| Figura 35. Estadísticas del % de pesados por distrito de Esparza. | 60 |



| | |
|--|-----|
| Figura 36. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Espíritu Santo..... | 61 |
| Figura 37. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Juan Grande. | 62 |
| Figura 38. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Macacona..... | 63 |
| Figura 39. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Rafael. | 64 |
| Figura 40. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Jerónimo. | 65 |
| Figura 41. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Caldera..... | 66 |
| Figura 42. Distribución del tipo de evaluación por km realizada en el cantón Esparza..... | 70 |
| Figura 43. Tipo de evaluación por distrito realizada en el cantón de Esparza. | 71 |
| Figura 44. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Espíritu Santo. | 72 |
| Figura 45. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Juan Grande. | 73 |
| Figura 46. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Macacona. | 74 |
| Figura 47. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Rafael. | 75 |
| Figura 48. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Jerónimo..... | 76 |
| Figura 49. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Caldera. | 77 |
| Figura 50. Distribución porcentual de evaluación con Notas de Calidad por jerarquía. | 78 |
| Figura 51. Distribución porcentual de la condición funcional de la RVC asfaltada..... | 80 |
| Figura 52. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito. | 81 |
| Figura 53. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Espíritu Santo. | 82 |
| Figura 54. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande... | 83 |
| Figura 55. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Macacona. | 84 |
| Figura 56. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito San Rafael. | 85 |
| Figura 57. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Caldera. | 86 |
| Figura 58. Distribución porcentual de la condición estructural de la RVC asfaltada. | 87 |
| Figura 59. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito. | 89 |
| Figura 60. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Espíritu Santo. . | 89 |
| Figura 61. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande. | 90 |
| Figura 62. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Macacona. | 91 |
| Figura 63. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito San Rafael. | 92 |
| Figura 64. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Caldera. | 93 |
| Figura 65. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas "Sin IRI". | 94 |
| Figura 66. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada. | 97 |
| Figura 67. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada. | 99 |
| Figura 68. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Espíritu Santo..... | 100 |
| Figura 69. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande. | 101 |
| Figura 70. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Macacona. | 102 |



| | |
|---|-----|
| Figura 71. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito San Rafael. | 103 |
| Figura 72. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Caldera. | 104 |
| Figura 73. Distribución porcentual del Tipo de Intervención para la RVC asfaltada. | 107 |
| Figura 74. Distribución del Tipo de Intervención para la RVC asfaltada por distrito. | 109 |
| Figura 75. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Espíritu Santo. | 110 |
| Figura 76. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande. | 111 |
| Figura 77. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Macacona. | 112 |
| Figura 78. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito San Rafael. | 113 |
| Figura 79. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Caldera. | 114 |
| Figura 80. Evaluación Visual de la RVC según jerarquía vial. | 115 |
| Figura 81. Evaluación Visual de la RVC según tipo de superficie (2019) y jerarquía vial. | 116 |
| Figura 82. Evaluación visual de la RVC con superficie asfáltica en el cantón de Esparza. | 117 |
| Figura 83. Evaluación visual de la RVC con superficie de mezcla asfáltica por distrito. . | 118 |
| Figura 84. Evaluación visual de la RVC con TSB en el cantón de Esparza. | 120 |
| Figura 85. Evaluación visual de la RVC con TSB por distrito. | 121 |
| Figura 86. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de concreto. | 123 |
| Figura 87. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto por distrito. | 124 |
| Figura 88. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo de lastre. | 126 |
| Figura 89. Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre por distrito. | 128 |
| Figura 90. Evaluación visual de la red vial de tierra. | 130 |
| Figura 91. Evaluación visual de la red vial de tierra por distrito. | 130 |
| Figura 92. Evaluación Visual de la RVC del distrito Espíritu Santo. | 131 |
| Figura 93. Evaluación Visual de la RVC del centro de Esparza. | 132 |
| Figura 94. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Juan Grande. | 133 |
| Figura 95. Evaluación Visual de la RVC del distrito Macacona. | 134 |
| Figura 96. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Jerónimo. | 135 |
| Figura 97. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Rafael. | 136 |
| Figura 98. Evaluación Visual de la RVC del distrito Caldera. | 137 |



1. Antecedentes y marco legal

La ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, asigna a la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), la responsabilidad de velar por la calidad y la eficiencia de la inversión pública destinada a conservar y desarrollar la red vial nacional (RVN). Con este propósito, el LanammeUCR realiza tareas de fiscalización, evaluación, investigación, asesoría técnica y transferencia de tecnología.

La ley No. 8603 reformó los artículos 5 y 6 de la ley No. 8114 adicionando el inciso j) al artículo 6, en el cual se establece que:

“j) Con la finalidad de garantizar la calidad de la red vial cantonal y en lo que razonablemente sea aplicable, las municipalidades y la Universidad de Costa Rica, por intermedio del Lanamme, podrán celebrar convenios que les permitan realizar, en la circunscripción territorial municipal, tareas equivalentes a las establecidas en los incisos anteriores.”

La Municipalidad de Esparza formalizó el convenio marco de cooperación R-CONV-002-2019 con el LanammeUCR cuyo objetivo es fortalecer el proceso de gestión vial municipal, mediante actividades de asesoría técnica, transferencia de tecnología y capacitación.

El presente documento corresponde al informe final sobre el proceso de digitalización, validación y evaluación de la red vial cantonal de Esparza, de acuerdo con lo establecido en los oficios LM-IC-D-0126-19, AME-277-2019, LM-IC-D-0410-2020 y EIC-Lanamme-352-2022. En los dos primeros se estableció la propuesta de trabajo y entregables acordados con la municipalidad, el tercero corresponde a una entrega de información preliminar sobre la evaluación de la red vial cantonal de Esparza para la realización de las consultas comunales del Plan Quinquenal 2021-2025; y finalmente, en el cuarto oficio se hizo entrega oficial de la digitalización y validación de su Red Vial Cantonal (RVC).

2. Introducción

La gestión vial es el conjunto de acciones y procesos orientados a conservar y desarrollar el patrimonio vial de manera integral para satisfacer, con el mejor nivel de servicio posible, la necesidad derivada del transporte de la sociedad. La gestión vial busca mitigar el deterioro y promover el desarrollo de la infraestructura vial con una visión de mediano y largo plazo, así como la optimización de los recursos disponibles. Para esto es necesario conocer la extensión, cobertura y condición de cada uno de los elementos o activos que componen la infraestructura vial, entre ellos: los pavimentos, puentes, túneles, obras pluviales o drenajes (cunetas, cordón y caño, tragantes, alcantarillas), dispositivos de



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 10

seguridad vial (señalización vertical y horizontal, barreras de contención), obras geotécnicas (taludes, terraplenes), entre otros.

La gestión de activos viales tiene como componente principal la administración de los pavimentos, ya que estos son los activos que generalmente representan la mayor proporción del patrimonio vial, debido al elevado costo asociado que tiene su construcción, conservación y rehabilitación, además de que sobre su superficie se movilizan los vehículos que transportan bienes y personas.

De acuerdo con lo anterior, se establecen los Sistemas de Administración de Pavimentos (SAP), que permiten orientar las decisiones y priorizar la inversión de los recursos, siempre limitados, con un menor grado de incertidumbre. Los SAP incluyen al menos cinco etapas: planificación, diseño, construcción, mantenimiento y evaluación, como se muestra en la Figura 1. El presente informe se relaciona específicamente en la etapa de evaluación de los pavimentos de una red vial.



Figura 1. Estructura general de un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP)
Fuente: Adaptado de (Haas, Hudson, & Zaniewski, 1993)



Los procesos de gestión de activos viales pueden funcionar a distintos niveles de detalle, según la disposición de recursos por parte de la entidad administradora de la red. Se pueden definir tres niveles de planificación básicos (Solminihaç, 1998):

- **Nivel estratégico:** planificación a largo plazo (20 años). Permiten maximizar los recursos.
- **Nivel táctico:** planes que priorizan los proyectos por realizar a mediano plazo (4 ó 5 años).
- **Nivel operativo:** se enfoca en el diseño de los proyectos por ejecutar anualmente.

La gestión municipal de activos viales requiere del establecimiento de procesos que permitan mejorar progresivamente la condición de los diferentes componentes de la red vial, y también desarrollarla de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Se debe procurar un sistema de gestión sencillo, que permita recolectar información de forma ágil, rápida y a un costo moderado, para evitar que el mantenimiento del sistema de gestión se convierta en un fin por sí mismo, en lugar de ser un medio para facilitar la conservación del patrimonio vial. La Figura 2 muestra un flujograma básico sobre los procesos y resultados básicos necesarios para una gestión vial municipal eficiente y efectiva.



Figura 2. Flujograma del proceso de gestión vial municipal.



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico técnico sobre la condición de la red vial cantonal de Esparza a nivel de red, en el cual se establece la extensión y condición general de los caminos por medio de ensayos de campo no destructivos y evaluación visual.

3.2 Objetivos específicos

- Digitalizar y validar la red vial cantonal de Esparza.
- Establecer la extensión y tipo de superficie de ruedo la red vial cantonal de Esparza.
- Realizar conteos vehiculares para estimar el tránsito vehicular y compararlo con los datos del año 2011.
- Evaluar la red vial cantonal de Esparza por medio de ensayos de campo no destructivos o evaluación visual, de acuerdo con el tipo de superficie de ruedo y jerarquía vial y las limitaciones de cada metodología de evaluación.
- Establecer la condición general de la red vial cantonal de Esparza para cada tipo de superficie de ruedo y asociar tipos de intervención recomendados a nivel de red.
- Generar capas cartográficas en un sistema de información geográfica que incluya la información básica de los caminos, tránsito vehicular, deterioros y condición general.

4. Alcance

- La información generada en este informe corresponde a una evaluación a nivel de red, que se puede utilizar para planificación vial a mediano plazo.
- La gestión operativa de la red vial cantonal o diseño de medidas de intervención específicas a nivel de proyecto requiere de información detallada como estudios preliminares de los suelos, materiales, cargas vehiculares, variables ambientales, entre otros elementos que no se incluyen en esta evaluación.
- El LanammeUCR evaluó la red vial del cantón de Esparza en una longitud total de 192,47 km y diferentes tipos de pavimentos o superficie de ruedo: pavimento flexible



con carpeta de mezcla asfáltica en caliente, pavimento rígido con losas de concreto, tratamiento superficial bituminoso, caminos no pavimentados con superficie de grava o lastre, caminos de tierra y arena.

- La condición de la red vial establecida en este informe es un insumo que puede ser utilizado por la municipalidad para generar un sistema de información geográfica, un sistema de gestión de pavimentos o realizar la planificación quinquenal correspondiente, conforme vaya incorporando datos sobre otros activos viales y las intervenciones realizadas.
- Se realizó una actualización del tipo de superficie de ruedo a febrero 2022, pero los resultados de la evaluación corresponden al tipo de superficie de ruedo existente en 2020.
- Adicionalmente a lo indicado en el presente informe, se evaluó ocho puentes municipales cuya condición se indica en el informe: LM-PI-GM-INF-05-2019 *Informe de Inspección y Evaluación de los Puentes en el cantón de Esparza*, el cual fue remitido a la Municipalidad de Esparza mediante el oficio LM-IC-D-0918-19.

5. Metodología de evaluación de la red vial cantonal de Esparza

La condición de la red vial cantonal (RVC) de Esparza se evaluó por medio de una metodología ajustada al tipo de superficie de ruedo existente de la red vial cantonal, utilizando principalmente las técnicas de evaluación de Notas de Calidad y Evaluación Visual, como se resume en la Figura 3.

Se inició con la primera etapa de Identificación de la RVC, que incluye la digitalización, validación en campo, identificación de tipo de superficie de ruedo y análisis funcional para definir la jerarquía. Luego, en la segunda etapa se realizan los conteos vehiculares para estimar el comportamiento del tránsito y cargas vehiculares.

Finalmente, se realiza la evaluación de la superficie de ruedo de la red vial, ya sea por medio de Notas de calidad para la mayor parte de la red vial cantonal asfaltada y Evaluación Visual para algunas rutas asfaltadas de difícil acceso, caminos con superficie de concreto, tratamiento superficial bituminoso, lastre, arena y tierra.

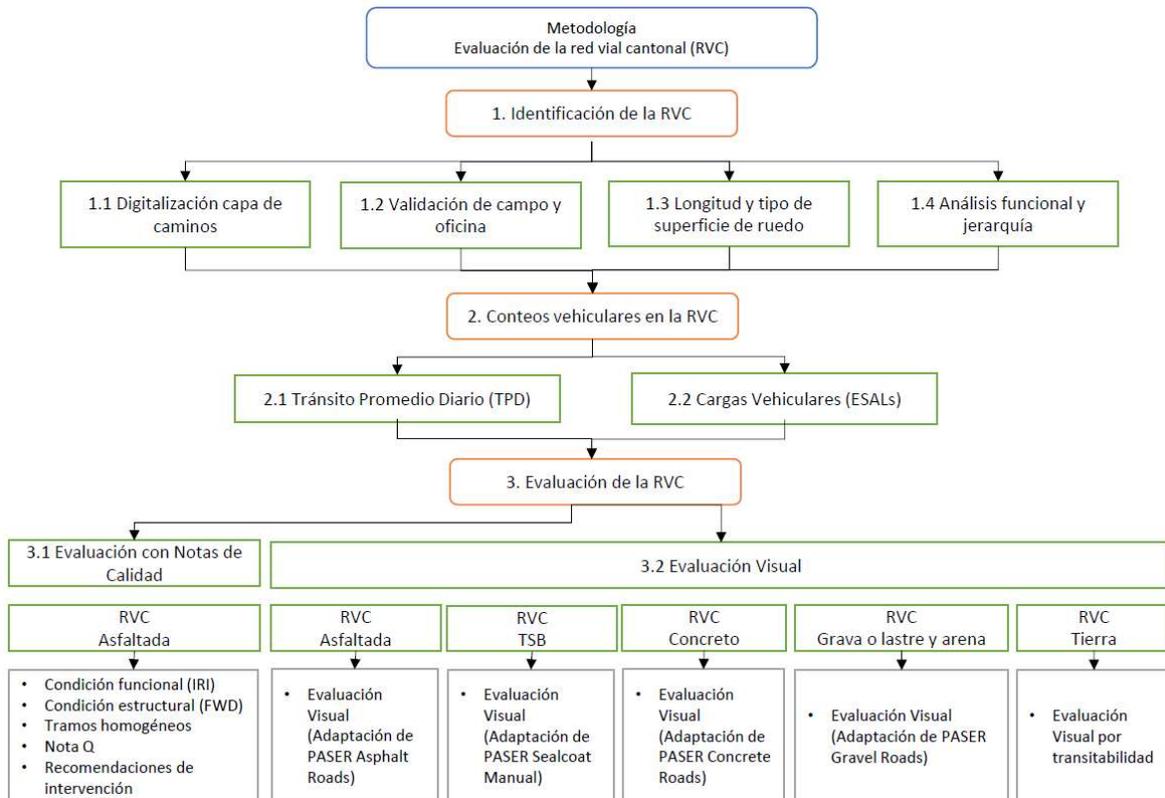


Figura 3. Esquema metodológico general.

5.1 Identificación de la RVC

Reconocer la correcta ubicación de la red vial cantonal del cantón de Esparza es el primer paso para una adecuada evaluación y análisis funcional de los caminos que la componen, razón por la cual fue necesaria su digitalización mediante ortofotos oficiales y visitas a campo. Una vez definido el trazado correcto de las vías, fue necesaria la validación de su carácter público a través de una revisión cruzada por la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal y su respectiva revisión en el Catastro Municipal.

A partir de lo anterior, se consolida la longitud total de la red vial cantonal y el tipo de superficie de ruedo según sea el caso entre los diferentes materiales que existen como mezcla asfáltica en caliente, tratamiento superficial bituminoso, concreto, lastre o grava, arena y tierra.



Finalmente, se realiza un proceso de análisis funcional de la red vial cantonal en conjunto con la municipalidad, donde se establece la jerarquía de la red vial cantonal en tres niveles básicos: primaria, secundaria y terciaria. Este proceso se complementa con la información de los conteos vehiculares y la estimación del Tránsito Promedio Diario (TPD) de cada camino, según sea la dinámica vehicular del cantón en análisis.

5.2 Conteos vehiculares

El tránsito vehicular se mide por medio de conteos que se realizan en diferentes puntos de la red vial cantonal previamente son acordados con la Municipalidad. Estos datos permiten estimar el volumen y clasificación del tránsito vehicular que tiene el cantón en sus diferentes vías.

La información de tránsito y clasificación vehicular corresponde a un análisis de red que puede ser utilizada para direccionar acciones de planificación e identificación de centros de atracción de viajes y carga. Sin embargo, para realizar estudios de impacto y reordenamiento vial, así como diseño estructural de pavimentos, se deben realizar conteos vehiculares específicos a nivel de proyecto.

El LanammeUCR en conjunto con la Municipalidad realizan los conteos de tránsito vehicular bajo una serie de protocolos que incluyen aspectos como los siguientes:

- Se realizan preferiblemente durante períodos de tránsito normal, es decir, durante tiempo lectivo, se evitan los días de vacaciones o feriados.
- Se realizan entre lunes y viernes, preferiblemente martes, miércoles o jueves para evitar el efecto fin de semana.
- Se realizan conteos de 24 horas para tomar en cuenta ambos períodos de hora pico, y facilitar el análisis del cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).
- Se escogen los sitios con mayor flujo vehicular para realizar conteos semanales, de forma que se pueda estimar el Factor de Expansión Diario (FED).
- Se colocan los contadores en los puntos de mayor flujo vehicular, en zonas donde no interrumpen el comportamiento normal del tránsito y se evitan zonas congestionadas o con estacionamiento para obtener una buena clasificación y estimación de las cargas vehiculares en Ejes Equivalentes (ESALs).
- Se utiliza equipo neumático para los conteos vehiculares en las vías pavimentadas y equipo tipo radar para las vías no pavimentadas, como se observa en la Figura 4.



a) Contador neumático en vía
pavimentada



b) Contador radar en vía no
pavimentada

Figura 4. Tipo de conteos vehiculares realizados por el LanammeUCR en la RVC (fotos con fines ilustrativos, no necesariamente corresponden al cantón).

5.3 Evaluación con Notas de calidad

La evaluación de la red vial cantonal asfaltada se realiza por medio de una adaptación de la metodología empleada en el análisis de condición de la red vial nacional en los años 2010-2011, de acuerdo con lo presentado en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR.

Se realizan ensayos no destructivos para identificar la condición funcional y estructural de los caminos con superficie de carpeta de mezcla asfáltica, como se describe a continuación.

5.3.1 Condición funcional

La condición funcional de un pavimento corresponde a la capacidad de la vía para proporcionar un servicio y viaje confortable a los usuarios y es estimada mediante la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI). El IRI es un parámetro de amplia aceptación mundial para el control de calidad en obra y gestión vial, pues la regularidad superficial está directamente asociada a los costos de operación de los vehículos y la vida útil de los pavimentos.

El equipo utilizado por el LanammeUCR para la medición del IRI es del tipo Perfilómetro Inercial Láser, el cual es un equipo de alto rendimiento que produce medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino. Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento. Este equipo mide la distancia del suelo al vehículo con un medidor láser ubicado en la parte delantera del vehículo, como se muestra en el esquema de funcionamiento del equipo de la Figura 5.

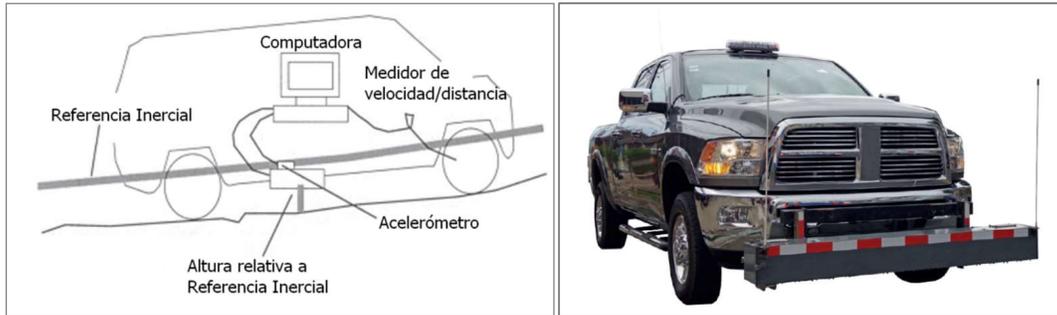


Figura 5. Perfilómetro inercial laser del LanammeUCR.

Fuente: (Centro de Tranferencia Tecnológica LanammeUCR, Abril, 2019)

Las mediciones del perfil longitudinal del pavimento se realizan según lo establecido en la norma ASTM E950 y se calcula el IRI con una frecuencia de a cada 25 metros, para las rutas cantonales acordadas con la Municipalidad y cada medición se asocia a una condición funcional, de acuerdo con los rangos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Condición funcional según la medición de IRI.

| Condición funcional | IRI (m/km) |
|---------------------|------------|
| Bueno | < 3,6 |
| Regular | 3,6-6,4 |
| Malo | 6,4-10 |
| Muy malo | >10 |

Fuente: (Arias, Allen, & Sharline, 2012)

5.3.2 Condición estructural

La condición estructural de un pavimento se determina a partir de la respuesta mecánica de las capas de materiales que lo componen (suelo de subrasante, subbase, base y superficie de ruedo), ante las cargas del tránsito vehicular.

El equipo utilizado por el LanammeUCR para la medición de la respuesta estructural de los pavimentos es el Deflectómetro de Impacto (FWD, por sus siglas en inglés). Este equipo induce un impacto estándar sobre la superficie del pavimento y mide las deflexiones en nueve puntos a diferentes distancias respecto al punto de aplicación de la carga, como se muestra en la Figura 6.

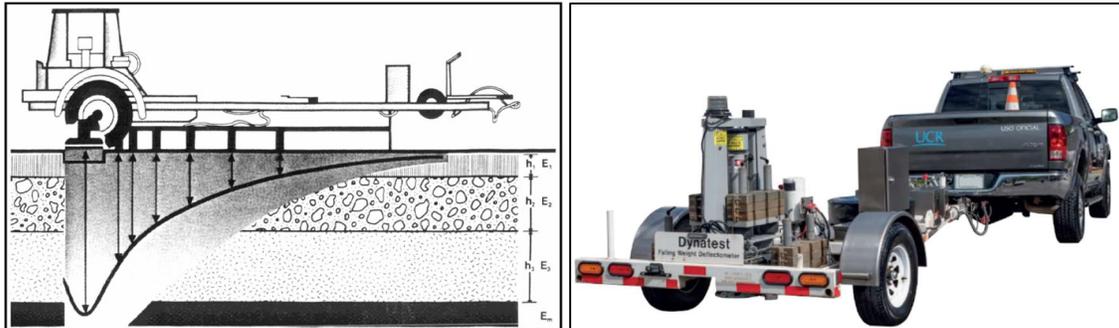


Figura 6. Deflectómetro de impacto del LanammeUCR.

Fuente: (Centro de Tranferencia Tecnológica LanammeUCR, Abril, 2019)

El ensayo de deflectometría se realiza según lo establecido en la norma ASTM D4694, a cada 50 m para la red vial cantonal, para establecer la condición estructural del pavimento, a partir de la deflexión medida en cada punto, dependiendo del Tránsito Promedio Diario (TPD) de la ruta, como se muestra en la Figura 7, para el caso de un pavimento flexible con base granular.

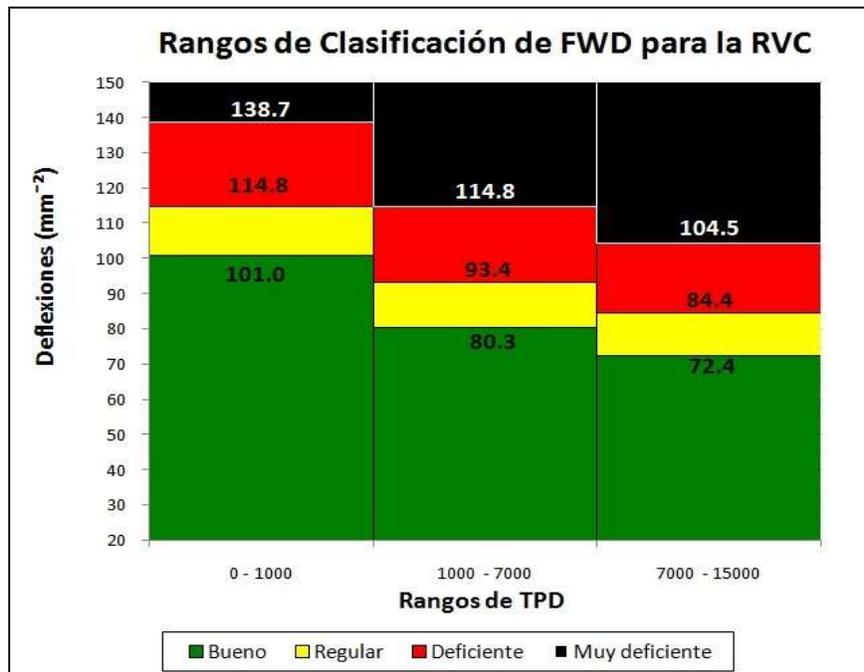


Figura 7. Condición estructural del pavimento con base granular según la deflexión medida y TPD.

Fuente: (Arias & Allen, 2014)



5.3.3 Caracterización de la estructura de pavimento

Una estructura de pavimento flexible convencional está compuesta por el suelo de subrasante, una o dos capas de materiales granulares (subbase y base) y la superficie de ruedo (en este caso carpeta de mezcla asfáltica), como se observa en la Figura 8.

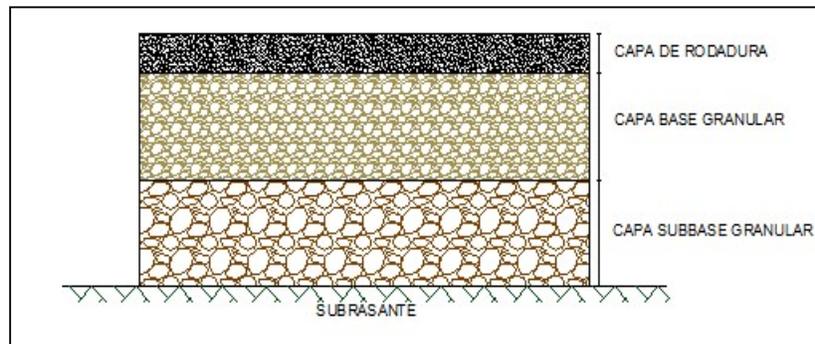


Figura 8. Estructura típica de un pavimento flexible.

La evaluación de la condición funcional y estructural se complementa con la caracterización de la estructura de pavimento por medio de calicatas o sondeos a cielo abierto donde se obtiene información sobre:

- Espesor de las diferentes capas del pavimento.
- Caracterización visual y de laboratorio (SUCS y AASHTO) de materiales existentes en cada capa y suelo de subrasante.
- Capacidad de soporte de California del suelo subrasante (CBR, por sus siglas en inglés).

En esta evaluación no se realizaron sondeos a cielo abierto en la red vial cantonal asfaltada, debido a que se cuenta con la información generada en una evaluación previa de la red vial cantonal de Esparza realizada por el LanammeUCR en el año 2011. En este proceso se realizaron 25 sondeos a cielo según se indica en el informe: *Evaluación de la red vial cantonal: Diagnóstico y Análisis de Tramos Homogéneos Red Vial Cantonal de Esparza LM-PI-GM-14-2014*.

Adicionalmente, la Municipalidad de Esparza ha intervenido más de 20 km de la red vial en los últimos años con la colocación de carpeta asfáltica nueva, por lo que se prefirió no realizar sondeos durante este proceso de evaluación, para evitar dañar las obras recientemente realizadas.



5.3.4 Tramos homogéneos

A partir de los datos de la evaluación funcional y estructural, se calculan los parámetros de IRI promedio y FWD promedio, respectivamente. Esto permite definir tramos homogéneos con una misma condición general, los cuales se obtienen por medio de métodos estadísticos definidos en la Guía de Diseño de Pavimentos de AASHTO 1993, que se adaptan a la organización administrativa de la red vial cantonal, de acuerdo con los códigos de caminos del registro vial municipal ante el MOPT.

5.3.5 Notas de calidad

A cada tramo homogéneo se le asigna el indicador llamado **Nota de Calidad**, que refleja la condición general del pavimento en esa sección y se asocia al tipo de intervención recomendado para gestión vial a nivel de red.

La metodología plantea el uso de una matriz que relaciona la capacidad estructural (valores de deflectometría) con la capacidad funcional (valores de IRI) evaluadas, de manera que, se genera una “nota” según el estado general en el que se encuentra un tramo. También se toma en cuenta el nivel de tránsito vehicular asociado a cada ruta, ya que una ruta de alto tránsito requiere una mayor capacidad (menor deflexión) para soportar las cargas vehiculares, en comparación con una ruta de bajo tránsito.

La metodología utilizada para la evaluación de la red vial municipal es una adaptación de la metodología empleada en el análisis de la red vial nacional en los años 2010-2011, la cual se presenta en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR.

En la Tabla 2 se muestra la matriz que se utiliza para la asignación de las notas de calidad, en función de los resultados de IRI y deflectometría (FWD) obtenidos en la evaluación.

Tabla 2. Notas de calidad de acuerdo con los resultados de la condición de IRI y FWD.

| IRI m/km | Deflexión 10 ⁻³ mm | | | |
|----------|-------------------------------|---------|------------|----------------|
| | Bueno | Regular | Deficiente | Muy Deficiente |
| Bueno | Q1 | Q3 | Q6 | R-1 |
| Regular | Q2 | Q5 | Q8 | R-2 |
| Malo | Q4 | Q7 | Q9 | R-3 |
| Muy malo | M-RF | RH-RF | R-3 | NP |

Fuente: (Jiménez, 2011).



La descripción de las diferentes notas de calidad es el siguiente:

- **Q1:** Es la condición ideal de un pavimento desde el punto de vista funcional y estructural. Son estructuras que brindan un buen servicio al usuario. A pesar de esto, pueden presentar deterioros que no son percibidos por la deflectometría de campo ni por la evaluación realizada con el perfilómetro (IRI), tales como: desprendimientos leves, desnudamiento o exudaciones. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones del tipo mantenimiento de preservación de bajo costo.
- **Q2:** Son pavimentos con muy buena capacidad estructural, sin embargo, poseen una capacidad funcional regular. En pavimentos flexibles los defectos superficiales que se pueden presentar son deformaciones en la mezcla asfáltica, baches reparados y agrietamientos de baja severidad. Estas estructuras son candidatas a mantenimiento de preservación de bajo costo, enfocados a corregir la pérdida de capacidad funcional.
- **Q3:** En estos pavimentos se presenta una pérdida de la capacidad estructural, sin embargo, se mantiene una condición funcional buena. Por lo que los deterioros funcionales no percibidos por el deflectómetro ni el perfilómetro (IRI) en el campo, pueden tener un mayor nivel de extensión o severidad. Los pavimentos que califican con esta nota son candidatos a mantenimientos de preservación de bajo costo, enfocados a atender la pérdida de capacidad estructural, con el objetivo de detener o retardar su avance.
- **Q4:** Existe un deterioro en el pavimento que puede afectar la velocidad del tránsito. En pavimentos flexibles pueden presentarse grandes baches o grietas profundas, entre los deterioros se incluye pérdida de agregados y ahuellamiento, los cuales se encuentran en más del 50% de la superficie. Aunque la condición estructural es buena, la condición funcional presenta un deterioro importante que puede afectar la durabilidad del pavimento, aumentando la tasa de deterioro estructural de forma elevada. Debido al deterioro de la capa de ruedo estos pavimentos pasarán a las categorías M-RF o Q7 en el mediano plazo. Estos pavimentos son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de mediano costo que se enfoquen a atender la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo.
- **M-RF:** En esta categoría se encuentran estructuras con severo deterioro funcional que afecta significativamente la velocidad del tránsito. Presentan grandes baches y grietas profundas en la carpeta asfáltica. El deterioro se presenta en más de la mitad de la superficie, comprometiendo la capacidad estructural del pavimento. Debido al deterioro en la capa de ruedo, en el corto plazo estos pavimentos pasarán a la categoría RH-RF. Los tramos que presentan esta categoría son candidatos a intervenciones de tipo mantenimiento de alto costo, enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional en el corto plazo para evitar un mayor deterioro de la capacidad estructural.
- **Q5:** Estas estructuras se encuentran en una condición de capacidad estructural y funcional intermedia por lo que es necesario realizar un análisis más detallado a nivel de proyecto para determinar el tipo de intervención requerida.



- **Q7:** Los pavimentos en esta categoría tienen una condición de ruedo similar a los que se encuentran en la categoría Q4, sin embargo, presentan una peor condición estructural y pueden presentar deterioros como ahuellamientos, agrietamientos por fatiga o agrietamientos transversales y longitudinales son mayores. En estos pavimentos el deterioro estructural y funcional se acelera, por lo que se encuentran propensos a pasar a las categorías RH-RF o Q9 en el mediano plazo. Estos tramos son candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación menor, enfocadas en la recuperación de la pérdida de capacidad funcional en el mediano plazo, con el fin de retardar o evitar un mayor deterioro de la capacidad estructural.
- **RH-RF:** Los pavimentos en esta categoría poseen una condición de ruedo similar a M-RF, sin embargo, presentan una peor condición estructural, debido a una mayor presencia de deterioros. En estos tramos el deterioro se acelera y se vuelven propensos a pasar a la categoría R3 a corto plazo. Estas estructuras son candidatas a intervenciones de tipo rehabilitación menor, enfocadas en recuperar la pérdida de capacidad funcional y estructural en el corto plazo para evitar o retardar un mayor deterioro.
- **Q6, Q8 y Q9:** Estos tramos presentan una condición estructural muy deficiente. En el caso que presenten una buena condición funcional en el momento de su evaluación, normalmente se debe a la colocación reciente de sobrecapas o tratamientos superficiales. Sin embargo, este tipo de intervención no da aporte estructural significativo, lo que puede provocar que estos trabajos sean de poca durabilidad. La condición de pérdida acelerada de la capacidad estructural y funcional de estos pavimentos los convierte en candidatos a intervenciones de tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida a corto plazo.
- **R-1, R-2:** Estos pavimentos presentan una condición estructural muy deficiente. Los tramos asignados a esta categoría que presentan una buena condición de la capa de ruedo pueden deberse principalmente, a la colocación reciente de sobrecapas o tratamientos superficiales, pero que no han contribuido de manera significativa, a nivel estructural. Por lo tanto, son trabajos de poca durabilidad y podría darse una rápida migración a notas como R-3 y NP, donde la alternativa de intervención es una reconstrucción del pavimento. Estos tramos son candidatos a intervenciones del tipo rehabilitación mayor que debería ser atendida de forma inmediata.
- **R-3, NP:** Estos pavimentos presentan un alto nivel de deterioro, donde la transitabilidad y la capacidad estructural son inferiores a los niveles aceptables para una carretera pavimentada. Estos tramos son candidatos a las inversiones de más alto costo o reconstrucción.



5.3.6 Tipos de intervención asociada a nivel de red

A cada nota de calidad, se le asocia un tipo de intervención general para gestión vial a **nivel de red**. Estas recomendaciones son una herramienta útil para la gestión y la definición de estrategias de intervención a mediano plazo (5 años) con el objetivo fundamental de mejorar el estado de la red vial de manera paulatina y sostenida. Luego, de forma anual, la Municipalidad podrá ajustar las recomendaciones a nivel de red, de acuerdo con estudios específicos que permitan diseñar las intervenciones a nivel de proyecto para definir presupuestos finales. El tipo de intervención asociado a cada nota de calidad se muestra en la Figura 9. La diferencia entre el tipo de intervención identificada con color naranja y rojo corresponde a que el color rojo se asocia a una rehabilitación mayor que requiere realizarse de forma inmediata, esto para evitar que los tramos de caminos clasificados en esta categoría, se deterioren rápidamente y pasen a la categoría de reconstrucción en el corto plazo.

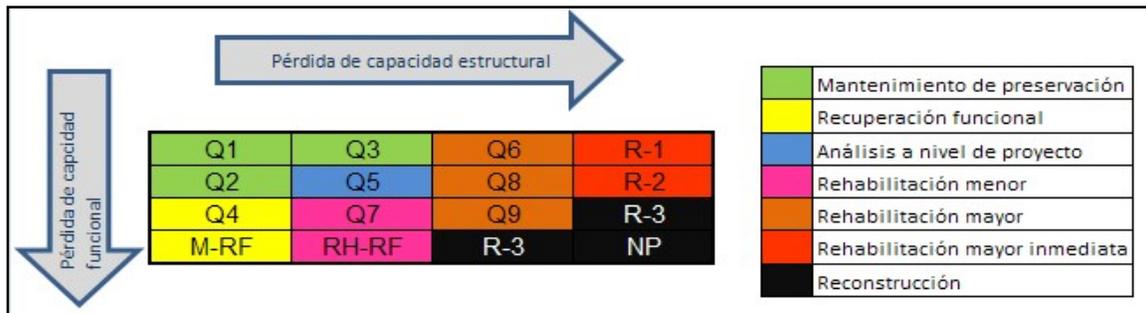


Figura 9. Tipo de intervención recomendada para cada nota de calidad.

Fuente: (Jiménez, 2011).

El tipo de intervención se definió a partir de lo indicado en el informe LM-PI-UE-05-11, del año 2011, del LanammeUCR y se describen a continuación:

- **Mantenimiento de Preservación:** corresponde a pavimentos que se encuentran en buen estado (funcional y estructural). Este tipo de intervención es de bajo costo relativo ya que se asocia con sellos o sobrecarpetas de bajo espesor como: *sello de arena*, *sellos de niebla (fog seal)*, *sello de lechada asfáltica (slurry seals)*, *tratamientos superficiales bituminosos (TSB)*, *sellado de grietas y microcarpetas asfálticas*, entre otros. El objetivo fundamental de este tipo de intervenciones es prolongar la vida útil del pavimento y corregir deterioros funcionales leves.
- **Mantenimiento de recuperación funcional (IRI):** Su objetivo es mejorar la condición funcional del tramo, por lo que no necesariamente brindan aporte estructural. En estos casos se puede considerar labores de sustitución de la superficie de ruedo, recuperando los espesores existentes con material nuevo, o el uso de geotextiles para retardar el



reflejo de grietas y una labor de perfilado o recuperación de la calzada. Este tipo de intervenciones deberían ser ejecutadas con prioridad alta, para evitar que la irregularidad superficial influya en un mayor daño en la capacidad estructural del pavimento.

- **Análisis a nivel de proyecto:** Se requiere de una evaluación detallada del tramo con el fin de definir mejor el tipo de intervención adecuada.
- **Rehabilitación menor:** Permite recuperar la capacidad estructural en niveles intermedios, así como la capacidad funcional en niveles críticos. En estos tramos se podría aplicar un perfilado y una sobrecarpeta de mezclas asfáltica con aporte estructural.
- **Rehabilitación mayor:** Los tramos que califican para este tipo de intervención requieren una recuperación importante de la capacidad estructural. Por lo que se recomienda un perfilado y la colocación de una nueva sobre-carpeta y la intervención de la base, donde se realice un diseño estructural que considere la capacidad estructural remanente de la sección existente para un período de diseño determinado.
- **Reconstrucción:** Renovación de la estructura del camino, con previa demolición parcial o total de la estructura del pavimento. Este tipo de intervención es la de más alto costo y requiere de un diseño estructural formal.

5.4 Evaluación Visual

Se evalúan las secciones de la red vial cantonal donde no es posible aplicar la metodología de Notas de Calidad descrita en el Apartado 5.3 de este informe, ya sea en rutas con superficie de mezcla asfáltica, como rutas con pavimento rígido de concreto, tratamiento superficial bituminoso, lastre, arena y tierra.

La metodología oficial para evaluación visual en el país corresponde al Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, MAV 2016. Sin embargo, en la evaluación de la red vial cantonal de Esparza se utilizó una adaptación de la metodología de de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER)* debido a que la evaluación de la RVC del cantón de Esparza se realizó en un nivel de red para planificación a mediano plazo.

5.4.1 Caminos con superficie de mezcla asfáltica

Los caminos de la red vial cantonal con superficie de mezcla asfáltica que no fue posible evaluar con la metodología de Notas de Calidad, se evaluaron por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Asphalt Roads Manual* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002). Se evalúa los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia a la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 25

- Se evalúa visualmente cuatro categorías de defectos:
 - Deterioros superficiales: desprendimientos, pulimiento y exudación.
 - Deformación de la superficie: ahuellamientos y desplazamientos de mezcla asfáltica.
 - Fisuras y grietas: transversales y longitudinales por fatiga, cuero de lagarto, reflexión de grietas y juntas de construcción, agrietamiento en bloque.
 - Reparaciones: como bacheos
- Se califica cada deterioro del 10 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo de 10 a 1 de acuerdo como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Evaluación visual de red vial asfaltada.

| Calificación | Condición | Descripción general |
|--------------|-----------|--|
| 8-10 | Excelente | Superficie nueva o sobrecapa recientemente colocada. Pavimento sujeto a seguimiento y actividades de preservación. |
| 6-7 | Bueno | Sin grietas longitudinales por fatiga o muy leves, exudación leve, sin desprendimientos o muy leves. Pavimento sujeto a mantenimiento de preservación como sello de grietas o tratamientos superficiales asfálticos. |
| 4-5 | Regular | Desprendimiento moderado a severos, grietas por fatiga moderada, grietas en bloque, exudación moderada y severa y existencia de bacheo en buena condición. Pavimento mantenimiento como perfilado y sobrecapa, luego de un análisis si se requiere aporte estructural. |
| 2-3 | Malo | Agrietamiento en cuero de lagarto, agrietamientos en bloque extensivos, ahuellamientos moderados y severos, mucho bacheo y desprendimientos que forman huecos. Pavimento sujeto a rehabilitación para recuperar la capacidad estructural. |
| 1 | Pésimo | Deterioro severo y extensivo de la superficie. Requiere reconstrucción. |

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002)



5.4.2 Caminos con superficie de tratamiento superficial bituminoso (TSB)

La red vial cantonal con superficie de tratamiento superficial bituminoso (TSB) fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Sealcoat Manual* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison , 2013).

Se evalúan los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia a la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los deterioros de pérdida de sello, fisuras y grietas, deterioro del borde, fisuras por fatiga, cuero de lagarto, reparaciones y bacheos, ahuellamientos, huecos y drenajes.
- Se califica cada deterioro de 5 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo del 5 a 1 de acuerdo como se indica en la Tabla 4.

Tabla 4. Evaluación de la red vial con TSB.

| Calificación | Condición | Descripción general |
|--------------|-----------|--|
| 5 | Excelente | Superficie nueva o muy reciente (≤ 1 año). |
| 4 | Bueno | Superficie reciente (2-4 años), requiere mantenimiento rutinario. |
| 3 | Regular | Superficie de 3 a 5 años, requiere mantenimiento de drenajes, bacheo menor y/o sello. |
| 2 | Malo | Superficie antigua >5 años, requiere rehabilitación que incluye mejoramiento de drenajes, bacheo mayor y un sello nuevo. |
| 1 | Pésimo | Superficie muy deteriorada, requiere reconstrucción, incluyendo drenajes nuevos, reparación de base y sello. |

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison , 2013).



5.4.3 Caminos con superficie de concreto hidráulico

La red vial cantonal con superficie de concreto fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Concrete Roads* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002). Se evalúa los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los deterioros de desgaste desprendimientos, fisuras tipo mapa, picaduras, pérdida de sello de juntas, grietas aisladas tipo meandro, deterioro de pozos y tragantes, grietas transversales, grietas longitudinales, escalonamientos, asentamientos, quebraduras en juntas y grietas de esquina.
- Se califica cada deterioro del 10 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica de con una nota de 1 a 10 cada tramo o camino, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 5.

Tabla 5. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto.

| Calificación | Condición | Descripción general |
|--------------|-----------|---|
| 8-10 | Excelente | Superficie nueva o muy reciente. |
| 6-7 | Bueno | Algunas señales de desgaste y deterioros leves, requiere mantenimiento rutinario. |
| 4-5 | Regular | Señales de quebraduras y escalonamientos leves. Requiere algunas reparaciones y mejora en drenajes. |
| 2-3 | Malo | Muestra escalonamientos moderados o severos, requiere reparaciones de espesor completo. |
| 1 | Pésimo | Requiere reconstrucción. |

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).



5.4.4 Caminos con superficie de grava, lastre y arena

La red vial cantonal con superficie de grava o lastre fue evaluada por medio de una adaptación de la metodología de evaluación visual *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Gravel Roads* (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002).

Se evalúa los deterioros y generalidades del camino, que son calificados en una escala cuantitativa que se asocia la condición de la superficie de ruedo como se describe a continuación:

- Se evalúa visualmente los deterioros de corona y bombeo, drenajes, ondulaciones, generación de polvo, huecos, roderas o ahuellamientos, agregado suelto, espesor de capa de agregado.
- Se califica cada deterioro del 5 (inexistente o muy leve) a 1 (severo y extenso).
- Se establecen tramos con condición homogénea de acuerdo con la inspección visual.
- Se establece una condición general promedio para cada camino o tramo homogéneo.
- Se califica cada camino o tramo de 5 a 1 de acuerdo como se indica en la *Tabla 6*.

Tabla 6. Evaluación de la red vial con superficie de grava o lastre.

| Calificación | Condición | Descripción general |
|--------------|-----------|--|
| 5 | Excelente | Construcción nueva o muy reciente. |
| 4 | Bueno | Camino reconformado recientemente. |
| 3 | Regular | Pérdida de corona, agregado suelto y huecos, puede requerir reconformación y relastrado. |
| 2 | Malo | Mucho agregado suelto, huecos, corrugaciones y deformación de calzada, velocidad <40 km/h. |
| 1 | Pésimo | El paso es difícil y la vía puede cerrarse en ocasiones. |

Fuente: Adaptado de (Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison, 2002)



5.4.5 Caminos con superficie de tierra

Los caminos con superficie de tierra no poseen una estructura de pavimento que evaluar, razón por la cual a través de una inspección visual se clasifican en dos categorías, de acuerdo con las condiciones de transitabilidad existente, tal y como se describe en la Tabla 7.

Tabla 7. Evaluación visual de la red vial con superficie de tierra.

| Condición | Descripción general |
|---------------|--|
| Transitable | Camino con superficie de tierra que permite el tránsito de cualquier tipo de vehículo principalmente en época seca, pero puede presentar dificultades de tránsito en época lluviosa. Cuenta con poco material granular sin seleccionar o ningún material granular. Generalmente no cuenta con elementos de drenaje pluvial como cunetas o pasos de alcantarilla. |
| Intransitable | Camino con superficie de tierra que no permite el tránsito vehicular debido a su grave deterioro. Presenta alto grado de erosión, con surcos, cárcavas y deformaciones por la falta de material granular y drenajes pluviales. |

6. Validación y descripción de la red vial del cantonal de Esparza

6.1 Validación de la red vial cantonal

La identificación y reconocimiento de la red vial pública del cantón de Esparza es indispensable para la respectiva gestión de activos viales ya que, únicamente sobre estos caminos será posible la asignación de recursos por parte del Estado para su intervención. Sin embargo, con el pasar del tiempo, esta red puede tener modificaciones, ya sea porque: es común que algunos caminos sean reconocidos popularmente como públicos, pero que estén debidamente inscritos en el Catastro como “servidumbres, calles privadas, u otros”, por lo que deben ser eliminados del inventario vial; o bien, nuevos caminos decretados como públicos por ser obra nueva o, en consecuencia, a cambios en su entorno que les brindan una nueva e importante funcionalidad dentro del cantón.

Por tanto, con el propósito de reconocer la longitud de caminos a evaluar en el presente informe, y tomando como referencia el Inventario Vial existente, fue necesaria la digitalización georreferenciada de los caminos del cantón de Esparza mediante ortofotos oficiales emitidas entre los años 2014 y 2018 por el Instituto Geográfico Nacional, a una escala 1:1 000 para centros urbanos y 1:5 000 para zonas rurales; sin embargo, en aquellos casos en que la ortofoto presentaba nubosidad o poca claridad, fue necesario realizar giras de campo para completar el trazado del camino con un GPS de alta precisión. Lo anterior, permitió disponer de un trazado de todos los caminos existentes en el cantón.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 30

Sin embargo, dado que esta digitalización podría incluir caminos privados, servidumbres u otros, fue necesario validar su carácter público de acuerdo con el conocimiento del personal de la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM), así como del respectivo Departamento de Catastro de la misma Municipalidad de Esparza.

De acuerdo con el oficio EIC-Lanamme-352-2022 denominado “*Entrega de la Red Vial Cantonal digitalizada del cantón de Esparza*” y enviado a la Municipalidad del día 26 de abril del presente año, se identificó una red vial de 192,605 kilómetros de longitud total, distribuidos entre: 109 códigos de caminos municipales (185,7 km) debidamente inscritos ante la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, y 14 caminos (6,87 km) que se encuentran pendientes a inscribir en la próxima presentación del Inventario Vial, el cual se encuentra en desarrollo.

Luego el día 30 de mayo, una vez finalizado este proceso de validación, se recibió una nueva modificación por parte del ingeniero municipal, ya que debido a tramitología municipal reciente, un camino en lastre pendiente de inscribir en el distrito de Espíritu Santo, y de aproximadamente 138,8 m, había perdido su carácter público, y por ende no debía ser considerado en próximos entregables a realizar por el LanammeUCR; motivo por el cual la longitud total de caminos registrada para este informe es de 192,47 km.

Finalmente, la digitalización de red vial y su respectiva validación permitieron disponer de una capa cartográfica georreferencia a línea centro de cada uno de los caminos del cantón, a través de la cual la gestión vial puede verse facilitada en la UTGVM mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que sirva como base de datos de consulta y constante actualización. Esta capa base de los caminos municipales fue completada con toda la información mostrada en este informe, por cuanto corresponde a un insumo valioso para su futura gestión, pues incluye datos de tránsito promedio diario, tipo de superficie, estado, jerarquía, longitud, distrito de origen, nombre del camino, entronque de inicio y fin, deterioros identificados, entre otros.

6.2 Longitud y tipo de superficie de ruedo

La longitud y tipo de superficie de ruedo asociado de la red vial cantonal de Esparza se presenta para el año 2020 y luego para el año 2022, como actualización de los datos acordada con la municipalidad.

6.2.1 Longitud y tipo de superficie de ruedo, año 2020

En el año 2020 se determinó que el cantón de Esparza contaba con una red vial cantonal oficial con una longitud total de 192,47 km. Se encontró que los siguientes tipos de superficie de ruedo: carpeta de mezcla asfáltica en caliente, tratamiento superficial bituminoso (TSB), losa de concreto, grava o lastre, arena y tierra. La distribución de km



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 31

según el tipo de superficie de ruedo para cada uno de los distritos del cantón se muestra en la Tabla 8, en los gráficos de Figura 10 y Figura 11, así como en los mapas de la Figura 1112 a la Figura 17.

El distrito de Espíritu Santo es el que presentaba mayor longitud de red vial total para el año 2020, con 61,02 km y la mayor extensión de rutas con superficie de mezcla asfáltica con 33,05 km. Por su parte, el distrito de San Juan Grande se ubicaba como segundo distrito con mayor longitud de rutas con mezcla asfáltica con 8,88 km y como distrito con mayor extensión de rutas de TSB con 9,09 km.

Por otro lado, el distrito de San Rafael y Macacona son los distritos con menor longitud de red vial cantonal con 17,60 km y 16,71 km, respectivamente.

Los distritos de San Jerónimo y Caldera presentan la mayor longitud de caminos en lastre o grava, con 16,14 km y 27,53 km respectivamente. De forma similar, en los distritos de San Jerónimo y Caldera se observó la mayor longitud de vías de tierra, con 6,53 km y 8,16 km, respectivamente. Además, en el distrito de Caldera se encontró una sección de 700 m con superficie de arena, debido a su cercanía con la costa.

Tabla 8. Longitud de caminos según el tipo de superficie en la RVC de Esparza 2020.

| Distrito | Longitud de la red vial cantonal (km) | | | | | | Total |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| | Mezcla asfáltica | TSB | Concreto | Lastre | Arena | Tierra | |
| Espíritu Santo | 33,05 | 8,78 | 3,29 | 10,78 | - | 5,12 | 61,02 |
| San Juan Grande | 8,88 | 9,09 | 0,23 | 4,66 | - | 0,44 | 23,29 |
| Macacona | 7,94 | 4,00 | 0,23 | 5,06 | - | 0,37 | 17,60 |
| San Rafael | 1,85 | 3,58 | - | 7,41 | - | 3,87 | 16,71 |
| San Jerónimo | 0,69 | 1,56 | 0,14 | 16,14 | - | 6,53 | 25,07 |
| Caldera | 5,03 | 7,00 | 0,36 | 27,53 | 0,70 | 8,16 | 48,79 |
| Total general | 57,43 | 34,00 | 4,25 | 71,58 | 0,70 | 24,50 | 192,47 |

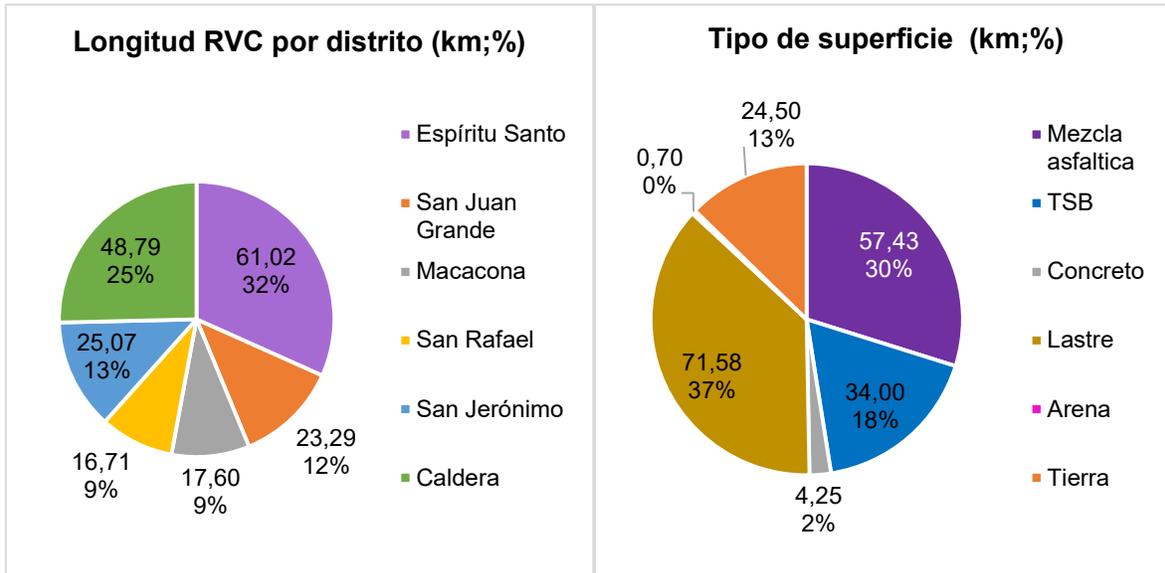


Figura 10. Longitud y tipo de superficie para la RVC de Esparza 2020.

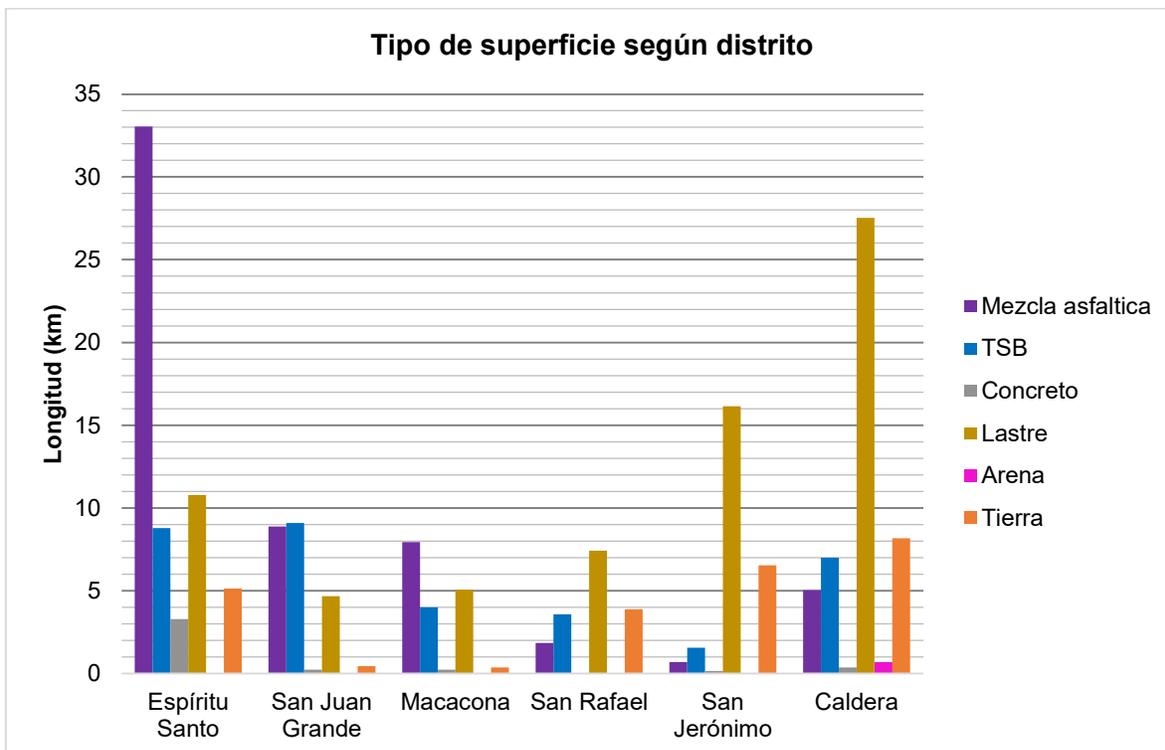


Figura 11. Tipo de superficie de rueda para cada distrito de la RVC de Esparza 2020.

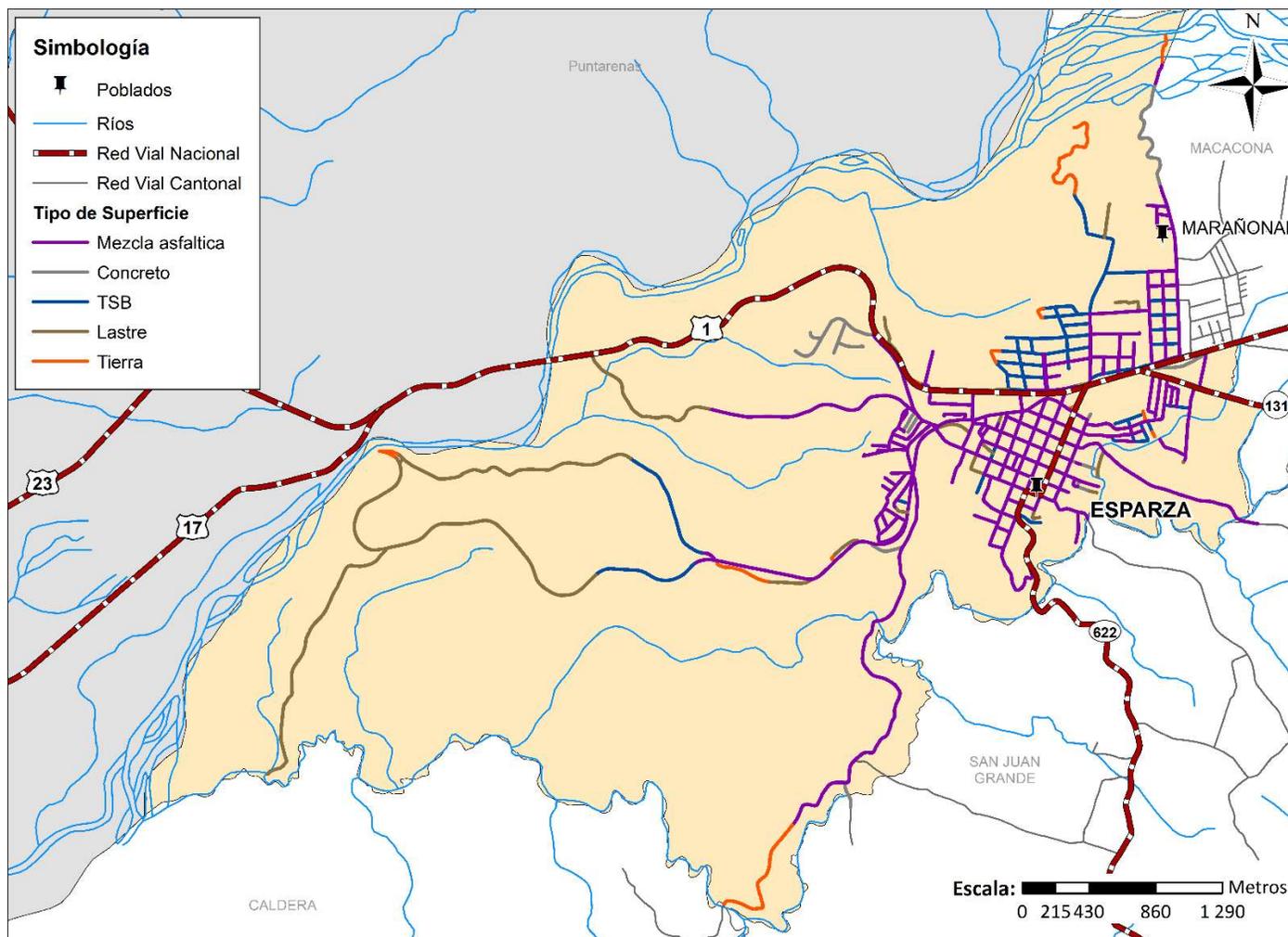


Figura 12. Tipo de superficie de ruedo del distrito Espiritu Santo, 2020.

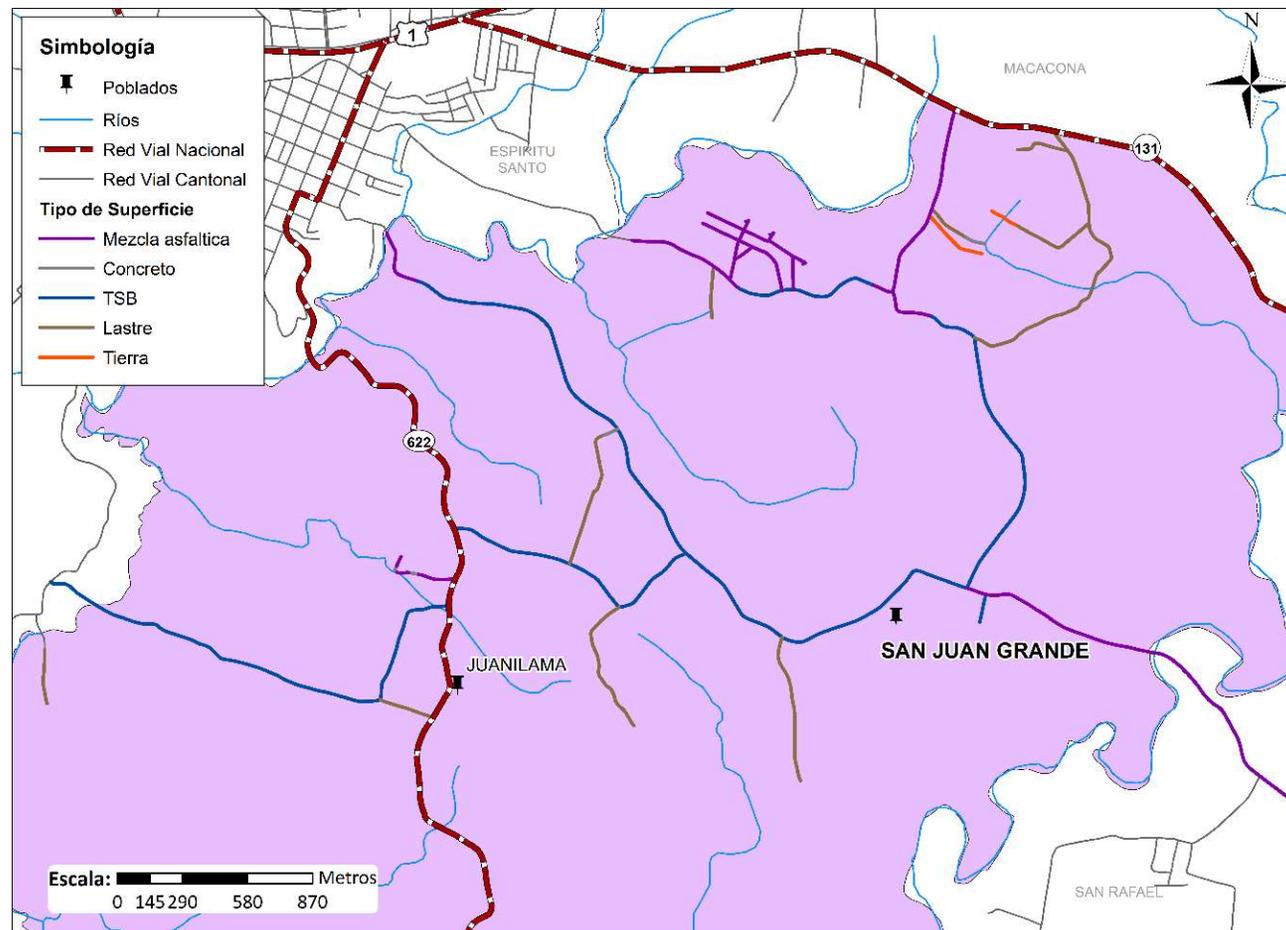


Figura 13. Tipo de superficie de rudo del distrito San Juan Grande, 2020.

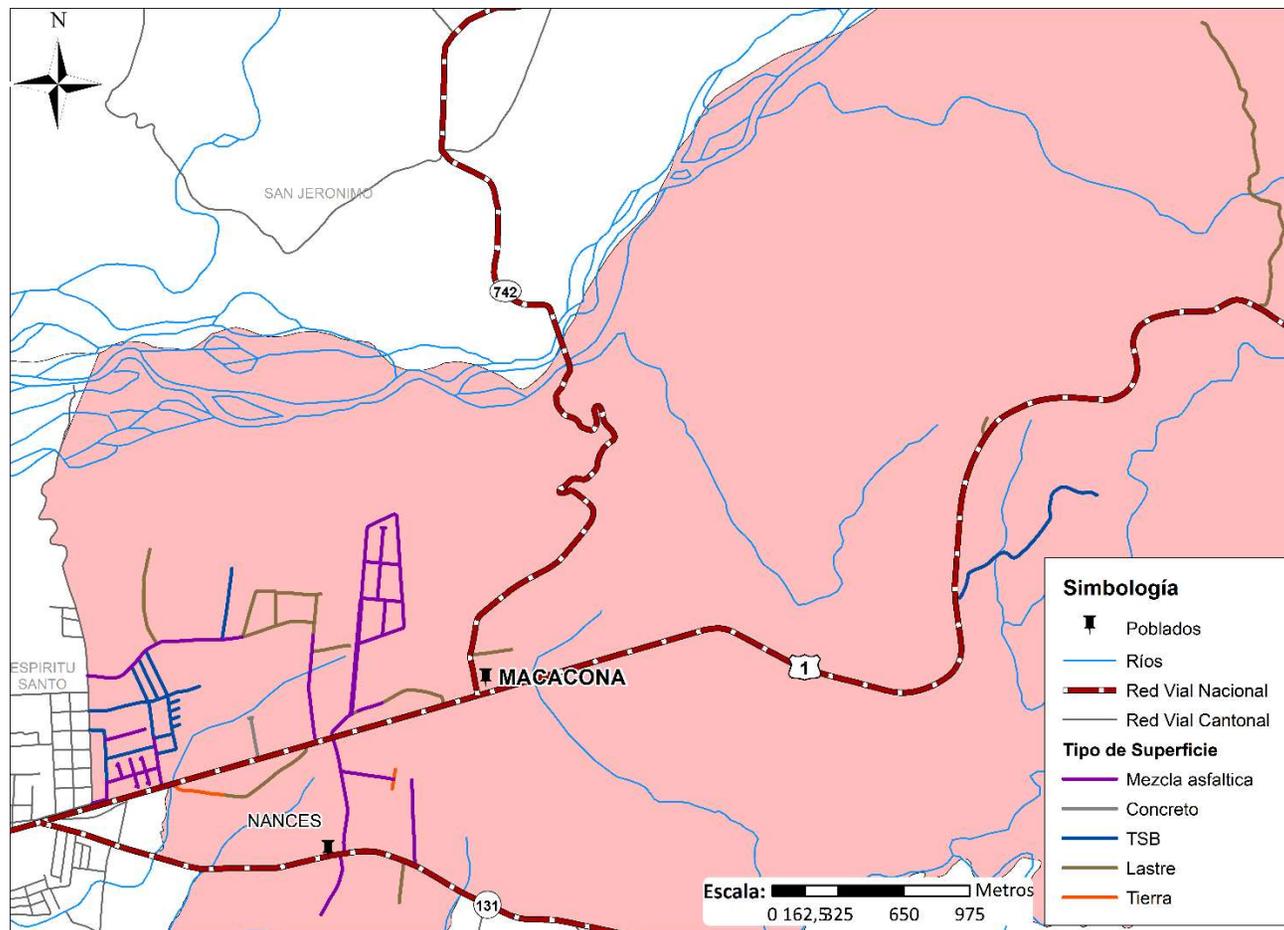


Figura 14. Tipo de superficie de ruedo del distrito Macacona, 2020.

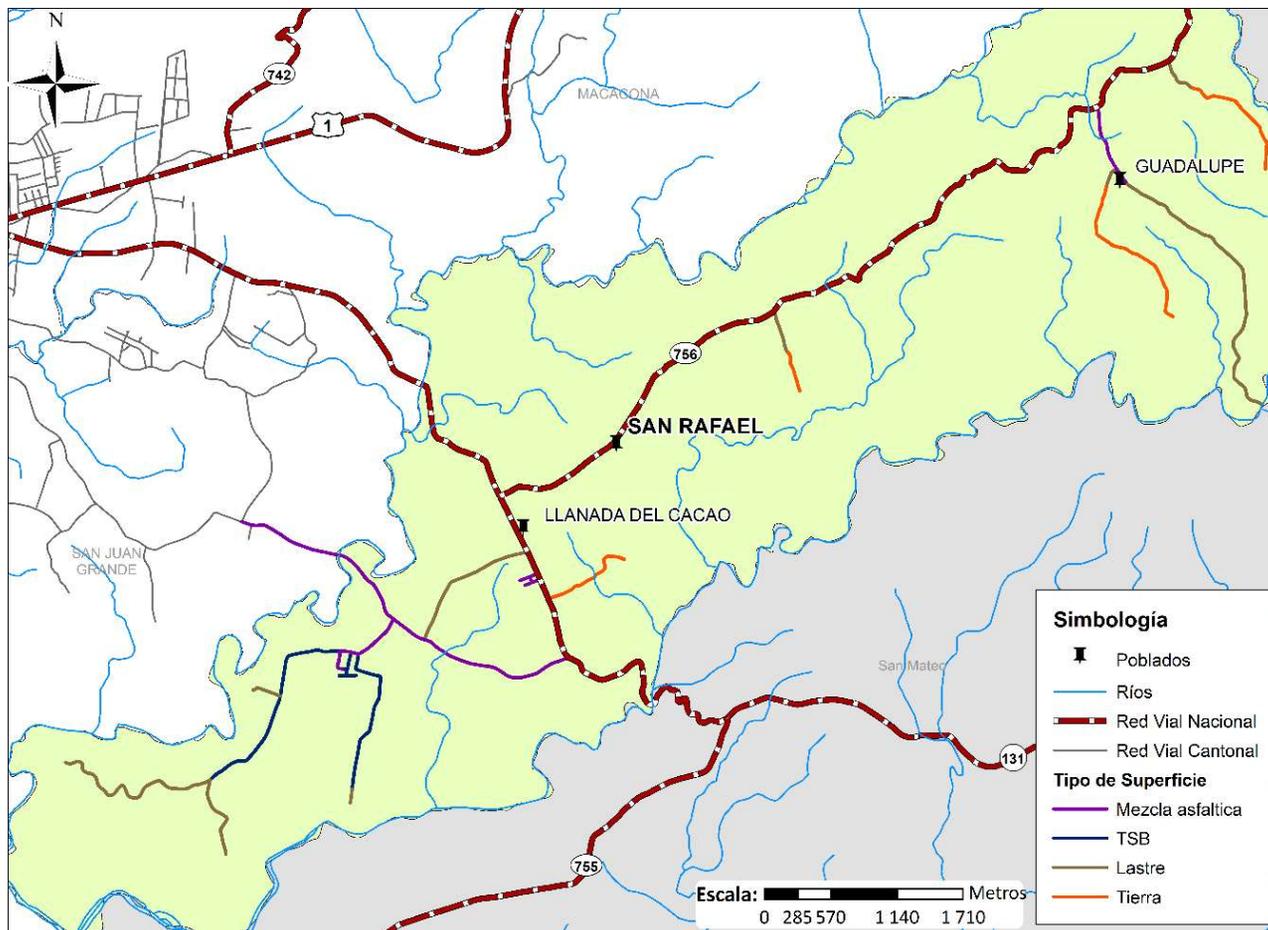


Figura 15. Tipo de superficie de ruedo del distrito San Rafael, 2020.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 38



Figura 17. Tipo de superficie de ruedeo del distrito Caldera, 2020.



6.2.2 Longitud y tipo de superficie de ruedo, año 2022

La red vial cantonal oficial de Esparza mantiene la longitud total de 192,47 km para el año 2022. El detalle de la extensión de vías para cada tipo de superficie de ruedo en cada distrito del cantón para el mes de Febrero de 2022, se muestra en la Tabla 9, en los gráficos de la Figura 18 y Figura 19, así como en los mapas de la Figura 18 a la Figura 25.

El distrito de Espíritu Santo sigue siendo el que presenta mayor longitud de red vial cantonal para el año 2022, con 61,02 km y también sigue siendo el distrito con mayor extensión de rutas con superficie de mezcla asfáltica con 37,75 km. Además, en este distrito se tiene la mayor extensión de rutas de TSB con 6,41 km. Por su parte, el distrito de San Juan Grande es el segundo con mayor longitud de rutas con mezcla asfáltica y TSB, con 14,71 km y 5,03 km, respectivamente.

El distrito de Macacona es el que presenta menor extensión de red vial cantonal del cantón con 16,71 km, con la mayor parte en lastre con 9,44 km.

Los distritos de San Jerónimo y Caldera presentan la mayor longitud de caminos en lastre o grava, con 16,17 km y 20,13 km respectivamente. De forma similar, en los distritos de San Jerónimo y Caldera se observó la mayor longitud de vías de tierra, con 6,34 km y 8,56 km, respectivamente. Además, en el distrito de Caldera se encontró 910 m con superficie de arena, debido a su cercanía con la costa.

Tabla 9. Longitud de caminos según el tipo de superficie en la RVC de Esparza 2022.

| Distrito | Longitud de la red vial cantonal (km) | | | | | | Total |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| | Mezcla asfáltica | TSB | Concreto | Lastre | Arena | Tierra | |
| Espíritu Santo | 37,75 | 6,41 | 3,16 | 9,87 | - | 3,86 | 61,02 |
| San Juan Grande | 14,71 | 5,03 | 0,21 | 2,90 | - | 0,44 | 23,29 |
| Macacona | 9,44 | 3,45 | 0,23 | 4,30 | - | 0,18 | 17,60 |
| San Rafael | 2,89 | 3,61 | - | 5,60 | - | 4,61 | 16,71 |
| San Jerónimo | 1,06 | 1,35 | 0,14 | 16,17 | - | 6,34 | 25,07 |
| Caldera | 13,43 | 5,26 | 0,50 | 20,13 | 0,91 | 8,56 | 48,79 |
| Total general | 79,27 | 25,10 | 4,24 | 58,95 | 0,91 | 24,00 | 192,47 |



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 40

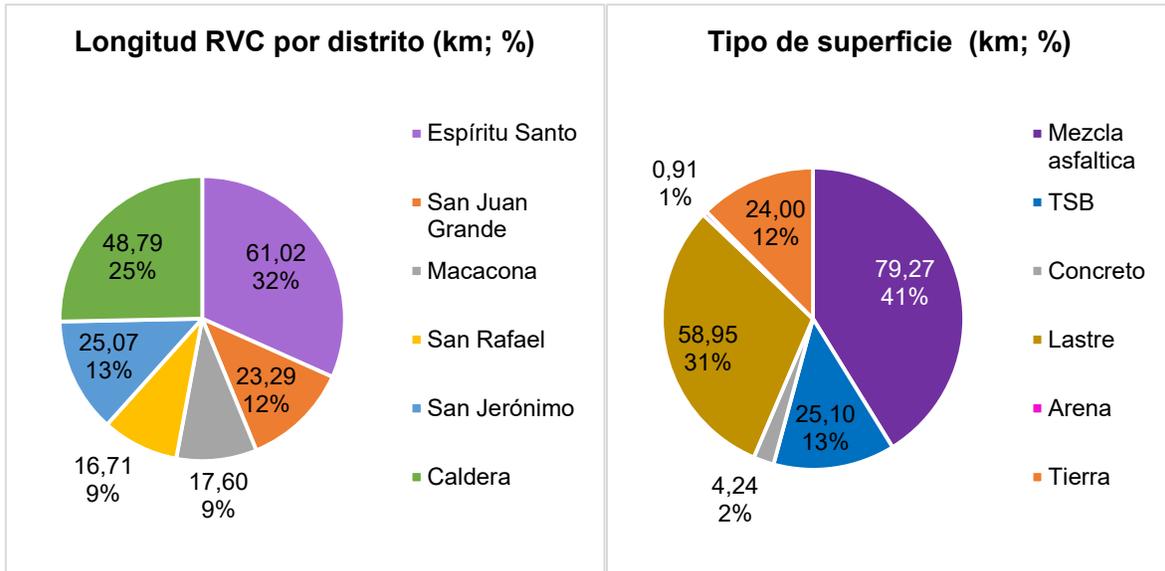


Figura 18. Longitud y tipo de superficie para la RVC de Esparza 2022.

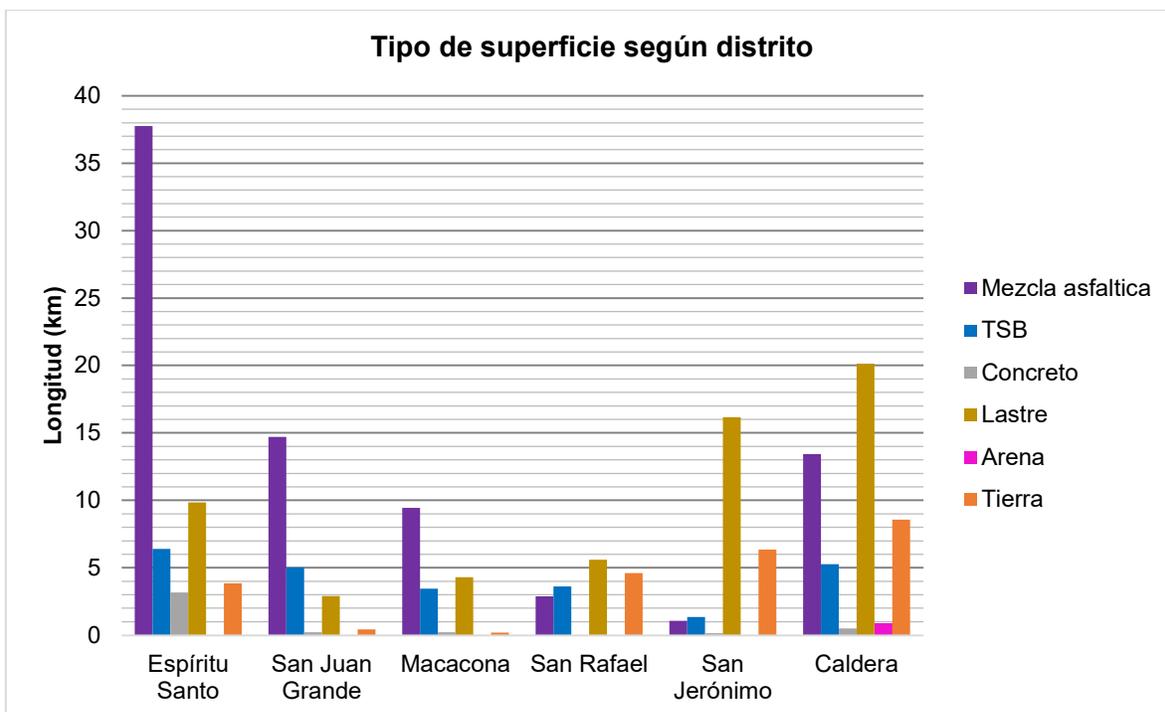


Figura 19. Tipo de superficie de rueda para cada distrito de la RVC de Esparza 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022

Página 41

La Tabla 10 muestra la comparación de la RVC de Esparza de 2022 respecto de 2020, específicamente en cuanto a los km y porcentaje de aumento (+) o reducción (-), para cada tipo de superficie de ruedo y en cada distrito del cantón.

La longitud total de caminos con superficie de mezcla asfáltica en el cantón aumentó en 21,84 km (38%) de 2020 a 2022. Se observa mayor longitud de vías con carpeta de mezcla asfáltica en todos los distritos, pero los mayores aumentos se presentan en Caldera, San Juan Grande y Espíritu Santo. El crecimiento en rutas con carpeta de mezcla asfáltica se asocia al cambio de superficie de caminos que anteriormente presentaban TSB y Lastre, esto evidencia la inversión de recursos en obras que contribuyen a mejorar, tanto la condición funcional, como estructural de la red vial del cantón.

La longitud total de caminos con TSB se redujo en un total de 8,90 km (26,2%) entre 2020 y 2022. Esto ocurre en todos los distritos excepto en San Rafael.

La longitud total de caminos con superficie de Concreto se mantiene prácticamente invariable respecto de 2020. Se observa aumento de 140 m que se construyó en el distrito de Caldera y la reducción de 130 m en el distrito de Espíritu Santo.

La red de caminos con superficie de lastre se disminuyó en un total 12,63 km (17,7%) respecto de 2020, de los cuales la mayoría se encuentra en el distrito de Caldera.

Los caminos con superficie denominada Arena no presentan variación con el año 2020 y la longitud de los caminos de tierra se redujo solamente en 500 m.

Tabla 10. Comparación de la RVC de Esparza de 2022 respecto de 2020.

| Distrito | Mezcla asfáltica | | TSB | | Concreto | | Lastre | | Arena | | Tierra | |
|----------------------|------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | km | % | km | % | km | % | km | % | km | % | km | % |
| Espíritu Santo | +4,70 | +14,2% | -2,37 | -27,0% | -0,13 | -4,0% | -0,94 | -8,7% | - | - | -1,26 | -24,7% |
| San Juan Grande | +5,84 | +65,8% | -4,06 | -44,7% | -0,02 | -6,7% | -1,76 | -37,8% | - | - | - | - |
| Macacona | +1,50 | +18,9% | -0,56 | -13,9% | - | - | -0,76 | -15,0% | - | - | -0,18 | -50,1% |
| San Rafael | +1,04 | +56,0% | +0,03 | +0,90% | - | - | -1,81 | -24,4% | - | - | +0,74 | 19,1% |
| San Jerónimo | +0,37 | +53,5% | -0,21 | -13,5% | - | - | +0,03 | 0,2% | - | - | -0,19 | -2,9% |
| Caldera | +8,40 | +166,9% | -1,74 | -24,9% | +0,14 | 37,8% | -7,40 | -26,9% | +0,21 | 29,8% | +0,40 | 4,9% |
| Total general | +21,84 | 38,0% | -8,90 | -26,2% | -0,01 | -0,30% | -12,63 | -17,7% | +0,21 | 29,8% | -0,50 | -2,1% |

Nota: (+) aumento respecto de 2020, (-) reducción respecto de 2020.

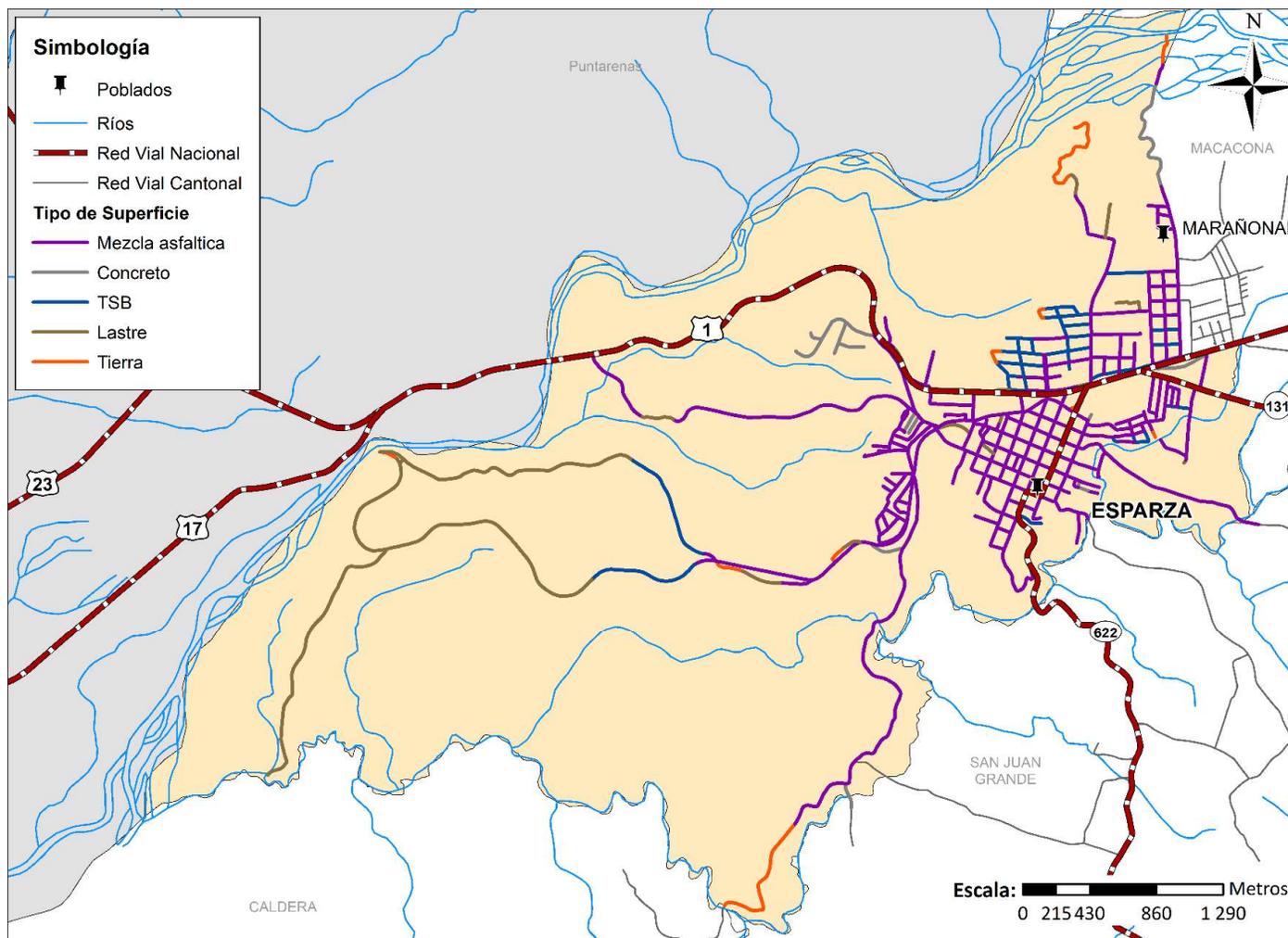


Figura 20. Tipo de superficie de rueda del distrito Espiritu Santo, 2022.

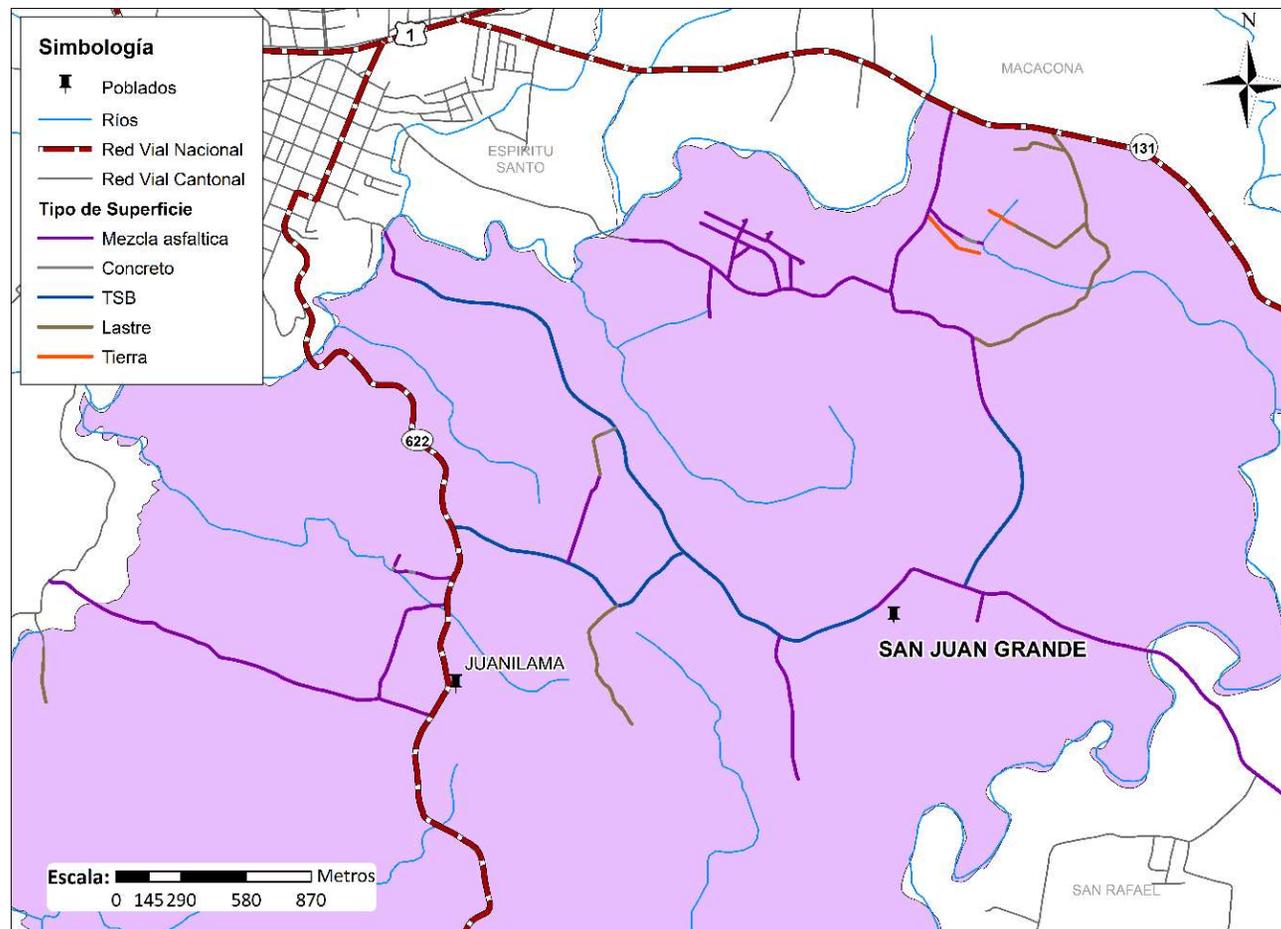


Figura 21. Tipo de superficie de ruedeo del distrito San Juan Grande, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 44

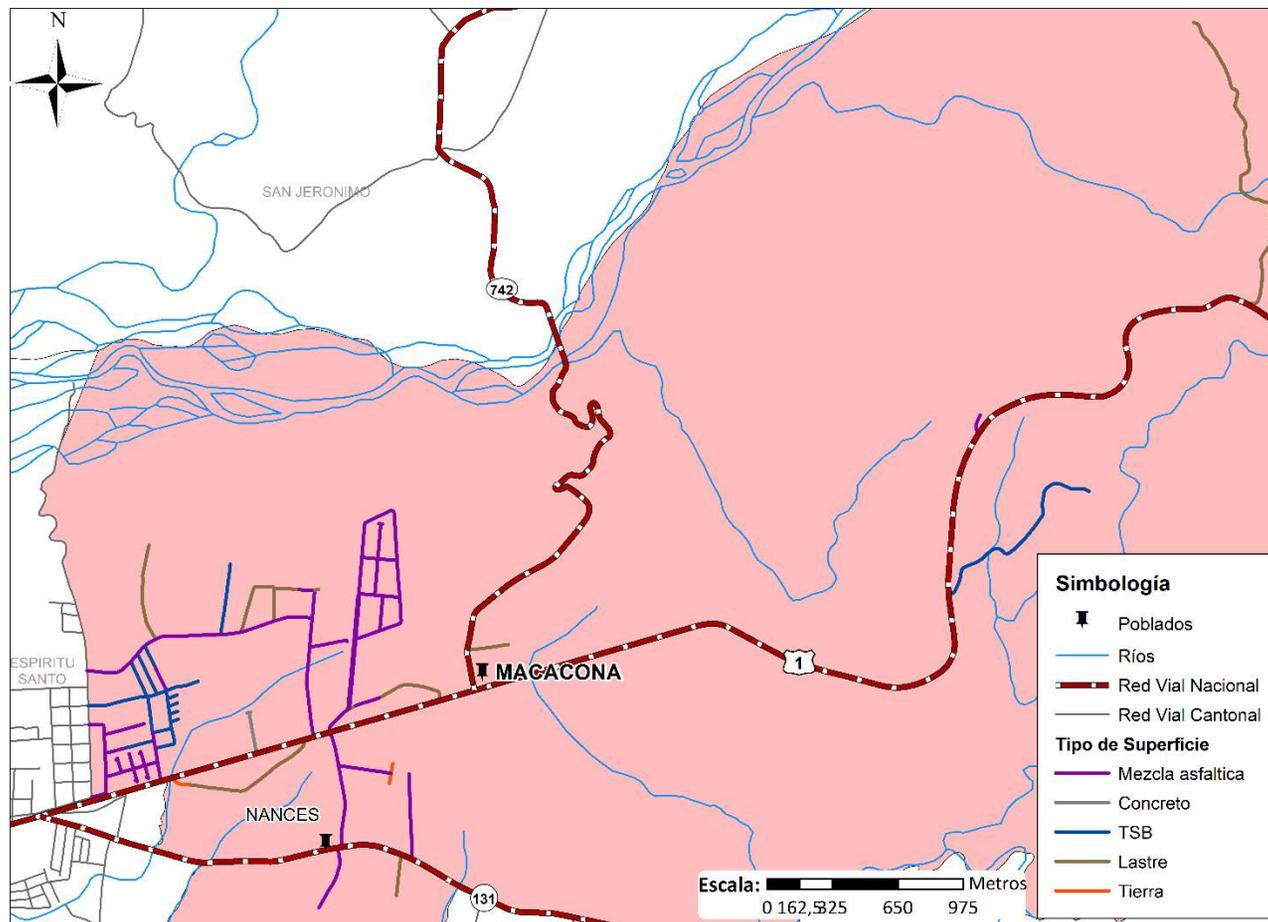


Figura 22. Tipo de superficie de rueda del distrito Macacona, 2022.

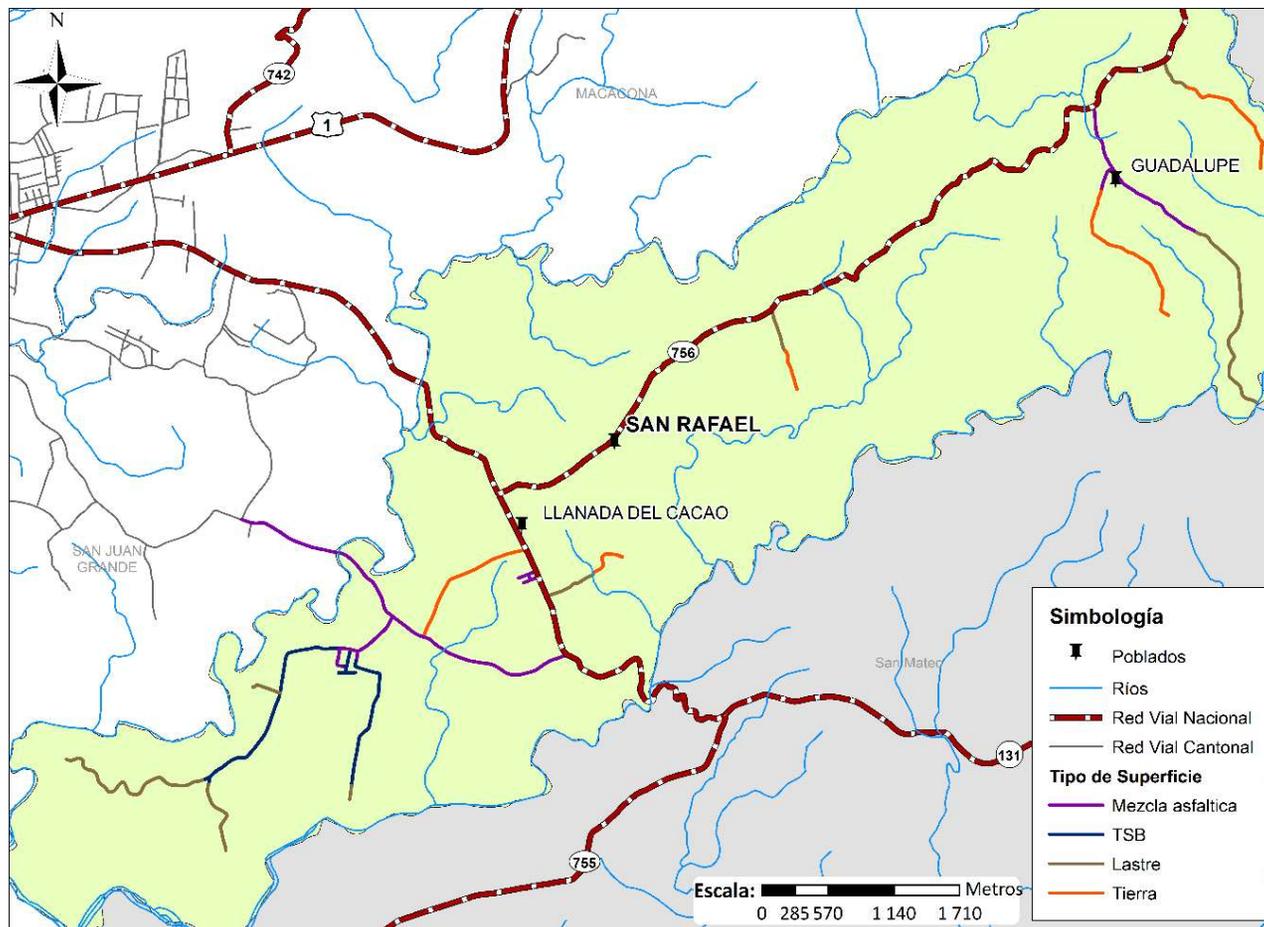


Figura 23. Tipo de superficie de ruedeo del distrito San Rafael, 2022.

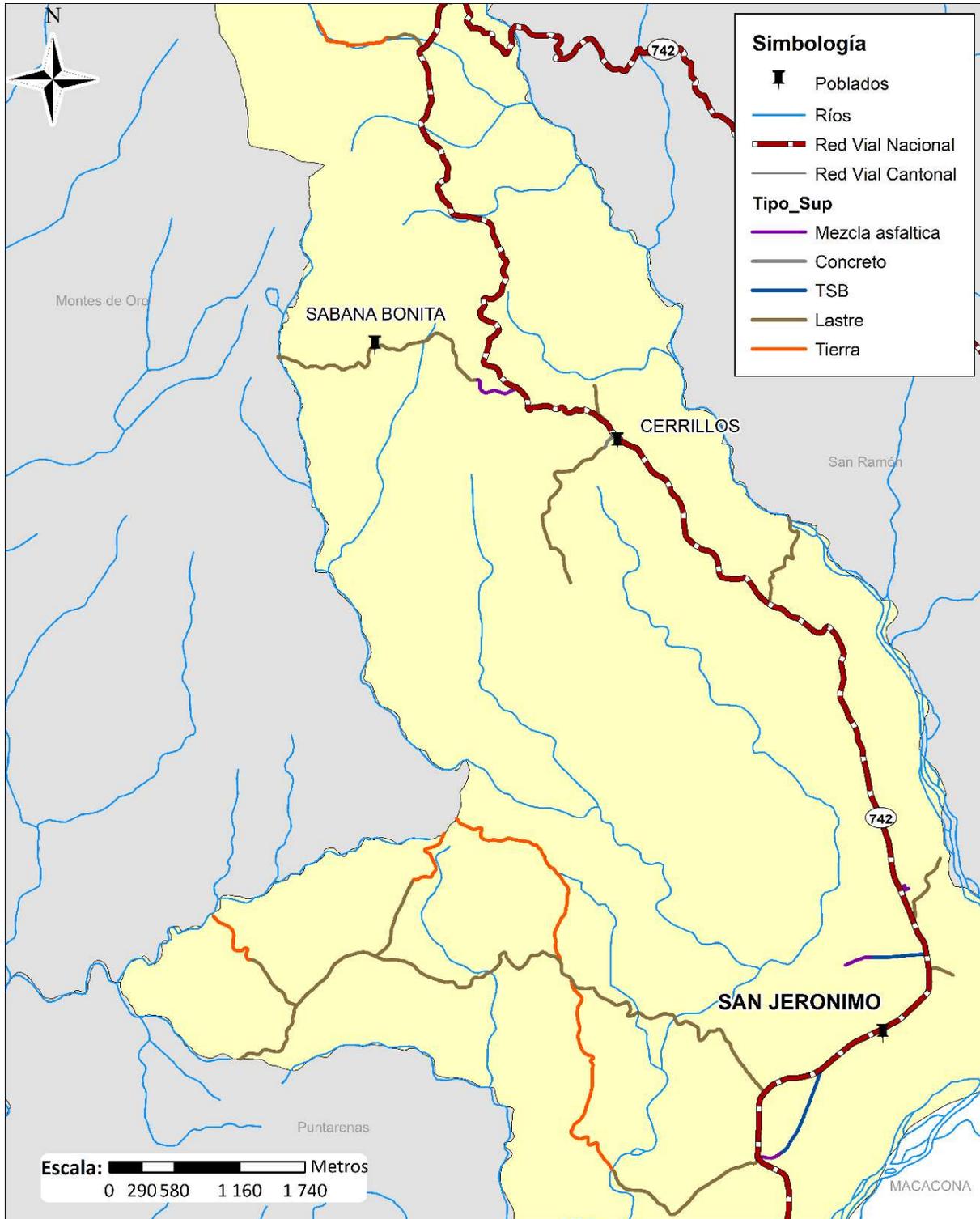


Figura 24. Tipo de superficie de ruedeo del distrito San Jerónimo, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 47

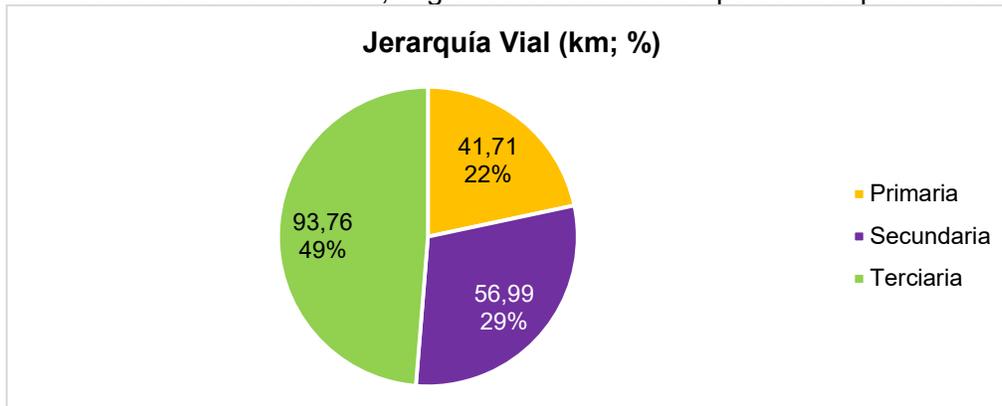


Figura 25. Tipo de superficie de ruedo del distrito Caldera, 2022.



6.3 Análisis funcional y jerarquía de la red vial cantonal

El análisis funcional realizado en conjunto con la Municipalidad de Esparza y la información complementaria de los conteos vehiculares realizados entre 2019 y 2020 permitió clasificar la red vial en tres niveles de jerarquía: primaria, secundaria y terciaria, de acuerdo con los datos mostrados en la Tabla 11, el gráfico de distribución porcentual para todo el cantón de



la Figura 26 y el gráfico de distribución por distritos de la Figura 27.

La mayor parte de la red vial de Esparza son rutas terciarias que suman 93,76 km (49%), las cuales generalmente corresponden a caminos de bajo tránsito vehicular, cuya principal función es el acceso a territorios, fincas, caseríos, zonas de turismo, producción y comercio de baja densidad. Por su parte, se tiene 56,99 km (29%) de rutas secundarias, que se asocian a caminos colectores, que comunican rutas primarias con las terciarias, con niveles intermedios de tránsito vehicular. Finalmente, las rutas primarias del cantón suman 41,71 km (22%), cuya funcionalidad se asocia a la movilidad principalmente, interconexión de rutas nacionales, centros urbanos, de producción, comercio y turismo de mayor densidad vehicular.

Tabla 11. Jerarquía de la RVC para cada distrito.

| Distrito | Longitud de la red vial cantonal (km) | | | Total |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| | Primaria | Secundaria | Terciaria | |
| Espíritu Santo | 10,06 | 21,78 | 29,18 | 61,16 |
| San Juan Grande | 12,54 | 5,27 | 5,47 | 23,29 |
| Macacona | 1,14 | 8,72 | 7,73 | 17,60 |
| San Rafael | - | 6,68 | 10,03 | 16,71 |
| San Jerónimo | 9,30 | - | 15,77 | 25,07 |
| Caldera | 8,67 | 14,54 | 25,57 | 48,79 |
| Total general | 41,71 | 56,99 | 93,76 | 192,47 |

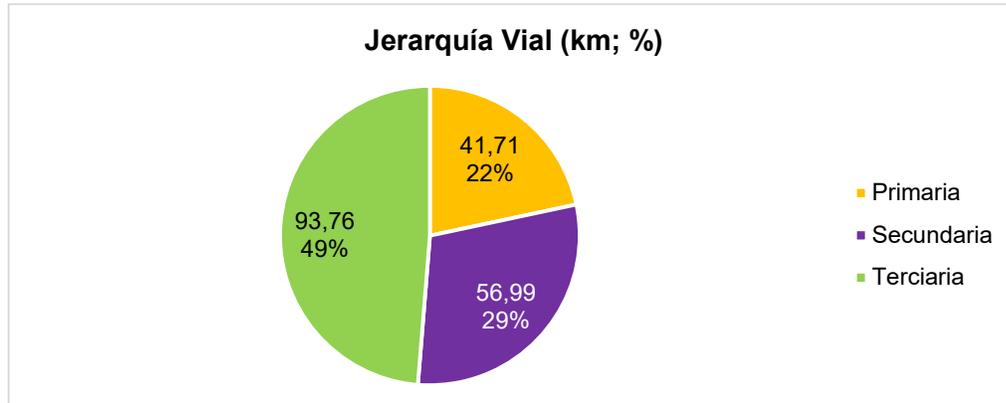


Figura 26. Distribución porcentual de la Jerarquía de la RVC de Esparza.

En cuanto a la distribución distrital de los caminos según jerarquía, el distrito de Espiritu Santo es el que presenta mayor longitud de rutas secundarias y terciarias con 21,78 km y 29,18 km, respectivamente. Además, este mismo distrito es el segundo en longitud de rutas primarias, con 10,06 km. Lo anterior ocurre debido a que Espiritu Santo es la cabecera de cantón, donde se encuentra el cuadrante central y donde se tiene la mayor densidad vial del cantón.

San Juan Grande es el distrito con mayor longitud de rutas primarias con 12,54 km debido a su conformación territorial, la interconexión de las rutas nacionales 131 y 622, así como el acceso desde Espiritu Santo hacia San Rafael.

El distrito de Macacona es el que menor longitud de rutas primarias presenta con sólo 1,14 km, pero presenta 8,72 km de rutas secundarias y 7,73 km de rutas terciarias. Esto ocurre debido que este distrito es principalmente habitacional y de actividades agropecuarias, donde la mayor movilidad se da por medio de la Ruta Nacional N° 1.

De forma similar a lo anterior ocurre en el distrito de San Rafael, donde sólo se tiene 6,68 km de vías secundarias y 10,03 km de vías terciarias cantonales que dan acceso a los territorios, ya que las rutas nacionales 131 y 756 permiten la movilidad y conexión a lo largo del distrito.

Por otro lado, el distrito de San Jerónimo es recorrido de norte a sur por la Ruta Nacional N° 742 lo que permite la distribución de tránsito, mientras que las rutas cantonales primarias que suman 9,30 km permiten la conexión con los cantones de Montes de Oro y Puntarenas. Además, tiene 15,77 de vías terciarias que permiten el acceso a los territorios locales.

Finalmente, el distrito de Caldera tiene las rutas nacionales N° 27 y 23 que distribuyen el mayor volumen vehicular desde la provincia de Alajuela, hacia Puntarenas. También, cuenta con la Ruta Nacional 622 que comunica con el distrito de San Rafael y la Ruta



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 50

Nacional N° 755 que permite el acceso hacia el cantón de San Mateo. Además, este distrito tiene 9,67 km de rutas primarias cantonales que comunican las rutas nacionales ya mencionadas con la zona turística de Tivives, así como la zona industrial, logística y habitacional de Salinas. Se tiene 14,54 km de rutas secundarias que comunican rutas nacionales o sitios turísticos de interés, mientras que el restante 25,57 km de caminos terciarias corresponden a caminos de zonas habitacionales, producción, industria o turismo de bajo tránsito vehicular.

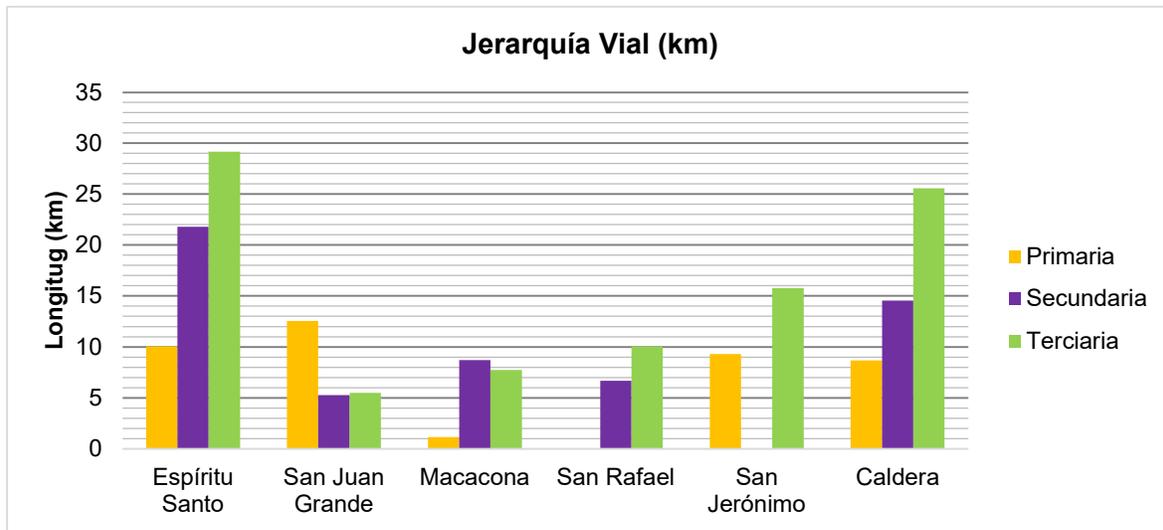


Figura 27. Distribución por distrito de la Jerarquía de la RVC de Esparza.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 51

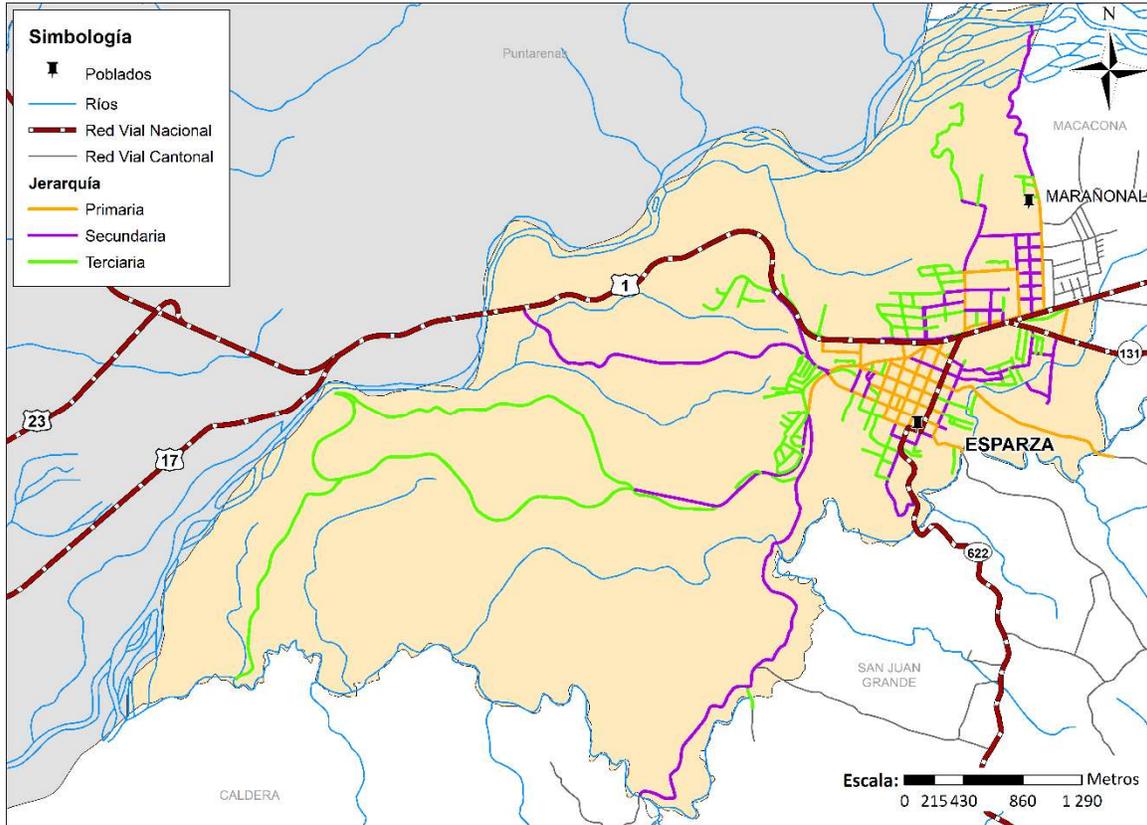


Figura 28. Jerarquía de la RVC del distrito Espiritu Santo, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 52

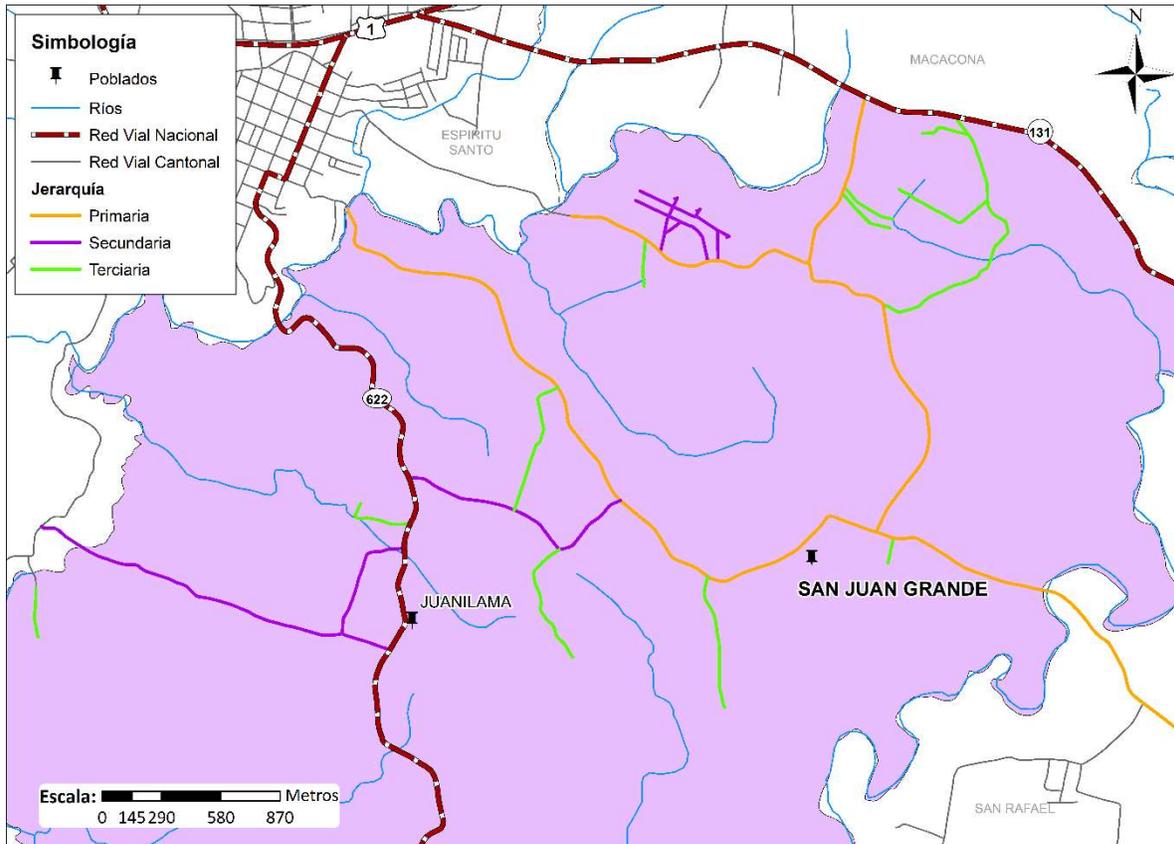


Figura 29. Jerarquía de la RVC del distrito San Juan Grande, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 53

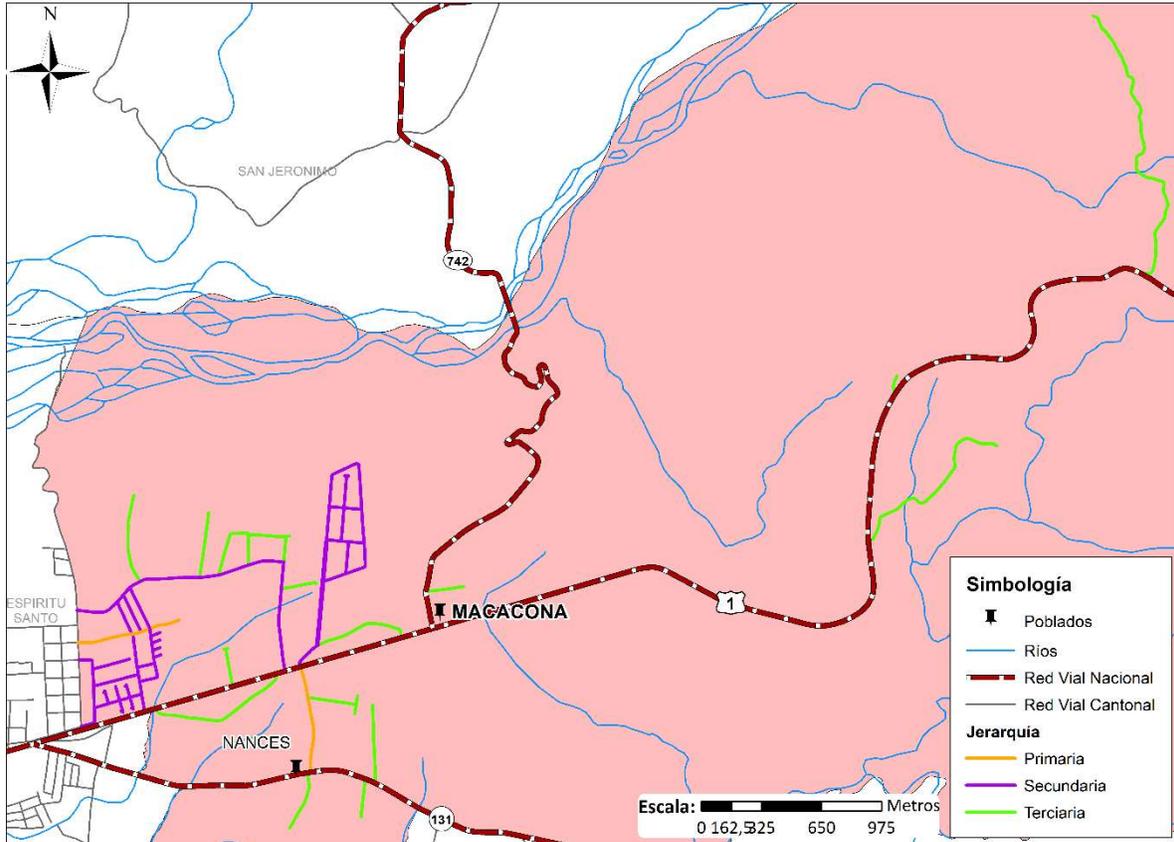


Figura 30. Jerarquía de la RVC del distrito Macacona, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 54

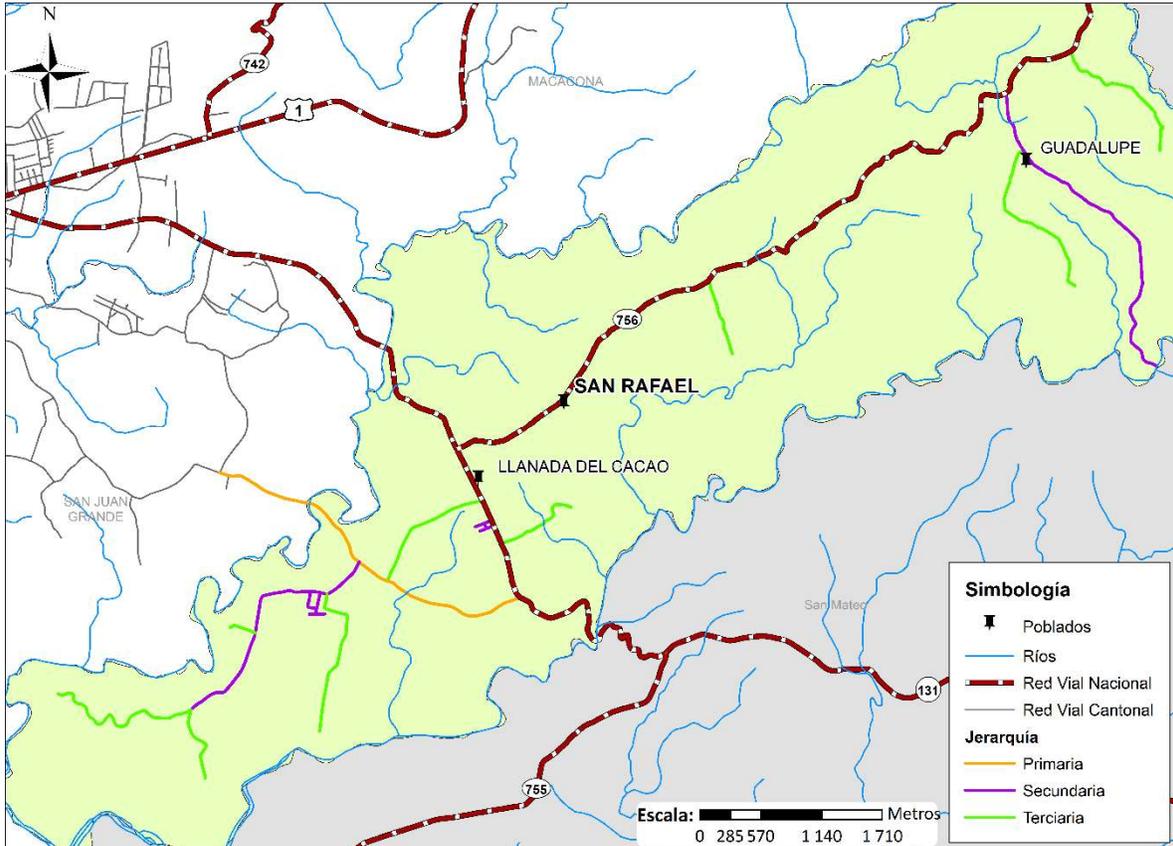


Figura 31. Jerarquía de la RVC del distrito San Rafael, 2022.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 56

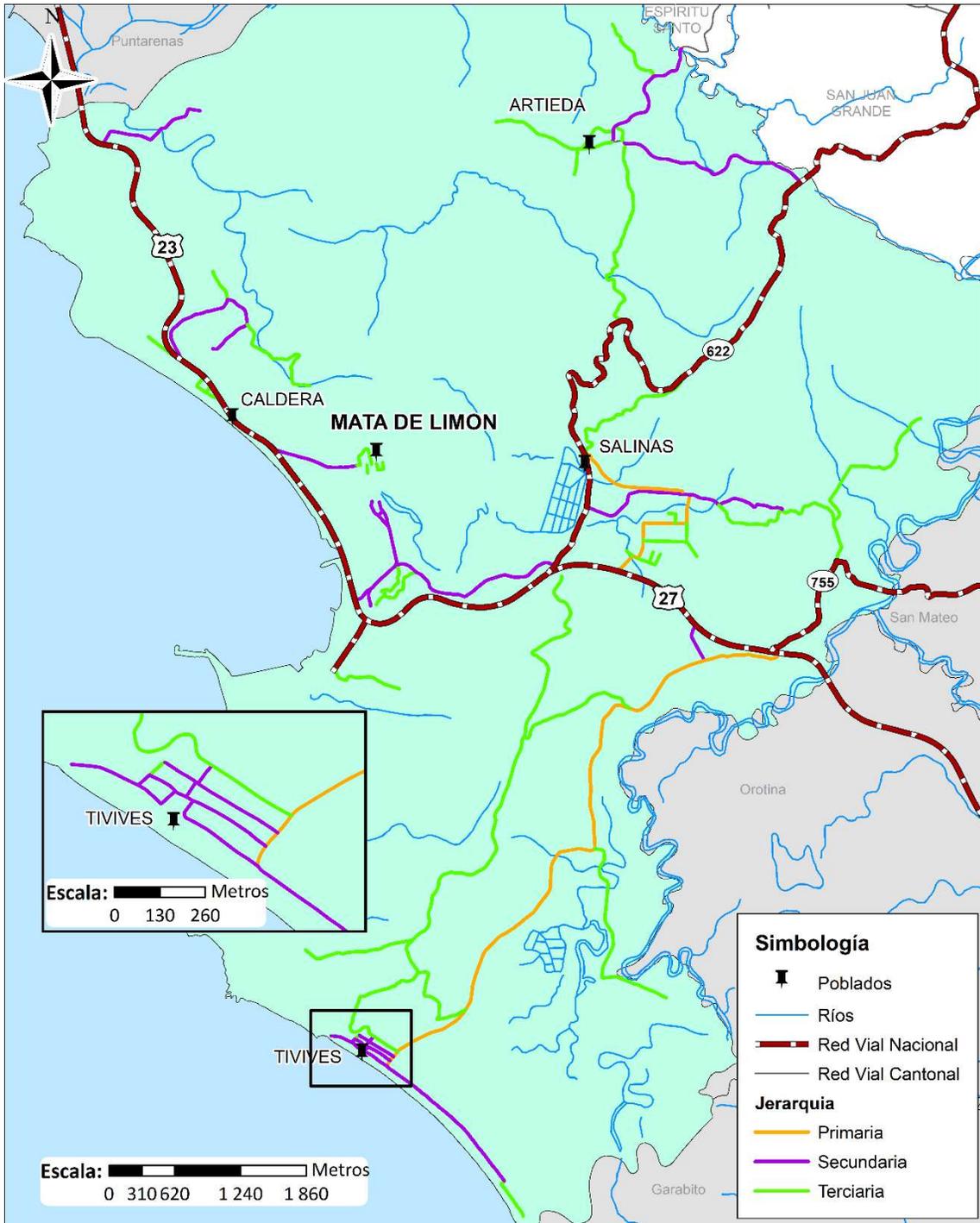


Figura 33. Jerarquía de la RVC del distrito Caldera, 2022



7. Resultados de los conteos vehiculares

A continuación, se presenta los resultados y análisis de datos de los conteos vehiculares realizados en diferentes sitios del cantón entre los años 2019 y 2020, así como la comparación con los conteos vehiculares anteriormente realizados en el año 2011 en los sitios en común.

7.1 Conteos vehiculares 2019-2020

Se realizó un total de 54 conteos vehiculares entre los años 2019 y 2020 en la red vial cantonal de Esparza, de los cuales 44 corresponden a conteos con equipo neumático realizados en la red vial cantonal asfaltada y 10 son conteos realizados con equipo de radar para caminos de la red vial cantonal de lastre y tierra. Se estimó el Tránsito Promedio Diario (TPD), Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), porcentaje de vehículos pesados (% pesados) y los ESAL a 10, 15 y 20 años para cada conteo vehicular, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. TPD, % de pesados y ESAL para los conteos realizados en Esparza.

| # | Distrito | Código camino | TPD | TPDA | % pesados | ESAL 10 años | ESAL 15 años | ESAL 20 años |
|----|----------------|---------------|------|------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | Espíritu Santo | 6-02-020 | 1010 | 972 | 3,8 | 57 082 | 95 201 | 141 578 |
| 2 | Espíritu Santo | 6-02-020 | 1823 | 1755 | 7,0 | 120 642 | 201 204 | 299 221 |
| 3 | Espíritu Santo | 6-02-020 | 1958 | 1885 | 5,8 | 136 340 | 227 386 | 338 157 |
| 4 | Espíritu Santo | 6-02-023 | 4008 | 3974 | 5,1 | 374 940 | 625 319 | 929 943 |
| 5 | Espíritu Santo | 6-02-023 | 1177 | 1133 | 7,8 | 158 298 | 264 006 | 392 617 |
| 6 | Espíritu Santo | 6-02-020 | 2685 | 2584 | 6,4 | 321 858 | 536 790 | 798 287 |
| 7 | Espíritu Santo | 6-02-020 | 5510 | 5173 | 7,6 | 784 413 | 1 308 232 | 1 945 537 |
| 8 | Espíritu Santo | 6-02-043 | 1295 | 1284 | 5,1 | 67 161 | 112 010 | 166 576 |
| 9 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 733 | 727 | 2,5 | 42 706 | 71 225 | 105 922 |
| 10 | Espíritu Santo | 6-02-003 | 2797 | 2774 | 16,6 | 878 900 | 1 465 814 | 2 179 886 |
| 11 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 994 | 993 | 8,1 | 127 601 | 212 810 | 316 481 |
| 12 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 3107 | 3191 | 6,8 | 943 263 | 1 573 159 | 2 339 523 |
| 13 | Espíritu Santo | 6-02-005 | 1736 | 1682 | 7,7 | 184 513 | 307 727 | 457 637 |
| 14 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 679 | 658 | 3,8 | 36 251 | 60 459 | 89 911 |
| 15 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 886 | 859 | 7,9 | 12 762 873 | 21 285 710 | 31 655 043 |
| 16 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 6379 | 6325 | 7,7 | 2 334 780 | 3 893 908 | 5 790 826 |
| 17 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 1798 | 1889 | 4,9 | 228 478 | 381 052 | 566 681 |
| 18 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 1435 | 1508 | 5,9 | 297 914 | 496 857 | 738 901 |
| 19 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 2843 | 2754 | 6,4 | 459 143 | 765 752 | 1 138 787 |
| 20 | Espíritu Santo | 6-02-012 | 957 | 1006 | 5,3 | 84 378 | 140 725 | 209 279 |



EIC-Lanamme-INF-1170-2022

Página 58

| # | Distrito | Código camino | TPD | TPDA | % pesados | ESAL 10 años | ESAL 15 años | ESAL 20 años |
|----|-----------------|---------------|------|------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| 21 | Espíritu Santo | 6-02-009 | 3736 | 3925 | 3,2 | 349 507 | 582 902 | 866 863 |
| 22 | Espíritu Santo | 6-02-015 | 2161 | 2339 | 8,6 | 447 201 | 745 834 | 1 109 168 |
| 23 | Macacona | 6-02-022 | 2148 | 2190 | 4,2 | 205 077 | 342 025 | 508 642 |
| 24 | Macacona | 6-02-074 | 1585 | 1616 | 4,0 | 116 886 | 194 940 | 289 906 |
| 25 | Espíritu Santo | 6-02-019 | 4138 | 4122 | 4,4 | 525 057 | 875 681 | 1 302 269 |
| 26 | Espíritu Santo | 6-02-065 | 545 | 543 | 3,3 | 31 409 | 52 384 | 77 902 |
| 27 | Espíritu Santo | 6-02-009 | 774 | 838 | 2,5 | 23 544 | 39 266 | 58 394 |
| 28 | San Juan Grande | 6-02-004 | 1908 | 1960 | 8,5 | 370 932 | 618 634 | 920 001 |
| 29 | San Juan Grande | 6-02-003 | 461 | 474 | 10,6 | 94 429 | 157 488 | 234 208 |
| 30 | San Juan Grande | 6-02-013 | 625 | 623 | 5,0 | 55 214 | 92 085 | 136 944 |
| 31 | San Rafael | 6-02-030 | 800 | 816 | 11,9 | 391 094 | 652 260 | 970 008 |
| 32 | San Rafael | 6-02-005 | 723 | 743 | 17,8 | 559 776 | 933 586 | 1 388 382 |
| 33 | San Rafael | 6-02-008 | 163 | 168 | 12,9 | 33 629 | 56 086 | 83 408 |
| 34 | Caldera | 6-02-006 | 481 | 494 | 11,6 | 185 265 | 308 983 | 459 504 |
| 35 | Caldera | 6-02-024 | 1097 | 1086 | 7,7 | 367 230 | 612 460 | 910 820 |
| 36 | Caldera | 6-02-027 | 745 | 760 | 9,9 | 184 379 | 307 505 | 457 306 |
| 37 | Caldera | 6-02-088 | 1364 | 1391 | 11,1 | 353 686 | 589 871 | 877 227 |
| 38 | Caldera | 6-02-026 | 245 | 252 | 11,0 | 42 920 | 71 581 | 106 452 |
| 39 | Caldera | 6-02-014 | 34 | 34 | 11,8 | 25 089 | 41 843 | 62 227 |
| 40 | Caldera | 6-02-028 | 564 | 576 | 33,0 | 1 112 738 | 1 855 805 | 2 759 861 |
| 41 | Caldera | 6-02-017 | 55 | 57 | 10,9 | 24 241 | 40 429 | 60 124 |
| 42 | Caldera | 6-02-106 | 82 | 85 | 23,2 | 67 626 | 112 786 | 167 730 |
| 43 | San Juan Grande | 6-02-007 | 149 | 162 | 22,1 | 63 003 | 105 075 | 156 263 |
| 44 | San Juan Grande | 6-02-025 | 75 | 82 | 12,0 | 17 862 | 29 790 | 44 302 |
| 45 | San Rafael | 6-02-094 | 65 | 71 | 10,8 | 41 897 | 69 875 | 103 915 |
| 46 | Macacona | - | 38 | 40 | 21,1 | 47 089 | 78 534 | 116 792 |
| 47 | San Jerónimo | 6-02-018 | 264 | 272 | 37,5 | 738 735 | 1 232 050 | 1 832 243 |
| 48 | San Jerónimo | 6-02-018 | 296 | 295 | 55,4 | 1 234 568 | 2 058 992 | 3 062 030 |
| 49 | Macacona | 6-02-077 | 1134 | 1124 | 6,3 | 230 032 | 383 644 | 570 535 |
| 50 | Macacona | 6-02-077 | 1209 | 1198 | 7,3 | 332 662 | 554 809 | 825 084 |
| 51 | Macacona | 6-02-022 | 424 | 420 | 8,5 | 66 591 | 111 059 | 165 161 |
| 52 | Espíritu Santo | 6-02-016 | 261 | 261 | 16,1 | 85 685 | 142 905 | 212 521 |
| 53 | Macacona | 6-02-070 | 2535 | 2529 | 9,2 | 484 064 | 807 314 | 1 200 597 |
| 54 | Macacona | 6-02-022 | 1030 | 1021 | 4,3 | 67 417 | 112 437 | 167 210 |

TPD: Tránsito Promedio Diario, TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual, ESAL: Ejes Simples Equivalentes de Carga (80 kN)



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 59

El resumen de datos de conteos se muestra en la Tabla 13 y en los gráficos de la Figura 34 y Figura 35. La ubicación de los conteos por distrito se muestra en los mapas de la Figura 36 a la Figura 41, en los cuales se muestra el número de conteo, TPD y % de pesados. Además, en el Anexo 1 se presenta la tabla completa de datos de conteos. Estos mapas también presentan 14 conteos adicionales realizados entre los años 2020 y 2022 generados con el propósito recopilar insumos básicos para asesorías realizadas a la Municipalidad de Esparza como parte del Convenio Marco.

El mayor volumen vehicular se presenta en los distritos Espíritu Santo y Macacona con TPD promedio de 2132 y 1263 vehículos/día, respectivamente. Por otro lado, en los distritos San Jerónimo y San Rafael se presentan los menores TPD promedio, con valores de 280 y 438 vehículos/día, respectivamente. Lo anterior ocurre porque el distrito de Espíritu Santo es la cabecera, centro urbano, comercial y habitacional del cantón, y Macacona es un centro poblacional cercano. Los distritos San Jerónimo y San Rafael son zonas rurales con menor densidad poblacional y varios caminos no pavimentados.

Respecto de la proporción de vehículos pesados, se observó que en los distritos de San Jerónimo y Caldera se presenta los mayores porcentajes de vehículos pesados promedio, con valores de 46,5% y 14,8%, respectivamente. Este comportamiento puede asociarse con el transporte de productos de las actividades agropecuarias que se desarrollan en las zonas rurales de San Jerónimo y al transporte de bienes y productos de importación y exportación, que se realiza en el distrito de Caldera, debido a la presencia de centros de logística y almacenamiento asociados con el puerto.

Los distritos de Espíritu Santo y Macacona presentan los menores porcentajes de vehículos pesados promedio, ya que corresponden a centros urbanos, donde circula una mayoría de vehículos livianos, de pasajeros y vehículos de carga de menor tamaño para distribución de bienes y productos asociados a la actividad comercial.

La información de tránsito y porcentaje de pesados aquí mostrados, corresponde a un análisis de red que puede ser utilizada para dirigir acciones de planificación e identificación de centros de atracción de viajes y carga. Si se requiere realizar estudios de impacto y reordenamiento vial, así como diseño estructural de pavimentos, se recomienda realizar conteos vehiculares específicos a nivel de proyecto.



Tabla 13. Resumen de TPD y % de pesados por distrito.

| Distrito | Tránsito Promedio Diario (TPD) | | | % pesados (C2, C2+, C2-Bus, C3, T3-S2 y mayores) | | |
|-----------------|--------------------------------|----------|--------|---|----------|--------|
| | Mínimo | Promedio | Máximo | Mínimo | Promedio | Máximo |
| Espiritu Santo | 261 | 2132 | 6379 | 2,5 | 6,6 | 16,6 |
| San Juan Grande | 75 | 644 | 1908 | 5,0 | 11,6 | 22,1 |
| Macacona | 38 | 1263 | 2535 | 4,0 | 8,1 | 21,1 |
| San Rafael | 65 | 438 | 800 | 10,8 | 13,3 | 17,8 |
| San Jerónimo | 264 | 280 | 296 | 37,5 | 46,5 | 55,4 |
| Caldera | 34 | 523 | 1364 | 7,7 | 14,8 | 33,0 |

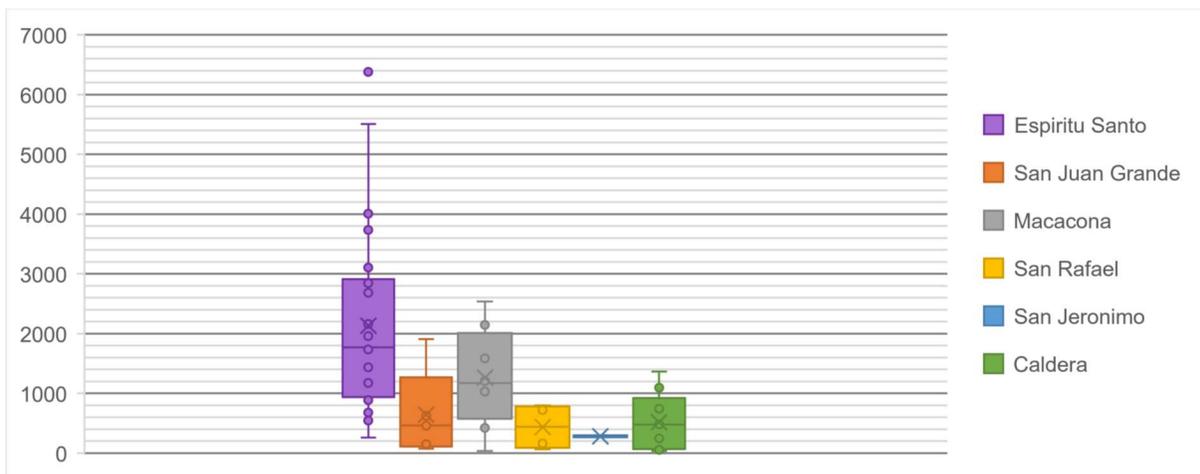


Figura 34. Estadísticas del TPD por distrito de Esparza.

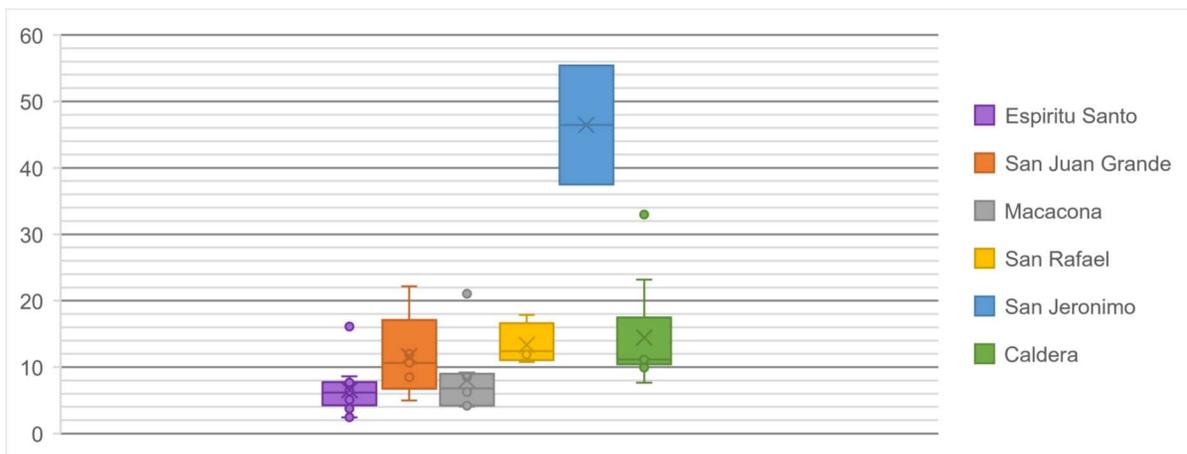


Figura 35. Estadísticas del % de pesados por distrito de Esparza.

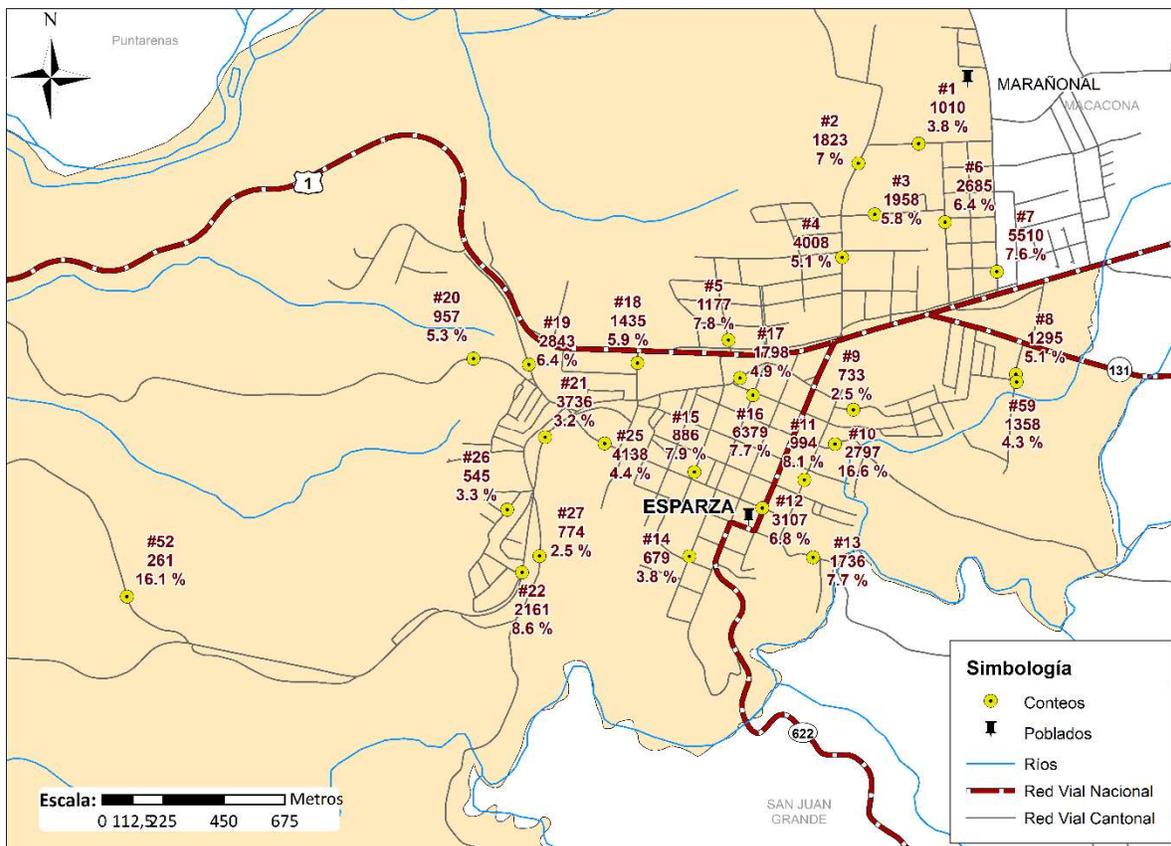


Figura 36. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Espiritu Santo.

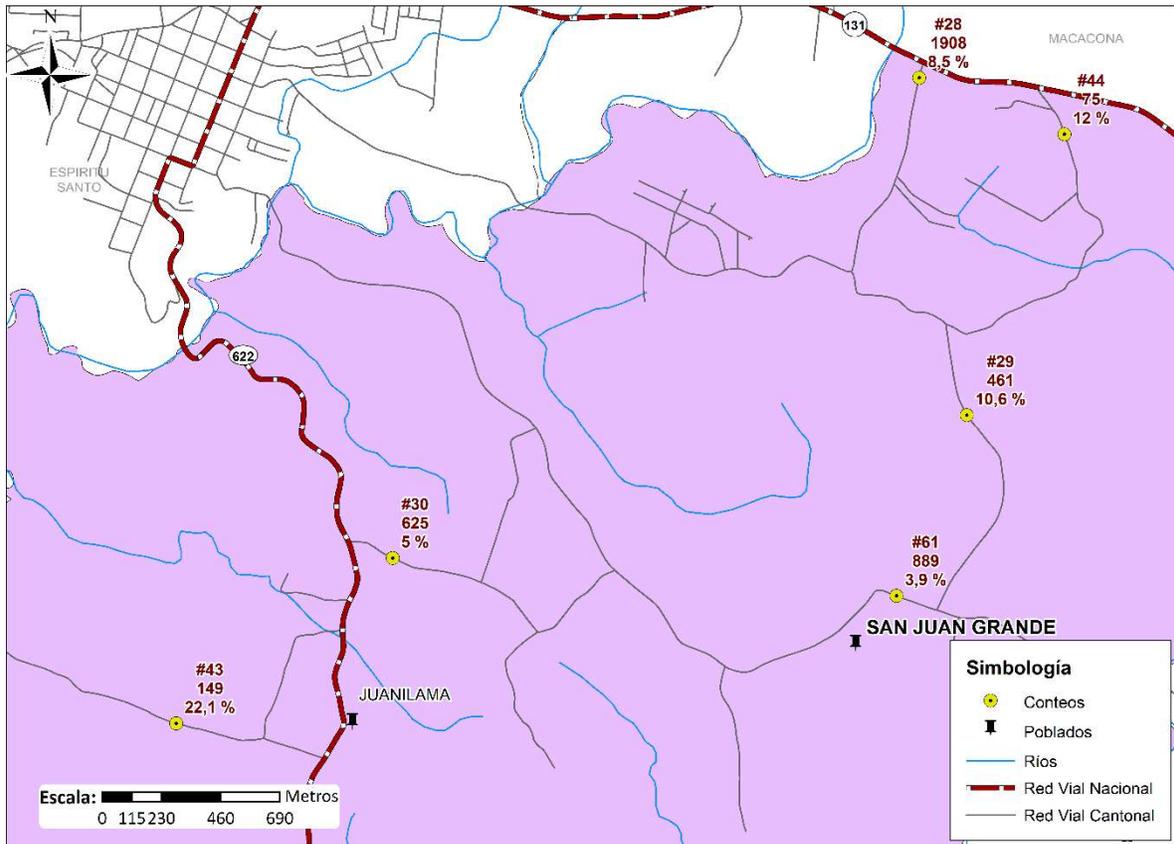


Figura 37. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Juan Grande.

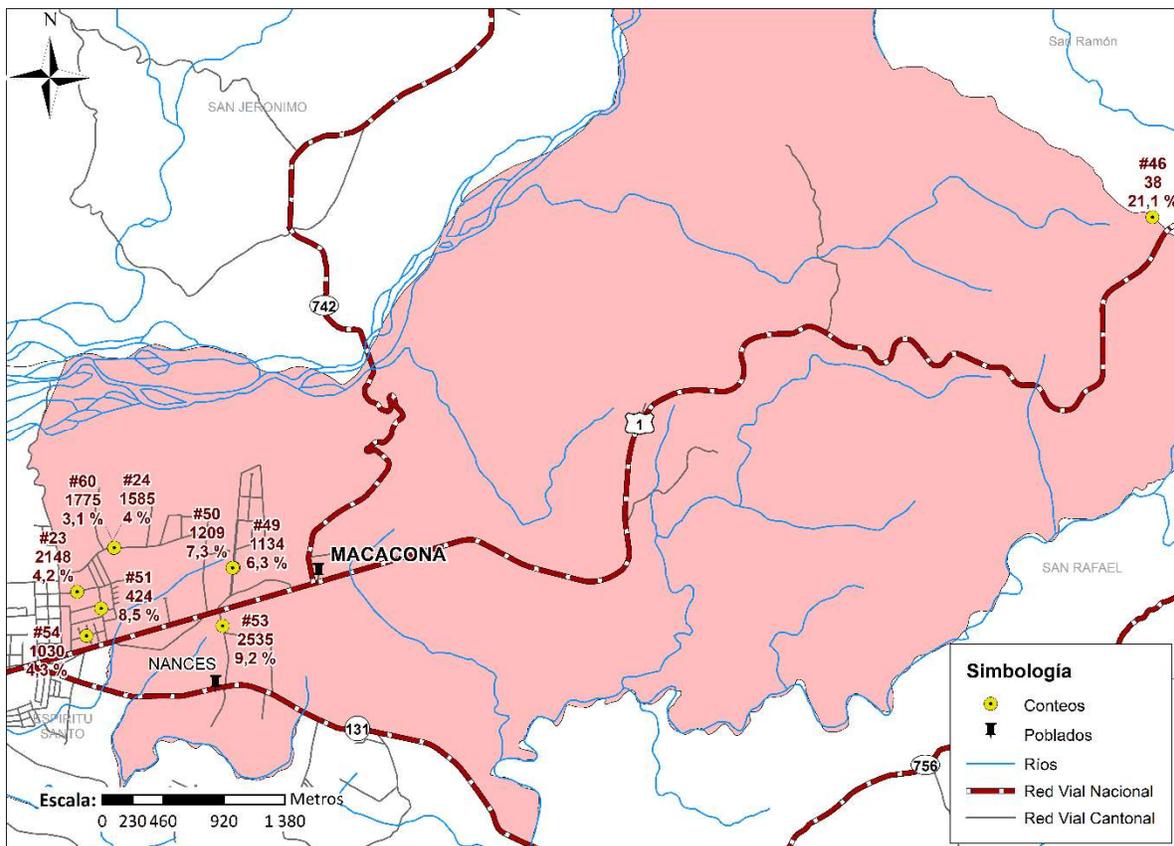


Figura 38. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Macacona.

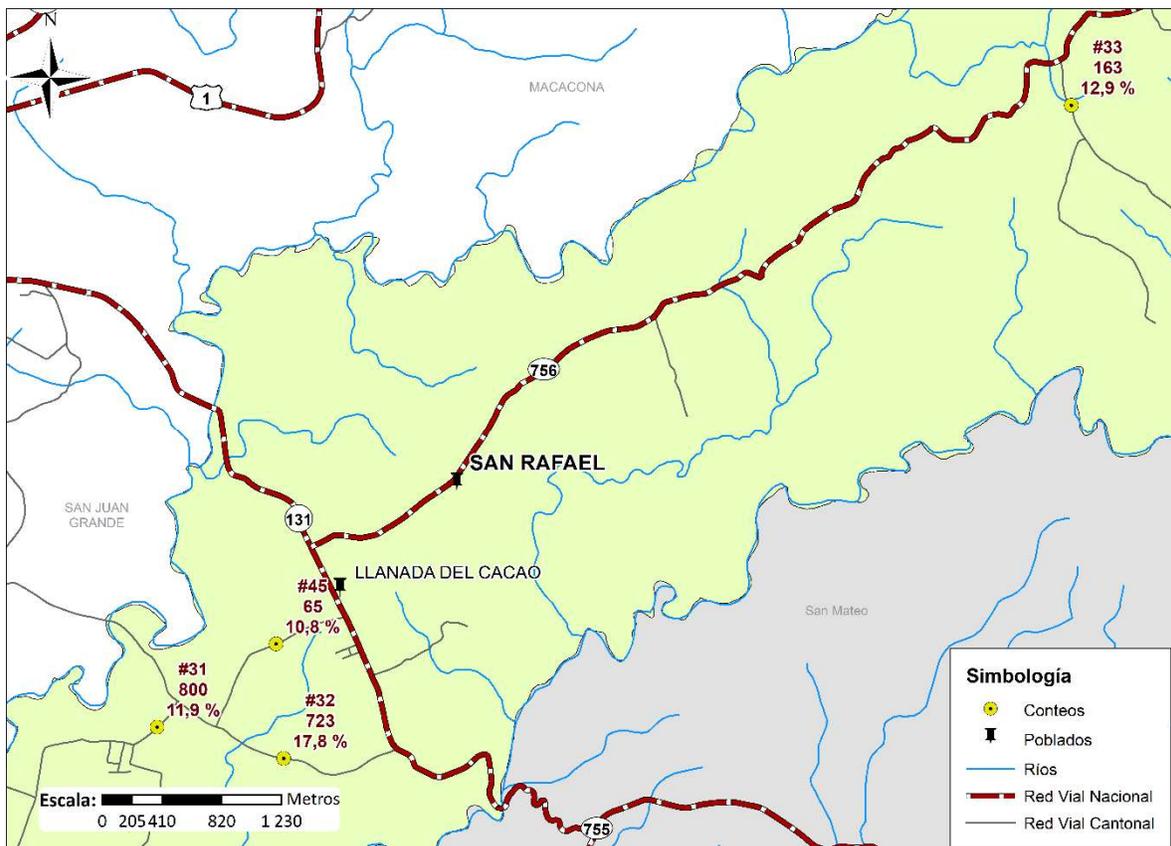


Figura 39. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Rafael.

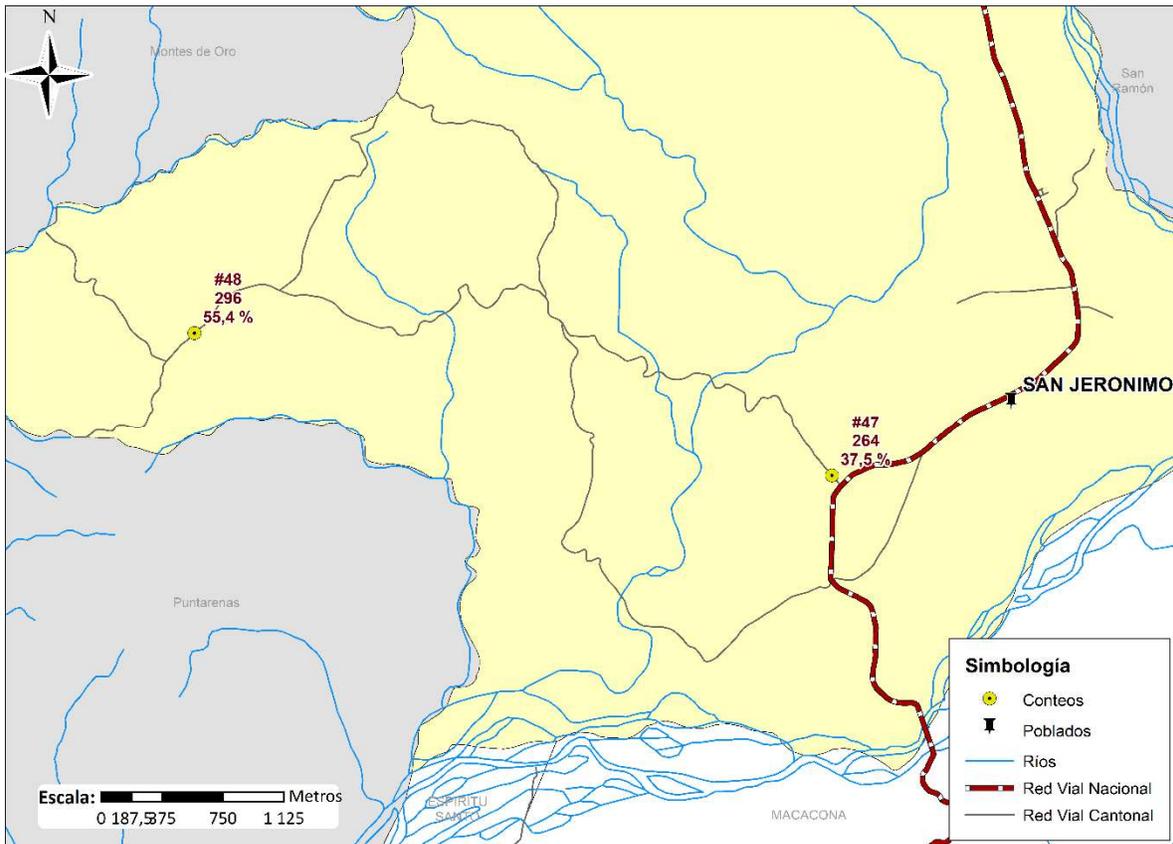


Figura 40. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito San Jerónimo.

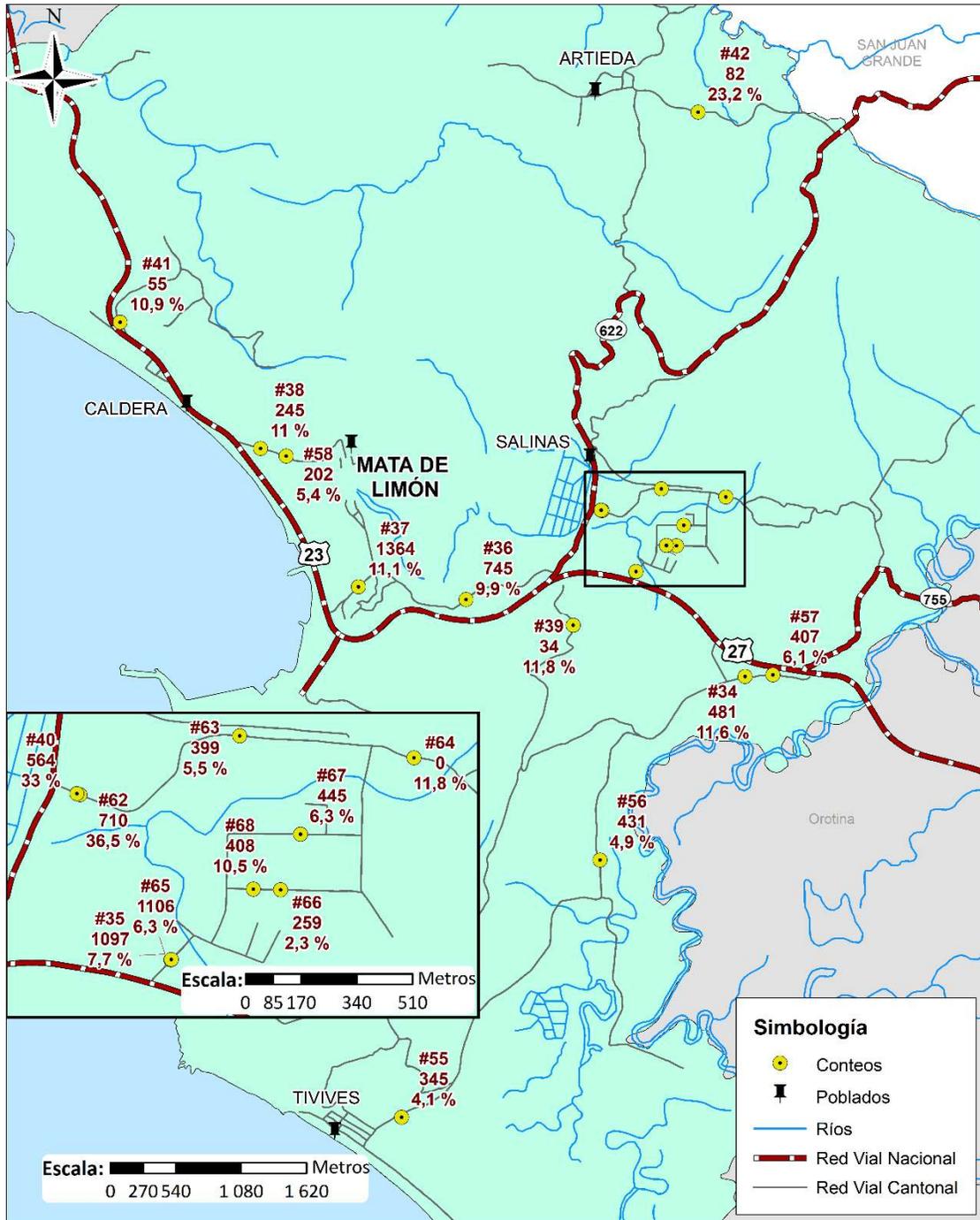


Figura 41. Ubicación de conteos vehiculares realizados en el distrito Caldera.



7.2 Comparación con conteos vehiculares de 2011

Se realizó un total de 21 conteos vehiculares en el año 2011, durante la evaluación de red vial cantonal de Esparza, como se indica en el Informe LM-PI-GM-14-2014, del año 2014. De forma similar a lo anterior, entre 2019 y 2020 se realizaron 15 conteos vehiculares en la misma ubicación que los conteos del año 2011, con el propósito de realizar una comparación del TPD y % de vehículos pesados, que sirva como insumo de análisis del comportamiento del tránsito vehicular de Esparza en el tiempo.

Los conteos que se comparan están ubicados principalmente en el centro del distrito Espíritu Santo y corresponden a conteos realizados con equipo neumático en caminos de la red vial cantonal asfaltada de Esparza.

La comparación entre los conteos de 2011 y de 2019-2020 que se muestra en la Tabla 14, indica que existe un aumento general promedio de 4,3% en el TPD del cantón, con un máximo de 7,9% en el sitio 14 y un mínimo de 3,4% en el sitio 9. Por otro lado, se puede observar que en tres sitios de conteo (4, 6 y 12) se identificó una disminución del TPD de 2019-2020 respecto del año 2011. En el caso de los sitios 6 y 12, la reducción es menor a -1%, mientras que en el sitio 4 es de -4,8%, lo cual puede deberse a fluctuaciones estacionales propias del tránsito vehicular o limitaciones asociadas al tiempo de conteo (24 horas), ya que no se identificaron cambios drásticos en las condiciones de vialidad de estos sitios.

Los factores de crecimiento (i) que se muestran en la Tabla 14, fueron estimados por medio de la ecuación 1 y constituyen una referencia inicial documentada del comportamiento del tránsito en la RVC de Esparza en el tiempo. Sin embargo, estos datos deberían ser comprobados con un registro histórico más amplio para ser utilizados como indicadores fehacientes para estudios de tránsito vial.

$$i = \left(\frac{V_n}{V_1}\right)^{\frac{1}{m}} - 1 \quad (1)$$

Donde:

i = tasa de crecimiento anual o factor de crecimiento

V_1 = valor del conteo del año inicial (2011)

V_n = valor del conteo del año n (2019 – 2020)

m = número de períodos desde el año base ($m = n - 1$)



Tabla 14. Comparación entre conteos vehiculares del 2011 y del 2019-2020.

| Id | Conteos 2011 | | | Conteos 2019-2020 | | | Comparación | | |
|----|--------------|------|------------|-------------------|------|------------|----------------|------|----------------------|
| | # | TPD | FECHA | # | TPD | FECHA | Diferencia TPD | Años | % de crecimiento (i) |
| 1 | 1 | 4061 | 19/01/2011 | 16 | 6379 | 19/03/2019 | 2318 | 8 | 5,8% |
| 2 | 4 | 1806 | 26/01/2011 | 19 | 2843 | 19/03/2019 | 1037 | 8 | 5,8% |
| 3 | 5 | 1044 | 27/01/2011 | 17 | 1798 | 08/04/2019 | 754 | 8 | 7,0% |
| 4 | 8 | 1310 | 4/02/2011 | 15 | 886 | 13/03/2019 | -424 | 8 | -4,8% |
| 5 | 9 | 2709 | 9/02/2011 | 4 | 4008 | 11/03/2019 | 1299 | 8 | 5,0% |
| 6 | 11 | 1215 | 1/03/2011 | 5 | 1177 | 11/03/2019 | -38 | 8 | -0,4% |
| 7 | 12 | 1140 | 11/02/2011 | 3 | 1958 | 11/03/2019 | 818 | 8 | 7,0% |
| 8 | 13 | 1831 | 2/03/2011 | 6 | 2685 | 11/03/2019 | 854 | 8 | 4,9% |
| 9 | 14 | 770 | 15/02/2011 | 1 | 1010 | 11/03/2019 | 240 | 8 | 3,4% |
| 10 | 15 | 3426 | 10/02/2011 | 7 | 5510 | 13/03/2019 | 2084 | 8 | 6,1% |
| 11 | 16 | 1379 | 17/02/2011 | 23 | 2148 | 28/05/2019 | 769 | 8 | 5,7% |
| 12 | 17 | 446 | 22/02/2011 | 51 | 424 | 29/01/2020 | -22 | 9 | -0,6% |
| 13 | 18 | 1693 | 9/03/2011 | 10 | 2797 | 13/03/2019 | 1104 | 8 | 6,5% |
| 14 | 19 | 943 | 10/03/2011 | 13 | 1736 | 13/03/2019 | 793 | 8 | 7,9% |
| 15 | 20 | 2539 | 8/03/2011 | 21 | 3736 | 08/04/2019 | 1197 | 8 | 4,9% |



8. Tipo de evaluación aplicada a la red vial cantonal de Esparza

La evaluación de la red vial del cantón de Esparza se realizó siguiendo la metodología indicada en los apartados 5.3 y 5.4 de este documento. El LanammeUCR junto con la Municipalidad de Esparza definieron las secciones de la red vial cantonal donde se aplicó cada tipo de evaluación, de acuerdo con la jerarquía vial, TPD, tipo de superficie de ruedo y accesibilidad de cada sección o camino completo.

El total de km en los que se aplicó cada tipo de evaluación de la red vial del cantón se presenta en la Tabla 15 y

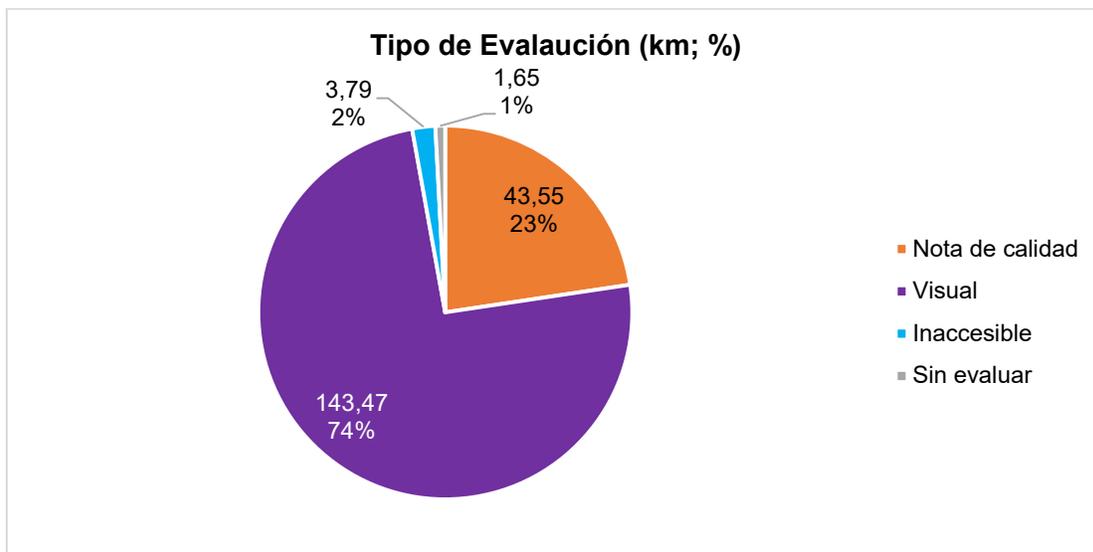


Figura 42. De forma similar, en la Figura 43 se muestra los kilómetros en los que se aplicó cada tipo de evaluación para cada distrito. Además, en los mapas que van de la Figura 44 a la Figura 49, se muestra el tipo de evaluación aplicada en la red vial cantonal de cada distrito.

La evaluación con Notas de Calidad se utilizó en un total de 43,55 km (23 %) de la red vial cantonal de Esparza, que en su mayoría corresponde a rutas primarias, secundarias y terciarias con superficie de ruedo asfáltica.

La evaluación Visual se realizó en 143,47 km (74%) de la red vial cantonal de Esparza, lo que se asocia principalmente a rutas terciarias con superficie de ruedo de mezcla asfáltica, tratamiento superficial bituminoso, concreto, lastre, arena y tierra.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 70

Se identificó 3,79 km (2%) de la red vial cantonal donde no fue posible el acceso debido a circunstancias relacionadas con la existencia de obstáculos que impidieron realizar la evaluación o la seguridad del equipo evaluador. Finalmente, no se evaluó 1,65 km (1%) que corresponde a caminos no registrados al momento de esta etapa del proceso.

Tabla 15. Tipo de evaluación por distrito para la red vial cantonal de Esparza.

| Distrito | Tipo de evaluación (km) | | | | Total general |
|----------------------|-------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|
| | Nota de calidad | Visual | Inaccesible | Sin evaluar | |
| Espíritu Santo | 26,79 | 33,86 | 0,29 | 0,08 | 61,02 |
| San Juan Grande | 6,16 | 16,99 | 0,14 | - | 23,29 |
| Macacona | 6,96 | 10,37 | 0,27 | - | 17,60 |
| San Rafael | 0,71 | 15,76 | 0,24 | - | 16,71 |
| San Jerónimo | - | 24,11 | 0,96 | - | 25,07 |
| Caldera | 2,93 | 42,39 | 1,90 | 1,58 | 48,79 |
| Total general | 43,55 | 143,47 | 3,79 | 1,65 | 192,47 |

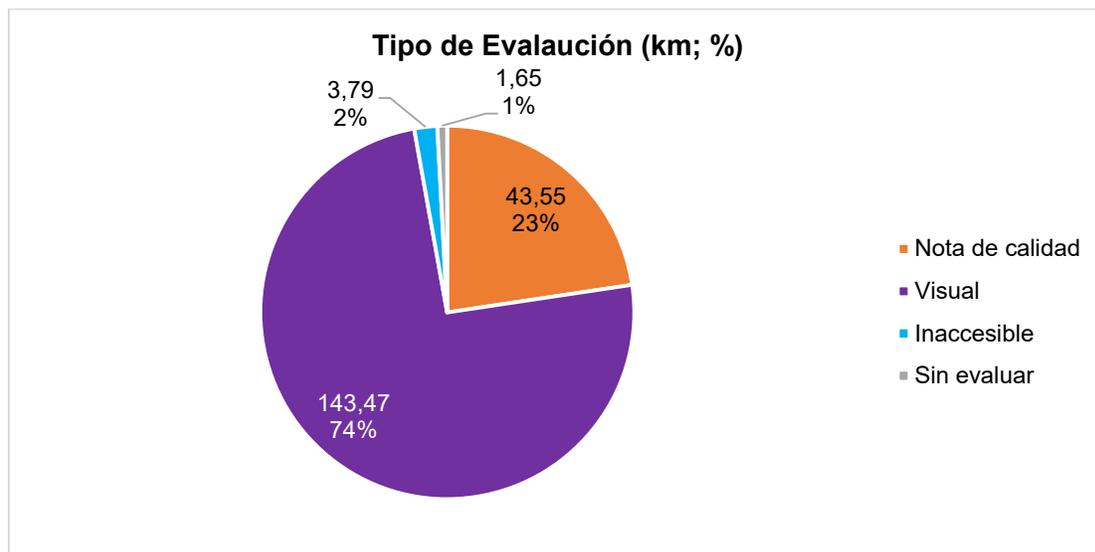


Figura 42. Distribución del tipo de evaluación por km realizada en el cantón Esparza.

La evaluación con Notas de Calidad se aplicó en caminos de todos los distritos con excepción de San Jerónimo, donde sólo se realizó evaluación Visual. Por su parte el distrito



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 71

donde se evaluó mayor longitud de vías con Notas de Calidad son Espíritu Santo y Macacona con 26,79 km y 6,19 km, respectivamente. Esto ocurre ya que los equipos de evaluación funcional y estructural se adaptan mejor para rutas con estructuras de pavimento formal que generalmente se encuentran en su mayoría en las zonas urbanas y rutas primarias o secundarias del cantón.

La evaluación Visual se aplicó en todos los distritos del cantón de Esparza, principalmente en Caldera con 42,39 km y Espíritu Santo con 33,86 km, que son los dos distritos con mayor longitud de vías evaluadas con esta metodología.

Por otro lado, las rutas inaccesibles se identificaron en todos los distritos y corresponden a secciones de corta longitud menores a 1 km, con excepción de Caldera donde se clasificó en esta categoría 1,90 km de caminos.

Finalmente, las rutas no evaluadas suman 1,65 km que se distribuyen en los distritos de Espíritu Santo y Caldera.

Lo anterior se puede observar en los mapas de cada distrito que se presentan de la Figura 44 a la Figura 49, donde se indica el tipo de evaluación realizada.

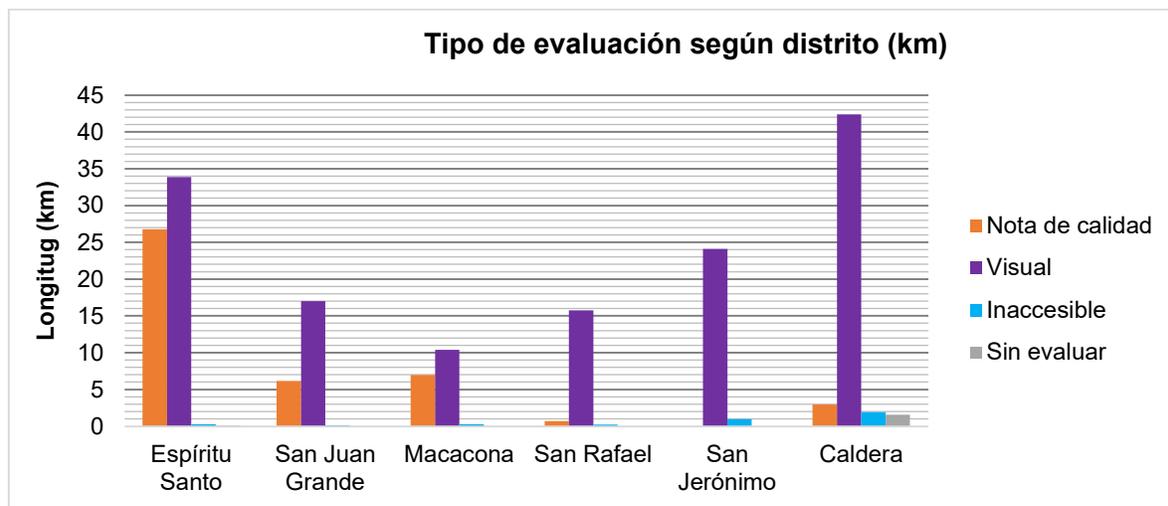


Figura 43. Tipo de evaluación por distrito realizada en el cantón de Esparza.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 72

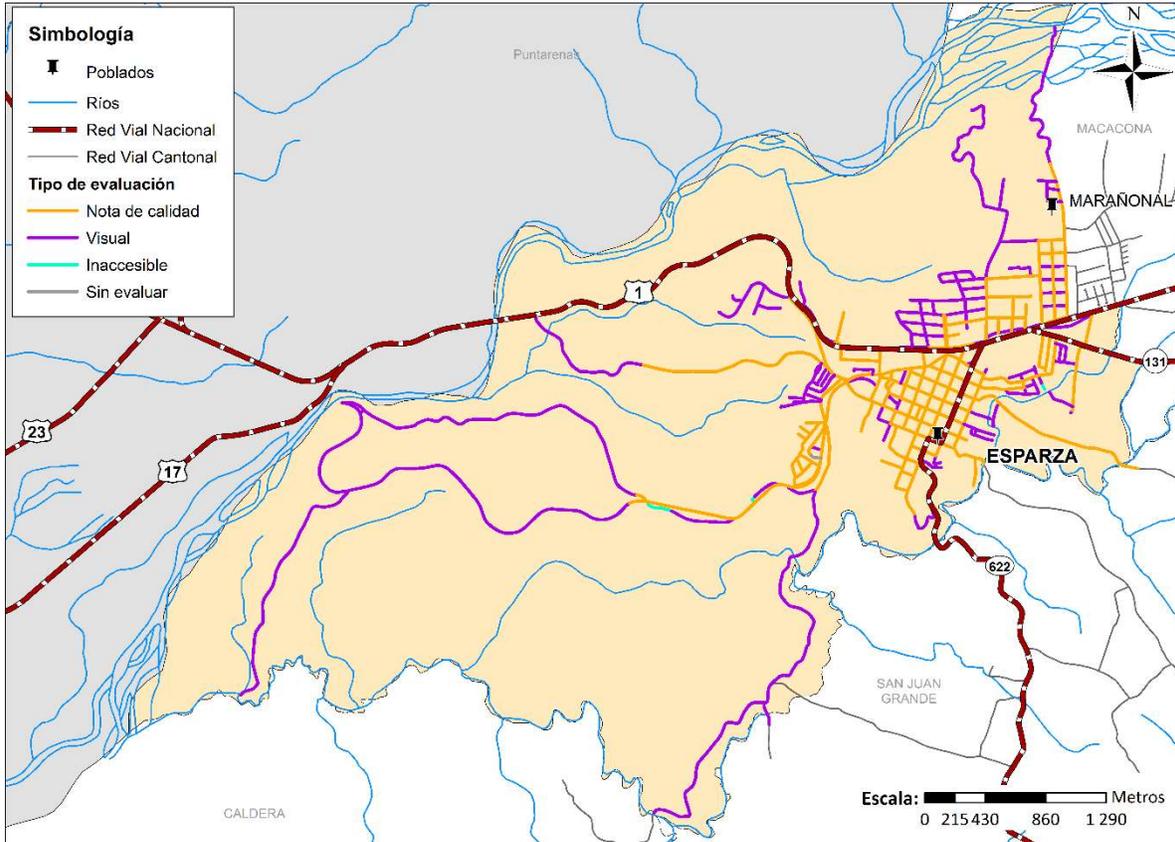


Figura 44. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Espiritu Santo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 73

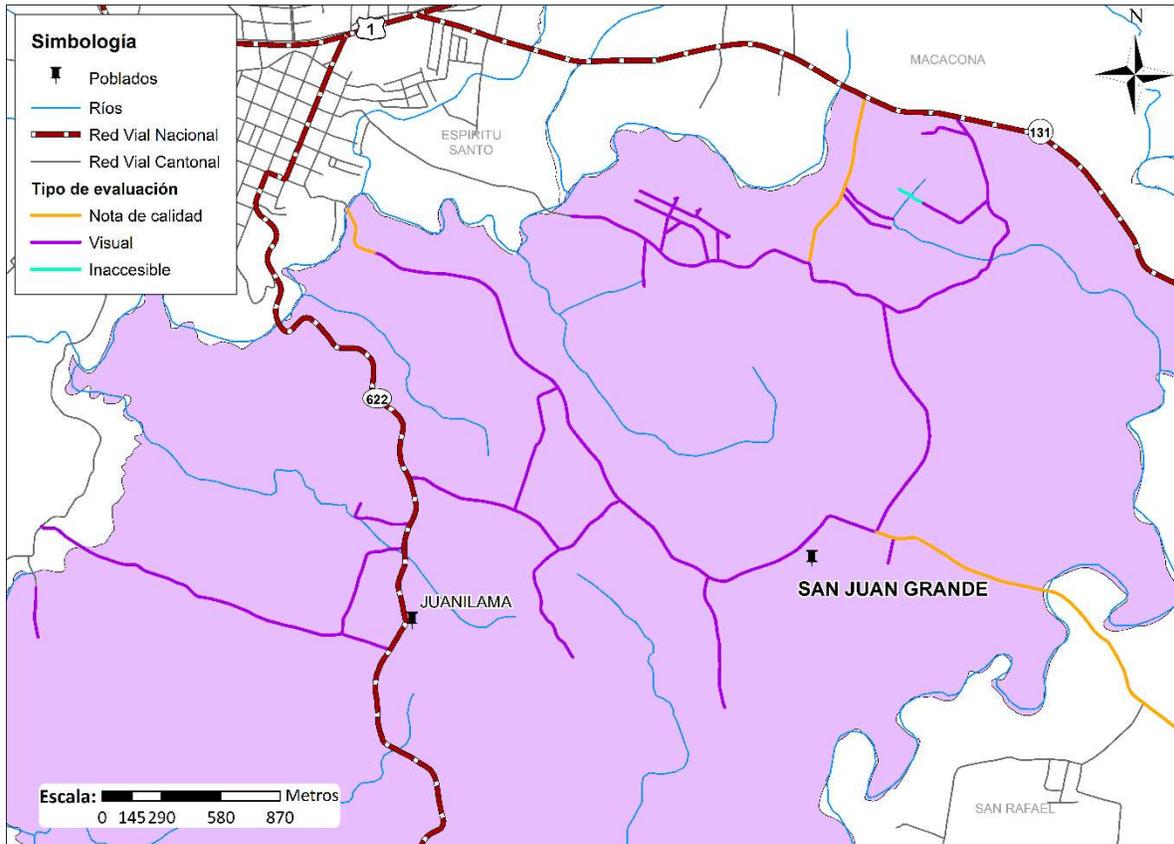


Figura 45. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Juan Grande.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 74

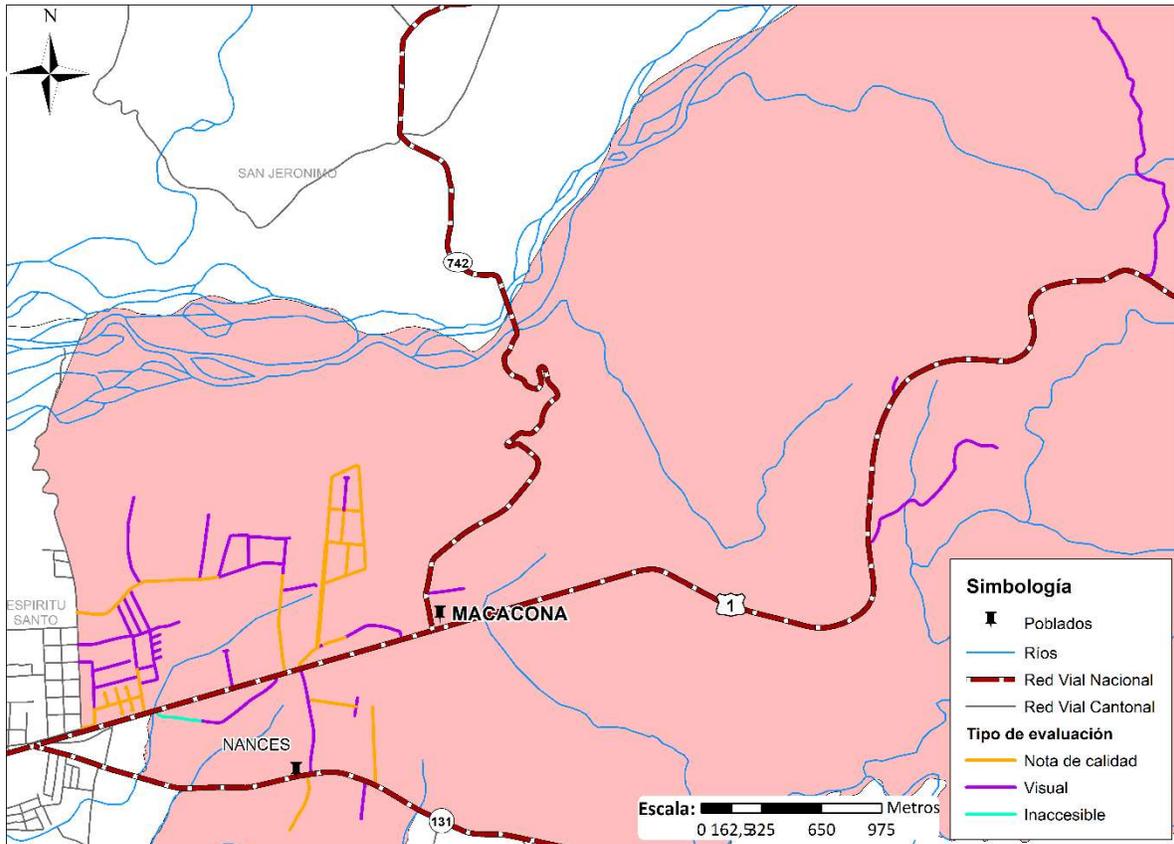


Figura 46. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Macacona.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 75

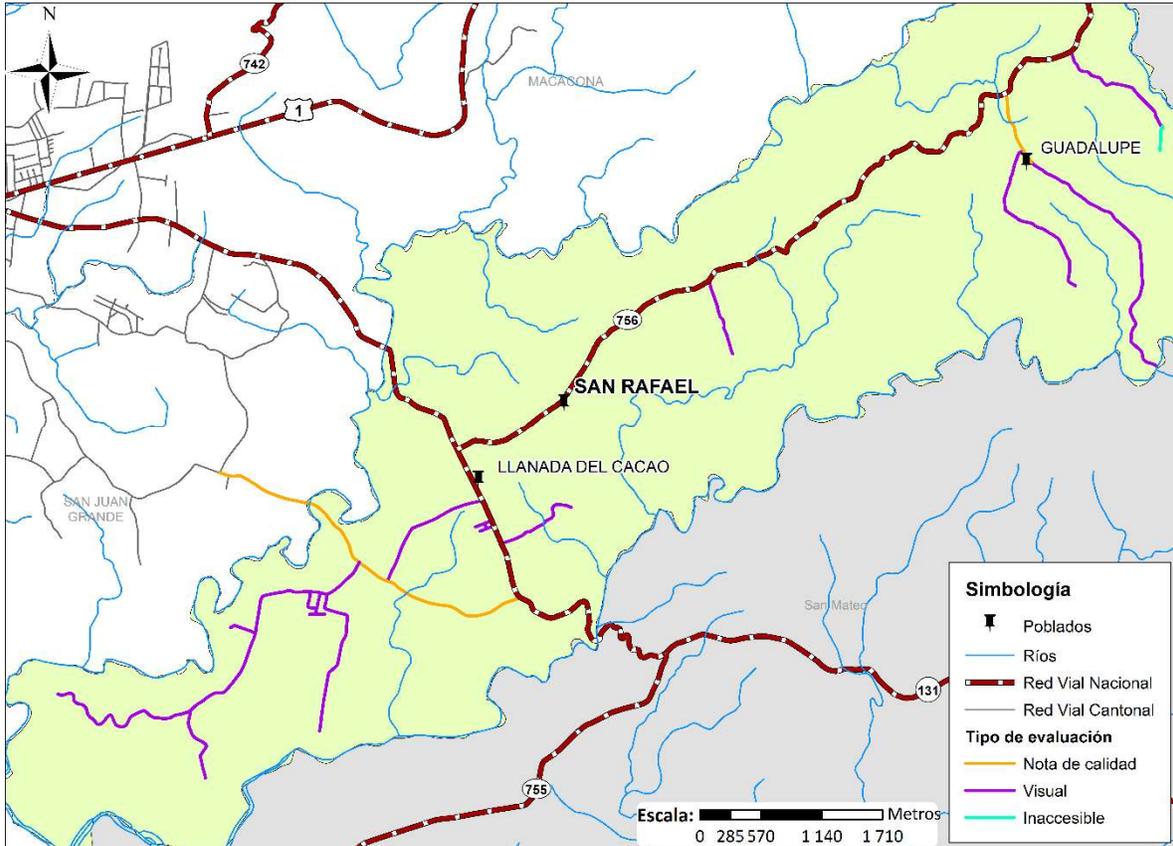


Figura 47. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Rafael.

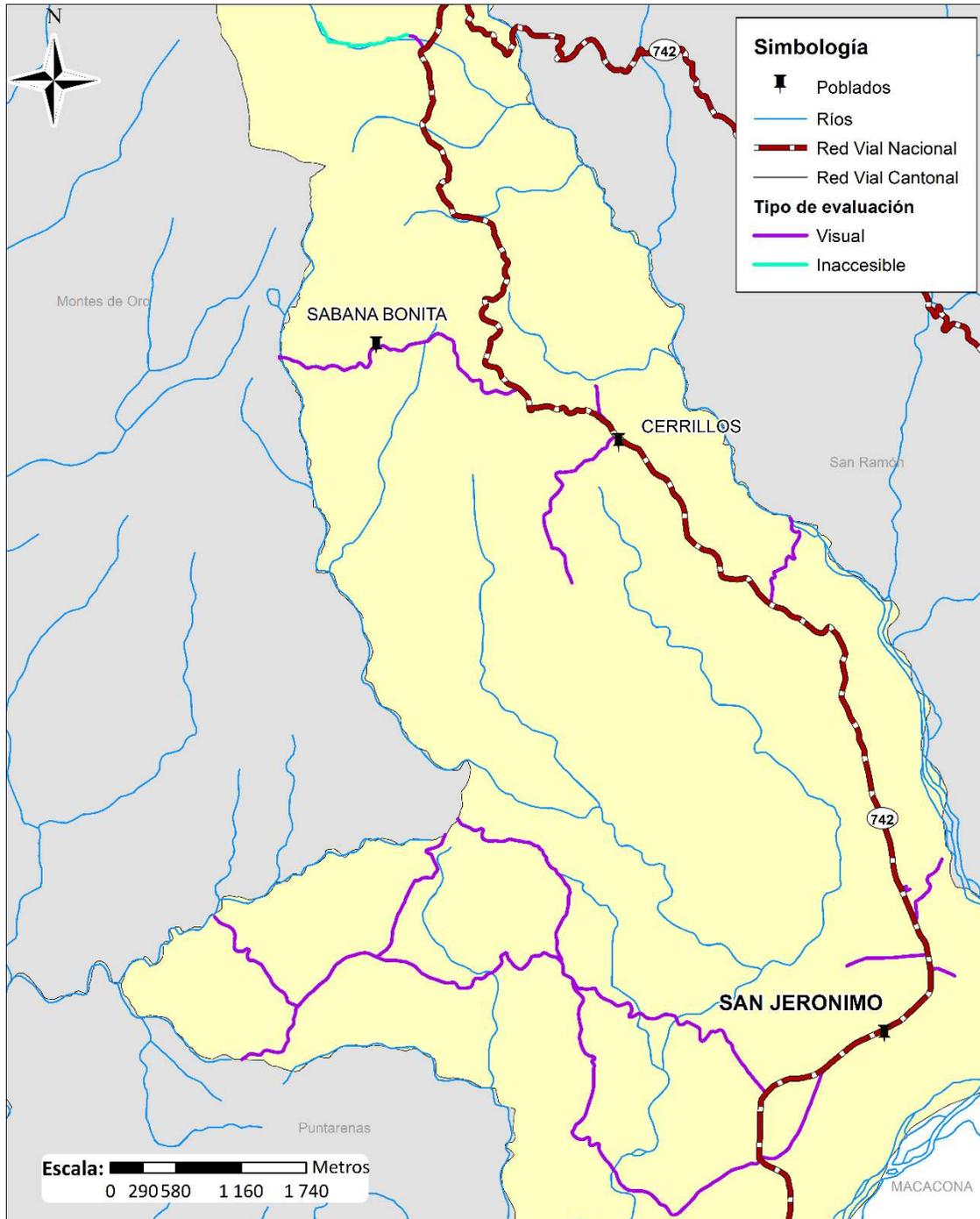


Figura 48. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito San Jerónimo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 77

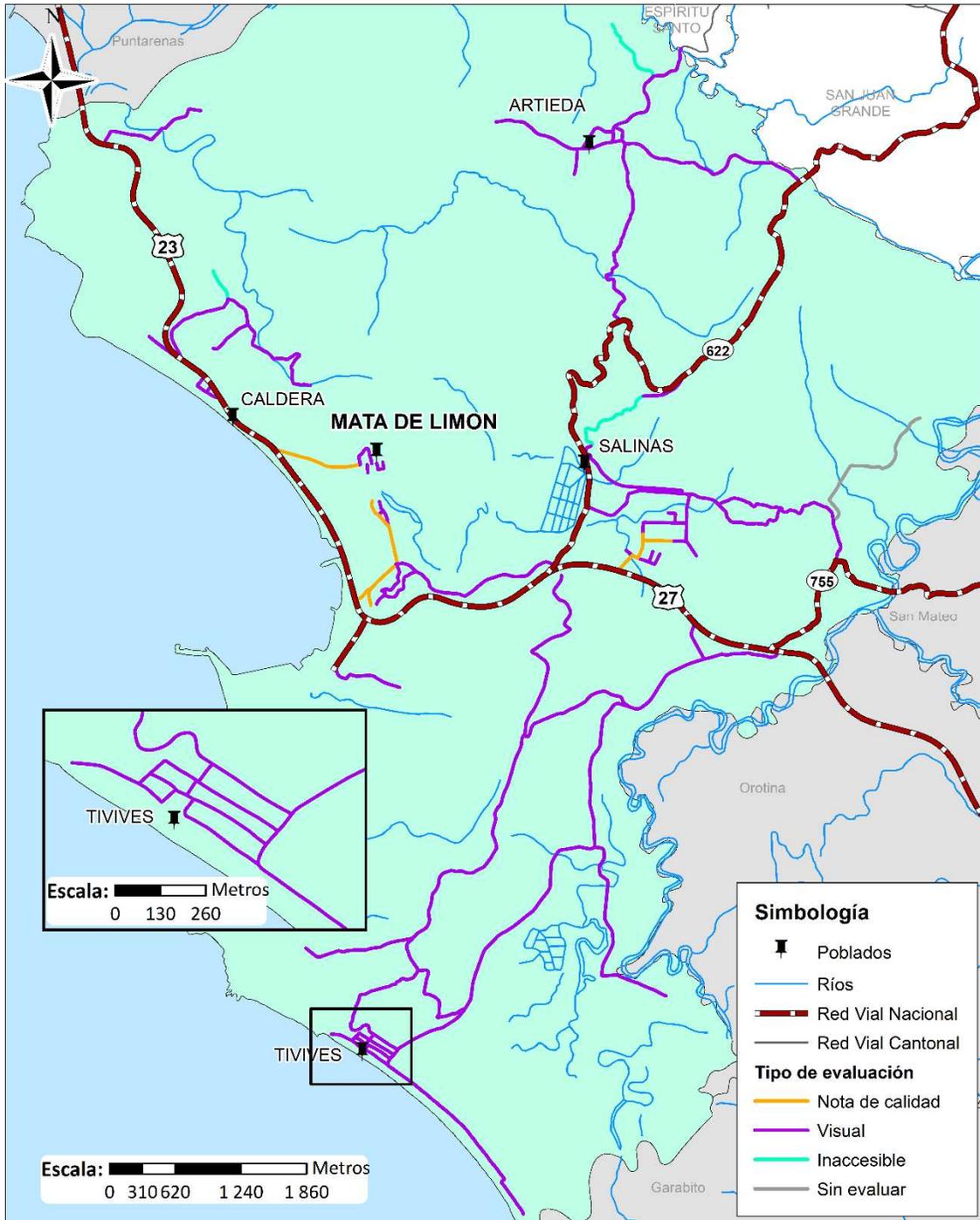


Figura 49. Tipo de evaluación realizada en la red vial del distrito Caldera.



9. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal asfaltada con Notas de Calidad (FWD/IRI)

Se evaluó un total de 43,55 km de la red vial cantonal de Esparza con superficie de mezcla asfáltica por medio de la metodología de Notas de Calidad, de lo cual 16,20 km son rutas primarias, 20,35 km son secundarias y 7,00 km son terciarias, como se indica en la Tabla 16 y en la Figura 50.

La condición estructural de la red vial cantonal pavimentada se estimó a partir de los ensayos de deflectometría de impacto (FWD, por sus siglas en inglés) en la totalidad de los 43,55 km. Por otro lado, la condición funcional se determinó con la medición del perfil longitudinal del pavimento y cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en 41,38 km, debido a que en 2,17 km no fue posible realizar el ensayo por dificultades para alcanzar la velocidad de operación del equipo.

Tabla 16. Evaluación de la RVC de Esparza con Notas de calidad según la jerarquía vial.

| Jerarquía Vial | Evaluación de la RVC con Notas de calidad (km) |
|----------------|--|
| Primaria | 16,20 |
| Secundaria | 20,35 |
| Terciaria | 7,00 |
| Total | 43,55 |

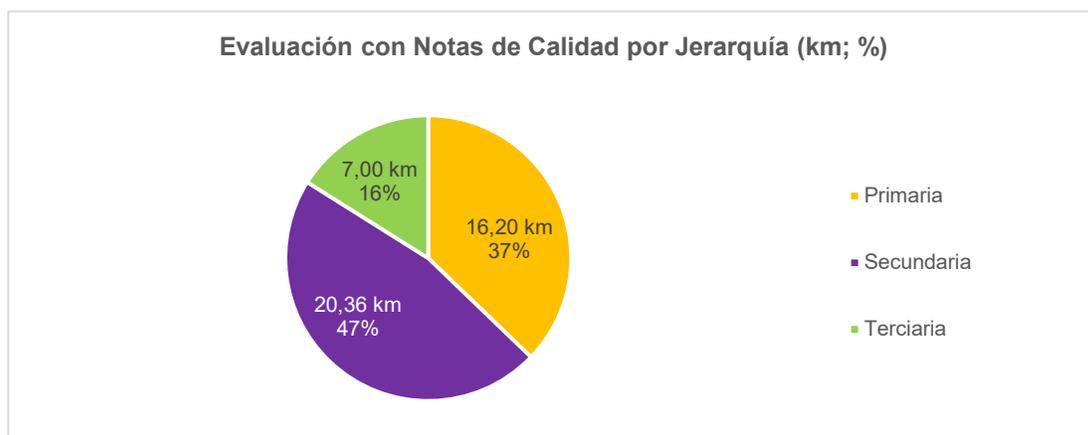


Figura 50. Distribución porcentual de evaluación con Notas de Calidad por jerarquía.



En la Figura 50, se muestra que la mayor parte de los pavimentos evaluados con Notas de Calidad corresponden a rutas secundarias con 47% y primarias con 37%, debido a que así fue designado en conjunto entre la Municipalidad de Esparza y el LanammeUCR, para aplicar este tipo de evaluación detallada con equipos no destructivos, en las rutas de mayor importancia del cantón, donde se cuente con estructura de pavimento formal.

Luego de realizar las mediciones de campo, se aplica la metodología indicada en el Apartado 5.3 de este documento para estimar la condición funcional y estructural de las rutas evaluadas, cuyos resultados se presentan en los Apartados 9.1 y 9.2, respectivamente. Seguidamente, se definen los tramos homogéneos cuya condición general es valorada posteriormente por medio de la Nota de calidad (Nota Q), que se asocia con el Tipo de Intervención a nivel de red.

9.1 Condición funcional de los pavimentos asfálticos evaluados.

La condición funcional (IRI) identificada en los caminos de la red vial de Esparza con superficie de mezcla asfáltica se resume en los gráficos por kilómetro y por Tramos Homogéneos (THs) de la Figura 51. Los THs fueron ajustados a la codificación de caminos existente de la red vial cantonal.

Los resultados generales indican que un 10% (4,47km y 13 THs) de la red vial cantonal asfaltada evaluada tiene una Buena condición funcional, lo que se asocia con caminos cuya superficie es uniforme y confortable para el usuario, ya que presentan un IRI menor a 3,6 m/km.

Las rutas que presentan una condición funcional Regular suman 63% (27,35 km y 63 THs), esto indica que la mayor parte de la red vial cantonal asfaltada presenta algunas irregularidades que son percibidas por los usuarios y le generan incomodidad moderada en su viaje. Además, en este tipo de caminos se puede acelerar el deterioro estructural debido al aumento de las cargas dinámicas producidas por la vibración y movimiento de la suspensión de los vehículos. Por ello, es importante verificar el correcto acabado final de las obras antes de su recepción, pues caminos recién asfaltados con valor de IRI por encima de 3,6 m/km podría incidir en un deterioro acelerado de los trabajos realizados

Los pavimentos que se encuentran en una condición funcional Mala constituyen un 21% (9,71 km y 36 THs) de la red vial cantonal asfaltada evaluada. Además, se tiene una pequeña proporción de 1% (0,39 km y 4 THs) asociado a una condición funcional Muy Mala. Lo anterior indica que, en un 22% de la red vial cantonal asfaltada y evaluada con Notas de Calidad, el usuario debe reducir la velocidad de operación debido a las irregularidades moderadas y severas del pavimento. Esto se debe al deterioro o al uso de metodologías constructivas con poco control de la regularidad (bacheo, recarpeteo sin perfilar la superficie existente, colocación de carpetas asfálticas sin utilizar pavimentadora y otros).



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 80

La condición funcional no se identificó en 5% (2,17 km y 11 THs) de los 43,55 km evaluados con Notas de Calidad (Sin IRI), debido a que no fue posible alcanzar la velocidad de operación del equipo, sobre todo en tramos cortos de cuadrantes urbanos.

Los mapas donde se muestra los resultados de IRI para cada distrito se adjuntan en el Anexo 2 y los informes de laboratorio de las mediciones de campo realizadas se adjuntan en Anexo 4.

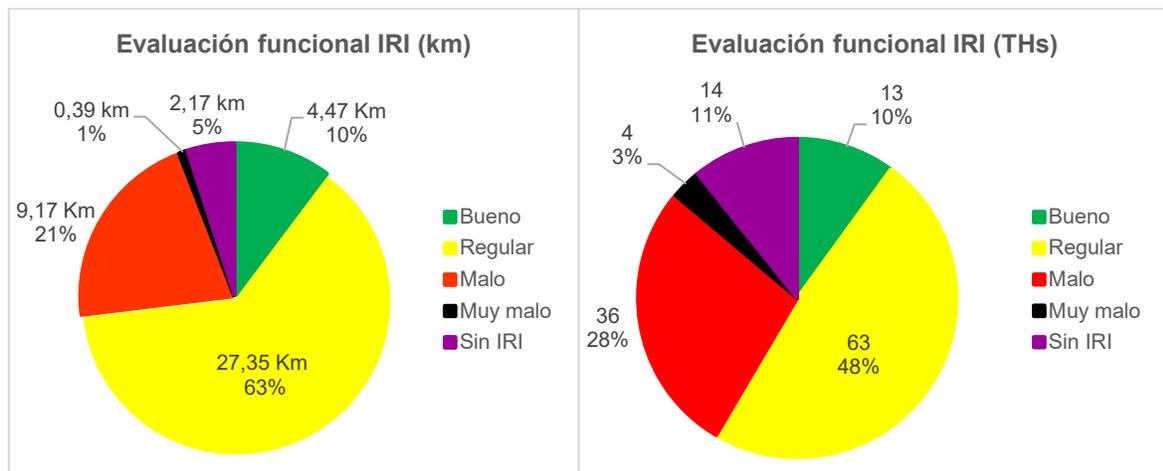


Figura 51. Distribución porcentual de la condición funcional de la RVC asfaltada.

El detalle de la condición funcional por distrito se muestra en la Tabla 17 y el gráfico de la Figura 52. En los mapas de la Figura 53 a la Figura 57 se muestra la Condición Funcional (IRI) por tramos homogéneos de la red vial para cada distrito.

La mayor parte de la red vial cantonal donde se evaluó la condición funcional (IRI), se encuentra en el distrito de Espíritu Santo con 26,80 km, donde se tiene la mayor concentración de rutas pavimentadas primarias y secundarias del cantón. Por otro lado, en San Rafael es donde se evaluó la menor longitud de vías respecto de su condición funcional y en el distrito de San Jerónimo no se realizó del todo este tipo de evaluación, ya que las rutas cantonales pavimentadas se evaluaron de forma visual como se detalla en el Apartado 10.

Específicamente en el distrito de Espíritu Santo la mayor parte de los pavimentos evaluados presentan condición funcional (IRI) Regular, lo que corresponde a 15,70 km donde se tienen irregularidades moderadas en la superficie del pavimento. Además, se tiene 7,13 km en condición Mala, lo que implica afectación a la velocidad de operación del tránsito vehicular debido a los deterioros superficiales del pavimento.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 81

En los distritos de distrito de San Juan Grande la mayor parte de la red vial evaluada presenta una condición funcional (IRI) Regular con 4,56 km. De forma similar ocurre en Macacona, donde se tiene 3,72 km en condición funcional (IRI) Regular, pero adicionalmente se identifica 1,77 km en Mala condición.

En los distritos de San Rafael y Caldera también se presenta una mayoría de kilómetros en condición funcional (IRI) Regular con 0,71 km y 2,66 km, respectivamente.

De acuerdo con lo anterior, la mayor parte de la red vial cantonal pavimentada evaluada presenta una condición funcional Regular, lo que se asocia con un nivel de servicio intermedio debido a los deterioros superficiales del pavimento. Adicionalmente, también se tiene una parte importante de la red vial en estos distritos que presenta condición funcional Mala, lo que se asocia a vías donde posiblemente los usuarios deben reducir su velocidad de circulación, debido a las irregularidades de la superficie de ruedo.

Tabla 17. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.

| Distrito | Condición funcional (IRI) | | | | | Total (km) |
|-------------------|---------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | Bueno | Regular | Malo | Muy malo | Sin IRI | |
| Espíritu Santo | 2,18 | 15,70 | 7,13 | 0,39 | 1,39 | 26,80 |
| San Juan Grande | 1,34 | 4,56 | 0,27 | - | - | 6,16 |
| Macacona | 0,95 | 3,72 | 1,77 | - | 0,51 | 6,95 |
| San Rafael | - | 0,71 | - | - | - | 0,71 |
| Caldera | - | 2,66 | - | - | 0,27 | 2,93 |
| Total (km) | 4,47 | 27,35 | 9,17 | 0,39 | 2,17 | 43,55 |

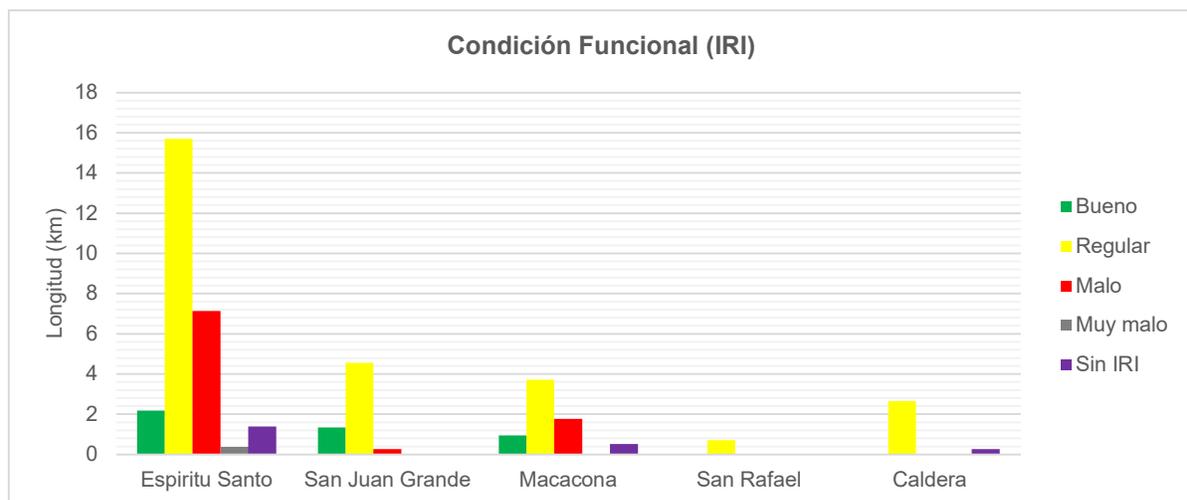


Figura 52. Condición funcional (IRI) de la RVC por distrito.

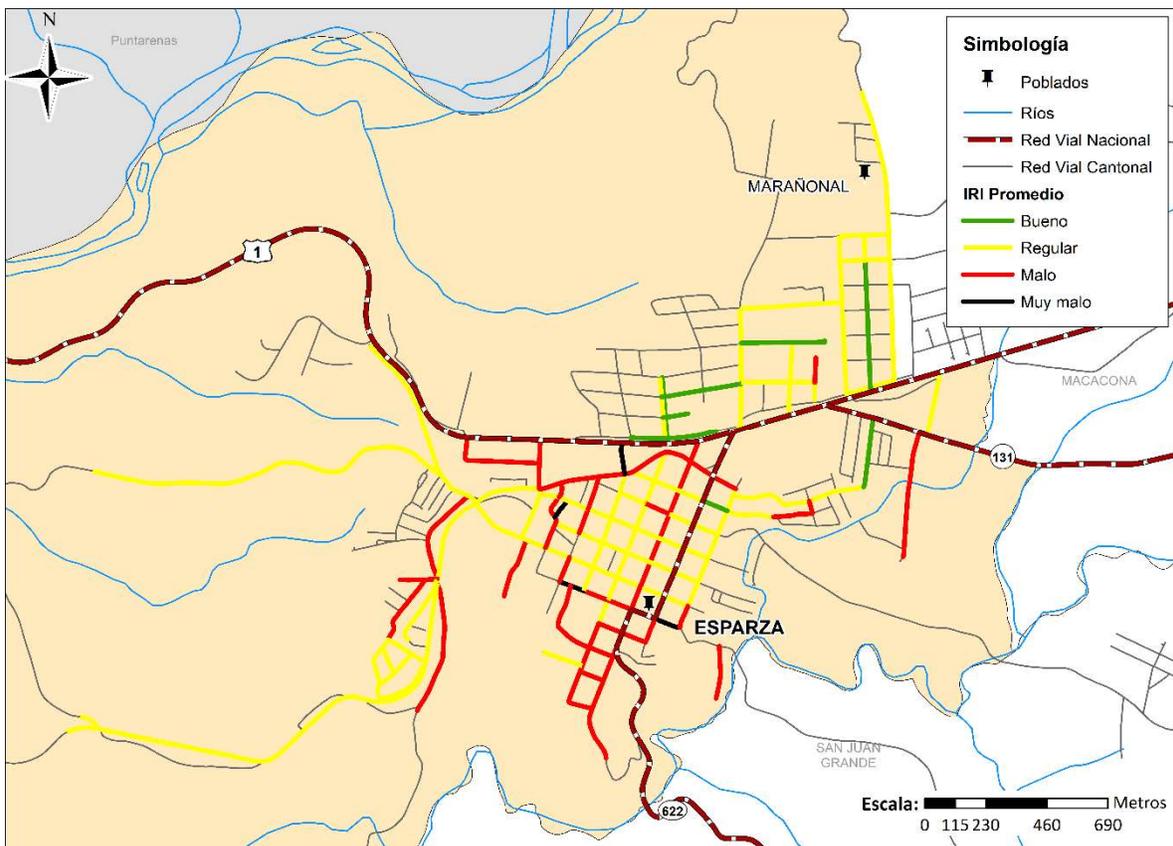


Figura 53. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Espiritu Santo.

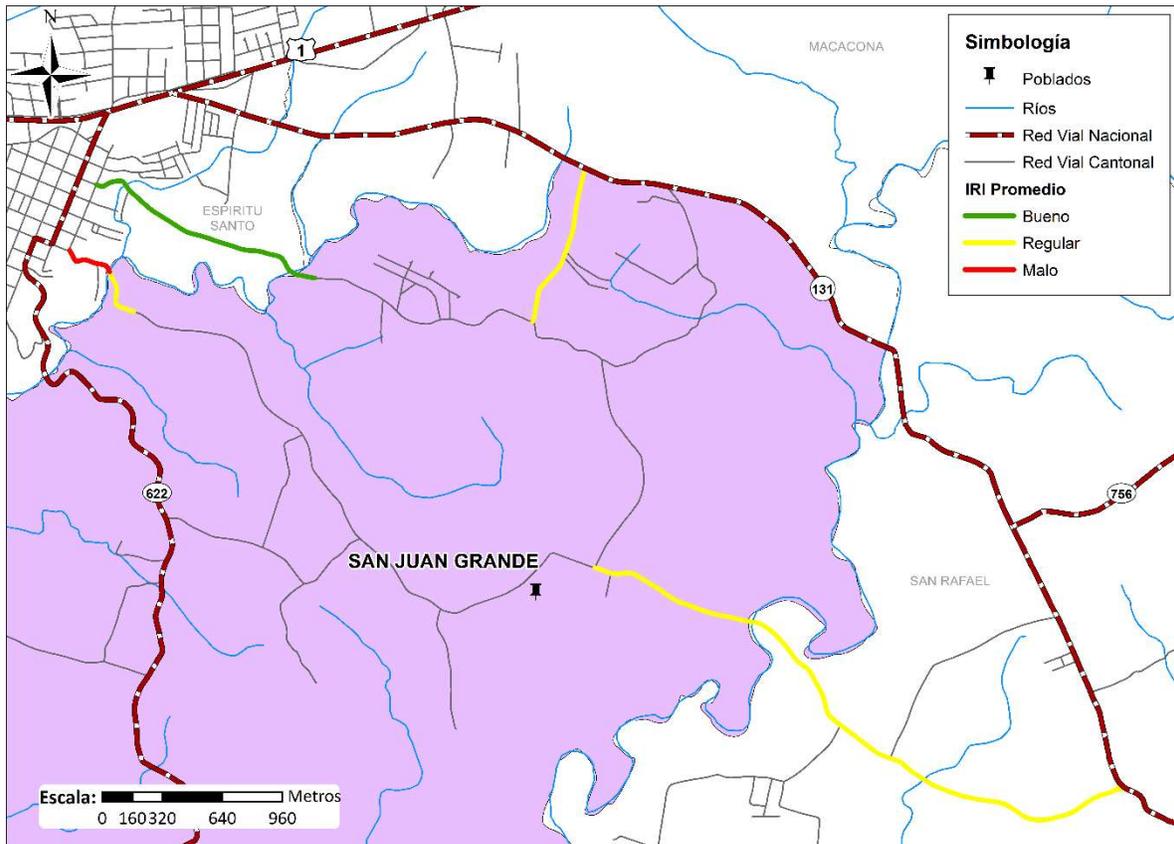


Figura 54. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande.

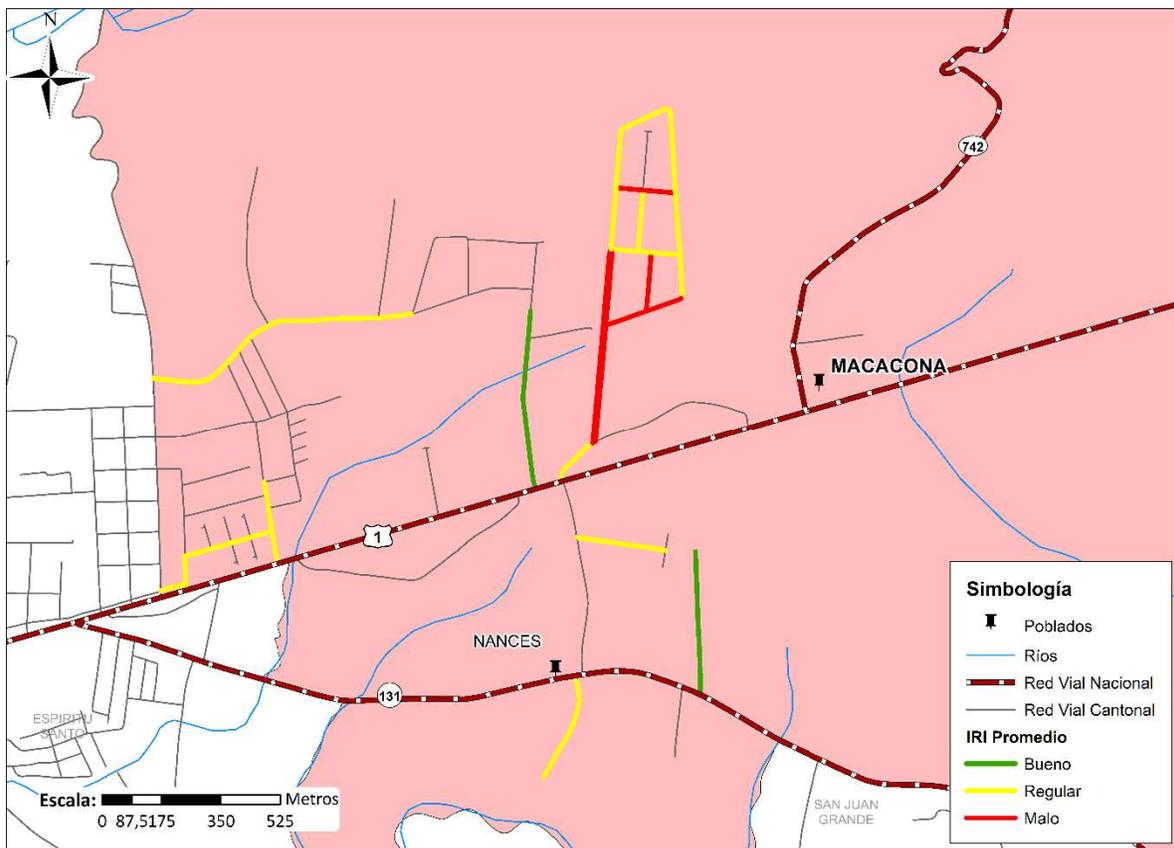


Figura 55. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Macacona.

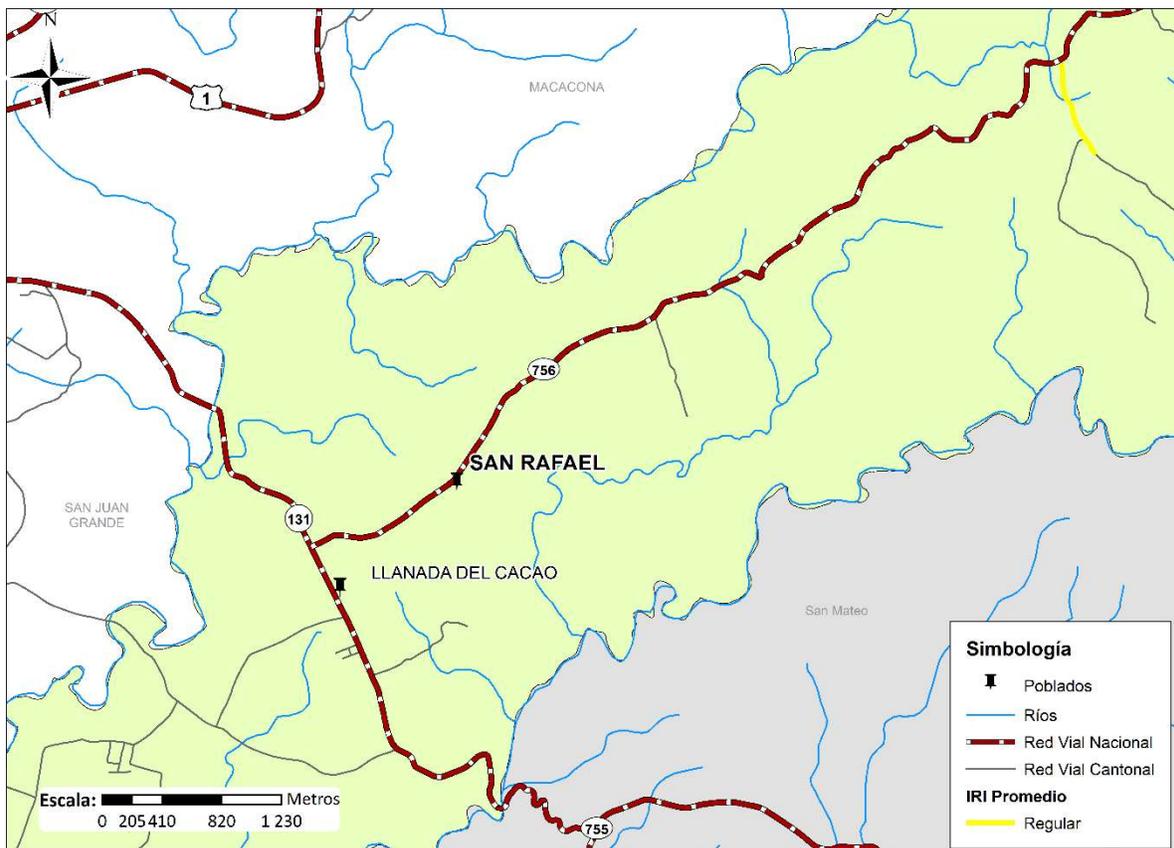


Figura 56. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito San Rafael.

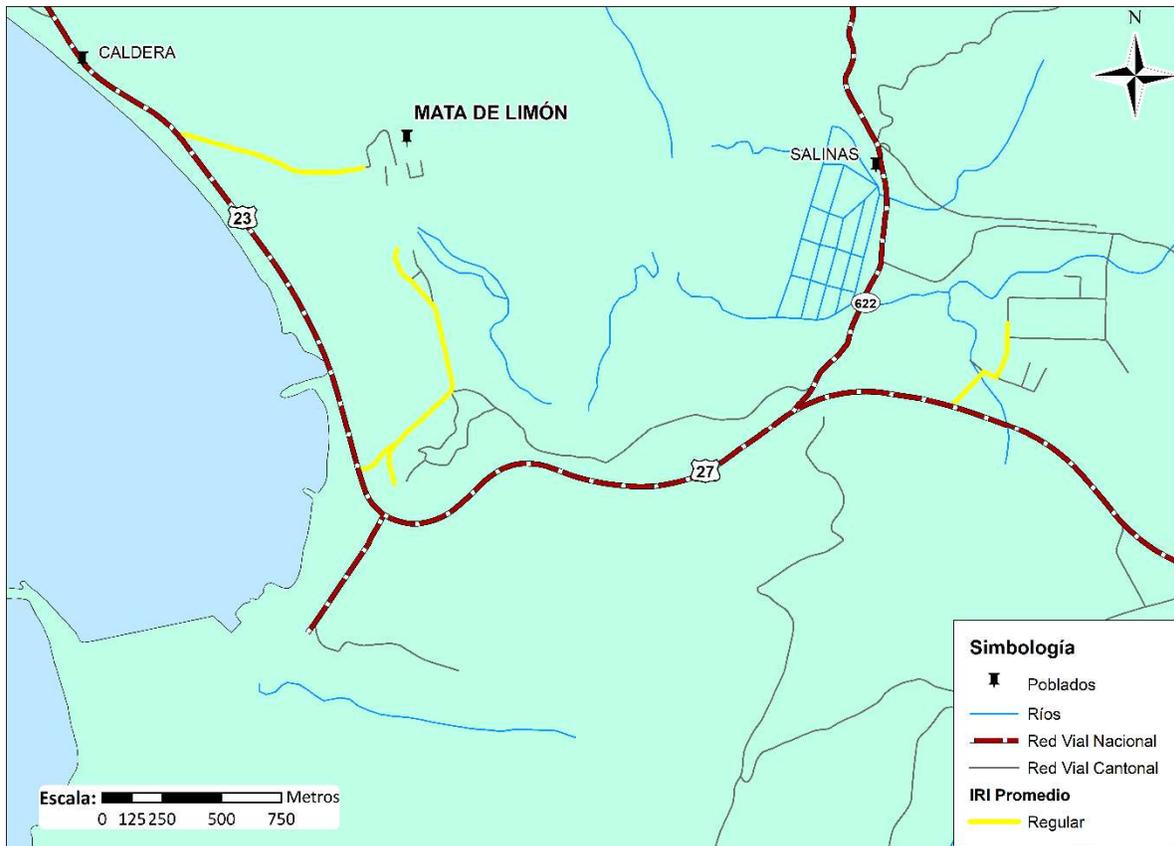


Figura 57. Condición funcional (IRI) de la RVC asfaltada del distrito Caldera.

9.2 Condición estructural de los pavimentos asfálticos evaluados

9.2.1 Condición estructural de las rutas evaluadas

La condición estructural (FWD) identificada en los caminos de la red vial con superficie de carpeta asfáltica de Esparza, se resume en los gráficos de la Figura 58.

Se puede observar que la mayor parte de la red vial cantonal asfaltada presenta una Buena condición estructural lo que suma un 88% (38,44 km y 106 THs), y significa que en esos caminos el pavimento cuenta con la capacidad requerida para soportar las cargas del tránsito vehicular a las que se ve generalmente sometido.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 87

En 8% (3,29 km y 10 THs) se tiene una condición estructural Regular, lo cual se asocia con pavimentos con moderada capacidad de soporte que posiblemente requieren de algún refuerzo estructural o rehabilitación para evitar que el deterioro continúe avanzado.

Por otro lado, se tiene un total de 4% (1,82 km y 14 THs) donde la condición estructural deficiente o muy deficiente. Estos son caminos donde la estructura de pavimento ha perdido la capacidad estructural y por lo tanto pueden ser candidatos a rehabilitaciones mayores y reconstrucciones, desde capas granulares inferiores o suelo subrasante en algunos casos extremos.

Los mapas donde se muestra los resultados del FWD para cada distrito se adjuntan en el Anexo 3 y los informes de laboratorio de las mediciones de campo realizadas se adjuntan en Anexo 4.

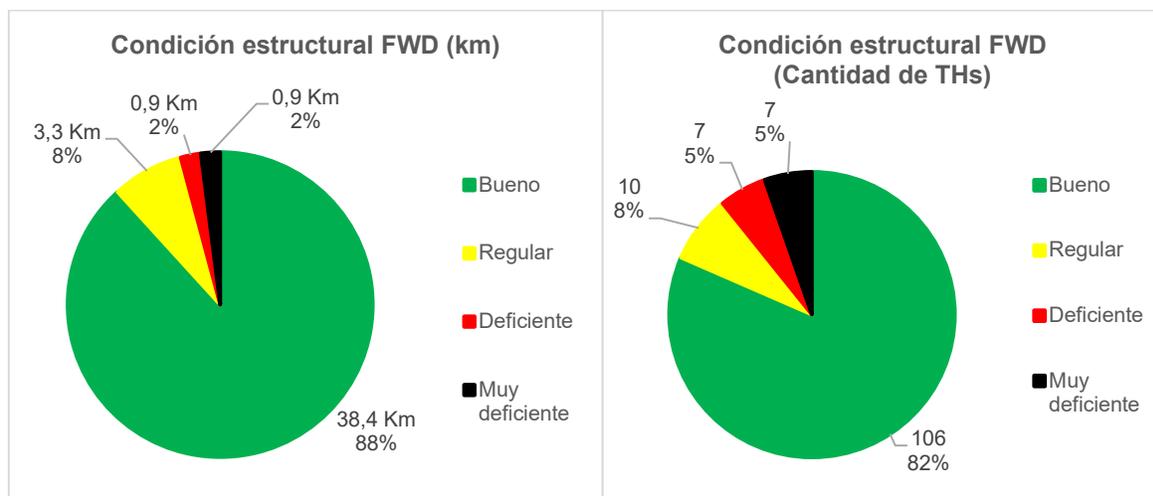


Figura 58. Distribución porcentual de la condición estructural de la RVC asfaltada.

El desglose por distrito de los resultados de la evaluación estructural de pavimentos asfálticos se presenta en la Tabla 18 y Figura 59. Se puede observar que el comportamiento general de la condición estructural por cantón se replica de forma similar para los distritos, ya que la mayor parte de los pavimentos evaluados presentan Buena condición estructural. En los mapas de la Figura 60 a la Figura 64 se muestra la condición estructural (FWD) por tramos homogéneos de la red vial para cada distrito.

En Espíritu Santo se tiene 23,25 km en Buena condición estructural, lo que corresponde con 87% de los pavimentos evaluados en este distrito. Además, se tiene 2,26 km en condición Regular y 1,28 km en condición deficiente o muy deficiente.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 88

En los distritos de San Juan Grande y Macacona, se encontró una mayor parte de rutas evaluadas con Buena condición estructural con 5,89 km y 6,41 km, respectivamente. Lo mismo ocurre en San Rafael y Caldera, donde también se tiene Buena condición estructural en 0,71 km y 2,17 km, respectivamente.

Por otro lado, entre los distritos de San Juan Grande y Caldera se encontró un total de 1,03 km en condición estructural Regular, donde se tiene pavimentos con menor capacidad estructural. Macacona y San Rafael no presentan pavimentos en condición estructural Regular.

En el distrito de Macacona se tiene 0,54 km entre condición estructural Deficiente y Muy Deficiente, mientras que los distritos de San Juan Grande, San Rafael y Caldera no presentan pavimentos en estos niveles de deterioro.

El comportamiento anterior indica que, en la mayor parte de la red vial cantonal asfaltada de Esparza, el mantenimiento vial debe concentrarse en actividades de conservación para extender la vida útil de los pavimentos.

Tabla 18. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.

| Distrito | Condición estructural (FWD) | | | | Total (km) |
|-------------------|-----------------------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| | Buena | Regular | Deficiente | Muy deficiente | |
| Espíritu Santo | 23,25 | 2,26 | 0,68 | 0,60 | 26,80 |
| San Juan Grande | 5,89 | 0,27 | - | - | 6,16 |
| Macacona | 6,41 | - | 0,26 | 0,28 | 6,96 |
| San Rafael | 0,71 | - | - | - | 0,71 |
| Caldera | 2,17 | 0,76 | - | - | 2,93 |
| Total (km) | 38,44 | 3,29 | 0,94 | 0,88 | 43,56 |

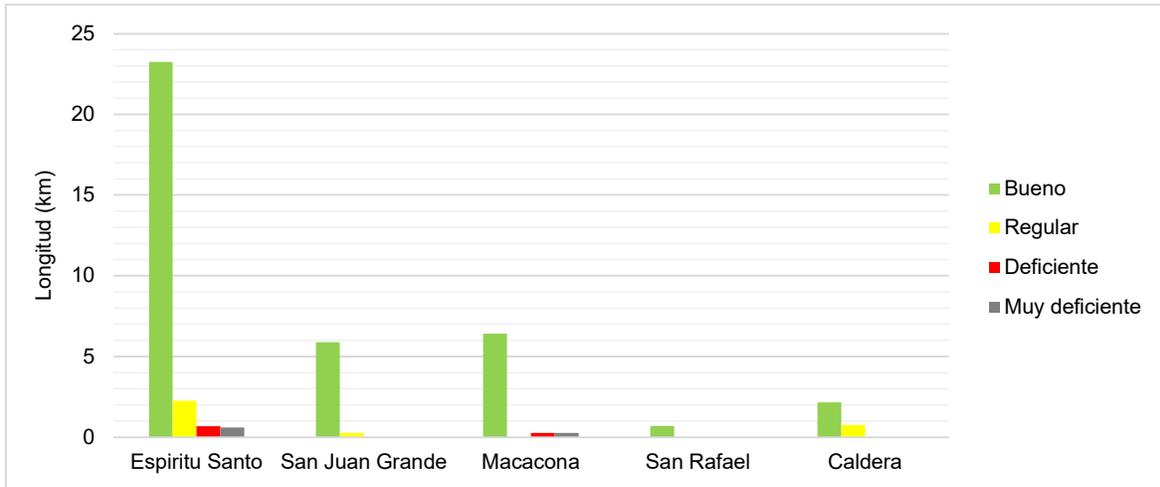


Figura 59. Condición estructural (FWD) de la RVC por distrito.

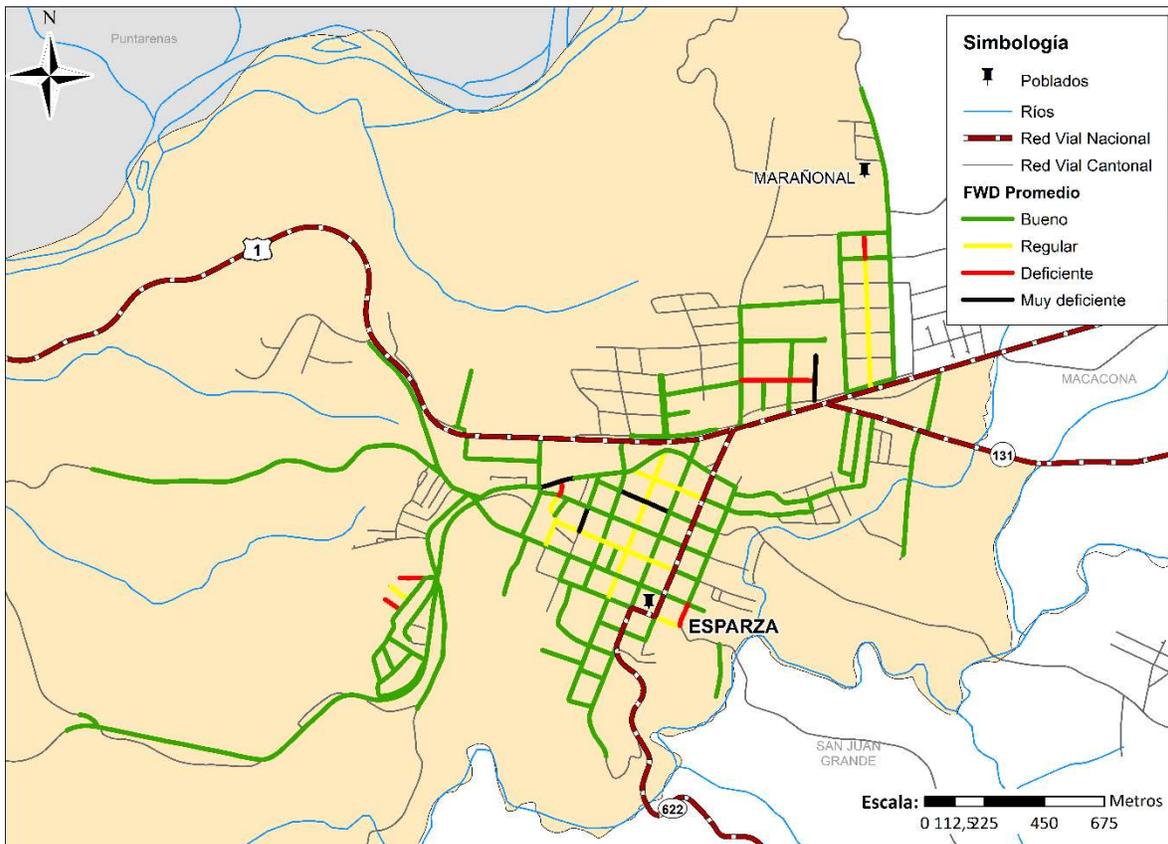


Figura 60. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Espiritu Santo.

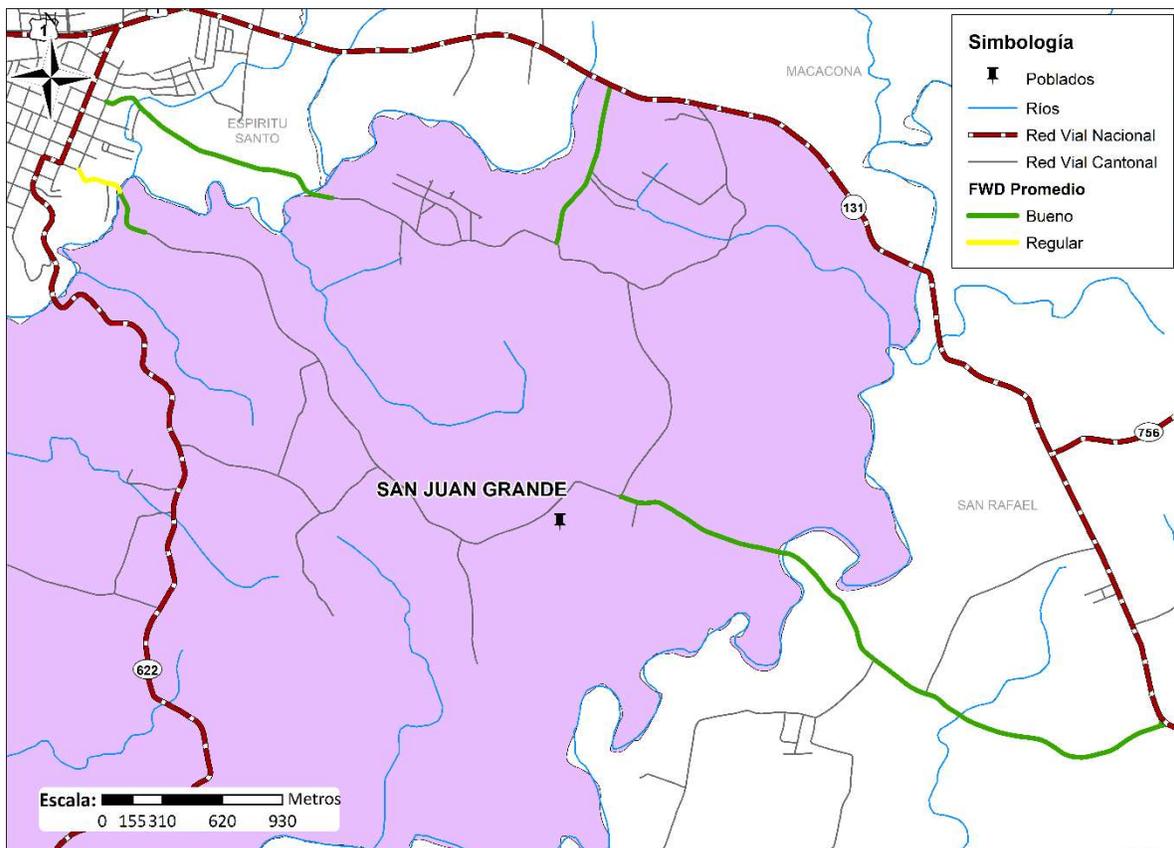


Figura 61. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande.

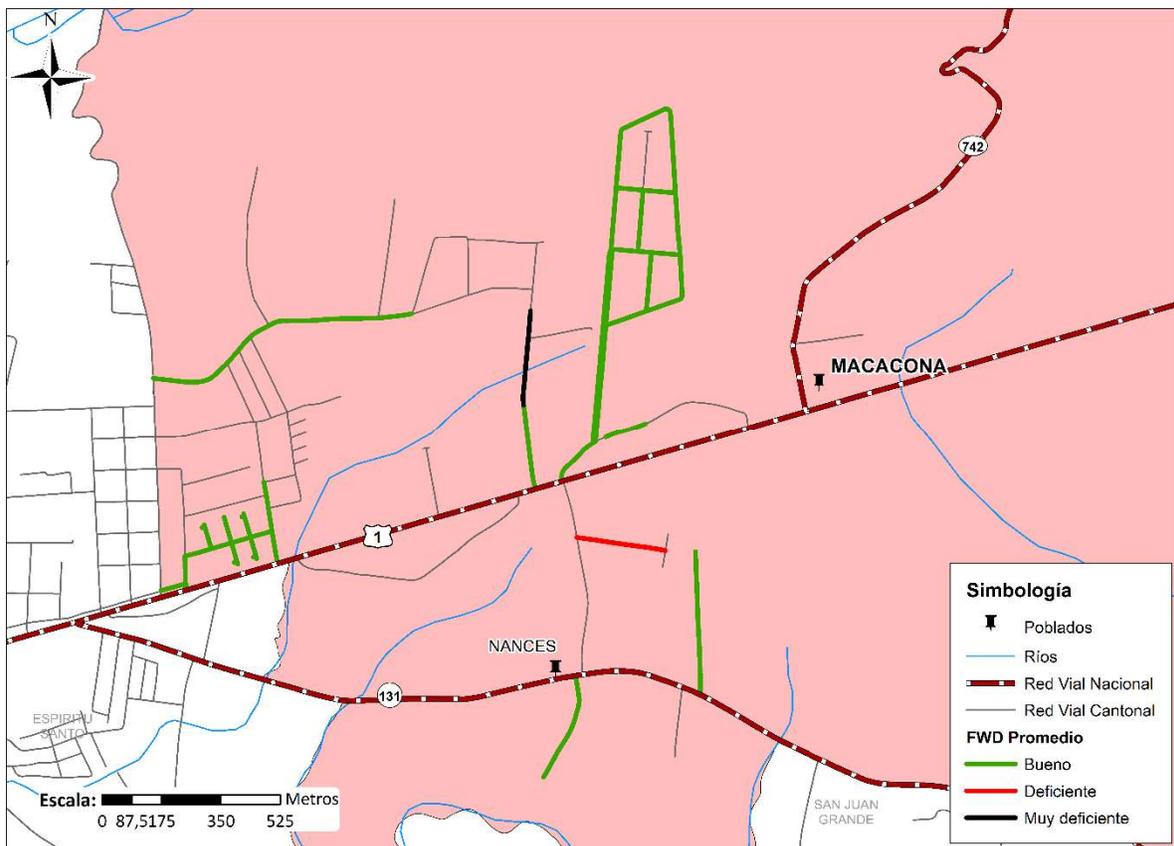


Figura 62. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Macacona.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 92

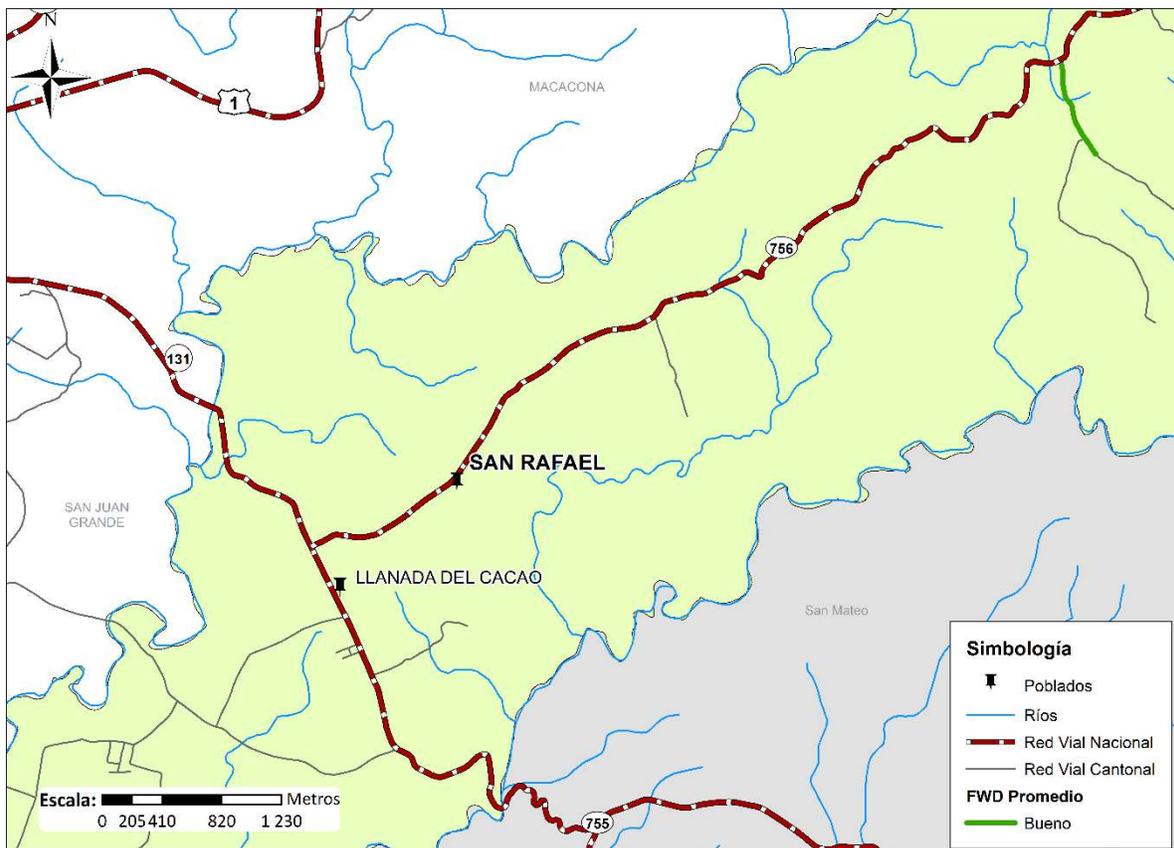


Figura 63. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito San Rafael.



Figura 64. Condición estructural (FWD) de la RVC asfaltada del distrito Caldera.

8.2.2 Condición estructural específica de las rutas “Sin IRI”

El desglose por distrito de las rutas donde sólo se evaluó la condición estructural (FWD) y no cuentan con evaluación funcional (“Sin IRI”), se presenta en la Tabla 19 y gráfico de la Figura 65. Estas rutas se encuentran en los distritos de Espíritu Santo, Macacona y Caldera.

En cuanto a la condición estructural (FWD) de estas rutas (“Sin IRI”), se puede indicar que la mayor parte presenta una condición estructural (FWD) Buena, para un total de 1,75 km, 0,36 km en condición Regular y sólo 0,7 km en condición Deficiente.

Lo anterior indica que, en la mayor parte de estas rutas, las capas de ruedo, capas granulares intermedias y suelo dan un buen soporte ante las cargas de tránsito vehicular, pero no se conoce su condición funcional (IRI).



Tabla 19. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas “Sin IRI”.

| Distrito | Condición estructural (FWD) | | | Total (km) |
|-------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Buena | Regular | Deficiente | |
| Espíritu Santo | 1,24 | 0,09 | 0,07 | 1,39 |
| Macacona | 0,51 | - | - | 0,51 |
| Caldera | - | 0,27 | - | 0,27 |
| Total (km) | 1,75 | 0,36 | 0,07 | 2,17 |

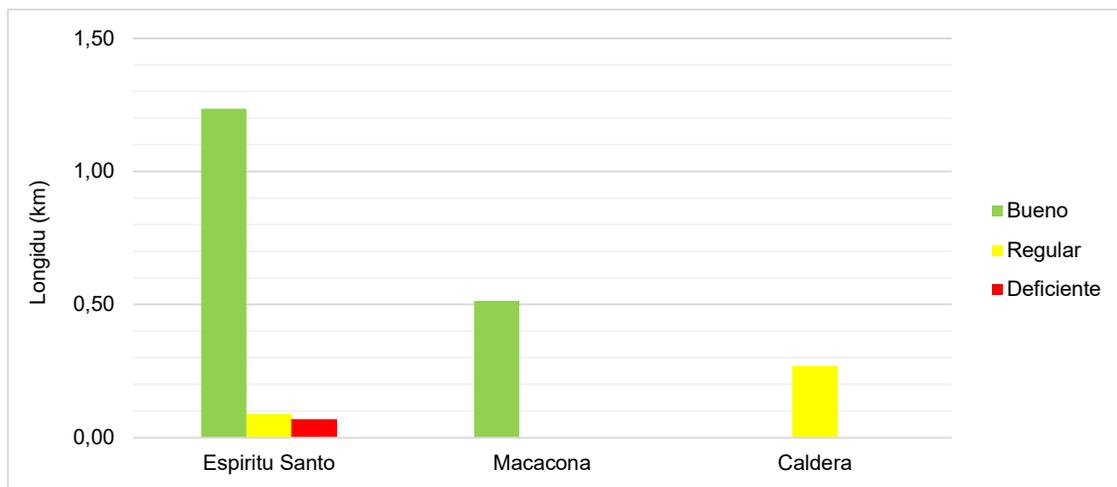


Figura 65. Condición estructural (FWD) por distrito de las rutas “Sin IRI”.

9.3 Notas de calidad

Se asignó una Nota de Calidad para cada tramo homogéneo de los 41,39 km la red vial cantonal asfaltada de Esparza, para la cual se estableció la condición funcional (IRI) y estructural (FWD). Lo anterior, de acuerdo con la metodología descrita en los Apartados 5.3.4 y 5.3.5 de este documento. La

Tabla 20 y el gráfico de la Figura 66 muestran la distribución porcentual de Notas de Calidad por longitud y tramos homogéneos de la red vial cantonal asfaltada de Esparza.

Como se indicó anteriormente, en 2,17 km de la red vial cantonal asfaltada no se estableció la condición funcional (IRI), pero sí se cuenta con la evaluación de la condición estructural (FWD) como insumo para su gestión vial. De acuerdo con la metodología indicada en el Apartado 5.3.5, no se es posible obtener una Nota de Calidad para estos tramos homogéneos, lo cual se especifica así (“Sin Nota Q”) en la



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 95

Tabla **20** y el gráfico de la Figura 66.

La red vial cantonal asfaltada de Esparza presenta sólo 0,88 km (2%) que se asignaron a las Notas de Calidad R-1, R-2, R-3, lo que se asocia a pavimentos que presentan condición estructural Deficiente o Muy Deficiente y variedad en su condición funcional, desde Bueno hasta Muy Malo. No se obtuvo rutas con Nota de Calidad NP. En estos pavimentos puede existir deficiencia en los suelos, capas granulares y superficie de ruedo para soportar las cargas vehiculares, a pesar de que en algunos casos no muestren deterioros superficiales severos.

De forma similar, sólo se identificó 0,87 km (2%) de la red vial cantonal evaluada con Nota de Calidad Q6 y Q8, que corresponde con pavimentos cuya condición estructural es deficiente, pero tienen variedad en su condición funcional, desde Bueno hasta Malo, sin llegar a Muy Malo. Esto se puede asociar a pavimentos donde se ha colocado sobrecapa de ruedo recientemente, pero persisten problemas estructurales en sus capas inferiores y suelo.

Por otro lado, se identificó 0,58 km (1,3%) de la red vial cantonal evaluada con Nota de Calidad Q7 y RH-RF que se asocia con pavimentos cuya condición estructural es Regular y tienen condición funcional Mala o Muy Mala. En este tipo de rutas posiblemente se requiera medidas de mantenimiento o rehabilitación menor que corrijan los deterioros funcionales, pero que también permitan mejorar la capacidad estructural del pavimento.

Se identificó 8,32 km (19,1%) de la red vial cantonal evaluada con Nota de Calidad Q4 y M-RF, lo que corresponde a pavimentos con Buena condición estructural, pero deterioros superficiales moderados y severos que afectan su condición funcional. En estos casos, se debe buscar mejorar las condiciones de regularidad superficial, para mejorar el nivel de servicio al usuario y sobre todo evitar que se afecte la capacidad estructural del pavimento en el mediano plazo.

La mayor parte de la red vial cantonal de Esparza que fue evaluada con Notas de Calidad presenta calificaciones Q1, Q2 y Q3, con un total de 28,87 km (66,3%). Estos pavimentos se asocian con una Buena condición funcional y una condición estructural de Regular a Buena. Por lo tanto, son rutas donde se requiere actividades de conservación vial, para mantener su buena condición general y así extender su vida útil, sobre todo en el caso de las rutas que presentan condición estructural regular (Q3), que pueden pasar a una condición estructural mala en el corto plazo, si no se atienden con medidas de preservación de la superficie.

También se encontró que en 1,85 km (4,3%) de la red vial cantonal evaluada, se presenta una Nota de Calidad Q5, lo que se asocia con pavimentos en condición Regular, tanto funcional, como estructuralmente. En estos casos, se recomienda realizar un análisis más



EIC-Lanamme-INF-1170-2022

Página 96

detallado para determinar qué acciones se deben tomar para su mantenimiento a nivel de proyecto, dado que se encuentran en un punto intermedio de su curva de deterioro.

Tabla 20. Distribución porcentual de Notas Q en la red vial cantonal asfaltada de Esparza.

| Nota de calidad | Longitud de caminos | | Tramos Homogéneos (TH) | |
|----------------------|---------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | Longitud (km) | Porcentaje (%) | Cantidad | Porcentaje (%) |
| Q1 | 3,69 | 8,5% | 11 | 8,5% |
| Q2 | 24,68 | 56,7% | 54 | 41,5% |
| Q3 | 0,50 | 1,1% | 1 | 0,8% |
| Q4 | 8,02 | 18,4% | 27 | 20,8% |
| M-RF | 0,29 | 0,7% | 3 | 2,3% |
| Q5 | 1,85 | 4,3% | 4 | 3,1% |
| Q7 | 0,48 | 1,1% | 2 | 1,5% |
| RH-RF | 0,10 | 0,2% | 1 | 0,8% |
| Q8 | 0,64 | 1,5% | 3 | 2,3% |
| Q9 | 0,24 | 0,5% | 3 | 2,3% |
| R-1 | 0,28 | 0,6% | 1 | 0,8% |
| R-2 | 0,18 | 0,4% | 2 | 1,5% |
| R-3 | 0,42 | 1,0% | 4 | 3,1% |
| Sin Nota Q | 2,17 | 5,0% | 14 | 10,8% |
| Total general | 43,56 | 100% | 130 | 100% |

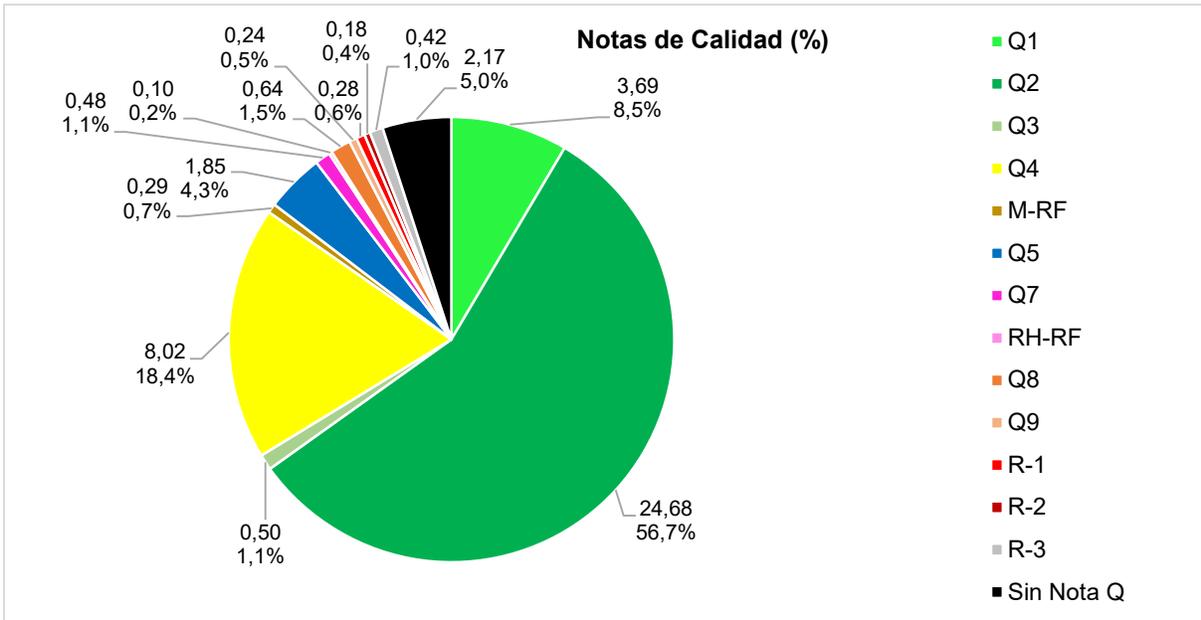


Figura 66. Distribución de Notas de Calidad para la red vial cantonal asfaltada.

Las Notas de Calidad obtenidas para cada distrito se pueden observar en la Tabla 21 y el gráfico de la Figura 67. Además, en los mapas de la Figura 68 a la Figura 72 se muestra la Nota de Calidad para la red vial cantonal de cada distrito.

En el distrito de Espíritu Santo es donde se concentró la mayor longitud de rutas evaluadas con Notas de Calidad para un total de 26,80 km, como se observa en la Figura 68. Los resultados indican que se tiene una mayoría de pavimentos evaluados en buena condición general, dado que se clasificaron con Nota de Calidad Q1, Q2 y Q3, para una longitud total 15,97 km. Además, se tiene 6,55 km con Nota de Calidad Q4 y M-RF, que son pavimentos en condición regular, dado que tienen capacidad estructural adecuada, pero irregularidades superficiales moderadas. Luego se tienen tramos cortos con longitudes menores a 0,5 km con variedad de Notas de Calidad desde Q7 hasta R-3, que se asocian con mayores niveles de deterioro funcional y estructural para un total de 1,53 km. Finalmente, en este distrito se encuentra la mayor longitud de rutas calificadas con Nota de Calidad Q5 con 1,36 km que se concentra en los cuadrantes del centro de Esparza, donde se recomienda realizar un análisis a nivel de proyecto. De forma similar, se tiene la mayor longitud de rutas “Sin Nota Q” con 1,39 km, las cuales sólo cuentan con evaluación estructural (FWD).

En el distrito de San Juan Grande se evaluó 6,16 km con Notas de Calidad, cuyos resultados indican que la mayor parte de la red vial evaluada presenta Notas Q1 y Q2, que se asocian con una buena condición general de los pavimentos. Además, se tiene 0,27 km con Nota Q7, donde se tiene una condición superficial mala y estructural regular.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 98

En el distrito de Macacona se evaluó un total de 6,96 km con Notas de Calidad, cuyos resultados indican que la mayor parte presenta Notas Q1 y Q2, que con pavimentos con buena condición funcional y estructural. Por otro lado, se identificó 1,77 km de pavimentos con Nota Q4, donde se tiene buena capacidad estructural, pero deterioros superficiales moderados y severos. Además, se tienen dos tramos que suman 0,54 km con Nota Q8 y R-1, donde se identificó una condición estructural deficiente, pero se tiene variabilidad en la condición funcional, posiblemente por la colocación de sobrecapa de bajo espesor. Finalmente, en este distrito se tiene 0,51 km de rutas “Sin Nota Q”.

En el distrito de San Rafael solamente se identificó un tramo de 0,71 km con Nota de Calidad Q2, cuya condición funcional y estructural es buena.

Finalmente, en el distrito de Caldera se identificó un total de 2,17 km de rutas con Nota de Calidad Q2, que se asocia con buena condición funcional y estructural. Pero también, se identificó un tramo de 1,85 km con Nota de Calidad Q5, donde se recomienda realizar un análisis más detallado a nivel de proyecto ya que presenta condición funcional y estructural intermedia. Además, en este distrito es donde mayor longitud de vías fueron clasificadas como “Sin Nota Q”, con 2,17 km.

Tabla 21. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.

| Nota de Calidad | Distrito (km) | | | | | Total (km) |
|-------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | Caldera | |
| Q1 | 1,68 | 1,34 | 0,68 | - | - | 3,69 |
| Q2 | 13,79 | 4,56 | 3,46 | 0,71 | 2,17 | 24,68 |
| Q3 | 0,50 | - | - | - | - | 0,50 |
| Q4 | 6,26 | - | 1,77 | - | - | 8,02 |
| M-RF | 0,29 | - | - | - | - | 0,29 |
| Q5 | 1,36 | - | - | - | 0,49 | 1,85 |
| Q7 | 0,21 | 0,27 | - | - | - | 0,48 |
| RH-RF | 0,10 | - | - | - | - | 0,10 |
| Q8 | 0,37 | - | 0,26 | - | - | 0,64 |
| Q9 | 0,24 | - | - | - | - | 0,24 |
| R-1 | - | - | 0,28 | - | - | 0,28 |
| R-2 | 0,18 | - | - | - | - | 0,18 |
| R-3 | 0,42 | - | - | - | - | 0,42 |
| Sin Nota Q | 1,39 | - | 0,51 | - | 0,27 | 2,17 |
| Total (km) | 26,80 | 6,16 | 6,96 | 0,71 | 2,93 | 43,56 |

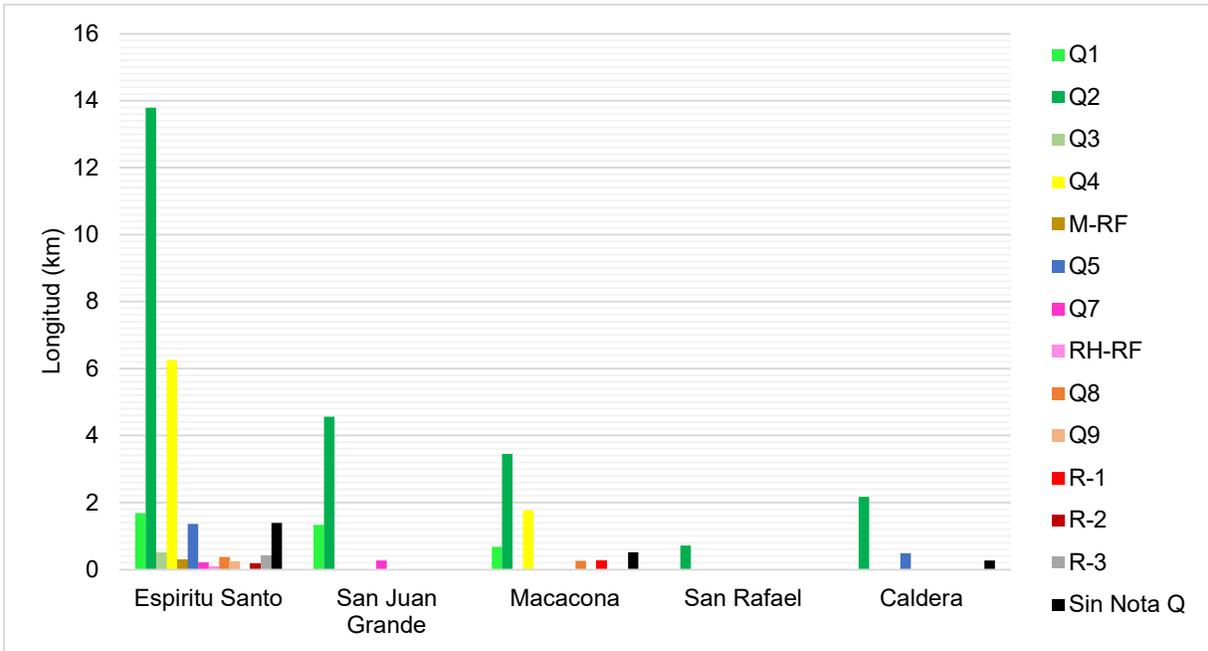


Figura 67. Distribución de Notas de Calidad por distrito para la red vial cantonal asfaltada.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 100

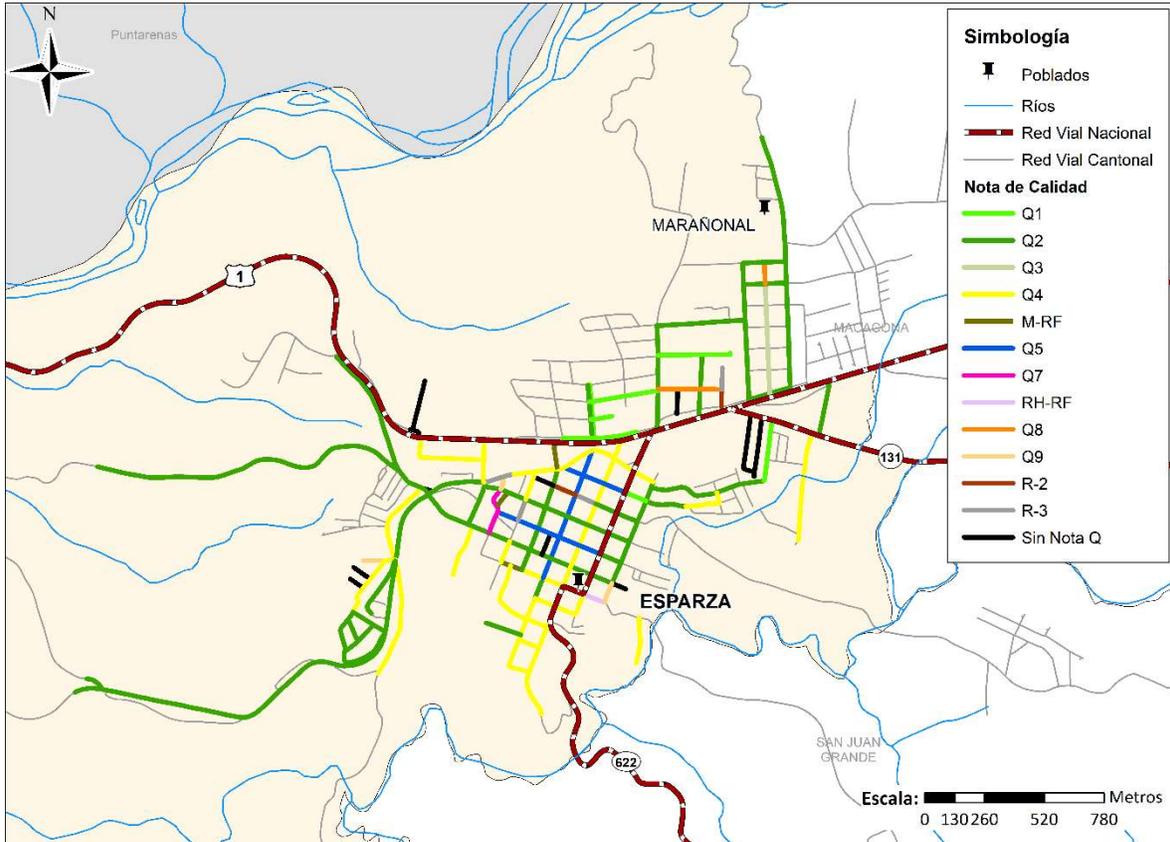


Figura 68. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Espiritu Santo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 101

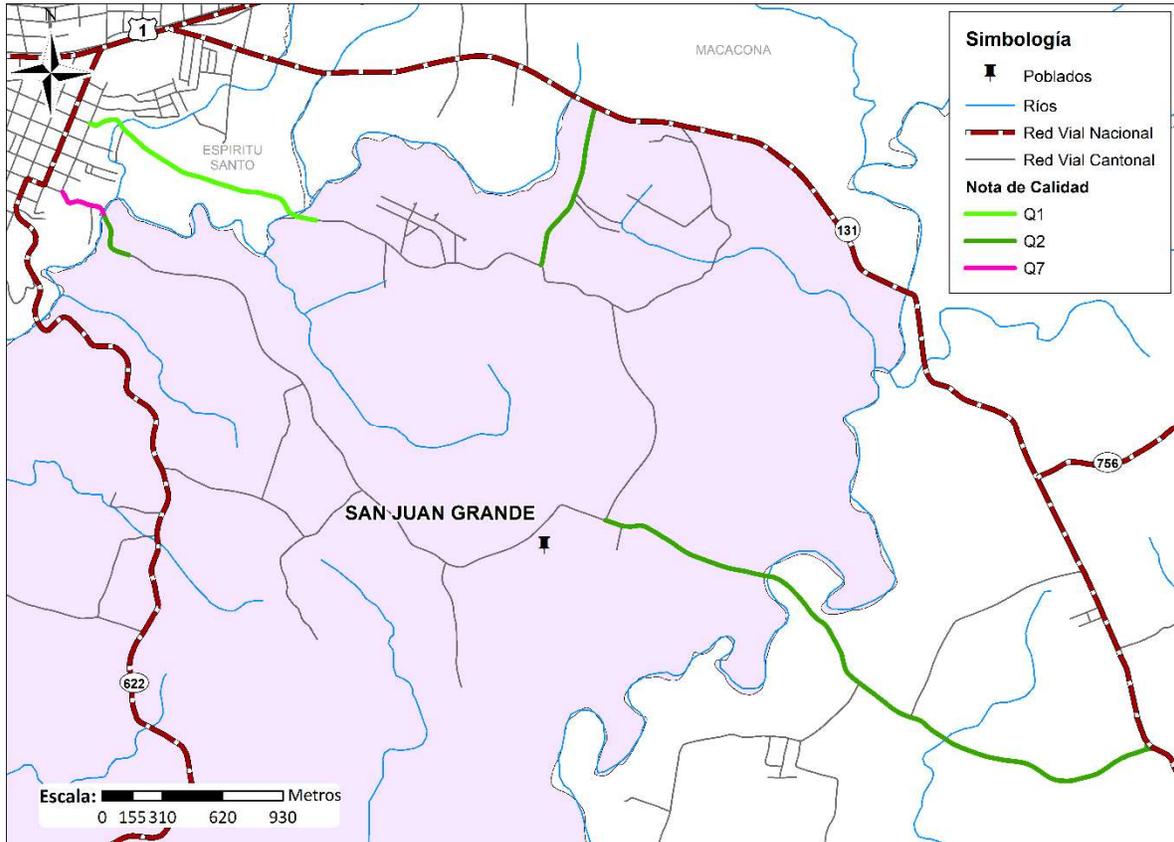


Figura 69. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 102

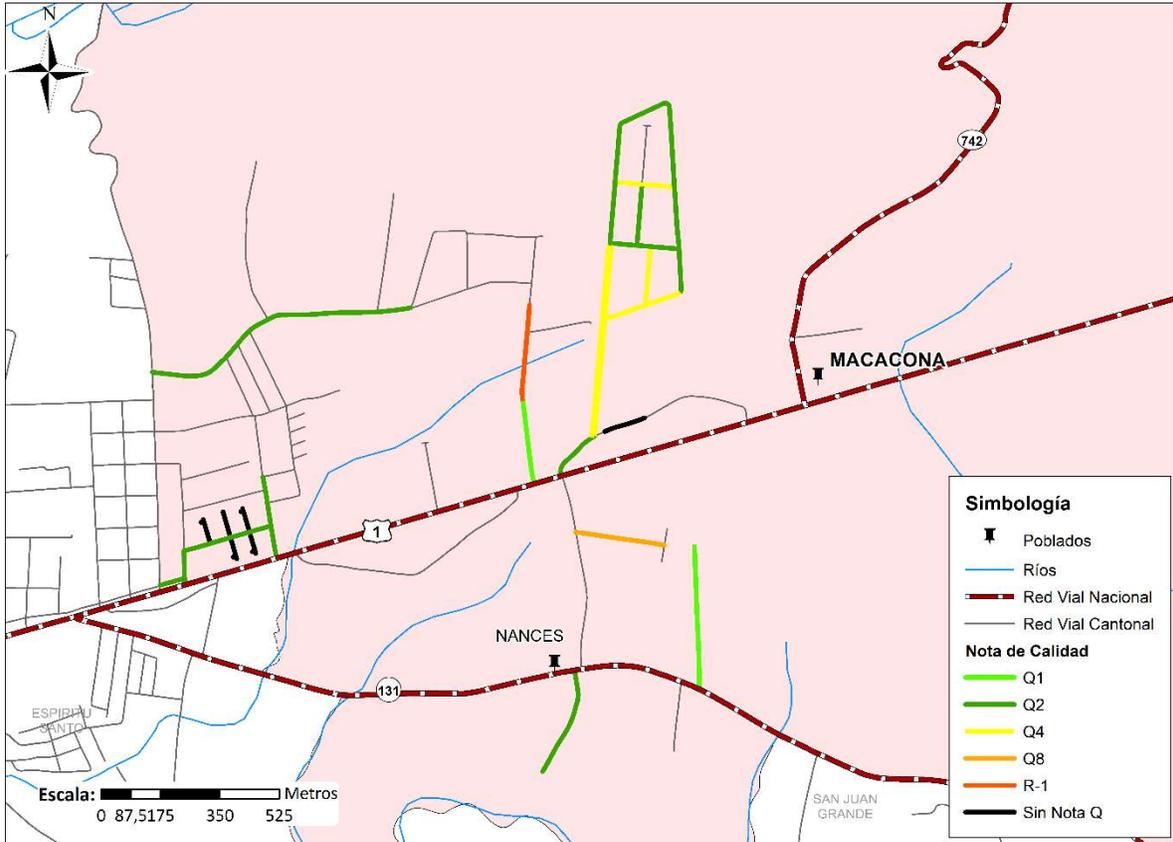


Figura 70. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Macacona.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 103

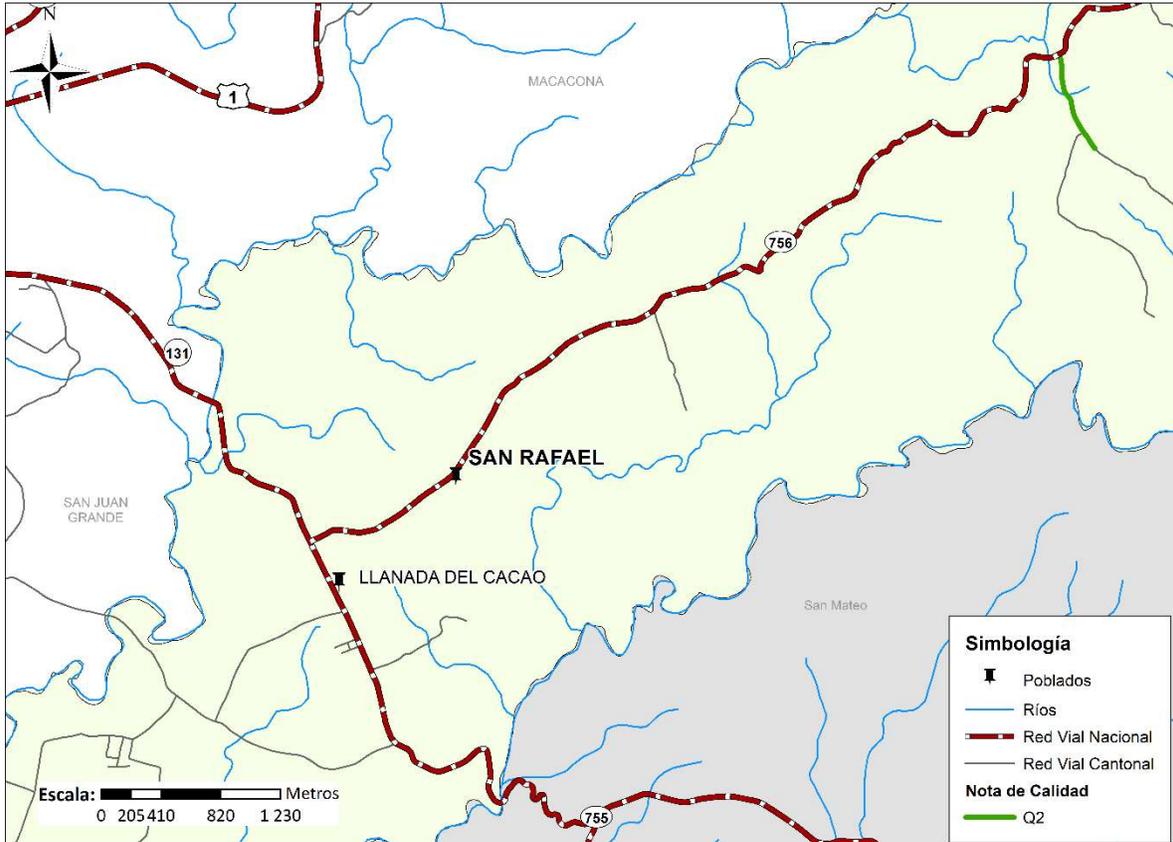


Figura 71. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito San Rafael.

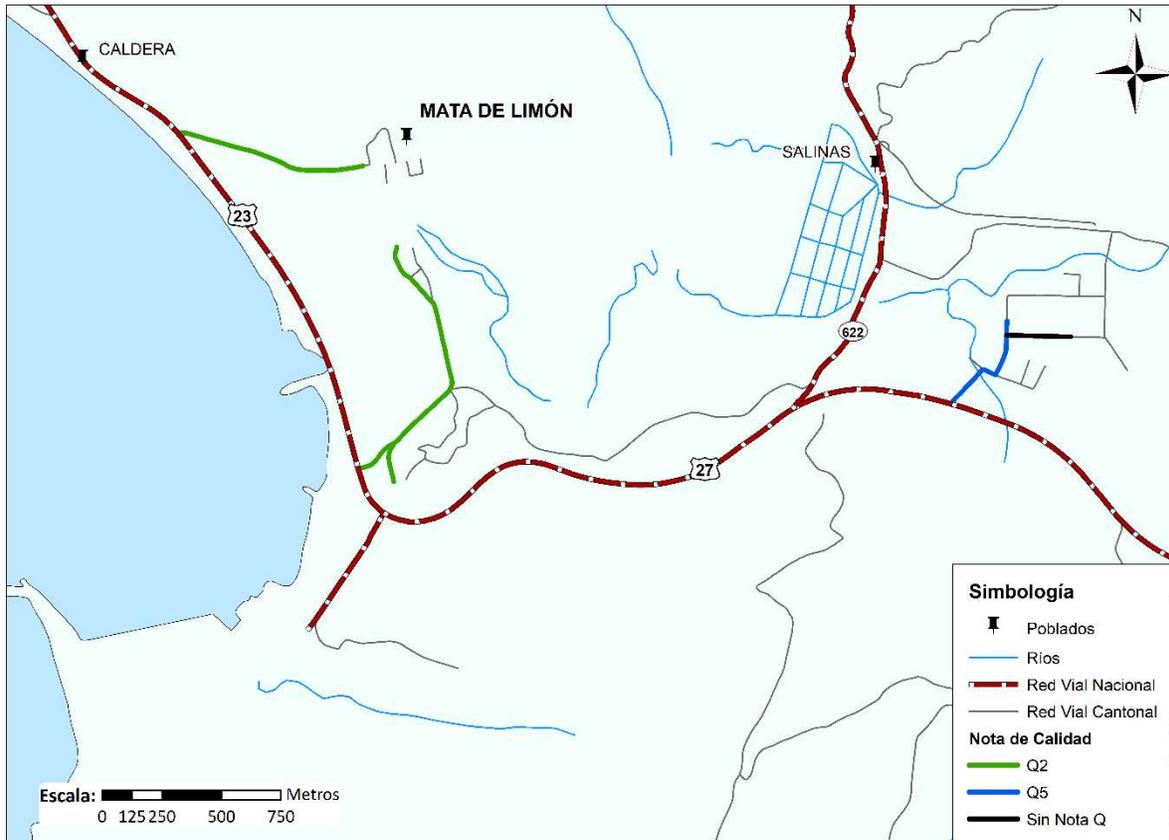


Figura 72. Nota de Calidad de la RVC asfaltada del distrito Caldera.

9.4 Tipos de intervención a nivel de red

Luego de asignar las Notas de Calidad, a cada Tramo Homógeno (TH) se le asocia un Tipo de Intervención a Nivel de Red, a manera de recomendación, para que la Municipalidad lo utilice como referencia en la planificación a mediano plazo de la conservación y mantenimiento de la red vial cantonal. Posteriormente, podrá realizar análisis adicionales para definir con mayor detalle las acciones de mantenimiento a nivel de proyecto antes de intervenir cada ruta.

La distribución porcentual de los Tipos de Intervención para la red vial cantonal de Esparza se muestra en la

Tabla **22** por longitud y tramos homogéneos. En la Figura 74 se presenta el gráfico con la distribución porcentual del Tipo de Intervención y en los mapas de la Figura 74 a la Figura



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 105

79 se presenta la ubicación de los tramos homogéneos con su respectivo Tipo de Intervención para la red vial cantonal asfaltada de cada distrito.

La mayor parte de la red vial cantonal asfaltada de Esparza, que fue evaluada con Notas de Calidad se asocia con el tipo de intervención Mantenimiento de Preservación. Esto ocurre en el 66% (28,87 km y 66 THs) de la red vial cantonal y está distribuido en todos los distritos excepto en San Jerónimo, donde no se realizó este tipo de evaluación. En este tipo de rutas los pavimentos se encuentran en buena condición funcional y estructural, por lo que se recomienda planificar la aplicación de actividades de preservación de bajo costo, como el sellado de grietas y sellos asfálticos para extender su vida útil.

Los pavimentos donde se recomienda la Recuperación Funcional como tipo de intervención a nivel de red corresponden al 19% (8,32 km y 30 THs) de la red vial cantonal asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad. En este tipo de rutas se tiene una condición funcional regular, por lo que se recomienda planificar actividades de mantenimiento orientadas a recuperar la regularidad superficial, como bacheos formales y perfilado de la superficie existente para la colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica en caliente con pavimentadora.

Las rutas donde se recomienda la Rehabilitación Menor suman un total de 2% (0,58 km y 3 THs) de la red vial cantonal asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad. En estos pavimentos se recomienda planificar intervenciones con perfilado de la superficie existente y sobrecapa de mezcla asfáltica con aporte estructural.

El tipo de intervención de Rehabilitación Mayor se recomienda en un total de 3% (1,33 km y 9 THs) de las rutas evaluadas con Notas de Calidad. El deterioro estructural de estos pavimentos hace necesario planificar actividades de intervención desde las capas granulares inferiores. En los casos donde se indica Rehabilitación Mayor Inmediata, se recomienda planificar una intervención prioritaria en el corto plazo, para evitar que estos pavimentos pasen a la categoría de Reconstrucción.

Las rutas donde se recomienda Reconstrucción sólo suman un 1% (0,42 km y 4 THs) de la red vial cantonal evaluada con Notas de Calidad. En estos casos se recomienda planificar la intervención de acuerdo con la disponibilidad de recursos y la importancia de cada ruta, debido al alto costo que implica. En estas rutas la sustitución de la capa de ruedo o colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica, no es la solución más eficaz ni eficiente, porque se deterioraría en el corto plazo debido a su mala condición estructural.

Por otro lado, se identificó 4% (1,85 km y 4 THs) de rutas donde se recomienda realizar un Análisis a Nivel de Proyecto, debido a que su condición funcional y estructural es intermedia. En estos casos se pueden realizar inspección visual, sondeos y muestreo de las capas del pavimento, junto con ensayos más detallados, para definir con mayor precisión el tipo de intervención requerida.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 106

Finalmente, en 4% (2,17 km y 4THs) de las rutas evaluadas con Notas de Calidad, sólo se identificó la condición estructural (FWD), por lo que no se denominan “Sin tipo de intervención” en la Tabla 22 y Figura 73. En estos pavimentos, se recomienda valorar la condición estructural identificada junto con los deterioros superficiales existentes en sitio, para determinar con mayor precisión las intervenciones a realizar.

Tabla 22. Distribución del Tipo de Intervención recomendada en la RVC asfaltada de Esparza.

| Tipo de Intervención a nivel de red | Longitud de caminos | | Tramos Homogéneos (TH) | |
|-------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------|----------------|
| | Longitud (km) | Porcentaje (%) | Cantidad | Porcentaje (%) |
| Mantenimiento de preservación | 28,87 | 66,3% | 66 | 50,8% |
| Recuperación funcional | 8,32 | 19,1% | 30 | 23,1% |
| Análisis a nivel de proyecto | 1,85 | 4,3% | 4 | 3,1% |
| Rehabilitación menor | 0,58 | 1,3% | 3 | 2,3% |
| Rehabilitación mayor | 0,87 | 2,0% | 6 | 4,6% |
| Rehabilitación mayor inmediata | 0,46 | 1,1% | 3 | 2,3% |
| Reconstrucción | 0,42 | 1,0% | 4 | 3,1% |
| Sin tipo de intervención | 2,17 | 5,0% | 14 | 10,8% |
| Total general | 43,56 | 100% | 130 | 100% |

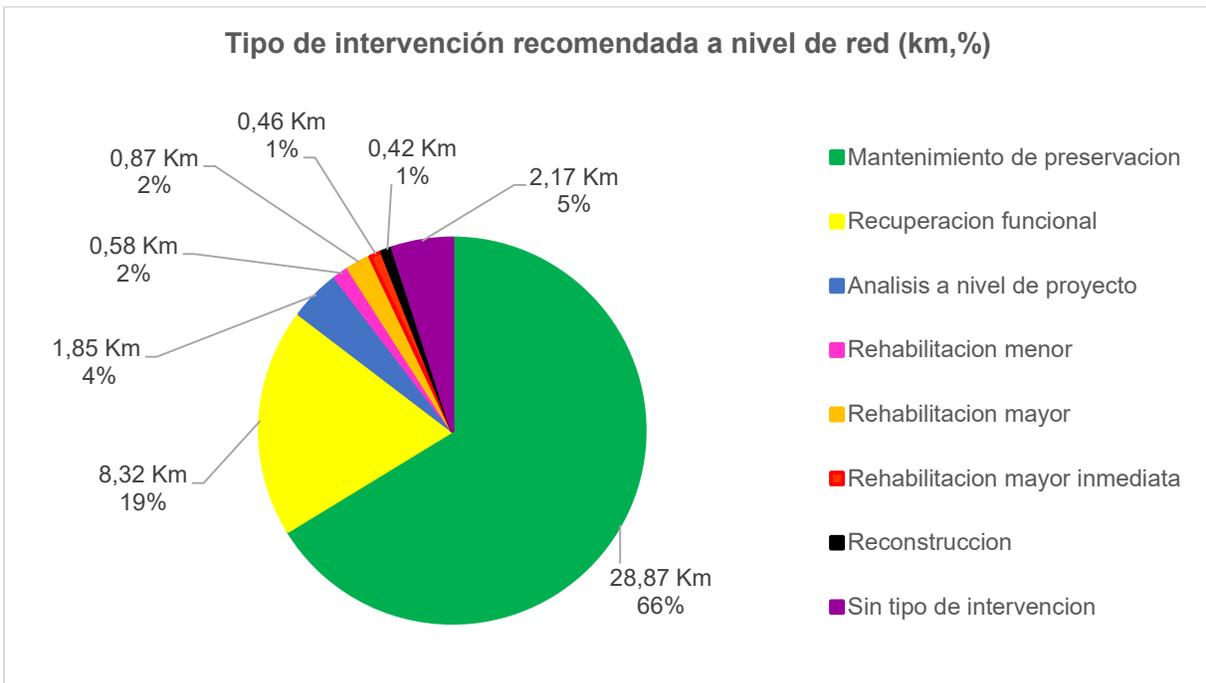


Figura 73. Distribución porcentual del Tipo de Intervención para la RVC asfaltada.

El desglose por distrito del Tipo de Intervención para las rutas evaluadas con Notas de Calidad se muestra en la Tabla 23 y Figura 74. Además, la ubicación de cada tramo homogéneo con su correspondiente Tipo de Intervención asociado se puede observar en los mapas por distrito de la Figura 75 a la Figura 79.

El distrito de Espíritu Santo presenta una variedad de secciones asociadas con los diferentes tipos de intervención recomendados. Sin embargo, la mayor parte de la red vial asfaltada evaluada con Notas de Calidad, que suma 22,51 km, se asocia con Mantenimiento de Preservación y la Recuperación Funcional. En estos pavimentos se recomienda planificar la colocación de sellos de superficiales, donde se tiene buena condición funcional y estructural, y sobrecapa de mezcla asfáltica no estructural para los pavimentos que presentan irregularidades, pero tienen buena condición estructural. También se tiene un 0,31 km asociados a Rehabilitación Menor, donde se recomienda la intervención del pavimento con sobrecapa estructural y 0,79 km asociados a Rehabilitación Mayor donde se requiere intervención de capas granulares inferiores. Además, sólo se identificó 0,42 km donde se recomienda la Reconstrucción. Finalmente, en este distrito se identificó 1,36 km con condición funcional y estructural intermedia, lo que se asocia a un



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 108

Análisis a nivel de proyecto y se tiene 1,39 km donde no se realizó la evaluación funcional, por lo que no se asocia un tipo de intervención en específico.

La mayor parte de la red vial evaluada con Notas de Calidad en el distrito San Juan Grande se identificó en buena condición, donde se recomienda planificar actividades de Mantenimiento de Preservación. Por otro lado, se tiene 0,27 km donde se recomienda planificar la intervención del pavimento con perfilado de la superficie existente y sobrecapa estructural como medidas de Rehabilitación Menor.

En el distrito de Macacona la mayor parte de la red cantonal evaluada con Notas de Calidad, se asocia con Mantenimiento de Preservación y Recuperación funcional en 5,9 km. Por otro lado, se tiene 0,54 km donde debido al deterioro se recomienda planificar actividades de Rehabilitación Mayor. Además, en 0,51 km no se realizó la evaluación funcional (IRI) por lo que no se indica tipo de intervención a nivel de red.

En el distrito de San Rafael sólo se identificó 0,71 km donde se recomienda el Mantenimiento de Preservación, debido a que los pavimentos evaluados con Notas de Calidad presentan buena condición estructural y funcional.

Por su parte, en el distrito de Caldera se recomienda el Mantenimiento de Preservación en la mayor parte de la red cantonal evaluada con Notas de Calidad, lo que constituye 2,17 km. En este distrito, también se identificó 0,49 km donde se recomienda el Análisis a Nivel de Proyecto debido a su condición estructural y funcional intermedias, así como una sección de 0,27 km donde no se asocia tipo de intervención.

Tabla 23. Distribución del Tipo de Intervención recomendada en la RVC asfaltada por distrito.

| Nota de Calidad | Distrito (km) | | | | | Total (km) |
|--------------------------------|----------------|-----------------|----------|------------|---------|------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | Caldera | |
| Mantenimiento de preservación | 15,97 | 5,89 | 4,13 | 0,71 | 2,17 | 28,87 |
| Recuperación funcional | 6,55 | - | 1,77 | - | - | 8,32 |
| Análisis a nivel de proyecto | 1,36 | - | - | - | 0,49 | 1,85 |
| Rehabilitación menor | 0,31 | 0,27 | - | - | - | 0,58 |
| Rehabilitación mayor | 0,61 | - | 0,26 | - | - | 0,87 |
| Rehabilitación mayor inmediata | 0,18 | - | 0,28 | - | - | 0,46 |
| Reconstrucción | 0,42 | - | - | - | - | 0,42 |



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 109

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Sin Tipo de intervención | 1,39 | - | 0,51 | - | 0,27 | 2,17 |
| Total (km) | 26,80 | 6,16 | 6,96 | 0,71 | 2,93 | 43,56 |

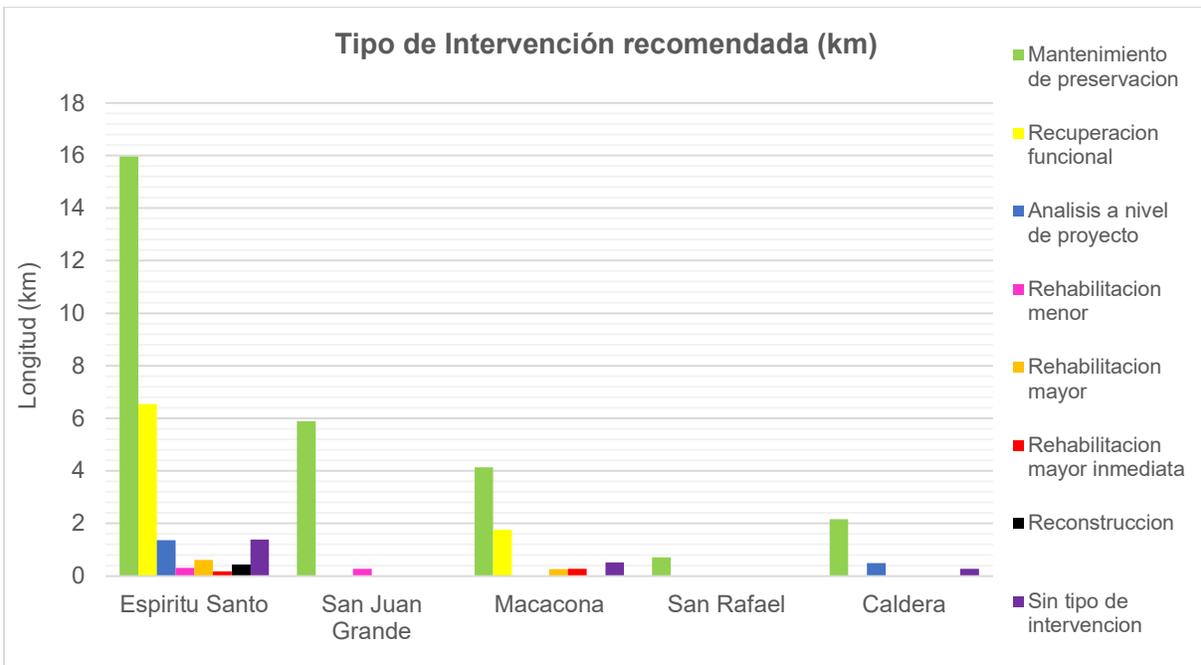


Figura 74. Distribución del Tipo de Intervención para la RVC asfaltada por distrito.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 110

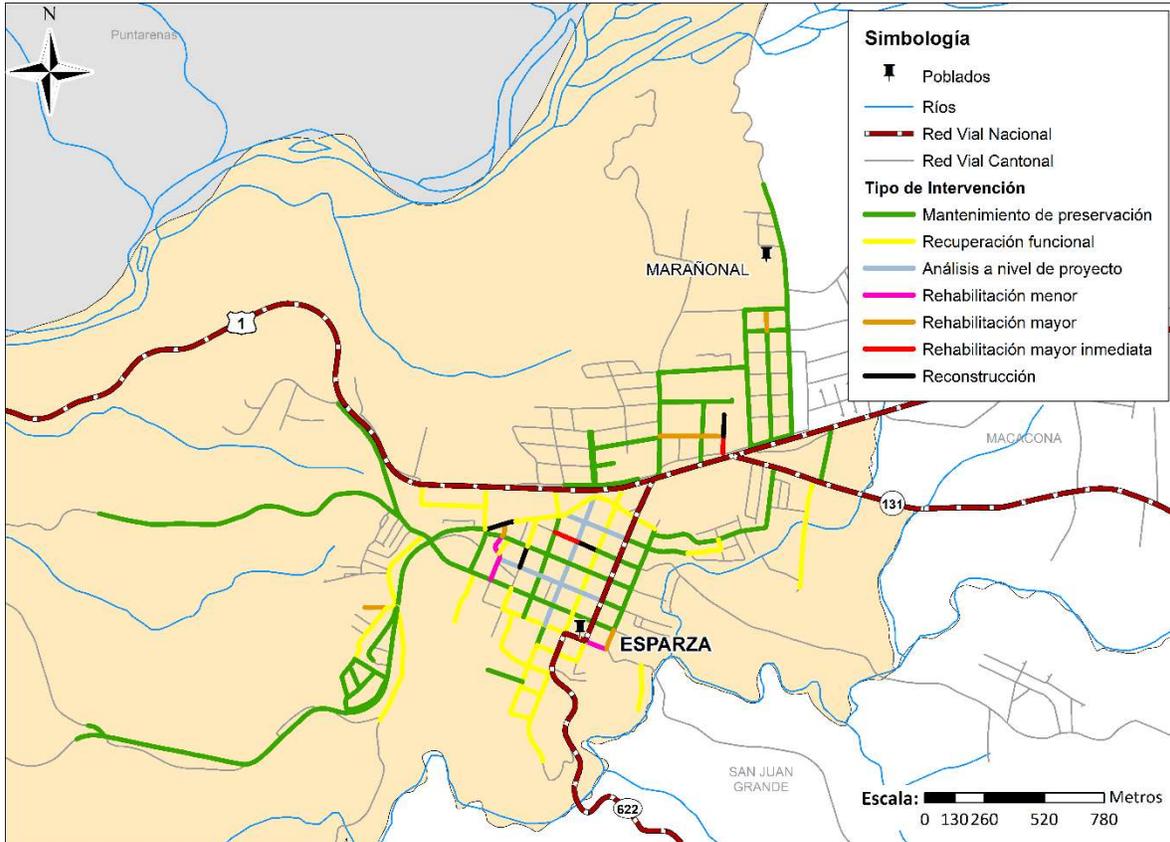


Figura 75. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Espiritu Santo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 111

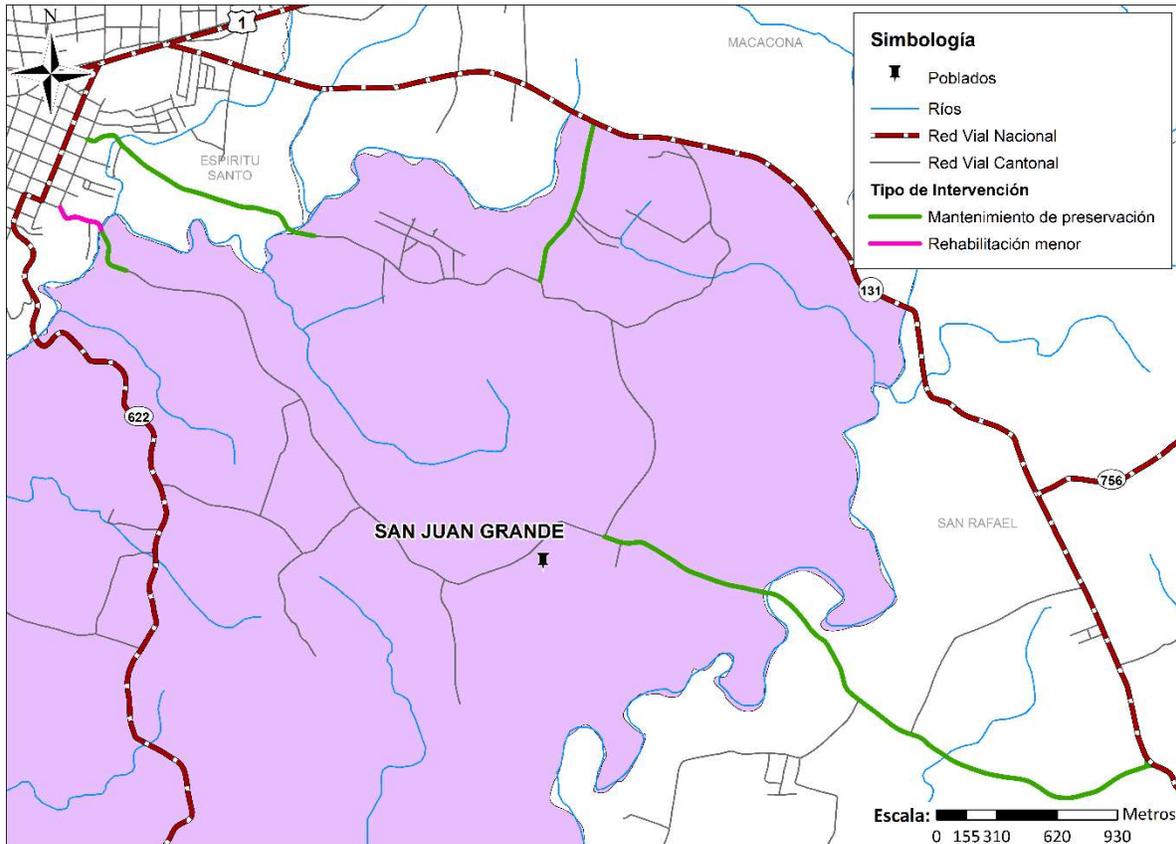


Figura 76. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito San Juan Grande.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 112

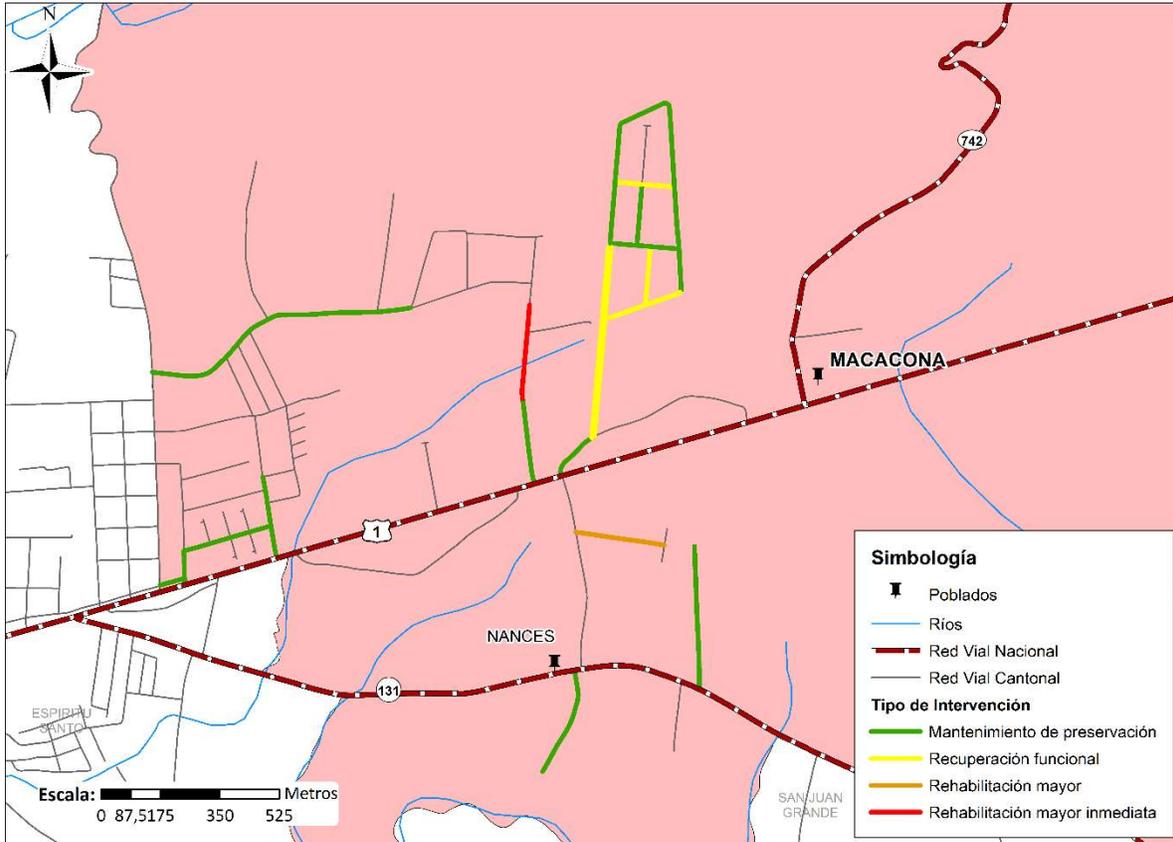


Figura 77. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Macacona.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 113

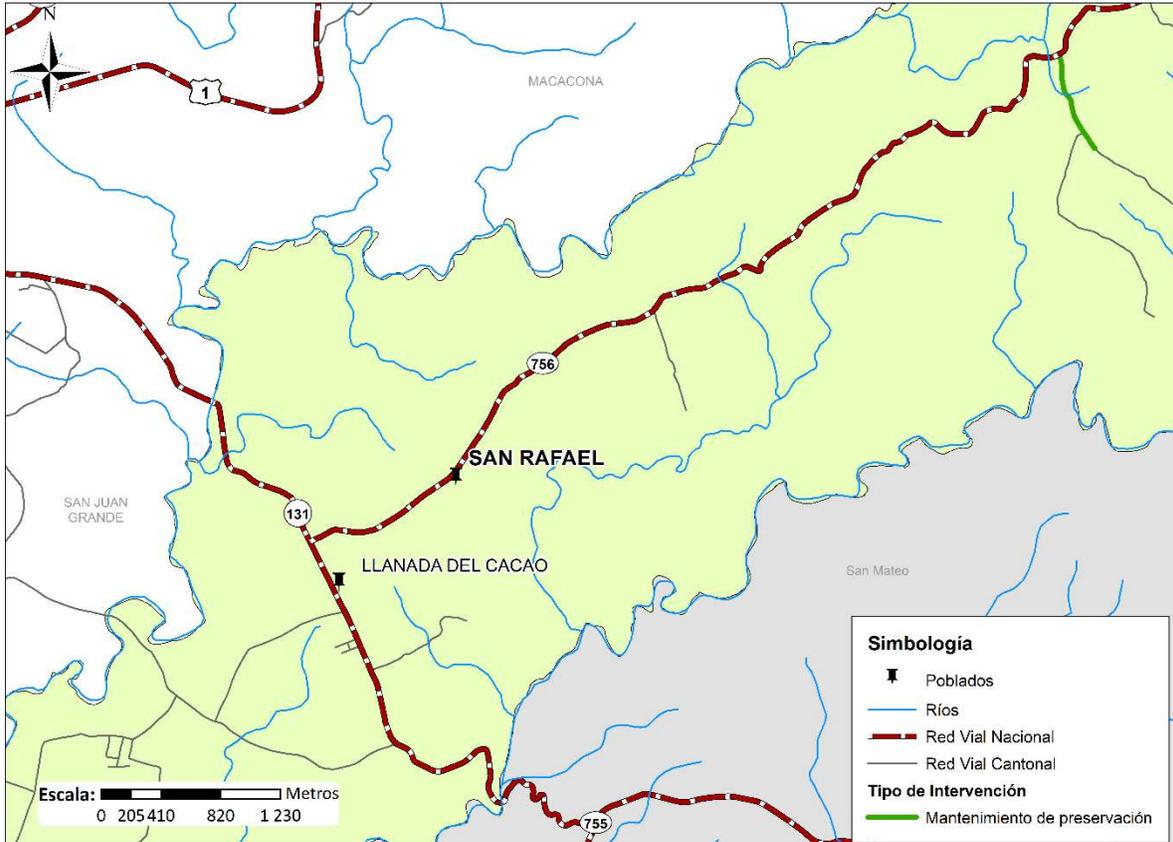


Figura 78. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito San Rafael.



Figura 79. Tipo de Intervención de la RVC asfaltada del distrito Caldera.

10. Resultados de la evaluación de la red vial cantonal con metodología visual.

Se realizó evaluación visual en un total de 143,61 km de la red vial cantonal de Esparza, de acuerdo con la metodología explicada en el Apartado 5.4 y el desglose presentado en el Apartado 8.

Las rutas evaluadas visualmente y su clasificación por jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo (al año 2019) se presentan en la Tabla 24, Figura 80 y Figura 81. Además, la ubicación de cada ruta evaluada, el tipo de superficie de ruedo (al año 2019) y su condición se muestra en los mapas de la Figura 92 a la Figura 98.



La evaluación visual se realizó principalmente en las rutas terciarias del cantón con un 57% (81,46 km), mientras que el 43% (62,15 km) restante corresponde a rutas primarias y secundarias.

En cuanto al tipo de superficie de ruedo de las rutas evaluadas visualmente, la mayor parte corresponde a camino de lastre y TSB, con 70,07 km y 34,00 km, respectivamente. También se incluyó en esta metodología 13,88 km de camino pavimentados con mezcla asfáltica, que no se incluyeron en la evaluación con Notas de Calidad.

A continuación, se presenta el resultado de la evaluación visual para la red vial cantonal según la jerarquía vial, el tipo de superficie de ruedo (al año 2019) y el desglose correspondiente por distrito.

Tabla 24. Evaluación Visual de la RVC según jerarquía vial y tipo de superficie de ruedo (2019).

| Jerarquía Vial | Tipo de superficie de ruedo (km) | | | | | | Total (km) |
|----------------|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| | Mezcla Asfáltica | TSB | Concreto | Lastre | Tierra | Arena | |
| Primaria | 1,89 | 12,87 | - | 10,75 | - | - | 25,51 |
| Secundaria | 8,36 | 10,49 | 0,85 | 15,68 | 1,25 | - | 36,64 |
| Terciaria | 3,62 | 10,64 | 3,40 | 43,64 | 19,46 | 0,70 | 81,46 |
| Total | 13,88 | 34,00 | 4,25 | 70,07 | 20,71 | 0,70 | 143,61 |

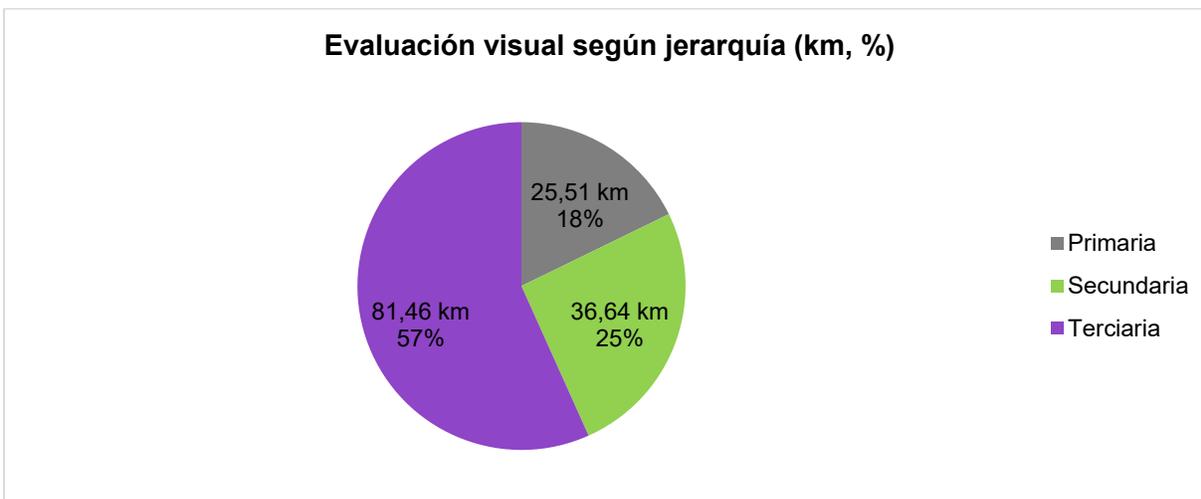


Figura 80. Evaluación Visual de la RVC según jerarquía vial.

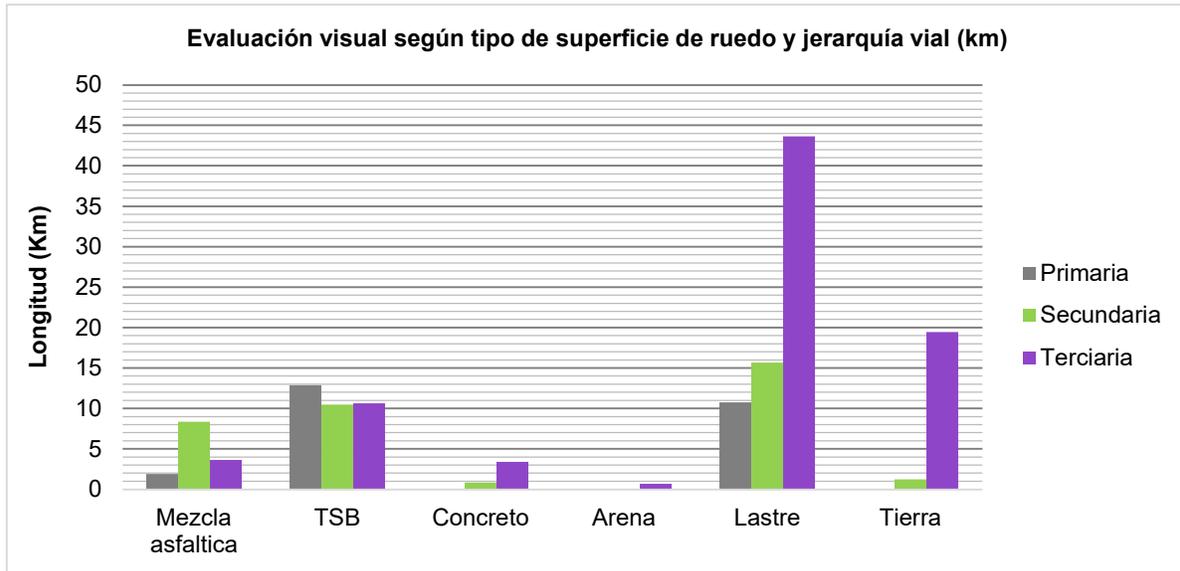


Figura 81. Evaluación Visual de la RVC según tipo de superficie (2019) y jerarquía vial.

10.1 Evaluación visual de la red vial con superficie de mezcla asfáltica

Se realizó evaluación visual en un total de 13,88 km de la red vial con superficie de ruedo de mezcla asfáltica del cantón Esparza. El resumen de los resultados de la evaluación visual para estos caminos se muestra en la Tabla 25 y Figura 82.

La mayor parte de las rutas con superficie de mezcla asfáltica evaluadas visualmente presentan condición Excelente o Buena para un total de 5,08 km. Estos caminos se asocian con intervenciones recientes, como la sustitución de la superficie de ruedo o la colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica. En este tipo de rutas se recomienda realizar monitoreo periódico y planificar actividades de mantenimiento de preservación (sellos de grietas, tratamientos superficiales, entre otros), así como mejoramiento de los drenajes, según la condición de cada camino para extender la vida útil de las estructuras de pavimento.

Se identificó 3,71 km de rutas en condición Regular, donde existen deterioros moderados que generan irregularidades superficiales en los caminos. En este tipo de rutas se recomienda planificar actividades de mantenimiento orientadas a mejorar la regularidad superficial y corregir los deterioros observados, por ejemplo: bacheo formal, perfilado y colocación de sobrecapa no estructural o sobrecapa con aporte estructural, según se defina en un análisis a nivel de proyecto con su correspondiente diseño estructural de pavimentos. Lo anterior, con el objetivo de evitar que estos pavimentos continúen su deterioro y pasen a condición Mala o Pésima en el corto plazo.



Tabla 25. Evaluación visual de red vial con superficie de ruedo asfáltica.

| Condición | Distrito | | | | | | Total (km) |
|-------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | San Jerónimo | Caldera | |
| Excelente | 3,77 | 0,22 | 0,58 | 1,14 | 0,23 | 2,10 | 8,05 |
| Buena | 0,94 | 0,32 | 0,40 | - | 0,46 | - | 2,12 |
| Regular | 1,54 | 2,17 | - | - | - | - | 3,71 |
| Total (km) | 6,25 | 2,71 | 0,98 | 1,14 | 0,69 | 2,10 | 13,88 |

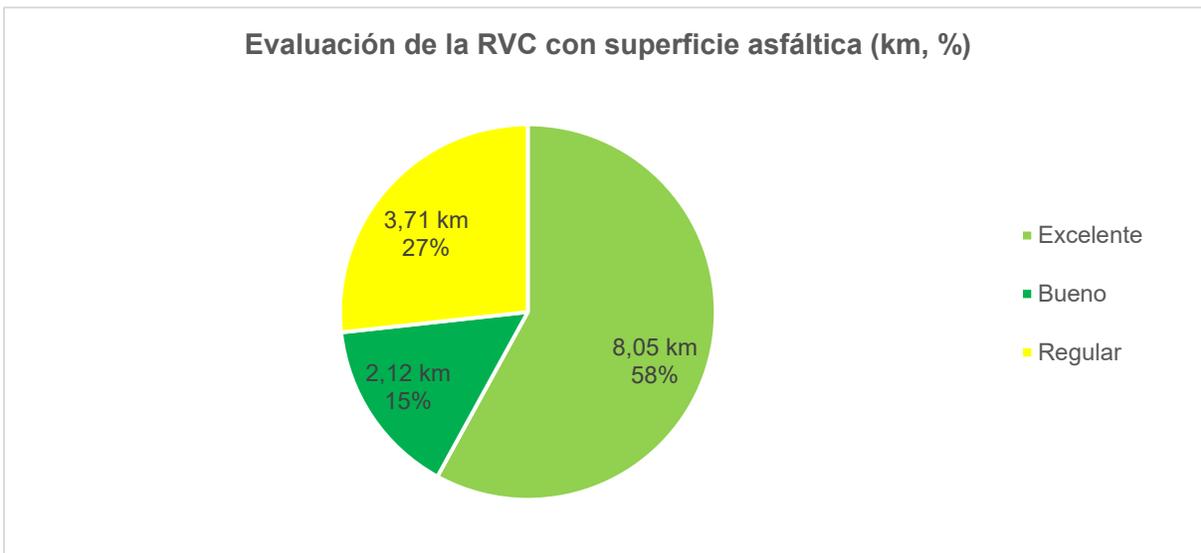


Figura 82. Evaluación visual de la RVC con superficie asfáltica en el cantón de Esparza.

En la Figura 83 se muestra los resultados de la evaluación visual por distrito para los caminos con superficie de mezcla asfáltica. Los mapas de la Figura 92 a la Figura 98 muestran la ubicación y condición de los caminos con superficie de mezcla asfáltica, que fueron evaluados visualmente. En el Anexo 5 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y los deterioros identificados.

La mayor parte de los caminos evaluados en el distrito de Espíritu Santo se encuentran en Excelente y Buena condición para un total de 4,71 km, entre ambos. Además, se tiene 1,54 km en condición Regular, donde se recomienda planificar actividades de mantenimiento para corregir los deterioros superficiales y definir a nivel de proyecto la necesidad de intervenciones para mejorar la capacidad estructural. No se identifican rutas en condición Mala o Pésima.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 118

Por su parte, en el distrito de San Juan Grande se identificó 2,17 km de los caminos evaluados visualmente en condición Regular y 0,54 km en condición Buena y Excelente. Por lo tanto, en este distrito se recomienda planificar las actividades de preservación correspondiente y estudios para los casos donde se requiere intervenciones a nivel de capa de ruedo con aporte estructural, de acuerdo con los deterioros existentes. No se identifican rutas en condición Mala o Pésima.

En los distritos de Macacona, San Rafael, San Jerónimo y Calderas, las rutas evaluadas visualmente se encuentran en condición Excelente o Buena para un total de 4,91 km, por lo que se recomienda planificar actividades de preservación como sellos de grietas, tratamientos superficiales y mejoramiento de los drenajes, con el objetivo de extender la vida útil de los pavimentos existentes.

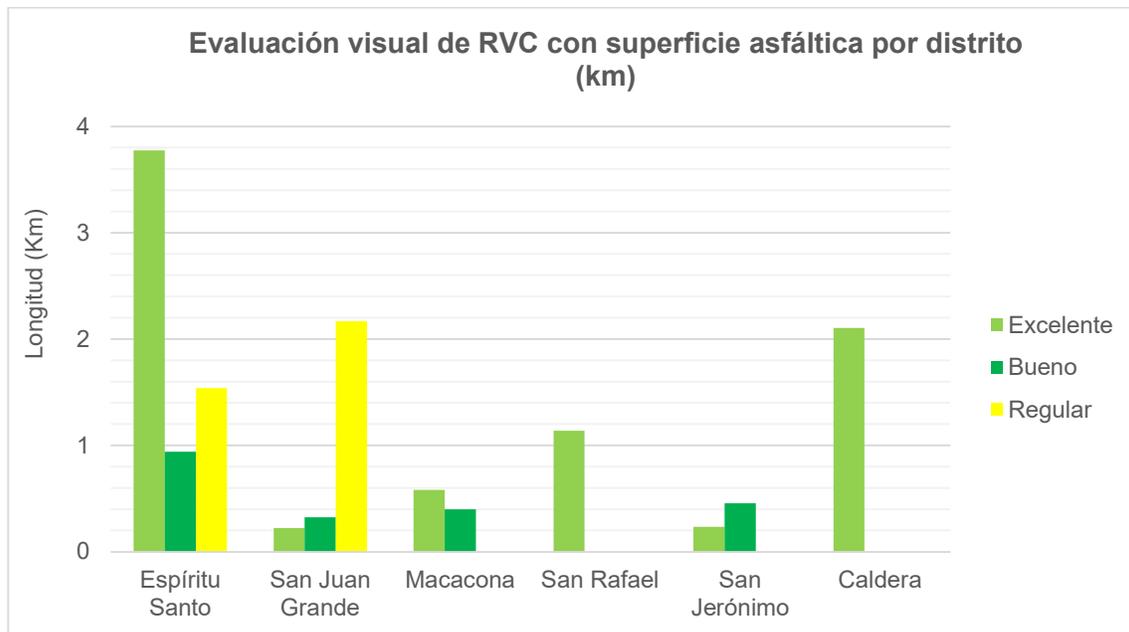


Figura 83. Evaluación visual de la RVC con superficie de mezcla asfáltica por distrito.

10.2 Evaluación visual de la red vial con superficie de TSB

Se evaluó visualmente un total de 34,00 km de red vial cantonal con superficie de Tratamiento Superficial Bituminoso (TSB). El resumen de los resultados de evaluación se presenta en la Tabla 26 y el gráfico de la Figura 84.

Los resultados indican que la mayor parte de los caminos de TSB presentan una Excelente o Buena condición, con 5,66 km y 13,21 km (suman 46%), respectivamente. En estas rutas



se recomienda planificar actividades de preservación y mantenimiento rutinario como sellos asfálticos y bacheos menores, para extender la vida útil de estos pavimentos. Además, se recomienda monitorear el estado de los drenajes y realizar los mejoramientos necesarios para evitar daños por escorrentía pluvial descontrolada.

Por otro lado, se tiene 9,55 km (28%) de caminos con TSB en condición Regular, donde se recomienda planificar actividades de mantenimiento como bacheo menor y resello de la superficie si es necesario. Igualmente, se recomienda el monitoreo de los drenajes para identificar y corregir puntos críticos donde la escorrentía pluvial pueda dañar la superficie de ruedo.

Finalmente, en 5,59 km (16%) de rutas con TSB se identificó una condición Mala o Pésima, donde se recomienda planificar actividades de rehabilitación que incluyen bacheo mayor, mejoramiento de los drenajes y capas granulares inferiores, hasta la reconstrucción completa. La planificación de lo anterior se debe realizar tomando en cuenta la jerarquía vial y los recursos disponibles, ya que en estos caminos no es eficaz ni eficiente realizar actividades de reparación sólo en la superficie, porque posiblemente se deteriorarán en el corto plazo.

Tabla 26. Evaluación visual de red vial con TSB.

| Condición | Distrito | | | | | | Total (km) |
|-------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | San Jerónimo | Caldera | |
| Excelente | - | 2,19 | - | 2,20 | 1,26 | - | 5,66 |
| Buena | 4,87 | 1,24 | 1,62 | 1,37 | | 4,10 | 13,21 |
| Regular | 3,84 | 4,05 | 1,36 | - | 0,30 | | 9,55 |
| Mala | 0,06 | 1,60 | 1,02 | - | - | 2,53 | 5,22 |
| Pésima | - | - | - | - | - | 0,37 | 0,37 |
| Total (km) | 8,78 | 9,09 | 4,00 | 3,58 | 1,56 | 7,00 | 34,00 |

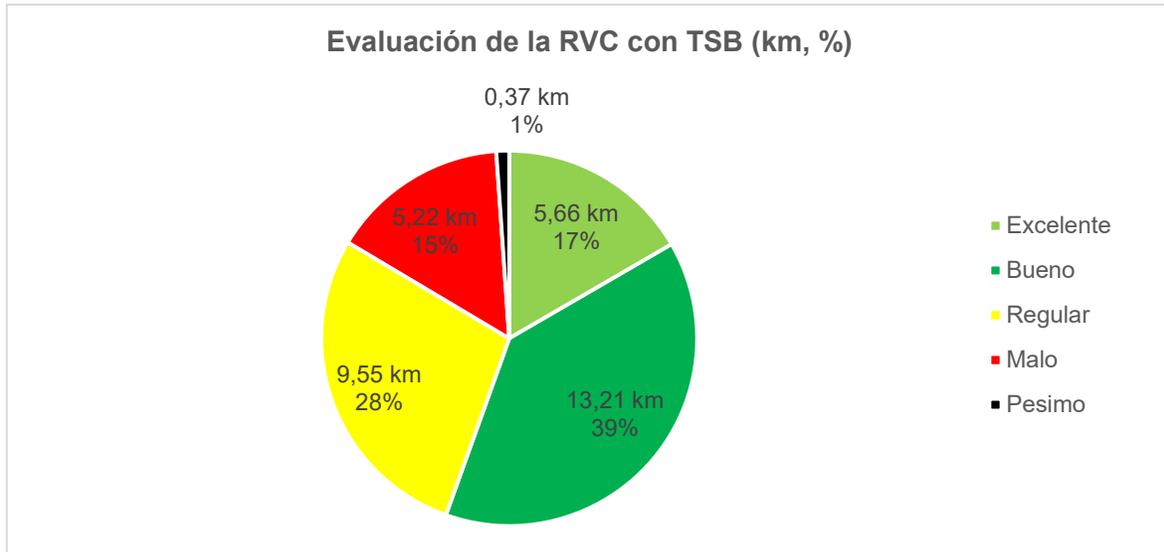


Figura 84. Evaluación visual de la RVC con TSB en el cantón de Esparza.

La condición de los caminos con TSB en su desglose por distrito se resumen en el gráfico de la Figura 85. Los mapas de la Figura 92 a la Figura 98 muestran la ubicación y condición de los caminos de TSB que fueron evaluados visualmente. En el Anexo 4 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y los deterioros identificados.

Se evaluaron caminos con superficie de TSB en todos los distritos, pero en Espíritu Santo y San Juan Grande se evaluó la mayor longitud, con 8,78 km y 9,09 km, respectivamente. Por otro lado, el distrito de San Jerónimo es donde se evaluó la menor longitud de caminos con TSB, sólo 1,56 km.

En el distrito de Espíritu Santo se identificó una mayor parte de rutas de TSB en Buena condición con 4,87 km y otra proporción similar en condición Regular con 3,84 km. En los caminos con condición Buena se recomienda no dejar de realizar las actividades de mantenimiento rutinario y de preservación. Por otro lado, los caminos en condición Regular requieren la planificación de actividades de bacheo, resellos y mejoramiento de los drenajes.

Por su parte, en el distrito de San Juan Grande se encontró variedad en la condición de los caminos evaluados. En condición Excelente y Buena se tiene 3,44 km, que son rutas sujetas a mantenimiento rutinario. Por otro lado, la mayor parte de las rutas evaluadas presentó condición Regular en 4,05 km, lo que se asocia a rutas donde se requiere planificar actividades de bacheos, resellos y mejoramiento de los drenajes. Finalmente, se identificó 1,60 km en Mala condición, donde se recomienda planificar actividades de rehabilitación de los drenajes, bacheo mayor y sello nuevo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 121

En el distrito de Macacona, también se identificó variedad en la condición superficial de los caminos con TSB. En 1,62 km se observó Buena condición donde se recomienda actividades de mantenimiento rutinario, en 1,36 km se identificó condición Regular donde se recomienda actividades de bacheo menor y mejoramiento de drenajes y en 1,02 km se tiene condición Mala, por lo que se recomienda actividades de rehabilitación.

En el distrito de San Rafael todos los caminos de TSB evaluados visualmente presentaron Excelente o Buena condición superficial para un total de 3,58 km, por lo que se recomienda incorporarlos a la programación de actividades de mantenimiento rutinario y monitoreo.

En el distrito de San Jerónimo presenta 1,26 km en condición Excelente y 0,30 km en condición Regular. Por lo que en este distrito se recomienda combinar esfuerzos de conservación y mantenimiento rutinario junto con actividades de bacheo menor y resellos en los caminos que lo requieren. En todos los casos monitorear los drenajes e identificar los puntos donde se requiere mejorías para evitar daños por la escorrentía pluvial.

Finalmente, en el distrito de Caldera se identificó una mayor parte de caminos con TSB en condición Buena en 4,10 km, donde se recomienda las actividades de mantenimiento rutinario y monitoreo correspondientes para extender su vida útil. Sin embargo, se tiene un total de 2,90 km entre condición Mala y Pésima, donde se recomienda planificar la rehabilitación o reconstrucción, de acuerdo con la jerarquía vial y los recursos disponibles.

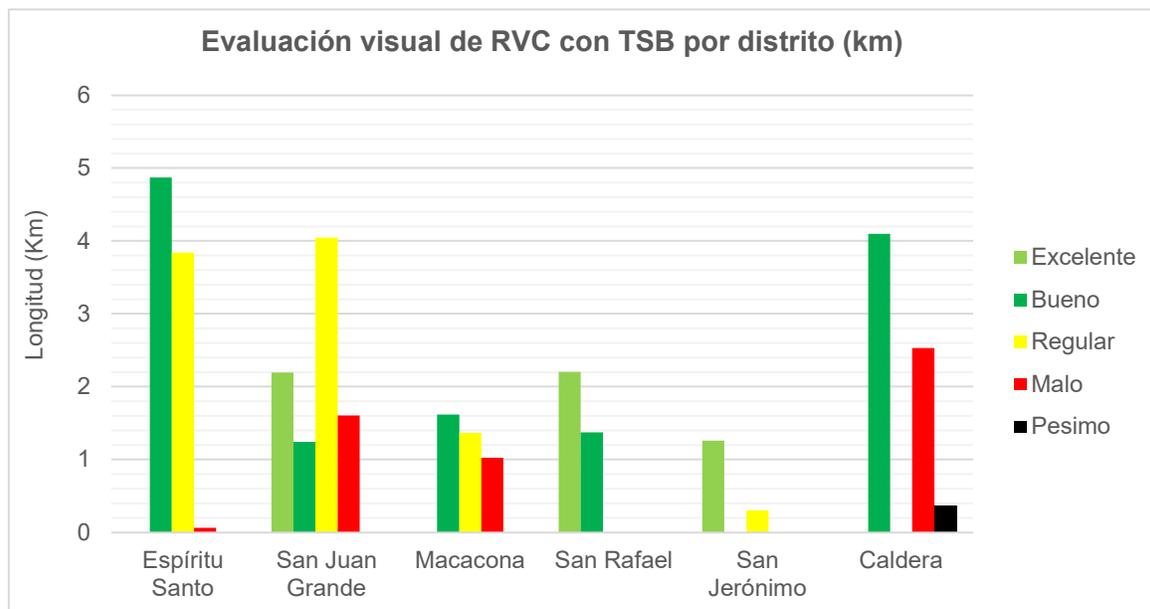


Figura 85. Evaluación visual de la RVC con TSB por distrito.



10.3. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto

Se evaluó de forma visual un total de 4,25 km de red vial con superficie de concreto en el cantón de Esparza. El resumen de los resultados de la evaluación para estos caminos se muestra en Tabla 27 y Figura 86.

La mayor parte de estas rutas presentaron Excelente o Buena condición en el momento de la evaluación, lo que suma un total de 2,25 km (53% del total evaluado). Estas rutas presentan deterioros leves como pérdida de sellos de juntas, fisuras longitudinales y transversales leves, desgaste y pérdida de textura superficial. En estos casos se recomienda planificar actividades de preservación como mantenimiento rutinario y limpieza, sellos de juntas y grietas, reparaciones menores de espesor parcial y monitoreo de los drenajes para extender su vida útil.

Se identificó 0,35 km (8%) de caminos en condición Regular, que son pavimentos donde se puede encontrar deterioros como grietas longitudinales y transversales leves y moderadas, escalonamientos leves y moderados en juntas, desprendimientos leves y moderados y deficiencias en los drenajes. Se recomienda valorar la intervención de estos caminos con actividades como reparaciones de espesor parcial o completo, perfilado de escalonamientos, adaptación de dovelas y mejoramiento de los drenajes pluviales.

Se encontró 0,59 km (14%) de los caminos con superficie de concreto en Mala condición, donde existen deterioros típicos como escalonamientos moderados y severos, así como agrietamientos severos y ramificados que separan las losas en múltiples secciones, desprendimientos severos y huecos. En estos caminos se recomienda valorar la ejecución de actividades de rehabilitación como reparaciones de espesor completo o sustitución de losas completas. Finalmente, en 1,06 km (25%) se identificó una condición Pésima, lo cual se asocia con caminos donde se requiere una reconstrucción prácticamente total del pavimento rígido, que incluya la valoración de la condición de la base, suelo subrasante y drenajes.

Tabla 27. Evaluación visual de la red vial con superficie de ruedo de concreto.

| Condición | Distrito | | | | | Total (km) |
|--------------|----------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Jerónimo | Caldera | |
| Excelente | 0,49 | 0,08 | 0,23 | - | - | 0,80 |
| Bueno | 1,28 | 0,06 | - | 0,10 | - | 1,45 |
| Regular | 0,23 | 0,08 | - | 0,04 | - | 0,35 |
| Malo | 0,51 | - | - | - | 0,08 | 0,59 |
| Pésimo | 0,77 | - | - | - | 0,29 | 1,06 |
| Total | 3,29 | 0,23 | 0,23 | 0,14 | 0,36 | 4,25 |

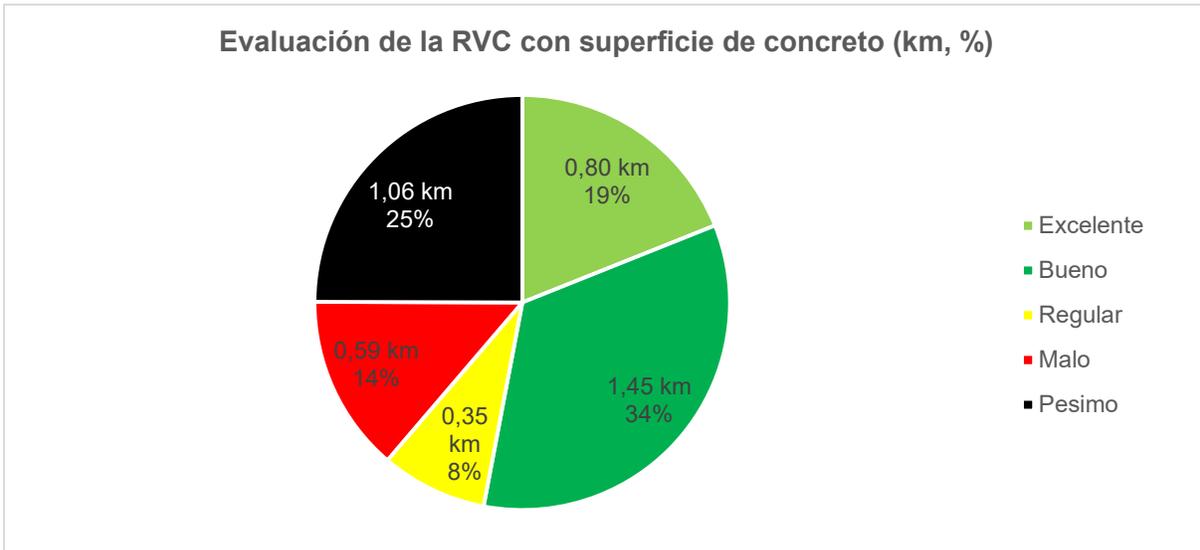


Figura 86. Evaluación visual de la red vial con superficie de rueda de concreto.

Los caminos con superficie de concreto se encontraron en todos los distritos con excepción de San Rafael, cuyo desglose sobre la condición identificada se presenta en la Figura 87. Los mapas de la Figura 92 a la Figura 98 muestran la ubicación y condición de los caminos de concreto que fueron evaluados visualmente. En el Anexo 5 se adjunta la tabla resumen de la evaluación visual y los deterioros identificados.

La mayor proporción de caminos con superficie de concreto se encontró en el distrito de Espíritu Santo con 3,29 km cuya condición es variable. Una mayoría de rutas se identificó en condiciones Excelente y Buena, para un total de 1,78 km. Se tiene 0,23 km de caminos en condición Regular y 1,29 km en condición Mala a Pésima. De acuerdo con lo anterior, se recomienda enfocar esfuerzos en la planificación de actividades de conservación y preservación para los caminos en buenas condiciones, posteriormente profundizar en la evaluación a nivel de proyecto de los caminos en condición regular para determinar el tipo de intervención específica que requieren. Finalmente, de acuerdo con la jerarquía vial y el presupuesto disponible valorar la intervención de los caminos en condición Mala y Pésima.

En el distrito de San Juan Grande sólo se encontró 0,23 km de caminos con superficie de concreto, de los cuales 0,15 km se observan en Excelente y Buena Condición y 0,08 km en condición Regular. De acuerdo con esto, en este distrito se recomienda enfocar los esfuerzos de planificación y ejecución en actividades de mantenimiento rutinario y conservación de los pavimentos, así como reparaciones adecuadas al nivel de deterioro que se tiene en las rutas en condición Regular.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 124

En el distrito de Macacona sólo se encontró 0,23 km de caminos con superficie de concreto en Excelente condición, donde se recomienda realizar monitoreo, mantenimiento rutinario, sello de juntas y grietas y verificar el estado de los drenajes para extender su vida útil.

En el distrito de San Jerónimo se identificó 0,14 km de caminos con superficie de concreto, de lo cuál 0,10 km se evaluó en condición Buena y 0,04 km en condición Regular. De acuerdo con lo anterior, en los caminos de concreto de este distrito se recomienda realizar el mantenimiento de preservación y reparaciones menores en las zonas con deterioro para evitar que su condición empeore.

Finalmente, en el distrito de Caldera se identificó un total de 0,36 km de caminos con superficie de concreto en condición Mala o Pésima. En este caso, se recomienda valorar la jerarquía de la vía y el presupuesto disponible, para planificar la rehabilitación mayor o reconstrucción completa de estas vías.

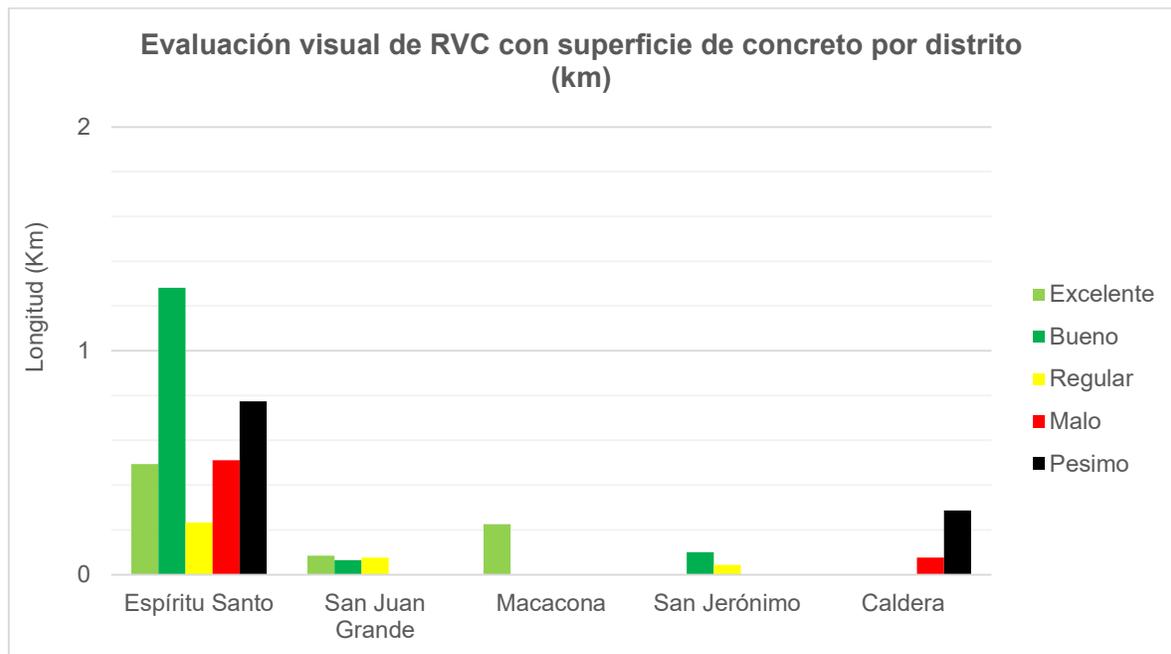


Figura 87. Evaluación visual de la red vial con superficie de concreto por distrito.



10.4 Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre

Se evaluó un total de 69,93 km de red vial cantonal con superficie de lastre en Esparza, lo cual constituye la mayor parte de las rutas evaluadas visualmente, cuyos resultados se resumen en la Tabla 28 y Figura 88. Adicionalmente, se encontró 1,65 km de vías que no fue posible evaluar por dificultades de acceso o por intervenciones en curso.

El estado o condición de los caminos no pavimentados con superficie de lastre cambia rápidamente dependiendo del tránsito vehicular, el tipo de trazado (curvas y pendientes), condición de los drenajes y el clima. De acuerdo con lo anterior, la condición indicada en este informe se ajusta a la condición observada en el momento de la evaluación visual realizada. Además, como se mencionó anteriormente, algunas de las rutas incluidas en este apartado fueron intervenidas posteriormente por la Municipalidad, con la colocación de TSB o carpeta de mezcla asfáltica.

Se evaluó 11,31 km (16%) de caminos con superficie de lastre en Buena condición, lo que se asocia con intervenciones recientes, buena conformación superficial, buen material granular y pocos o leves deterioros superficiales, donde el usuario puede circular cómodamente. En estas rutas se recomienda mantener el monitoreo de los deterioros y drenajes, planificar actividades de mantenimiento rutinario como limpieza del derecho de vía y drenajes, así como reconformación superficial en caso de ser necesario.

Por otro lado, se identificó 17,80 km (25%) de caminos en condición Regular, donde se puede tener pérdida de la conformación de la pendiente transversal o bombeo, agregado suelto, ahuellamientos, corrugaciones y huecos en algunas zonas. En estas vías se recomienda planificar actividades de mantenimiento como bacheo mecanizado, reconformación o relastro, de acuerdo con los deterioros identificados en cada tramo. Además, es importante revisar los drenajes, incluyendo cunetas y pasos de alcantarilla para determinar las zonas donde se requiere mejoramiento para evitar afectaciones por erosión pluvial.

La mayor parte de las rutas de lastre evaluadas se identificaron en Mala condición superficial, lo que constituye 27,11 km (38%). En estos caminos se tienen deterioros moderados y severos, como agregado suelto, corrugaciones, deformación de la calzada y pérdida de material granular, que provocan incomodidad a los usuarios y hacen necesario la reducción de velocidad de operación, en algunos casos hasta menos de 40 km/h. Debido a lo anterior, se recomienda planificar la reconformación de la rasante y reposición de la capa de lastre existente para estos caminos.

Los caminos que se identificaron en condición Pésima suman 13,70 km (19%), donde el paso para los usuarios se puede dificultar, debido a las severas deformaciones de la calzada y que el material granular se ha perdido o contaminado con suelo subrasante en gran proporción. En este caso, se recomienda valorar la jerarquía vial y presupuesto



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 126

disponible para planificar la reconfiguración de la plataforma del camino, incluyendo cunetas, construcción de pasos de alcantarilla, intervenciones localizadas de suelo subrasante y la reposición completa de la capa granular de rodadura.

Tabla 28. Evaluación visual de red vial con superficie de rueda de lastre.

| Condición | Distrito | | | | | | Total (km) |
|--------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | San Jerónimo | Caldera | |
| Bueno | 1,01 | 2,09 | 0,31 | - | 3,33 | 4,59 | 11,31 |
| Regular | 0,97 | 1,54 | 1,14 | 1,26 | 3,19 | 9,71 | 17,80 |
| Malo | 5,21 | 0,63 | 2,21 | 5,71 | 6,10 | 7,24 | 27,11 |
| Pésimo | 3,51 | 0,40 | 1,40 | 0,43 | 3,52 | 4,42 | 13,70 |
| Sin evaluar | 0,08 | - | - | - | - | 1,58 | 1,65 |
| Total | 10,78 | 4,66 | 5,06 | 7,41 | 16,14 | 27,53 | 71,58 |

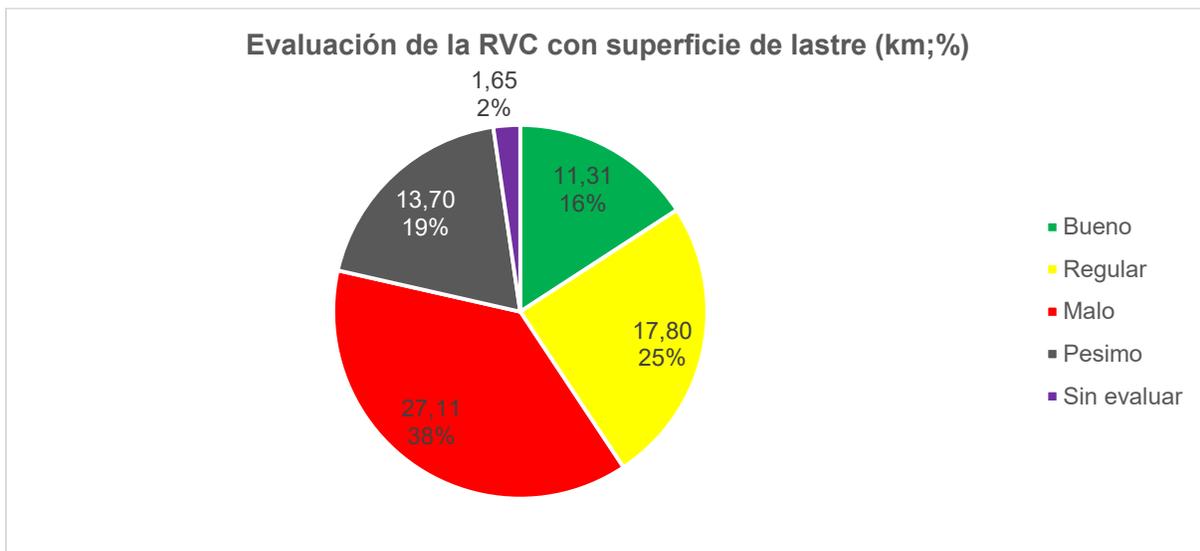


Figura 88. Evaluación visual de red vial con superficie de rueda de lastre.

El desglose por distrito sobre la condición de las rutas de lastre se muestra en la Figura 89. La ubicación y condición de los caminos de lastre se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 92 a la Figura 98. Además, en el Anexo 5 se adjunta la tabla de resumen de la evaluación visual y deterioros.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 127

Los caminos con superficie de lastre se ubican en todos los distritos, pero el distrito de Caldera es donde se tiene la mayor longitud con 27,53 km y San Juan Grande es donde se tiene la menor longitud con 4,66 km.

En el distrito de Espíritu Santo se identificó una mayor parte de caminos en Mala y Pésima condición superficial, lo que constituye a un 8,72 km en conjunto. En estas rutas se recomienda valorar la jerarquía vial establecida y el presupuesto disponible, debido a que se requiere intervenciones mayores por el alto nivel de deterioro. Por otro lado, se tiene 1,01 km de rutas en Buena condición y 0,97 km en condición Regular, donde se recomienda planificar mantenimiento rutinario y reconformación, respectivamente.

En el distrito de San Juan Grande se identificó variedad en la condición de los caminos de lastre, pero la mayor parte presenta una Buena condición superficial con 2,09 km, donde se debe enfocar esfuerzos en actividades de conservación como mantenimiento rutinario para extender su vida útil. También se encontró 1,54 km de rutas en estado Regular, donde se puede requerir bacheo mecanizado, conformación de cunetas y mejoramiento de los pasos de alcantarilla. Finalmente, se tiene un total de 1,04 km de caminos en condición Mala y Pésima en conjunto, donde se recomienda planificar actividades de rehabilitación o reconstrucción, incluyendo drenajes y capa granular de ruedo.

En el distrito de Macacona se tiene una mayor parte de caminos de lastre en Mala y Pésima condición, lo que suma 3,62 km en conjunto. En estas rutas se recomienda planificar la rehabilitación o reconstrucción, de acuerdo con la jerarquía o importancia de la vía y los recursos disponibles. Además, se tiene 1,44 km en condición Buena y Regular, donde se recomienda planificar intervenciones de mantenimiento rutinario, reconformación y mejoramiento de los drenajes, para extender la vida útil y evitar mayor deterioro.

En el distrito de San Rafael no se observó caminos en condición Excelente o Buena, sino que se tiene 1,26 km en condición Regular, donde se puede detener el deterioro por medio de actividades de reconformación, aporte de material granular donde sea necesario y mejoramiento de los drenajes. Sin embargo, se tiene 6,15 km en condición de Malo a Pésimo, donde se requiere actividades de rehabilitación hasta reconstrucción.

En San Jerónimo se tiene 3,33 km en Buena condición y 3,19 km en condición Regular. En estos caminos se recomienda planificar el mantenimiento rutinario correspondiente, bacheo mecanizado y mejoramiento de drenajes donde sea necesario para evitar su deterioro. Por otro lado, la mayor parte de las rutas de lastre evaluadas en este distrito presentaron condición Mala o Pésima, con 9,62 km en conjunto, lo que se asocia a intervenciones como reconformación de la calzada y cunetas, mejoramiento de subrasante, relastro y construcción de nuevos drenajes, para recuperar el nivel de servicio para los usuarios.

Finalmente, en Caldera también se identificó variedad en el estado de los caminos de lastre. Se tiene 4,59 km en Buena condición, que son sujetos a mantenimiento rutinario y 9,71 km



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 128

de caminos en condición Regular, donde se recomienda planificar mejoramiento de los drenajes y reconfiguración de la calzada. Además, se tiene 7,24 km en Mala condición, donde se recomienda valorar la reconfiguración de la calzada y cunetas, mejorar los pasos de alcantarilla y reponer el material granular perdido en la capa de rueda. Por otro lado, se identificó 4,42 km en Pésima condición, donde se requiere una reconstrucción completa, debido al estado de deterioro existente.

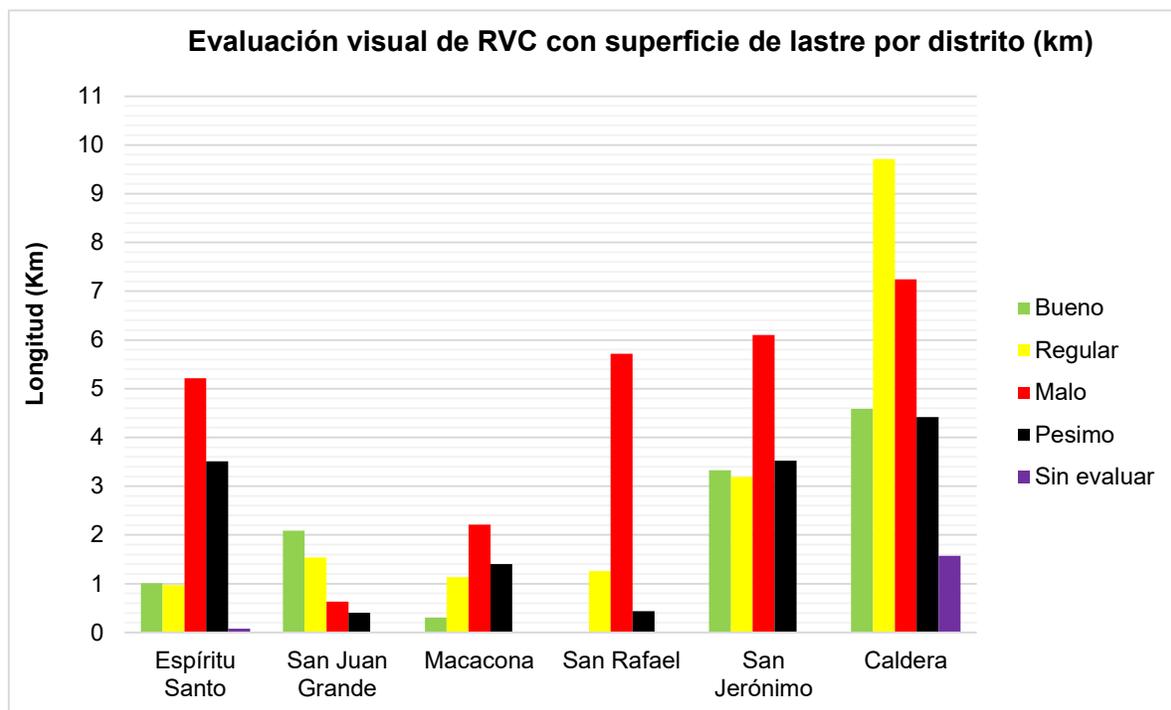


Figura 89. Evaluación visual de la red vial con superficie de lastre por distrito.

10.5 Evaluación visual de la red vial de tierra

Se realizó evaluación visual en un total de 25,20 km de rutas de tierra, cuyos resultados se resumen en la Tabla 29 y Figura 90. La ubicación y clasificación correspondiente se puede observar en los mapas de cada distrito que se muestran de la Figura 92 a la Figura 98. Además, en el Anexo 5 se adjunta la tabla resumen de la evaluación visual y deterioros.

La condición de los caminos de tierra es variable en el tiempo, dependiendo del tipo de suelo, trazado del camino, tránsito vehicular y el clima, al igual que en los caminos de lastre. Por lo tanto, los resultados aquí presentados reflejan las condiciones observadas en el momento de realizada la evaluación visual.



Los caminos de tierra se clasificaron como Transitables en 16,59 km (66%) donde es posible su recorrido principalmente en época seca, lo que puede cambiar bajo condiciones de humedad, debido a la falta de material granular, drenajes e irregularidades de la superficie. Se recomienda planificar actividades de reconfiguración de la calzada y cunetas para mantener la conectividad en los caminos. Además, valorar en cuáles casos se pueden realizar mejoramientos de la superficie con material granular y construcción de drenajes, de acuerdo con la jerarquía vial y recursos disponibles.

Por otro lado, se clasificó 4,82 km (19%) de caminos de tierra como Intransitables, ya que presentan condiciones muy complicadas para el tránsito vehicular, independientemente del clima y tipo de vehículo utilizado. Finalmente, se identificó como Inaccesible 3,79 km (15%) de los caminos de tierra. Esto debido a la presencia de portones, cercas u otro obstáculo que impide el paso para su evaluación.

La distribución por distrito de los caminos de tierra se muestra en el la Figura 91, en la cual se puede notar que Caldera y San Jerónimo es donde mayor longitud de caminos de tierra se tiene, lo que se asocia con su entorno rural. Mientras que en distritos más urbanos como Macacona y San Juan Grande sólo se identificó 0,37 km y 0,44 km, respectivamente. Lo anterior no ocurre en el distrito de Espíritu Santo que, a pesar de ser predominantemente urbano, tiene 5,12 km de camino de tierra. Por su parte en San Rafael se tiene 3,87 km de caminos de tierra.

La mayor parte de los caminos de tierra evaluados se clasificaron como Transitables, pero en los distritos de Espíritu Santo, San Jerónimo y Caldera se observó un total de 4,82 km de caminos clasificados como Intransitables en conjunto.

Finalmente, en el distrito de Caldera es donde se identificó la mayor parte de caminos de Tierra clasificados como Intransitables e Inaccesibles con 3,10 km y 1,90 km, respectivamente.

Tabla 29. Evaluación visual de red vial de tierra.

| Condición | Distrito | | | | | | Total (km) |
|---------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Espíritu Santo | San Juan Grande | Macacona | San Rafael | San Jerónimo | Caldera | |
| Transitable | 3,77 | 0,30 | 0,10 | 3,64 | 4,92 | 3,87 | 16,59 |
| Intransitable | 1,07 | - | - | - | 0,66 | 3,10 | 4,82 |
| Inaccesible | 0,29 | 0,14 | 0,27 | 0,24 | 0,96 | 1,90 | 3,79 |
| Total | 5,12 | 0,44 | 0,37 | 3,87 | 6,53 | 8,87 | 25,20 |

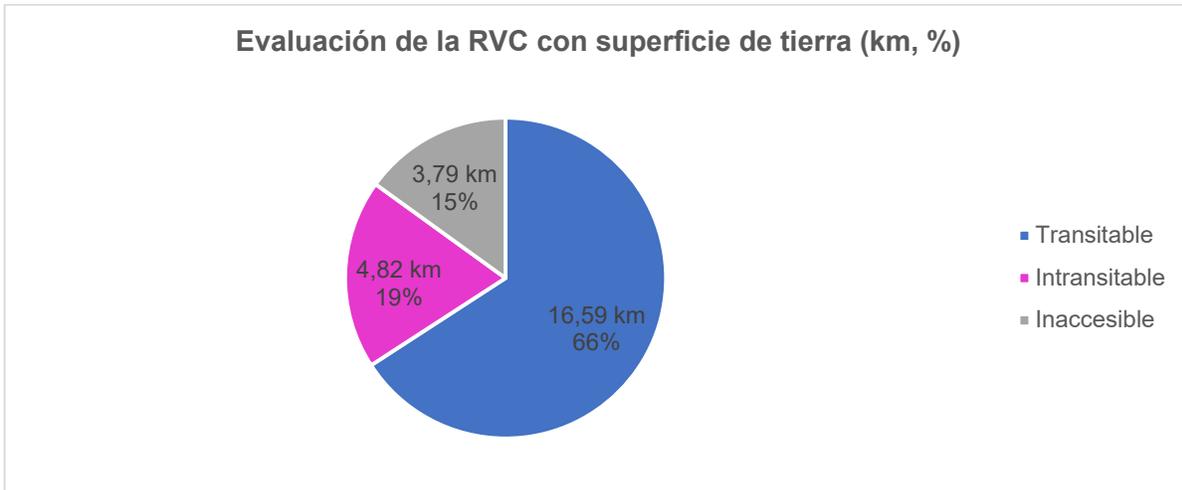


Figura 90. Evaluación visual de la red vial de tierra.

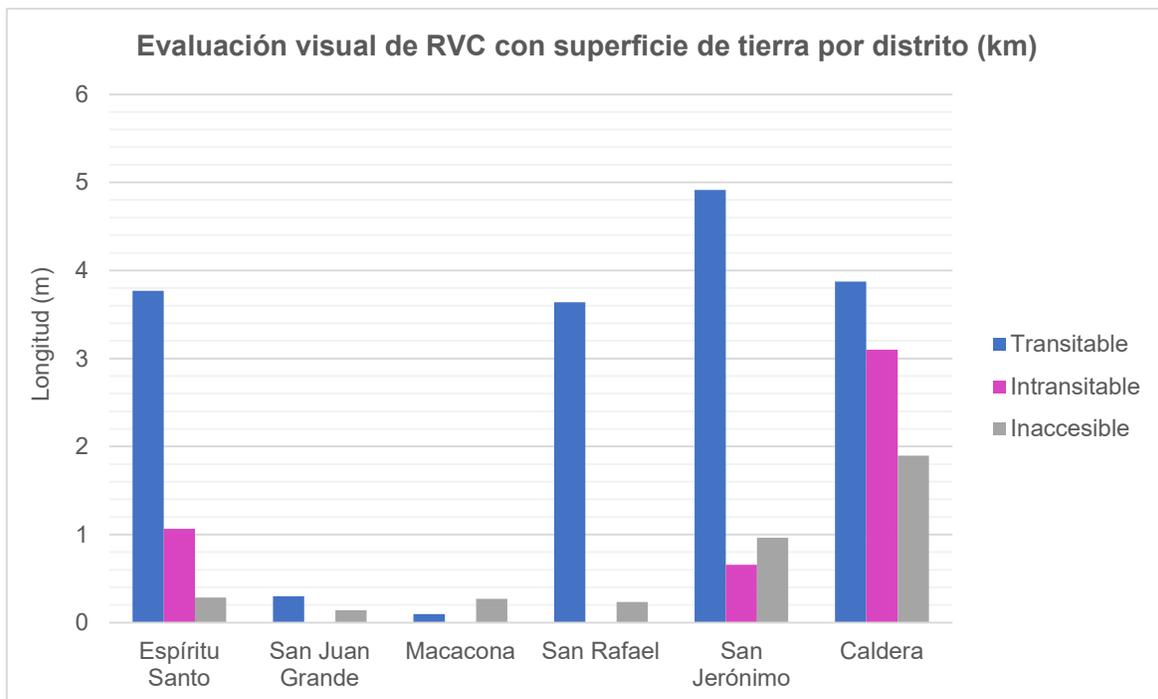


Figura 91. Evaluación visual de la red vial de tierra por distrito.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 131

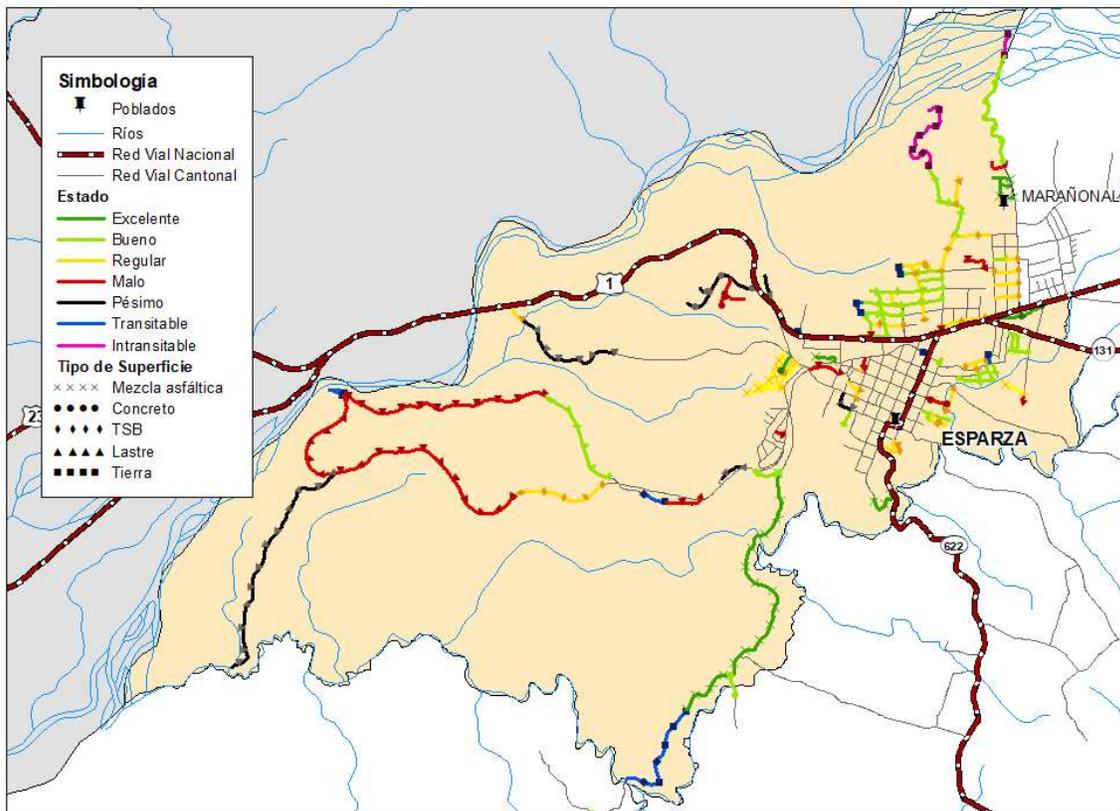


Figura 92. Evaluación Visual de la RVC del distrito Espiritu Santo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 132

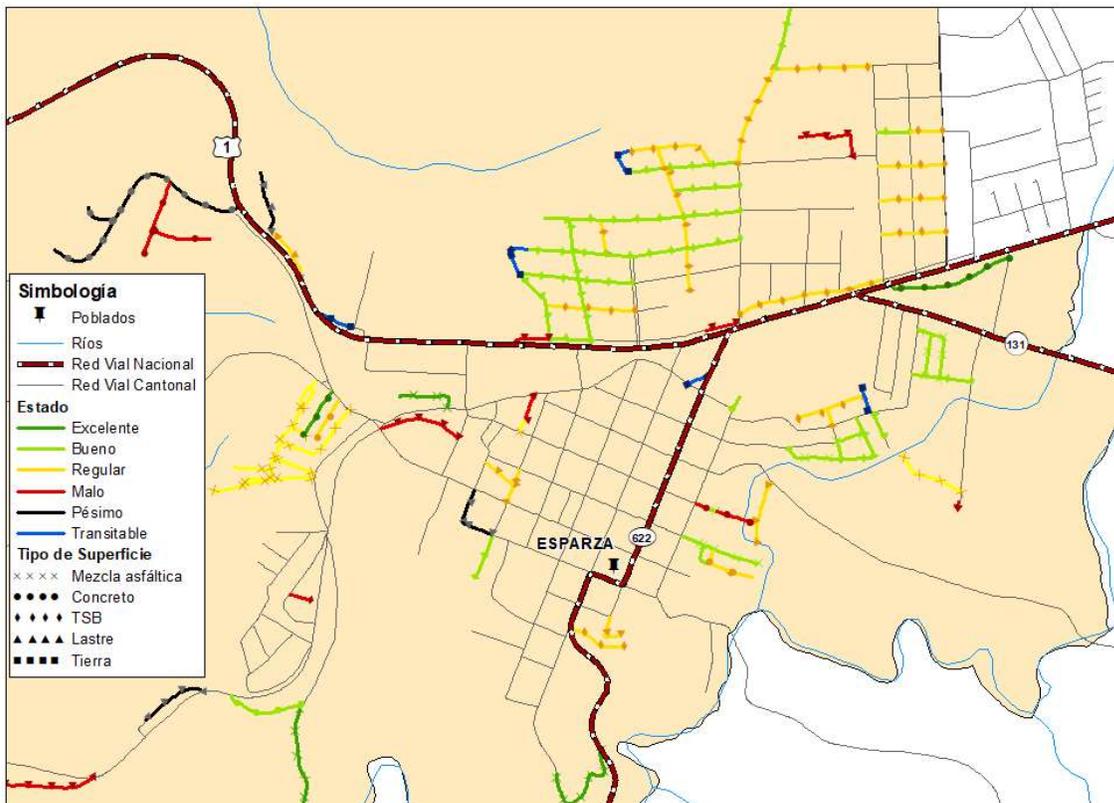


Figura 93. Evaluación Visual de la RVC del centro de Esparza.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 133

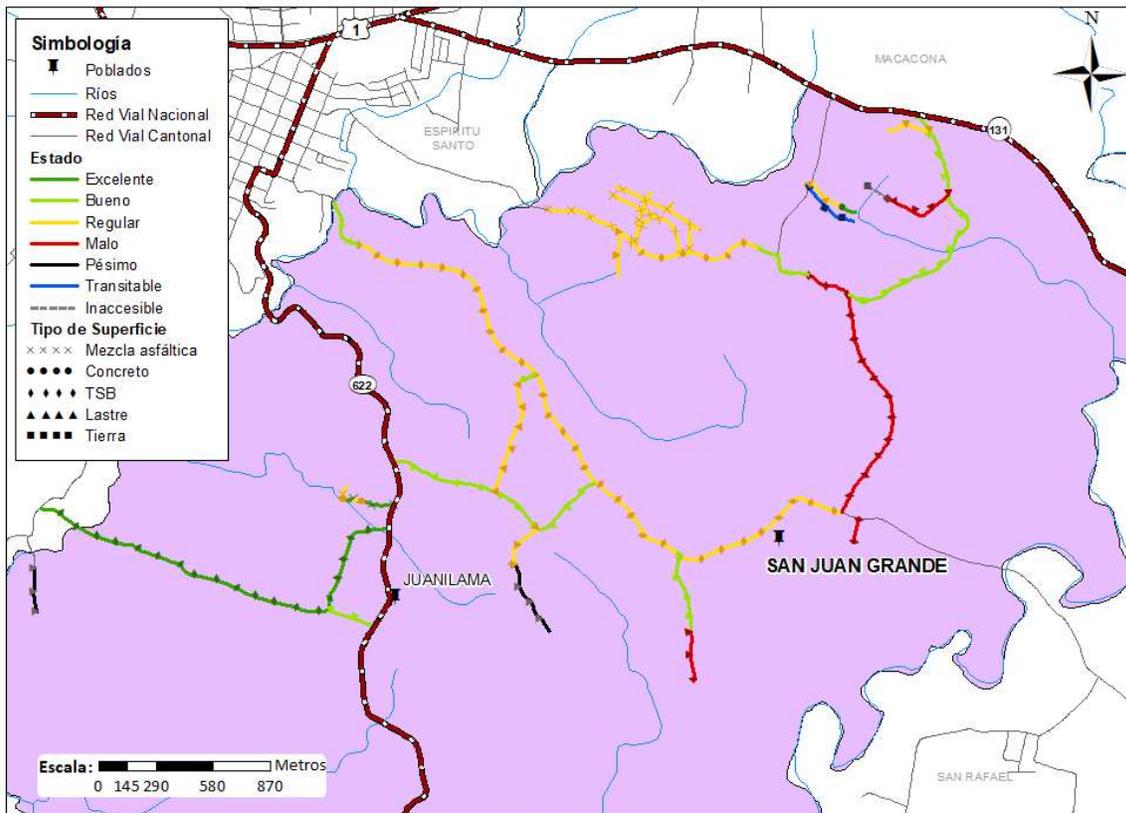


Figura 94. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Juan Grande.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 134

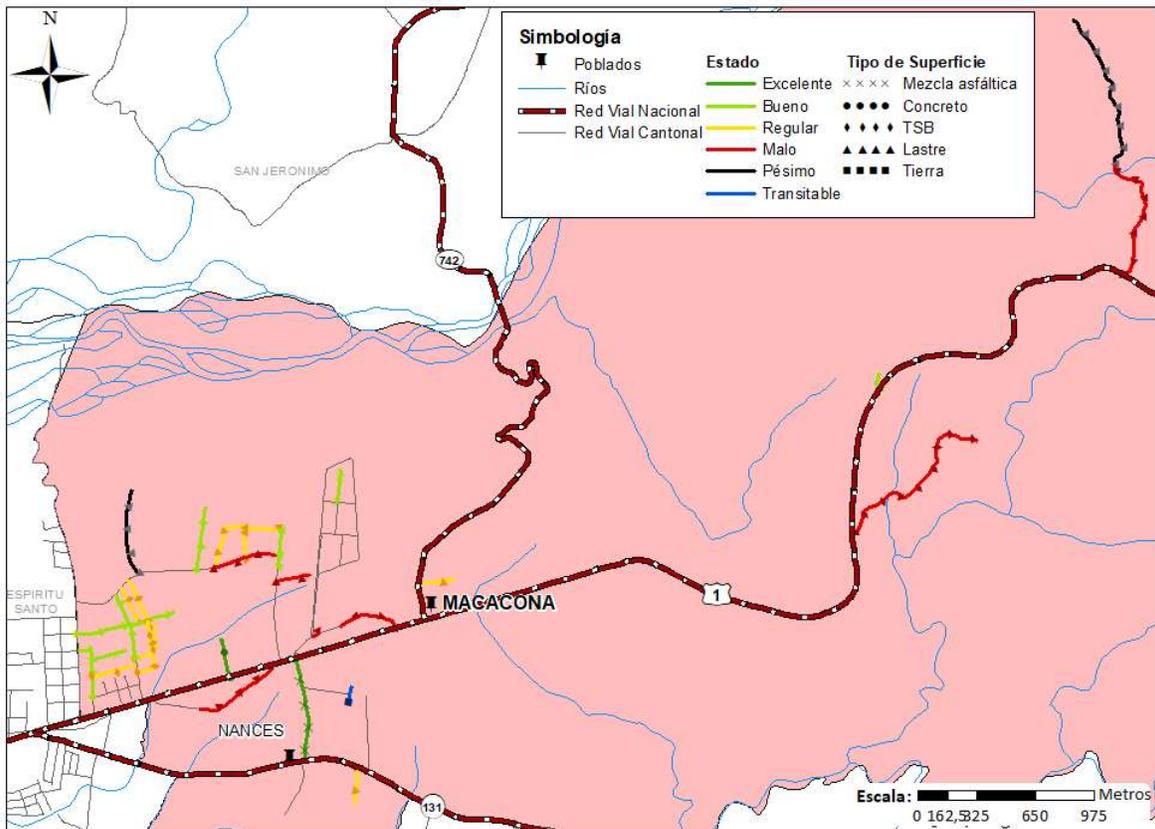


Figura 95. Evaluación Visual de la RVC del distrito Macacona.

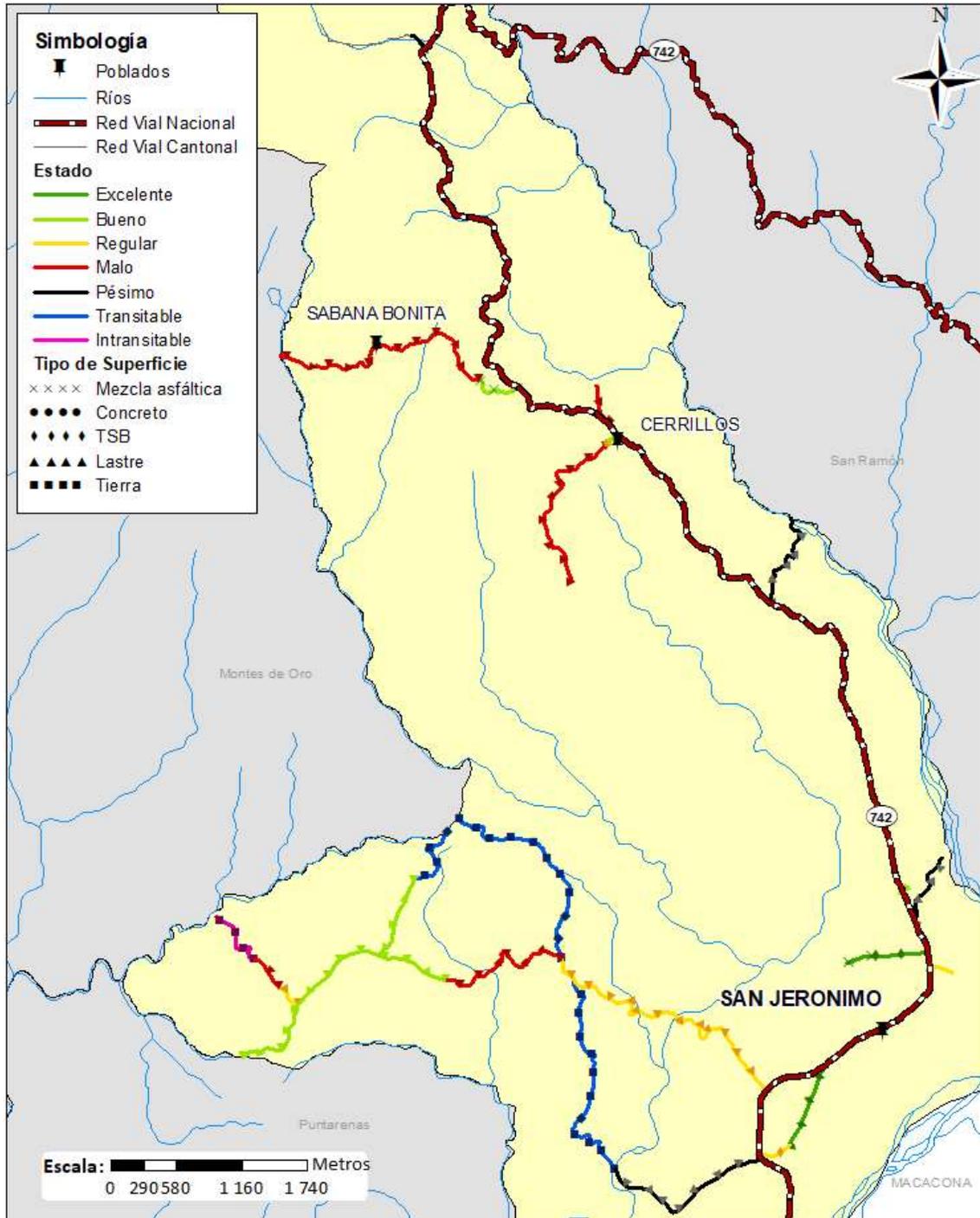


Figura 96. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Jerónimo.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 136

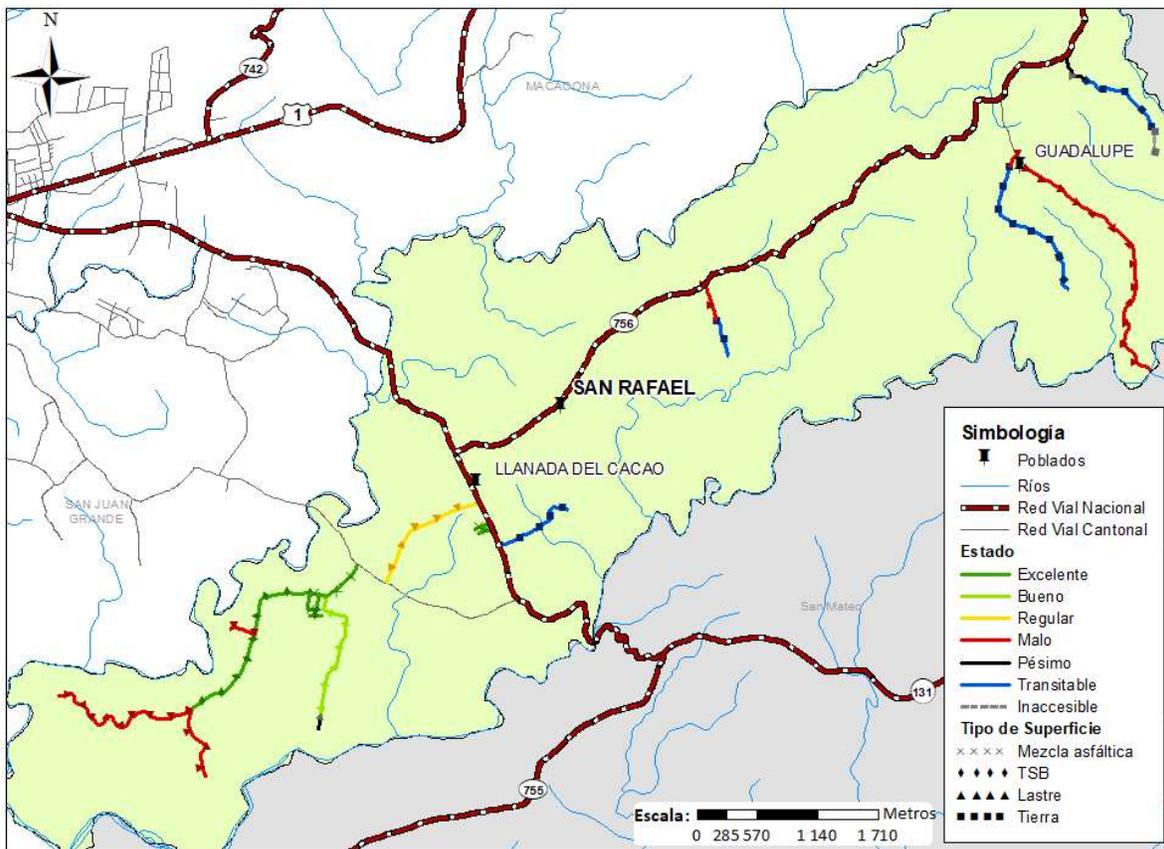


Figura 97. Evaluación Visual de la RVC del distrito San Rafael.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 137

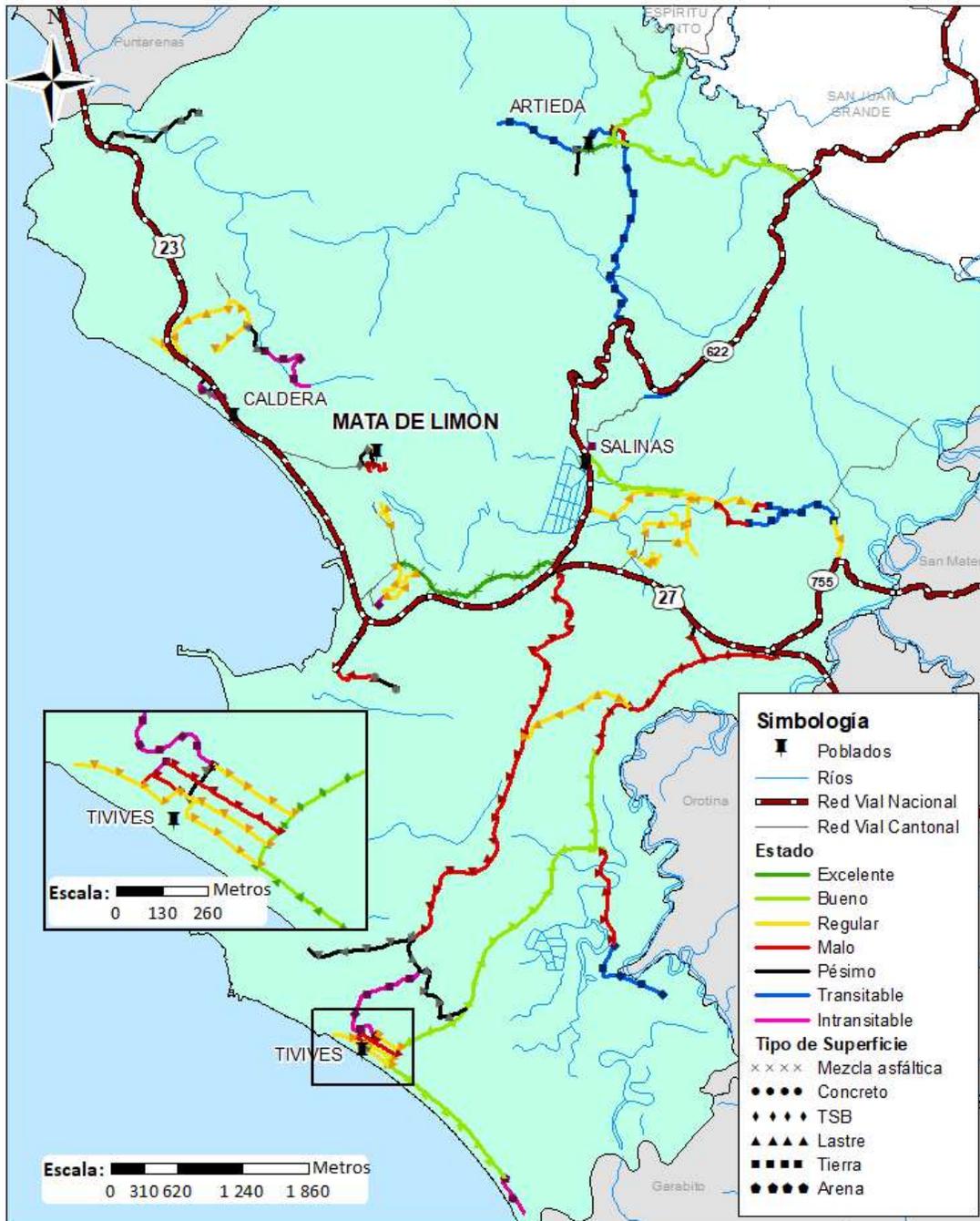


Figura 98. Evaluación Visual de la RVC del distrito Caldera.



11. Conclusiones

- Se digitalizó la red vial cantonal de Esparza, con el propósito de reconocer la longitud y correcta ubicación de caminos públicos, mediante ortofotos oficiales emitidas por el Instituto Geográfico Nacional, en complemento de giras de campo.
- Se validó cada uno de los caminos trazados en la digitalización por parte de la UTGVM y el Departamento de Catastro Municipal de Esparza, para lo cual se identificó un total de 192,47 km distribuidos entre: 109 códigos de caminos municipales (185,7 km) debidamente inscritos ante la Secretaría de Planificación Sectorial del MOPT, y 13 caminos (6,73 km), que se encuentran pendientes a inscribir en la próxima presentación del Inventario Vial.
- Se generaron capas cartográficas para promover la gestión vial municipal mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, entre ellas: una capa general con la información básica de cada camino, una capa para cada tipo de superficie de ruedo con las características de la vía, datos de tránsito vehicular identificado, sus principales deterioros y condición general.
- De acuerdo con los datos del año 2020, se tiene lo siguiente:
 - La longitud total de la red vial cantonal de Esparza es de 192,47 km, lo que se distribuye en seis distritos. En el distrito de Espíritu Santo es donde se tiene la mayor proporción de caminos con 61,02 km, mientras que en San Rafael es donde se tiene menor longitud con 16,71 km.
 - La mayor parte de la red vial cantonal de Esparza tiene superficie de ruedo de Lastre o Grava con 37% (71,58 km), seguido de 30% (57,43 km) de Mezcla Asfáltica. Además, se tiene una significativa proporción de 18% (34,00 km) con superficie de Tratamiento Superficial Bituminoso (TSB). El resto de la red vial presenta superficie de Tierra, Concreto en algunos tramos y Arena.
 - La mayor parte de la red vial cantonal de Mezcla Asfáltica se encuentra en el distrito de Espíritu Santo, mientras que la mayor parte de los caminos con superficie de Lastre o Grava se encuentra en San Jerónimo y Caldera. Las rutas con TSB se distribuyen entre todos los distritos, con una mayor parte presente en San Juan Grande.
- Se realizó una actualización del tipo de superficie de ruedo de la red vial cantonal de Esparza a febrero de 2022, lo que indica lo siguiente:
 - La longitud total de la red vial cantonal de Esparza se mantiene en 192,47 km.
 - Ahora la mayor parte de la red vial cantonal de Esparza ahora corresponde a superficie de Mezcla Asfáltica con 41% (79,27 km), seguido de Lastre o Grava con



31% (59,09 km) y TSB con 13% (25,10 km). Esto evidencia el trabajo realizado por la Municipalidad de Esparza en el mejoramiento de la superficie de ruedo de 38% (casi 22 km) de caminos en el cantón.

- A partir de los 54 conteos vehiculares realizados en el cantón de Esparza, se identificó que las rutas con mayor TPD se ubican principalmente en el distrito de Espíritu Santo con un máximo de 6379 vehículos/día. Por otro lado, los distritos donde se identificó los caminos con menor TPD son San Rafael y San Jerónimo con máximos de 438 y 280 vehículos/día, respectivamente. Adicionalmente, se estimó el porcentaje de vehículos pesados, donde se identificó un máximo de 55,4% en el distrito de San Jerónimo y 33,0 % en Caldera, lo que posiblemente se relaciona con las actividades agropecuarias que se desarrollan en estos distritos. Por otro lado, en Espíritu Santo se identificó un valor máximo de 16,6% de pesados, que corresponde con una flota de vehículos principalmente de carga liviana en las zonas urbanas del cantón.
- Por medio de la comparación entre los conteos vehiculares realizados en 2011 y 2019-2022, se establece que se ha dado un aumento promedio de 4,3% del TPD del cantón de Esparza en el período señalado, con un máximo de 7,9% y un mínimo de 3,4%.
- El análisis funcional realizado en conjunto entre la Municipalidad de Esparza y el LanammeUCR indica que la mayor parte de la red vial cantonal corresponde a caminos de acceso local, que se clasifican como vías Terciarias con 49% (93,90 km). Luego se tiene un 29% (56,99 km) de rutas secundarias, que son camino de colectores locales y 22% (41,71 km) de rutas primarias cuya principal función es la conectividad cantonal y entre rutas nacionales. La mayor longitud de caminos primarias se ubica en el distrito de San Juan Grande, mientras que la mayor longitud de vías secundarias y terciarias se ubica en Espíritu Santo.
- La evaluación de la red vial del cantón de Esparza se realizó por medio de dos metodologías: Nota de Calidad en 43,55 km y Evaluación Visual en 143,61 km. La Nota de Calidad se aplicó en la mayor parte de las rutas pavimentadas con superficie de ruedo de mezcla asfáltica y la Evaluación Visual en caminos de mezcla asfáltica, TSB, Concreto, Lastre y Tierra. Por otro lado, en 5,44 km no se realizó evaluación debido a dificultades de acceso o intervención en curso de los caminos.
- De acuerdo con la evaluación de Notas de Calidad se tiene que:
 - La Condición Funcional (IRI) se determinó en 41,39 km de la red vial cantonal asfaltada de Esparza, cuya mayor parte se identificó en condición Regular en 63% (27,35 km), seguido de 21% (9,71 km) en condición Mala y 10% (4,47 km) en Buena condición. Lo anterior indica que la mayoría de los pavimentos evaluados del cantón presentan deterioros superficiales moderados o severos, que reducen el nivel de servicio para los usuarios y se ubican principalmente en el distrito de Espíritu Santo. Además, se tiene una longitud de 2,17 km, denominados como “Sin IRI”, donde no se realizó la evaluación funcional, debido inconvenientes para alcanzar la velocidad de operación del equipo, sobre todo en tramos cortos de cuadrantes urbanos.



- La Condición Estructural (FWD) se estableció en 43,56 km de la red vial cantonal asfaltada de Esparza, cuya mayor parte presenta Buena condición en 88% (38,4 km). Lo anterior indica que los pavimentos del cantón presentan en su mayoría buena capacidad estructural para resistir las cargas del tránsito vehicular, lo que se observó predominantemente en el cantón de Espíritu Santo, pero se distribuye proporcionalmente en el resto de los distritos, con excepción de San Jerónimo, donde no se realizó este tipo de evaluación.
- La Nota de Calidad se asignó para 41,39 km de la red vial cantonal asfaltada de Esparza, de los cuáles la mayor parte presentó calificaciones Q1, Q2 y Q3 en 66,3% (28,87 km), lo que corresponde a rutas que tienen buena condición tanto funcional y estructural. Por otro lado, sólo 2% (0,88 km) se calificó como R-1, R-2 y R-3 en conjunto, que son rutas que presentan mala condición general. También se encontró un 18,4% (8,02 km) de rutas con nota Q4 y 4,3% (1,85) con nota Q5, que con caminos cuyas condiciones funcionales y estructurales son intermedias, donde se recomienda realizar valoraciones a nivel de proyecto.
- Se asigna un Tipo de Intervención recomendada a nivel de red, para cada tramo homogéneo de la red vial cantonal asfaltada de Esparza. La mayor longitud de los caminos evaluados se asocia con el tipo de intervención de **Mantenimiento de Preservación** con 66% (27,87 km), lo que puede incluir actividades de mantenimiento rutinario, limpieza de drenajes, sello de grietas y sellos superficiales para extender la vida útil de los pavimentos. Estas rutas se ubican principalmente en los distritos de Espíritu Santo.
- Se identificó un 19% (8,32 km) de la red vial cantonal de Esparza, donde se recomienda la **Recuperación Funcional**, lo que se asocia a pavimentos que tienen buena condición estructural, pero presentan irregularidades en la superficie, por lo que se recomienda planificar actividades de bacheo formal y colocación de sobrecapa de mezcla asfáltica no estructural (previo perfilado y con pavimentadora), para recuperar el nivel de servicio para los usuarios y evitar que continúe su deterioro y puedan pasar a una condición mala en el corto plazo. Estas rutas se identificaron principalmente en los distritos de Espíritu Santo y Macacona.
- Se identificó un 4% (1,85 km) de la red vial cantonal asfaltada, donde se recomienda realizar **Análisis a Nivel de Proyecto**, debido a que son pavimentos cuya condición funcional y estructural es intermedia. En estos caminos se recomienda realizar estudios que incluyan sondeos a cielo abierto, muestreo de materiales e inspección detallada de los drenajes, para determinar el tipo de intervención específica que requieren para recuperar su buena condición general. Estos caminos se ubican en los distritos de Espíritu Santo y Caldera.
- Se identificó 1,3% (0,58 km) de la red vial cantonal evaluada con Notas de Calidad asociados con **Rehabilitación Menor**. En estas rutas se ubican en los distritos de Espíritu Santo y San Juan Grande, donde se recomienda planificar intervenciones como sobrecapa de mezcla asfáltica con aporte estructural.



- Las rutas asociadas con **Rehabilitación Mayor** suman un 3,1% (1,33 km) de la red vial cantonal asfaltada que fue evaluada con Notas de Calidad. Estos caminos se ubican en los distritos de Espíritu Santo y Macacona, donde se recomienda planificar intervenciones a nivel de base granular y capa de superficie de ruedo asfáltica. Lo anterior debe realizarse tomando en cuenta la jerarquía vial y presupuesto disponible, por el alto costo asociado. Además, se recomienda priorizar las rutas clasificadas como **Rehabilitación Mayor Inmediata**, debido que su condición puede empeorar y pasar a la categoría de Reconstrucción en el corto plazo.
- Las rutas donde se recomienda realizar **Reconstrucción** sólo constituyen un 1% (0,42 km) de la red vial cantonal evaluada con Notas de Calidad y se ubican en el distrito de Espíritu Santo. Se recomienda planificar estas intervenciones de acuerdo con la jerarquía vial y presupuesto disponible, debido a su alto costo y necesidad prioritaria de realizar conservación y mantenimiento en la mayor parte de la red vial que se encuentra en buena condición.
- En los 2,17 km de rutas “Sin IRI” se identificó que la mayoría tiene una Buena Condición Estructural (FWD), lo que se asocia con la necesidad de planificar actividades de mejoramiento de los deterioros e irregularidades superficiales, como bacheo formal y sobrecapa de mezcla asfáltica. En las rutas que presentan Condición Estructural Regular y Mala es necesario planificar actividades de rehabilitación menor y mayor según sea el caso, para recuperar la capacidad de soporte de las cargas de tránsito que se ha perdido en las capas granulares y de ruedo.
- La Evaluación Visual se realizó en 143,47 km de la red vial cantonal de Esparza, que en su mayoría corresponde a rutas Terciarias con superficie de ruedo de lastre, pero también se evaluó caminos con superficie de mezcla asfáltica, TSB, concreto, tierra y arena. De acuerdo con esto se tiene que:
 - La mayor parte de los caminos con superficie de **Mezcla Asfáltica** que fueron evaluados visualmente presentan Excelente o Buena condición para un total de 5,08 km. Estas rutas se encuentran principalmente en los distritos de Espíritu Santo, Caldera y San Rafael, donde se han realizado intervenciones recientes de recarpeteo, por lo que se recomienda realizar monitoreo, mantenimiento rutinario y planificar actividades periódicas como sellos de grietas y sellos superficiales de asfalto, para extender su vida útil.
 - Los caminos con superficie de **TSB** presentan Excelente y Buena condición superficial en 18,87 km del total evaluado visualmente. En estas rutas se distribuyen en todos los distritos del cantón, en las cuales se recomienda realizar el mantenimiento rutinario que incluya los drenajes y planificar actividades periódicas como resellos para extender su vida útil. En los 9,55 km donde se identificó una condición Regular, se recomienda planificar las actividades de mejoramiento de drenajes requeridas, bacheos formales y resellos. En los 5,59 km restantes que se



identificaron en condición Mala y Pésima, se recomienda planificar rehabilitación mayor o reconstrucción, de acuerdo con la jerarquía vial y recurso disponibles.

- La mayor parte de las rutas con superficie de **Concreto** que fueron evaluadas visualmente se ubican en el distrito de Espíritu Santo y presentan una condición Excelente o Buena en 2,25 km. En estos caminos se recomienda realizar el mantenimiento rutinario correspondiente y planificar actividades periódicas como sello de grietas y juntas, reparaciones de espesor parcial y mejoramiento de drenajes. También se identificó un total de 1,65 km de camino en condición Mala o Pésima, donde se requiere planificar su rehabilitación mayor o reconstrucción, de acuerdo con la jerarquía vial y recursos disponibles.
- Se evaluó visualmente un total de 69,93 km de red vial cantonal de **Lastre**, cuya mayor parte tiene una condición Mala y Pésima en 40,81 km. Estos caminos se ubican principalmente en los distritos de San Jerónimo y Caldera. Se recomienda planificar la reconformación de la rasante y cunetas, mejoramiento de pasos de alcantarilla y la reposición de la capa de lastre existente para estos caminos, de acuerdo con una valoración de la jerarquía vial y presupuesto disponible. Lo anterior, luego de dar prioridad en la conservación de las rutas que se encuentran en Buena condición que suman 11,31 km y de reparar los caminos en condición Regular que suman 17,80 km.
- Finalmente, se evaluó 25,20 km de caminos de **Tierra**, de los cuáles 16,59 km se designaron como Transitables y 4,82 km como Intransitables, debido a que presentan condiciones muy complicadas para el tránsito vehicular, independientemente del clima y tipo de vehículo utilizado. Además, se identificó 3,79 km de caminos Inaccesibles, por la presencia de portones o cercas que impiden el paso.

12. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar los resultados de este informe en la planificación de mediano plazo a nivel de red para la gestión de la red vial cantonal de Esparza.
- Se recomienda realizar estudios preliminares detallados sobre deterioros, suelos, condición estructural de los pavimentos, tránsito y condiciones ambientales para el análisis a nivel de proyecto y su correspondiente diseño. Para esto se puede utilizar como referencia los siguientes manuales:
 - Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica, MAV 2016 o su versión vigente.
 - Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes, MCV-2015 o su versión vigente.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 143

- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes, CR-2020 o su versión vigente.
- Y los otros manuales oficializados por el MOPT relacionados con el desarrollo de obras viales.

13. Referencias bibliográficas

- Arias, E., & Allen, J. (2014). *Clasificación de los resultados obtenidos por el deflectómetro de impacto para la evaluación estructural de la red vial cantonal de Costa Rica*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Arias, E., Allen, J., & Sharline, L. (2012). *Comparación de métodos de análisis: Notas de Calidad (FWD-VIZIR), Notas Calidad (FWD-IRI) y PCI, para escogencia de tipo de intervención en las redes viales cantonales*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica.
- Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad del pavimento, mediante el cálculo del índice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial No.21*.
- Centro de Transferencia Tecnológica LanammeUCR. (Abril, 2019). *Catálogo de ensayos para evaluación de pavimentos*.
- Haas, R., Hudson, W., & Zaniewski, J. (1993). *Modern Pavement Management R,E*. Florida, US: Krieger Publishing Company.
- Interlocking Concrete Pavement Institute . (2007). *Interlocking Concrete Block Pavement Distress Manual*. Washington D.C.
- Jiménez, R. B. (2011). *Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional Pavimentada de Costa Rica, Años 2010-2011*. San José: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), Universidad de Costa Rica.
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica. (2008). *Proyecto No. UI-PC-04-08 Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de red vial nacional*. San José, Costa Rica.



EIC-Lanamme-INF-1170-2022
Página 144

Solminihaç, H. (1998). *Gestión de Infraestructura Vial*. Santiago, Chile: Editorial Universidad Católica de Chile.

Unidad de Investigación en Infraestructura Vial, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), Universidad de Costa Rica. (2008). *Proyecto No. UI-PC-03-08 Variaciones a los Rangos para la Clasificación Estructural de la Red Vial Nacional de Costa Rica*. San José, Costa Rica.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison . (2013). *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Sealcoat Manual*. Madison, WI.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002). *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Asphalt Roads*. Madison, WI.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002). *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Concrete Roads*. Madison, WI.

Wisconsin Transportation Information Center, University of Wisconsin-Madison. (2002). *Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Gravel Roads*. Madison, WI.

14. Anexos

| | |
|---------|--|
| Anexo 1 | Tabla de datos de conteos vehiculares |
| Anexo 2 | Mapas de resultados de IRI para los distritos de Esparza |
| Anexo 3 | Mapas de resultados de FWD para los distritos de Esparza |
| Anexo 4 | Informes de laboratorio de ensayos de IRI y FWD |
| Anexo 5 | Tablas de resumen de evaluación visual (superficie de ruedo asfáltica, TSB, concreto, lastre, tierra y arena) |
| Anexo 6 | Desglose de capas cartográficas |