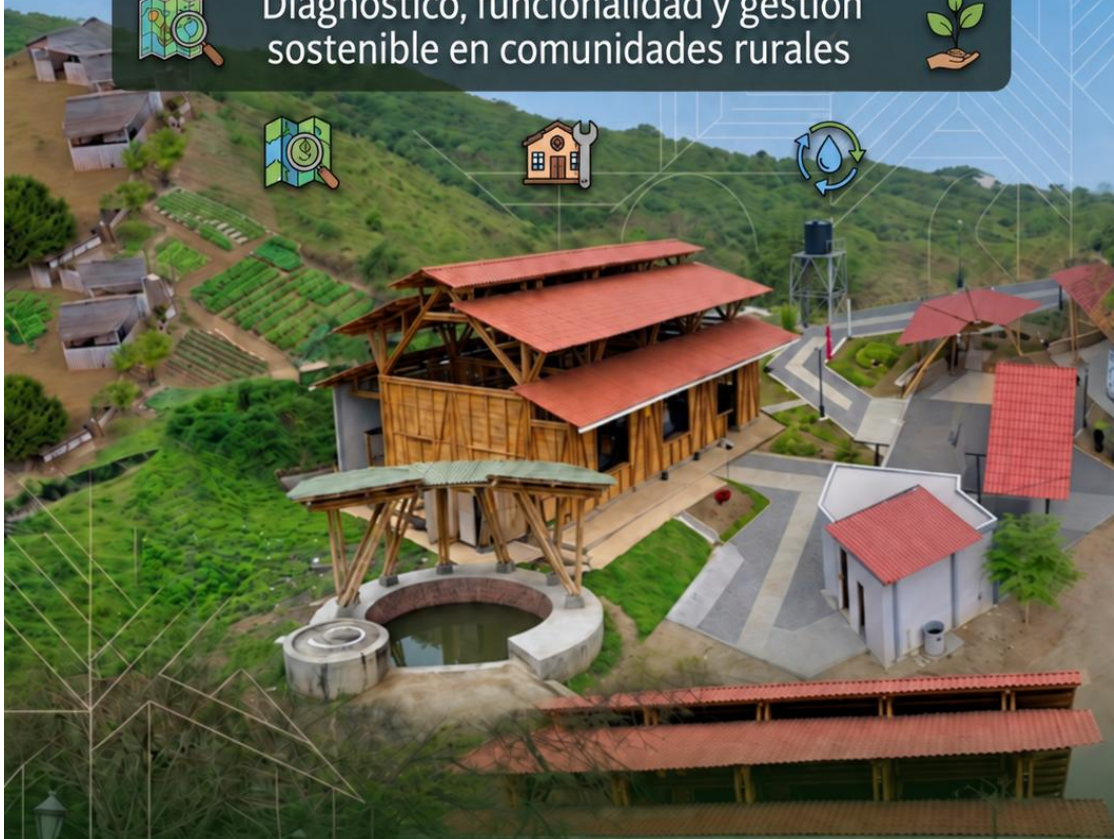


INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES



Diagnóstico, funcionalidad y gestión sostenible en comunidades rurales



Autores:

Solórzano Villegas Lucy Elizabeth
Cordero Garcés Manuel Octavio
Cañarte Baque George Alfredo
Marcia Yamel Pin Morán
Anthony Guillermo Macías Cevallos

Carvajal Rivadeneira Daniel David
Regalado Jalca Julio Johnny
Verónica Pilar Indacochea Narváez
Ponce Zavala Cruz Victoria



CÓDIGO QR



CÓDIGO DE BARRAS



Primera Edición 2026

ISBN: 978-9942-571-35-9

2026, RUNAIKI Editora-Editorial Internacional. España.

<https://runaiki.es/index.php/runaiki>

Consejo Editorial:

Dra. Mayra Díaz Martínez, PhD.

RUNAIKI Editora-Editorial Internacional. España.

Hecho en Ecuador

Este texto ha sido sometido a un riguroso proceso de evaluación por pares externos.

Advertencia: Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción, registro o transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información existente o futuro, sin el permiso previo y por escrito del titular de los derechos correspondientes.

**Escanea el QR
para acceder al libro**



ISBN: 978-9942-571-35-9



INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

Diagnóstico, funcionalidad y gestión sostenible en comunidades rurales (Joa)

Autores Investigadores:

Solórzano Villegas Lucy Elizabeth

Ingeniera Civil

Magister en Construcción de Obras Viales

Profesor de la Universidad Estatal del Sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador

 lucy.solorzano@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-9903-5304>

Cordero Garcés Manuel Octavio

Ingeniero Civil

Magister en Construcción de Obras Viales

Profesor de la Universidad Estatal del Sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador

 manuel.cordero@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-4709-5874>

Cañarte Baque George Alfredo

Arquitecto

Magister en Tecnologías de Edificación

Profesor de la Universidad Estatal del Sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador

 george.canarte@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0003-3376-2557>

Marcia Yamel Pin Morán

Ingeniera Civil
Magister en Gestión de Proyectos
Profesora de la Universidad Estatal del sur de Manabí
Jipijapa; Ecuador
 marcia.pin@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0003-4493-1931>

Anthony Guillermo Macías Cevallos

Ingeniera Civil
Universidad Estatal del Sur de Manabí
Jipijapa; Ecuador
 macias-anthony9224@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0008-2789-0927>

Carvajal Rivadeneira Daniel David

Ingeniero Civil
Magister en Administración Pública Mención Desarrollo
Institucional
Profesor de la Universidad Estatal del Sur de Manabí
Jipijapa; Ecuador
 daniel.carvajal@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-5288-5483>

Regalado Jalca Julio Johnny

Ingeniero en Computación y Redes
Magister en Educación Informática
Profesor titular de la Universidad Estatal del Sur de Manabí
Jipijapa; Ecuador
 julio.regalado@unesum.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0003-1669-8522>

Verónica Pilar Indacochea Narváez

Ingeniera Civil

Magister en Gestión de Proyectos

Universidad Estatal del sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador

✉ veronica.indacochea@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0009-0009-1042-5196>

Ponce Zavala Cruz Victoria

Magister en Docencia Mención Gestión en Desarrollo del

Currículo

Profesora de la Universidad Estatal del Sur de Manabí

Jipijapa; Ecuador

✉ cruz.ponce@unesum.edu.ec

id <https://orcid.org/0000-0002-5835-8297>

Resumen

La obra *Infraestructura, territorio y recursos naturales: diagnóstico, funcionalidad y gestión sostenible en comunidades rurales* analiza la relación entre infraestructura física, recursos naturales, funcionalidad territorial y desarrollo rural, tomando como referencia principal la comuna Joa, cantón Jipijapa, provincia de Manabí. El contenido integra fundamentos de ingeniería civil, diagnóstico territorial, valoración de recursos naturales, sistemas de agua y saneamiento, infraestructura vial, energía renovable, gestión de residuos y planificación participativa. La discusión se sustenta en evidencia obtenida mediante observación de campo, registros fotográficos, percepción comunitaria, análisis técnico y fuentes científicas verificables. La obra tributa al Proyecto Carrera 2025: “Generación de alternativas para mejorar la infraestructura física para el buen vivir en los sitios de Joá y Mero Seco ubicados en las parroquias de Jipijapa y Juncuy respectivamente. Etapa V” y al Proyecto Carrera 2026, Etapa VI, que mantiene la misma línea de intervención. También aporta al Proyecto Maestría 2025: “Fortalecimiento integral de la infraestructura física en comunidades rurales: Estudio de casos en Joá y Sancán, cantón Jipijapa, Ecuador. Etapa I” y a su continuidad mediante el Proyecto Maestría 2026, Etapa II. En el componente energético, se vincula con el Proyecto de Investigación: “Aplicación de Energía Renovable en la Casa Comunal de San Francisco de Paján”, orientado al aprovechamiento de sistemas energéticos limpios con aplicación comunitaria. De igual forma, recoge aportes derivados del estudio “Diagnóstico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Joa del cantón Jipijapa”. Esta articulación permite que el libro funcione como producto académico, técnico y científico vinculado con procesos institucionales de investigación dirigidos al mejoramiento de las condiciones territoriales, productivas y de infraestructura de comunidades rurales.

Palabras clave: infraestructura física, territorio rural, recursos naturales, desarrollo productivo, planificación territorial.

Abstract

Infrastructure, Territory and Natural Resources: Diagnosis, Functionality and Sustainable Management in Rural Communities examines the relationship between physical infrastructure, natural resources, territorial functionality and rural development, taking the community of Joa, in Jipijapa Canton, Manabí Province, as its principal area of analysis. The book integrates civil engineering principles, territorial assessment, natural resource evaluation, water and sanitation systems, road infrastructure, renewable energy, waste management and participatory planning. The discussion is grounded in evidence obtained through field observation, photographic records, community perceptions, technical assessment and verified scientific sources. The book contributes to the 2025 Undergraduate Programme Project: “Generation of alternatives to improve physical infrastructure for Buen Vivir in the communities of Joá and Mero Seco, located in the parishes of Jipijapa and Julcuy, respectively. Stage V”, and to its continuation through the 2026 Undergraduate Programme Project, Stage VI. It also supports the 2025 Master’s Programme Project: “Comprehensive strengthening of physical infrastructure in rural communities: Case studies in Joá and Sancán, Jipijapa Canton, Ecuador. Stage I”, together with its continuation through the 2026 Master’s Programme Project, Stage II. Within the energy component, the book is linked to the Research Project: “Application of Renewable Energy in the Community Centre of San Francisco de Paján”, which focuses on the use of clean energy systems in community settings. The work also incorporates contributions derived from the study “Diagnosis of physical infrastructure to promote productive development in the Joa community of Jipijapa Canton”. This academic, technical and scientific integration positions the book as a research product associated with institutional projects aimed at improving territorial, productive and infrastructure conditions in rural communities.

Keywords: physical infrastructure, rural territory, natural resources, productive development, territorial planning.

ÍNDICE

1 LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA COMO SOPORTE DEL DESARROLLO TERRITORIAL RURAL	23
1.1 FUNDAMENTOS Y EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA RURAL	23
1.1.1 <i>Definición y alcance conceptual de la infraestructura física..</i>	23
1.1.2 <i>Evolución histórica de la infraestructura en entornos rurales latinoamericanos</i>	24
1.1.3 <i>Infraestructura física y crecimiento económico local</i>	25
1.1.4 <i>Dimensiones social, económica y ambiental de la infraestructura.....</i>	26
1.2 NORMATIVA, ECOSISTEMAS Y DESAFÍOS TERRITORIALES	27
1.2.1 <i>Infraestructura física en el marco normativo ecuatoriano</i>	27
1.2.2 <i>Relación entre infraestructura física y servicios ecosistémicos</i>	28
1.2.3 <i>Retos actuales de la infraestructura física en comunidades rurales</i>	29
1.3 MARCOS INTERPRETATIVOS Y LECTURA DEL CASO JOA	30
1.3.1 <i>Marcos teóricos complementarios para el análisis de la infraestructura.....</i>	30
1.3.2 <i>La comuna Joa como caso de estudio representativo</i>	31
1.3.3 <i>Hacia una lectura integrada de la infraestructura rural.....</i>	31
1.4 FINANCIAMIENTO, INDICADORES Y EQUIDAD TERRITORIAL	31
1.4.1 <i>Financiamiento internacional y cooperación técnica para la infraestructura rural</i>	32
1.4.2 <i>Indicadores para medir el rezago de infraestructura rural....</i>	32
1.4.3 <i>Infraestructura rural y equidad de género en el territorio.....</i>	33
1.4.4 <i>Lecciones de experiencias comparadas en la región andina y costera</i>	33
1.5 ACADEMIA, PROSPECTIVA Y GESTIÓN DEL RIESGO	34
1.5.1 <i>El papel de la academia en el levantamiento de diagnósticos territoriales</i>	34
1.5.2 <i>Perspectivas de largo plazo para la infraestructura rural ecuatoriana</i>	35

1.5.3	<i>Infraestructura física y riesgo de desastres en zonas costeras</i>	35
1.5.4	<i>Componentes de infraestructura abordados en esta obra</i>	36
1.6	ACTORES, COORDINACIÓN Y TRÁNSITO DEL DIAGNÓSTICO A LA ACCIÓN	36
1.6.1	<i>Actores institucionales involucrados en la gestión de infraestructura rural</i>	36
1.6.2	<i>Del diagnóstico a la acción: el propósito de esta obra</i>	37
1.6.3	<i>Metodología general seguida a lo largo de la obra.....</i>	37
1.7	ALCANCE, COHESIÓN SOCIAL Y LECCIONES DE INTEGRACIÓN	38
1.7.1	<i>Alcance y límites de esta obra</i>	38
1.7.2	<i>Infraestructura física y cohesión social comunitaria</i>	39
1.7.3	<i>Lecciones iniciales para los capítulos siguientes.....</i>	39
1.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	39
1.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 1	41
2	RECURSOS NATURALES Y SU VALORACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.....	43
2.1	INVENTARIO Y CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.....	43
2.1.1	<i>Clasificación de los recursos naturales renovables y no renovables</i>	43
2.1.2	<i>El agua dulce como recurso estratégico en zonas rurales</i>	44
2.1.3	<i>Biodiversidad, flora y fauna en ecosistemas comunitarios....</i>	44
2.1.4	<i>Recursos geológicos y canteras: aprovechamiento y riesgos</i>	45
2.1.5	<i>Aguas termales y sulfurosas: potencial turístico y terapéutico</i>	45
2.2	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS, VALORACIÓN Y GOBERNANZA	47
2.2.1	<i>Servicios ecosistémicos y su interdependencia con la infraestructura.....</i>	47
2.2.2	<i>Presión antrópica sobre los recursos naturales rurales</i>	48
2.2.3	<i>Valoración económica de los recursos naturales rurales.....</i>	48
2.2.4	<i>Gobernanza comunitaria de los recursos naturales</i>	49
2.2.5	<i>Cambio climático y disponibilidad de recursos naturales</i>	49
2.3	CUENCAS, SUELOS, BOSQUES Y TURISMO DE NATURALEZA.....	50

2.3.1	<i>Turismo de naturaleza y recursos naturales en comunidades rurales</i>	50
2.3.2	<i>Hacia un inventario de recursos naturales para la planificación territorial</i>	51
2.3.3	<i>Cuencas hidrográficas como unidad de planificación</i>	51
2.3.4	<i>Suelos agrícolas: fertilidad, erosión y manejo sostenible</i>	52
2.3.5	<i>Recursos forestales y su relación con la infraestructura hídrica</i>	52
2.4	BIODIVERSIDAD, CONOCIMIENTO LOCAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA	54
2.4.1	<i>Fauna silvestre y conflictos con la actividad ganadera</i>	54
2.4.2	<i>Cambio de uso del suelo y pérdida de servicios ecosistémicos</i>	54
2.4.3	<i>Recursos naturales compartidos entre comunidades vecinas</i>	55
2.4.4	<i>Conocimiento tradicional y manejo de recursos naturales</i>	55
2.4.5	<i>Recursos naturales y seguridad alimentaria local</i>	56
2.5	GESTIÓN ADAPTATIVA, REGULACIÓN Y PRESIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	57
2.5.1	<i>Hacia una gestión adaptativa de los recursos naturales del territorio</i>	57
2.5.2	<i>Instrumentos legales para la protección de recursos naturales en Ecuador</i>	57
2.5.3	<i>Recursos naturales y cambio generacional en la actividad agrícola</i>	58
2.5.4	<i>Recursos naturales frente a la expansión de infraestructura futura</i>	58
2.5.5	<i>Recursos hídricos subterráneos: vulnerabilidad frente a la contaminación</i>	58
2.6	PAISAJE, SALUD, MONITOREO Y PATRIMONIO TERRITORIAL	59
2.6.1	<i>Recursos paisajísticos y su valor no monetario</i>	59
2.6.2	<i>Recursos naturales y planificación de contingencias climáticas</i>	59
2.6.3	<i>Cooperación interinstitucional para el monitoreo de recursos naturales</i>	60
2.6.4	<i>Recursos naturales, salud pública y bienestar comunitario</i>	60

2.6.5	<i>Cierre conceptual: recursos naturales como patrimonio territorial</i>	61
2.7	ESCENARIOS SOSTENIBLES, IDENTIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR	61
2.7.1	<i>Escenarios de aprovechamiento sostenible a mediano plazo</i>	62
2.7.2	<i>Recursos naturales y responsabilidad intergeneracional</i>	62
2.7.3	<i>Recursos naturales y cadenas de valor agroindustrial</i>	63
2.7.4	<i>Recursos naturales en la identidad cultural de la comuna</i>	63
2.7.5	<i>Recursos naturales y economía circular en el medio rural</i>	63
2.7.6	<i>Cierre conceptual y transición hacia los capítulos técnicos ...</i>	64
2.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	64
2.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 2	65
3	METODOLOGÍAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIONALIDAD DE INFRAESTRUCTURAS.....	67
3.1	DISEÑO DEL DIAGNÓSTICO E INDICADORES DE FUNCIONALIDAD	67
3.1.1	<i>Enfoques mixtos en la investigación de infraestructura física</i>	67
3.1.2	<i>Observación de campo y fichas técnicas de evaluación</i>	68
3.1.3	<i>Encuestas y entrevistas como instrumentos de recolección ..</i>	68
3.1.4	<i>Indicadores de funcionalidad, eficiencia y conservación</i>	69
3.2	IMPACTOS, HERRAMIENTAS Y DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	70
3.2.1	<i>Matriz de Leopold aplicada a la evaluación de impactos</i>	70
3.2.2	<i>Herramientas digitales y modelamiento hidráulico.....</i>	71
3.2.3	<i>Limitaciones metodológicas en estudios de infraestructura rural</i>	71
3.2.4	<i>Diseño muestral en comunidades rurales de baja densidad poblacional</i>	72
3.3	VALIDEZ, ÉTICA, COSTOS Y ESCALAS TEMPORALES	73
3.3.1	<i>Triangulación de fuentes y validez de los hallazgos</i>	73
3.3.2	<i>Ética de la investigación en comunidades rurales</i>	73
3.3.3	<i>Costos y viabilidad de la replicación metodológica en otras comunidades</i>	75
3.3.4	<i>Escalas temporales en el diagnóstico de infraestructura</i>	75
3.4	REGISTRO VISUAL, FORMACIÓN Y COMPARACIÓN TÉCNICA	76
3.4.1	<i>Uso de fotografía y registro visual en el diagnóstico técnico</i>	76

3.4.2	<i>Participación de estudiantes y formación técnica durante el diagnóstico</i>	77
3.4.3	<i>Comparación con estándares técnicos internacionales</i>	78
3.4.4	<i>Herramientas de bajo costo para el levantamiento topográfico</i>	78
3.4.5	<i>Análisis comparativo entre comunidades de perfil similar</i>	79
3.5	COMUNICACIÓN, ACTUALIZACIÓN, SOFTWARE Y PERCEPCIÓN DEL RIESGO	79
3.5.1	<i>Comunicación de resultados técnicos a públicos no especializados.....</i>	80
3.5.2	<i>Retroalimentación comunitaria sobre los hallazgos del diagnóstico</i>	80
3.5.3	<i>Actualización periódica del diagnóstico técnico</i>	80
3.5.4	<i>Software libre y bases de datos abiertas para el diagnóstico rural</i>	81
3.5.5	<i>Integración de la percepción de riesgo en el diagnóstico comunitario</i>	81
3.6	MUESTRA, ARCHIVO, APLICABILIDAD Y VALIDACIÓN EXTERNA.....	82
3.6.1	<i>Consideraciones metodológicas sobre el tamaño de la muestra cualitativa.....</i>	82
3.6.2	<i>Documentación y archivo del material de investigación</i>	82
3.6.3	<i>Aplicabilidad de la metodología a otros sectores de infraestructura.....</i>	83
3.6.4	<i>Validación externa de los hallazgos técnicos.....</i>	83
3.6.5	<i>Consideraciones sobre la representatividad de género en la muestra</i>	83
3.7	DOCENCIA, GESTIÓN ESTUDIANTIL Y ESTANDARIZACIÓN METODOLÓGICA.....	84
3.7.1	<i>Uso de la investigación como insumo docente en cursos posteriores.....</i>	84
3.7.2	<i>Integración de la investigación con instancias de gobierno estudiantil.....</i>	85
3.7.3	<i>Diferencias metodológicas entre investigación de titulación y consultoría técnica.....</i>	85
3.7.4	<i>Hacia protocolos estandarizados de diagnóstico para el territorio manabita.....</i>	85

3.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	86
3.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 3	87
4	SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN EL MEDIO RURAL.....	89
4.1	CAPTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA.....	89
4.1.1	<i>Infraestructura de captación y distribución de agua potable</i>	89
4.1.2	<i>Pérdidas técnicas y comerciales en redes de distribución.....</i>	91
4.1.3	<i>Saneamiento básico y ausencia de alcantarillado en comunidades rurales</i>	91
4.1.4	<i>Gestión comunitaria de los sistemas de agua rural.....</i>	92
4.2	AGUAS SUBTERRÁNEAS, RIESGOS, MODERNIZACIÓN Y RIEGO.....	93
4.2.1	<i>Aprovechamiento de aguas subterráneas y pozos azufrados</i>	93
4.2.2	<i>Riesgos sanitarios derivados de infraestructuras deficientes</i>	94
4.2.3	<i>Estrategias de modernización de sistemas hídricos rurales ..</i>	94
4.2.4	<i>Riego agrícola y eficiencia en el uso del agua.....</i>	95
4.3	CALIDAD, TARIFAS Y SOLUCIONES DE TRATAMIENTO	96
4.3.1	<i>Calidad del agua y monitoreo participativo.....</i>	96
4.3.2	<i>Tarifas de agua y sostenibilidad financiera del servicio.....</i>	96
4.3.3	<i>Agua para uso ganadero y su interacción con el consumo humano</i>	97
4.3.4	<i>Tecnologías de bajo costo para el tratamiento domiciliario de agua</i>	97
4.4	RESILIENCIA, EDUCACIÓN SANITARIA, GÉNERO Y ORGANIZACIÓN.....	97
4.4.1	<i>Infraestructura de agua y resiliencia frente a eventos extremos</i>	98
4.4.2	<i>Educación sanitaria y hábitos de higiene comunitaria</i>	98
4.4.3	<i>Género y acceso diferenciado al agua en el hogar rural</i>	98
4.4.4	<i>Comités de agua: fortalecimiento organizativo y capacitación</i>	99
4.5	INTERCONEXIÓN, REÚSO Y PLANIFICACIÓN DEL SANEAMIENTO.....	101
4.5.1	<i>Interconexión entre sistemas de agua de comunidades vecinas</i>	101
4.5.2	<i>Reúso de aguas grises en actividades productivas</i>	101

4.5.3	<i>Infraestructura hídrica y planificación urbanística del centro poblado</i>	102
4.5.4	<i>Costos de oportunidad de la inacción en saneamiento</i>	102
4.6	TECNOLOGÍAS, COSTOS DE CONEXIÓN Y CONFIANZA CIUDADANA	102
4.6.1	<i>Perspectivas tecnológicas emergentes en tratamiento de agua rural</i>	102
4.6.2	<i>Costos de instalación domiciliaria y barreras de conexión</i>	103
4.6.3	<i>Agua embotellada y su relación con la desconfianza en el sistema formal</i>	103
4.7	ESCUELA, ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO Y SALUD PÚBLICA	104
4.7.1	<i>Rol de las escuelas rurales en el cuidado del sistema de agua</i>	104
4.7.2	<i>Almacenamiento domiciliario de agua y sus riesgos sanitarios asociados</i>	105
4.7.3	<i>Coordinación entre el sistema de agua y los servicios de salud locales</i>	106
4.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	107
4.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 4	108
5	INFRAESTRUCTURA VIAL Y CONECTIVIDAD TERRITORIAL	110
5.1	FUNCIÓN TERRITORIAL, DRENAJE, DETERIORO Y EVALUACIÓN VIAL	110
5.1.1	<i>Función estructural de caminos y puentes en el desarrollo rural</i>	110
5.1.2	<i>Diseño hidráulico y drenaje en vías rurales</i>	110
5.1.3	<i>Deterioro vial y su impacto en la productividad agrícola</i>	111
5.1.4	<i>Métodos de evaluación del estado de la red vial</i>	111
5.2	GESTIÓN, MOVILIDAD, PLANIFICACIÓN Y MATERIALES LOCALES	113
5.2.1	<i>Modelos de gestión comunitaria de vías terciarias</i>	113
5.2.2	<i>Movilidad, transporte y acceso a servicios básicos</i>	113
5.2.3	<i>Planificación vial sostenible y reducción de brechas territoriales</i>	114
5.2.4	<i>Materiales y técnicas constructivas adaptadas al medio rural</i>	114
5.3	SEGURIDAD, MERCADOS, PUENTES Y ACCESO SANITARIO	115

5.3.1	<i>Señalización, seguridad vial y prevención de accidentes</i>	115
5.3.2	<i>Vialidad y acceso a mercados agrícolas</i>	115
5.3.3	<i>Puentes rurales: diseño, inspección y mantenimiento preventivo</i>	116
5.3.4	<i>Vías de acceso a centros de salud: un caso de prioridad diferenciada</i>	116
5.4	EDUCACIÓN, EMERGENCIAS, COSTOS Y TURISMO RURAL	116
5.4.1	<i>Impacto de la vialidad rural en el acceso educativo</i>	117
5.4.2	<i>Vialidad rural y respuesta ante emergencias climáticas</i>	117
5.4.3	<i>Costos comparados: mantenimiento preventivo frente a reconstrucción</i>	117
5.4.4	<i>Vialidad rural y turismo de naturaleza en la comuna Joa</i>	118
5.5	LOGÍSTICA, NORMATIVA, MONITOREO Y ADAPTACIÓN CLIMÁTICA	119
5.5.1	<i>Vialidad y logística de insumos agrícolas</i>	119
5.5.2	<i>Vías de tercer orden y su tratamiento diferenciado en la normativa</i>	119
5.5.3	<i>Tecnología de bajo costo para el monitoreo del estado vial</i>	120
5.5.4	<i>Vialidad rural y cambio climático: adaptación de estándares de diseño</i>	120
5.6	MAQUINARIA, PERCEPCIÓN, FINANZAS Y PROGRAMAS SOCIALES.....	120
5.6.1	<i>Rol de la maquinaria comunitaria en el mantenimiento vial</i>	121
5.6.2	<i>Percepción comunitaria sobre la prioridad vial frente a otras necesidades</i>	121
5.6.3	<i>Vialidad rural y acceso a servicios financieros</i>	121
5.6.4	<i>Vialidad rural y acceso a programas sociales del Estado</i>	122
5.7	GESTIÓN VIAL INTEGRADA, AGUA Y MECANISMOS DE FINANCIAMIENTO	122
5.7.1	<i>Consideraciones finales sobre la gestión vial sostenible</i>	123
5.7.2	<i>Vialidad rural y encadenamiento con la infraestructura hídrica</i>	123
5.7.3	<i>Financiamiento de la vialidad rural mediante fondos de compensación</i>	123
5.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	124
5.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 5	125

6 ENERGÍA RENOVABLE E INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA RURAL ... 127

6.1	SISTEMAS SOLARES, AGRICULTURA, MANTENIMIENTO Y ELECTRIFICACIÓN	127
6.1.1	<i>Paneles solares como alternativa energética en zonas aisladas</i>	127
6.1.2	<i>Infraestructura agrícola y su relación con la generación solar</i>	127
6.1.3	<i>Mantenimiento y vida útil de sistemas fotovoltaicos rurales</i>	128
6.1.4	<i>Programas públicos y privados de electrificación rural</i>	129
6.2	DESCARBONIZACIÓN, BARRERAS Y PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	131
6.2.1	<i>Energía solar y reducción de la dependencia de combustibles fósiles</i>	131
6.2.2	<i>Barreras económicas y técnicas para la adopción energética</i>	131
6.2.3	<i>Integración de la energía renovable en la planificación territorial</i>	132
6.2.4	<i>Energía eólica y otras fuentes renovables complementarias</i>	132
6.3	CAPACIDADES LOCALES, SERVICIOS PÚBLICOS Y ALMACENAMIENTO	133
6.3.1	<i>Capacitación técnica local para el sostenimiento de sistemas energéticos</i>	133
6.3.2	<i>Energía solar en instituciones educativas y de salud rural ..</i>	133
6.3.3	<i>Almacenamiento energético y gestión de la intermitencia solar</i>	134
6.3.4	<i>Marco regulatorio ecuatoriano para la generación distribuida</i>	134
6.4	REGULACIÓN, CICLO DE VIDA, EMPLEO Y MICRORREDES	135
6.4.1	<i>Impacto ambiental de los sistemas fotovoltaicos y su disposición final</i>	135
6.4.2	<i>Energía solar y generación de empleo local</i>	135
6.4.3	<i>Microrredes solares comunitarias como alternativa de escala</i>	135
6.4.4	<i>Energía solar térmica: una alternativa complementaria poco explorada.....</i>	136

6.5	COSTOS, MIGRACIÓN Y ACEPTACIÓN COMUNITARIA	137
6.5.1	<i>Comparación de costos entre energía solar y extensión de red convencional.....</i>	<i>137</i>
6.5.2	<i>Energía renovable y reducción de la migración rural</i>	<i>138</i>
6.5.3	<i>Percepción comunitaria sobre la energía solar en Joa</i>	<i>138</i>
6.6	INVERSIÓN, PROCESAMIENTO AGRÍCOLA Y BALANCE ENERGÉTICO.....	139
6.6.1	<i>Energía renovable como componente de atractivo para inversión externa</i>	<i>139</i>
6.6.2	<i>Energía solar y valor agregado en el procesamiento agrícola local</i>	<i>139</i>
6.6.3	<i>Balance final sobre el estado y el potencial energético de Joa</i>	<i>140</i>
6.7	TRABAJO DOMÉSTICO, BIODIGESTORES Y COMPLEMENTARIEDAD TECNOLÓGICA	140
6.7.1	<i>Energía solar y reducción de la carga de trabajo doméstico</i>	<i>141</i>
6.7.2	<i>Complementariedad entre energía solar y biodigestores agrícolas</i>	<i>141</i>
6.7.3	<i>Articulación con el proyecto de energía renovable en la Casa Comunal de San Francisco de Paján</i>	<i>142</i>
6.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	144
6.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 6	145
7	GESTIÓN DE RESIDUOS Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	147
7.1	DIAGNÓSTICO DE RESIDUOS, CONTAMINACIÓN Y MODELOS COMUNITARIOS .	147
7.1.1	<i>Situación de la gestión de residuos sólidos en el área rural ecuatoriana</i>	<i>147</i>
7.1.2	<i>Ausencia de plantas de tratamiento y sus consecuencias ambientales.....</i>	<i>148</i>
7.1.3	<i>Contaminación del suelo y del agua por manejo inadecuado de desechos</i>	<i>148</i>
7.1.4	<i>Modelos de recolección, clasificación y reciclaje comunitario</i>	<i>149</i>
7.2	EVALUACIÓN AMBIENTAL, EDUCACIÓN Y SISTEMA INTEGRAL	150

7.2.1	<i>Evaluación de impacto ambiental en sistemas de gestión de residuos</i>	150
7.2.2	<i>Educación ambiental como herramienta de cambio de comportamiento.....</i>	150
7.2.3	<i>Hacia un sistema integral de gestión de residuos en comunidades rurales</i>	151
7.3	RESIDUOS PRODUCTIVOS, FINANCIAMIENTO Y PLÁSTICOS	151
7.3.1	<i>Residuos agrícolas y ganaderos como recurso aprovechable</i>	152
7.3.2	<i>Financiamiento de infraestructura de residuos a escala mancomunada.....</i>	152
7.3.3	<i>Residuos plásticos y su impacto en cauces y zonas costeras</i>	152
7.4	RESIDUOS PELIGROSOS, COMPOSTAJE Y COSTOS EVITADOS	153
7.4.1	<i>Gestión de residuos peligrosos en el medio rural</i>	153
7.4.2	<i>Compostaje comunitario: diseño técnico y participación</i>	153
7.4.3	<i>Costos evitados por una gestión adecuada de residuos</i>	153
7.5	GOBIERNO LOCAL, RECOLECCIÓN DIFERENCIADA Y TASAS	154
7.5.1	<i>Rol de las juntas parroquiales en la gestión ambiental local</i>	154
7.5.2	<i>Recolección diferenciada según tipo de generador de residuos</i>	155
7.5.3	<i>Financiamiento mediante tasas municipales de aseo</i>	155
7.6	REDUCCIÓN, TURISMO, PERCEPCIÓN E INDICADORES.....	156
7.6.1	<i>Reducción en la fuente: estrategias de consumo responsable</i>	156
7.6.2	<i>Turismo responsable y gestión de residuos en sitios naturales</i>	156
7.6.3	<i>Percepción comunitaria sobre la gestión de residuos en Joa</i>	157
7.6.4	<i>Indicadores de éxito para un futuro programa de gestión de residuos</i>	157
7.7	SALUD PÚBLICA, BALANCE Y EXPERIENCIAS TRANSFERIBLES	158
7.7.1	<i>Vínculo entre gestión de residuos y salud pública veterinaria</i>	158

7.7.2	<i>Balance final sobre la gestión de residuos en la comuna Joa</i>	158
7.7.3	<i>Gestión de residuos y su vínculo con la actividad turística sostenible</i>	159
7.7.4	<i>Lecciones de experiencias regionales exitosas en gestión de residuos rurales</i>	159
7.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	160
7.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 7	161
8	PLANIFICACIÓN, PARTICIPACIÓN COMUNITARIA Y POLÍTICAS PÚBLICAS	163
8.1	PARTICIPACIÓN COMUNITARIA, ALIANZAS Y POLÍTICA PÚBLICA	163
8.1.1	<i>Rol de la comunidad en la gestión de infraestructura física</i>	163
8.1.2	<i>Alianzas público-privadas para la rehabilitación de infraestructuras</i>	166
8.1.3	<i>Políticas públicas de infraestructura en Ecuador y su implementación local</i>	166
8.2	ORDENAMIENTO, INDICADORES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS	167
8.2.1	<i>Planificación territorial y ordenamiento del uso del suelo</i>	168
8.2.2	<i>Indicadores de sostenibilidad para la evaluación de proyectos</i>	168
8.2.3	<i>Recomendaciones técnicas para la comuna Joa y comunidades similares</i>	168
8.3	PROYECCIÓN, SEGUIMIENTO Y RÉPLICA TERRITORIAL	169
8.3.1	<i>Proyecciones futuras: hacia un modelo replicable de gestión sostenible</i>	170
8.3.2	<i>Monitoreo y evaluación continua de las intervenciones</i>	170
8.3.3	<i>Réplica del modelo en otras parroquias del cantón Jipijapa</i>	170
8.4	FINANCIAMIENTO, INDICADORES OPERATIVOS Y CIERRE ESTRATÉGICO	171
8.4.1	<i>Palabras finales: infraestructura, recursos naturales y futuro rural</i>	171
8.4.2	<i>Financiamiento combinado para un plan integral de infraestructura</i>	171

8.4.3	<i>Indicadores de seguimiento para la implementación del plan</i>	172
8.5	RIESGOS, COMUNICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS	173
8.5.1	<i>Riesgos de implementación y estrategias de mitigación</i>	173
8.5.2	<i>El rol de los medios de comunicación comunitaria</i>	173
8.5.3	<i>Evaluación de impacto a mediano plazo del plan integral ..</i>	174
8.6	ARTICULACIÓN SECTORIAL, UNIVERSIDAD Y ESCALA PROVINCIAL	174
8.6.1	<i>Articulación entre los ocho componentes analizados en esta obra</i>	174
8.6.2	<i>El papel de las universidades más allá del diagnóstico inicial</i>	175
8.6.3	<i>Réplica del modelo a nivel de la provincia de Manabí.....</i>	175
8.7	DECISIÓN PÚBLICA, EQUIDAD TERRITORIAL Y CIERRE DE LA OBRA.....	176
8.7.1	<i>Mensaje final a los tomadores de decisión.....</i>	176
8.7.2	<i>Reflexión final sobre el proceso de escritura de esta obra...</i>	177
8.7.3	<i>Recomendaciones por componente de infraestructura, en conjunto</i>	177
8.7.4	<i>Cierre de la obra</i>	177
8.7.5	<i>Consideraciones finales sobre la equidad territorial en la inversión pública.....</i>	178
8.7.6	<i>Hoja de ruta para la ejecución territorial</i>	178
8.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	179
8.9	REFERENCIAS DEL CAPÍTULO 8	179
9	GLOSARIO TÉCNICO	181

PRÓLOGO

La infraestructura física de una comunidad rural adquiere verdadero sentido cuando responde a las necesidades de quienes habitan el territorio, favorece las actividades productivas y mantiene una relación responsable con los recursos naturales disponibles. Desde esta perspectiva, la presente obra examina la infraestructura no como un conjunto aislado de caminos, sistemas de agua, redes eléctricas, instalaciones comunitarias o servicios básicos, sino como una estructura territorial cuya funcionalidad repercute directamente en la movilidad, la producción, la salud, la seguridad y la calidad de vida de la población.

La comuna Joa, ubicada en el cantón Jipijapa, constituye el principal referente territorial del análisis. Su realidad permite estudiar problemas frecuentes en comunidades rurales de la costa ecuatoriana, entre ellos el deterioro vial, las limitaciones del saneamiento, la necesidad de mejorar la gestión hídrica, el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, la incorporación de energías renovables y la participación comunitaria en la conservación de las obras. Las condiciones observadas no se examinan de manera aislada. Cada capítulo vincula la evidencia de campo con fundamentos técnicos, ambientales, económicos y sociales que permiten interpretar la funcionalidad de la infraestructura y plantear alternativas compatibles con las características del territorio.

La obra mantiene una relación directa con procesos institucionales de investigación desarrollados desde la carrera y los programas de posgrado. De manera expresa, tributa al Proyecto Carrera 2025: “Generación de alternativas para mejorar la infraestructura física para el buen vivir en los sitios de Joá y Mero Seco ubicados en las parroquias de Jipijapa y Julcuy respectivamente. Etapa V”. Esta línea investigativa continúa mediante el Proyecto Carrera 2026: “Generación de alternativas para mejorar la infraestructura física para el buen vivir en los sitios de Joá y Mero Seco ubicados en las parroquias de Jipijapa y Julcuy respectivamente. Etapa VI”.

El contenido también contribuye al Proyecto Maestría 2025: “Fortalecimiento integral de la infraestructura física en comunidades rurales: estudio de casos en Joá y Sancán, cantón Jipijapa, Ecuador, Etapa I”, cuya continuidad académica y técnica se desarrolla mediante el Proyecto Maestría 2026: “Fortalecimiento

integral de la infraestructura física en comunidades rurales: estudio de casos en Joá y Sancán, cantón Jipijapa, Ecuador, Etapa II”. Esta relación permite articular investigación de grado, formación de posgrado y producción científica alrededor de una misma problemática territorial.

Parte de la evidencia empleada encuentra también sustento en el trabajo “Diagnóstico de infraestructura física para fomentar el desarrollo productivo del sitio Joa del cantón Jipijapa”, que aporta información de campo, identificación de componentes de infraestructura y elementos para comprender las necesidades técnicas de la comunidad. La incorporación de estos resultados fortalece la continuidad entre diagnóstico, investigación aplicada y formulación de alternativas de intervención.

El libro se concibe, de esta manera, como un producto académico derivado de varias etapas de investigación institucional. Su propósito no se limita a describir deficiencias. Busca ofrecer fundamentos que permitan interpretar técnicamente las relaciones entre infraestructura, territorio y recursos naturales, de modo que los resultados puedan servir para la formación universitaria, la planificación local, la investigación de posgrado y la preparación de futuras propuestas de intervención en Joa, Mero Seco, Sancán y otras comunidades rurales con características semejantes.

Cada capítulo recoge una parte de ese esfuerzo colectivo. La obra procura que el conocimiento generado desde la universidad mantenga una relación directa con los problemas que enfrenta la población y que la investigación pueda transformarse en información técnicamente útil para orientar decisiones públicas, comunitarias y profesionales.

Los Autores

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO I

**La infraestructura física como soporte
del desarrollo territorial rural**

AUTOR: Solórzano Villegas Lucy Elizabeth



1 La infraestructura física como soporte del desarrollo territorial rural

La infraestructura física condiciona la movilidad, la producción, el acceso a servicios y la seguridad cotidiana de una comunidad rural. El capítulo examina esa relación desde sus fundamentos conceptuales, su evolución histórica y el marco institucional ecuatoriano. El análisis toma como referencia la comuna Joa, en el cantón Jipijapa, y considera la infraestructura como un medio técnico cuyo desempeño depende de las condiciones ambientales, productivas y sociales del territorio.

1.1 Fundamentos y evolución de la infraestructura rural

La infraestructura rural se comprende mejor cuando se examinan su función económica, su servicio social y su vínculo con el territorio. Los estudios municipales y regionales muestran una asociación positiva entre dotación de infraestructura física y crecimiento económico, aunque la magnitud del efecto varía según el tipo de inversión y la estructura productiva del territorio (Barajas Bustillos y Gutiérrez Flores, 2012; Rojas Ramírez y Molina Vargas, 2018).

1.1.1 Definición y alcance conceptual de la infraestructura física

Para muchos habitantes de una comuna rural, la infraestructura física apenas se nota mientras funciona bien. El agua sale del grifo, el camino se recorre sin sobresaltos, la luz llega a la casa. Solo cuando algo falla se hace visible su peso real en la vida diaria. Bajo un enfoque técnico, la infraestructura física reúne el conjunto de estructuras, sistemas y redes organizativas necesarias para el funcionamiento de una sociedad y su economía. Incluye vías, puentes, sistemas de agua potable, redes eléctricas y edificaciones destinadas a servicios básicos.

Esta definición, sin embargo, se queda corta si no se conecta con el territorio donde opera. Una carretera no es solo asfalto y señalización; es también el puente entre una parcela agrícola y su mercado. Un sistema de riego no es únicamente tubería; es la diferencia entre una cosecha perdida y una economía familiar sostenida. Entender la infraestructura física exige, entonces, mirarla como una pieza dentro de un engranaje mayor que involucra recursos naturales, actividad productiva y bienestar social.

La teoría económica clásica suele clasificar a la infraestructura como un bien público o semipúblico, dado que su uso por parte de una persona no impide, en

principio, que otras la utilicen al mismo tiempo. Esa característica explica por qué el mercado privado rara vez invierte en infraestructura rural sin algún tipo de incentivo o garantía estatal: el retorno económico se diluye entre muchos beneficiarios dispersos en un territorio de baja densidad poblacional, mientras el costo de construcción y mantenimiento se concentra en quien la financia.

Conviene distinguir entre infraestructura dura y blanda, una separación que rara vez se hace explícita en los diagnósticos técnicos convencionales. La infraestructura dura corresponde a las obras físicas propiamente dichas: tuberías, pavimentos, estructuras de concreto, paneles solares. La infraestructura blanda, en cambio, incluye los sistemas organizativos, normativos y de gestión que permiten que esas obras funcionen de manera sostenida: catastros de usuarios, comités de mantenimiento, protocolos de operación. Un diagnóstico que solo evalúa la primera y descuida la segunda corre el riesgo de recomendar obras que, sin la organización adecuada, se deterioran en pocos años.

1.1.2 Evolución histórica de la infraestructura en entornos rurales latinoamericanos

Durante décadas, la inversión en infraestructura en América Latina se concentró en corredores urbanos e industriales, dejando a las zonas rurales en un segundo plano. Esta desigualdad no fue casual: respondió a modelos de desarrollo que privilegiaron la producción a gran escala y el comercio exterior sobre la vida comunitaria del campo. Con el paso del tiempo, distintos organismos de cooperación empezaron a señalar que sin infraestructura rural suficiente, el crecimiento nacional termina siendo desigual.

En Ecuador, ese rezago histórico dejó huellas todavía visibles. El país ha destinado recursos importantes a sectores como transporte y energía, pero las deficiencias persisten y afectan su competitividad. Comunidades como Joa, en el cantón Jipijapa, son un ejemplo de esa realidad: cuentan con electricidad y agua potable, pero carecen de alcantarillado sanitario y pluvial (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025), una brecha que atraviesa buena parte del territorio rural ecuatoriano.

Un repaso comparativo entre países de la región permite matizar este panorama general. Chile avanzó desde mediados del siglo pasado en la electrificación rural a través de programas estatales sostenidos que combinaron subsidio

directo y participación comunitaria en el mantenimiento. Colombia concentró buena parte de su inversión vial en corredores de exportación agrícola, dejando a las vías terciarias, aquellas que conectan veredas y caseríos con las cabeceras municipales, en una situación de abandono que persiste hasta hoy. México combinó ambos enfoques con resultados desiguales según la región.

Ecuador, dentro de este mapa regional, muestra un patrón intermedio: la infraestructura básica de electricidad y agua avanzó de manera relativamente amplia gracias a programas nacionales de las últimas tres décadas, pero el saneamiento y la vialidad rural quedaron sistemáticamente postergados frente a otras prioridades presupuestarias. Esta asimetría entre componentes de la infraestructura, y no solo entre territorios urbanos y rurales, resulta decisiva para entender por qué una comuna puede tener electricidad confiable y al mismo tiempo carecer por completo de alcantarillado, como ocurre en Joa.

1.1.3 Infraestructura física y crecimiento económico local

La relación entre infraestructura y economía cuenta con respaldo empírico regional. Barajas y Gutiérrez (2012) identificaron una asociación positiva entre la dotación de infraestructura física y el crecimiento económico en municipios de la frontera norte de México. El resultado permite sostener que la infraestructura modifica las condiciones para la actividad económica, aunque su efecto depende de las características productivas y territoriales de cada municipio.

Lo interesante es que el efecto no es automático. La infraestructura habilita condiciones, no garantiza resultados. Una vía en buen estado puede quedar subutilizada si no existe acompañamiento en capacitación productiva o acceso a mercados. De ahí que el diagnóstico de la funcionalidad de una infraestructura deba mirar tanto su estado físico como su inserción real en las dinámicas económicas del territorio que sirve.

Este principio se vuelve tangible al observar la cadena productiva agrícola de comunidades como Joa. Un agricultor puede contar con semillas de buena calidad, suelo fértil y conocimiento técnico transmitido por generaciones, y aun así ver reducido su ingreso si el camino hacia el mercado más cercano se vuelve intransitable durante la temporada de lluvias. La pérdida no ocurre en el campo, sino en el trayecto: el producto se cosecha, pero no llega a tiempo o en buen estado a su comprador.

La economía del transporte ofrece un marco útil para entender esta dinámica: cada kilómetro de vía en mal estado añade un costo logístico que se traslada, casi siempre, al productor primario, quien tiene menor capacidad de negociación frente a intermediarios y transportistas. Reducir ese costo mediante infraestructura vial adecuada no solo mejora el ingreso disponible; también fortalece la posición negociadora del productor rural.

1.1.4 Dimensiones social, económica y ambiental de la infraestructura

Toda obra de infraestructura arrastra consigo tres dimensiones que rara vez se analizan juntas. La económica es la más citada: facilita transacciones, reduce costos, abre mercados. La social suele mencionarse después, aunque no sea menos importante: la infraestructura adecuada mejora la calidad de vida y puede contribuir a disminuir las desigualdades territoriales. La ambiental, en cambio, tiende a quedar relegada a un capítulo aparte, cuando en realidad determina si esas dos primeras dimensiones son sostenibles en el tiempo.

Ignorar cualquiera de las tres deja coja la evaluación de un proyecto. Un puente construido sin estudios de drenaje adecuados puede resolver un problema de movilidad y crear, al mismo tiempo, uno de erosión o inundación. La experiencia de comunidades como Joa confirma este punto: sus caminos y puentes deteriorados no solo afectan el traslado de personas, también comprometen la calidad del suelo y del agua de la zona.

La dimensión social, por su parte, incluye aspectos que rara vez aparecen en un presupuesto de obra pública: el tiempo que una mujer rural dedica a acarrear agua cuando la red de distribución falla, la deserción escolar que provoca un camino intransitable en época de lluvias, o la exclusión de personas con movilidad reducida cuando una vereda carece de accesos adecuados.

Integrar las tres dimensiones exige, en la práctica, evaluar cada proyecto de infraestructura con matrices multicriterio que no se limiten al costo financiero. Algunos organismos multilaterales han empezado a exigir este tipo de evaluación como condición para el financiamiento de obras rurales, incorporando indicadores de equidad de género, resiliencia climática y huella ambiental junto a los tradicionales de costo-beneficio económico.

La Figura 1.1 presenta delimitación espacial de la comuna joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 1.1. Delimitación espacial de la comuna Joa

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto base (2025), p. 6.

1.2 Normativa, ecosistemas y desafíos territoriales

Las competencias públicas y la dependencia de los servicios ecosistémicos condicionan la vida útil de cada obra. La infraestructura verde y los servicios ecosistémicos pueden complementar soluciones convencionales cuando la planificación reconoce funciones de regulación hídrica, protección del suelo y soporte ambiental (Ersoy, 2022).

1.2.1 Infraestructura física en el marco normativo ecuatoriano

El marco legal ecuatoriano reconoce a la infraestructura como un componente central de la planificación territorial, aunque su aplicación en zonas rurales enfrenta vacíos evidentes. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados tienen competencias directas sobre vialidad, agua y saneamiento, pero la capacidad técnica y financiera para ejercerlas varía enormemente entre cantones. Esa disparidad explica, en buena parte, por qué comunas pequeñas como Joa dependen de proyectos macro de investigación universitaria para obtener un diagnóstico serio de sus propias infraestructuras.

Vale mencionar que la normativa ambiental exige estudios de impacto para intervenciones de cierta envergadura, pero rara vez contempla mecanismos de seguimiento posteriores a la construcción. El resultado es una infraestructura que se evalúa antes de existir y casi nunca después de operar durante años, cuando el deterioro y la desadaptación a las condiciones locales ya son evidentes.

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización asigna competencias específicas de vialidad rural a los gobiernos provinciales, mientras que el agua potable y el saneamiento quedan a cargo de los municipios cantonales. Esta división de competencias, razonable en principio, genera en la práctica descoordinación cuando un mismo proyecto requiere la participación conjunta de ambos niveles de gobierno.

A esto se suma la limitada capacidad técnica de muchos Gobiernos Autónomos Descentralizados cantonales, que a menudo no cuentan con personal especializado en ingeniería hidráulica o ambiental. Esta carencia técnica local es uno de los argumentos más sólidos para sostener alianzas de largo plazo entre universidades regionales y gobiernos locales.

1.2.2 Relación entre infraestructura física y servicios ecosistémicos

Detrás de cualquier sistema de agua, cualquier vía o cualquier red eléctrica hay un ecosistema que sostiene su funcionamiento. El funcionamiento efectivo de la infraestructura física a largo plazo depende en gran medida de los servicios ecosistémicos que la rodean: suministro de agua, regulación del clima, biodiversidad. Ignorar esa dependencia es construir sobre una base que tarde o temprano se agota.

En comunidades con vocación agrícola y turística, como Joa, esta relación se vuelve todavía más estrecha. El río Jipijapa, la biodiversidad local y los pozos de aguas subterráneas no son un telón de fondo decorativo; son la fuente misma de lo que las infraestructuras están destinadas a distribuir, canalizar o aprovechar.

El concepto de infraestructura verde, cada vez más presente en la planificación urbana de ciudades grandes, tiene una aplicación igualmente relevante en el medio rural, aunque todavía poco explorada en comunidades pequeñas. Franjas de vegetación ribereña, bosques de galería o humedales naturales cumplen

funciones que, de perderse, tendrían que sustituirse con obras de ingeniería mucho más costosas.

Esta perspectiva integrada exige un cambio en la forma de medir el éxito de un proyecto de infraestructura. En lugar de evaluar únicamente si una obra se construyó dentro del presupuesto y el plazo previstos, convendría incorporar indicadores sobre el estado del ecosistema que la sostiene: caudal del río asociado, cobertura vegetal de la cuenca, calidad del suelo circundante.

1.2.3 Retos actuales de la infraestructura física en comunidades rurales

Los retos que enfrenta hoy la infraestructura rural no son nuevos, pero sí se han vuelto más urgentes. El cambio climático intensifica lluvias y sequías, exigiendo diseños más resistentes que los que se construyeron hace treinta años. La migración del campo a la ciudad reduce la mano de obra disponible para el mantenimiento comunitario. Y los presupuestos públicos, siempre limitados, compiten entre urgencias sociales y proyectos de infraestructura que no producen resultados visibles de un año para otro.

A esto se suma un reto menos técnico y más cultural: lograr que la comunidad se apropie de la infraestructura que utiliza. Sin ese sentido de pertenencia, ninguna obra sobrevive mucho tiempo al abandono institucional.

El fenómeno migratorio merece una mención aparte. La salida de población joven hacia ciudades intermedias y grandes capitales reduce no solo la mano de obra disponible para el mantenimiento comunitario, sino también la base tributaria con la que muchos gobiernos cantonales financian obras menores. Comunidades como Joa enfrentan este reto de manera directa.

El cambio climático añade una capa adicional de incertidumbre técnica. Los parámetros de diseño hidráulico empleados hace dos o tres décadas, basados en registros históricos de precipitación que hoy resultan insuficientes, subestiman la intensidad de eventos extremos cada vez más frecuentes en la costa ecuatoriana. Actualizar estos parámetros no es un ejercicio meramente académico: de ello depende que un puente o una alcantarilla resistan la próxima temporada invernal intensa.

La Tabla 1.1 organiza dimensiones de la infraestructura rural y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 1.1. Dimensiones de la infraestructura rural

Dimensión	Contenido evaluado	Aplicación en Joa
Económica	Acceso, productividad y costos logísticos	Transporte de cosechas y conexión con mercados
Social	Cobertura, tiempo, seguridad y equidad	Acceso a agua, salud, educación y movilidad
Ambiental	Presión sobre agua, suelo y biodiversidad	Erosión, descargas y uso de canteras
Institucional	Competencias, mantenimiento y financiamiento	Coordinación entre GAD, comunidad y universidad

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

1.3 Marcos interpretativos y lectura del caso Joa

El caso de Joa permite conectar teoría y observación de campo. La coexistencia de servicios operativos con déficits en saneamiento, drenaje y movilidad demuestra que la cobertura no basta para valorar la funcionalidad territorial.

1.3.1 Marcos teóricos complementarios para el análisis de la infraestructura

Distintas escuelas de pensamiento económico y territorial ofrecen lentes complementarias para analizar la infraestructura rural. La teoría del capital social sostiene que la confianza y las redes de cooperación entre vecinos constituyen un recurso tan real como el capital físico, capaz de sustituir parcialmente la ausencia de inversión estatal mediante esquemas de trabajo comunitario. La teoría de sistemas complejos invita a ver la infraestructura como una red de componentes interdependientes donde la falla de uno se propaga hacia los demás.

La geografía económica añade otra capa de análisis relevante: la distancia física entre un asentamiento rural y sus centros de servicios no es un dato neutro, sino un factor que multiplica o reduce el costo efectivo de cualquier intervención de infraestructura.

Combinar estas miradas teóricas con el diagnóstico técnico tradicional de ingeniería civil permite construir un marco de análisis más completo, capaz de

explicar no solo el estado físico de una infraestructura, sino también las razones sociales, económicas y territoriales detrás de su deterioro o de su buen funcionamiento.

1.3.2 La comuna Joa como caso de estudio representativo

La comuna Joa, perteneciente a la parroquia rural del cantón Jipijapa, en la provincia de Manabí, reúne varias características que la convierten en un caso de estudio particularmente representativo del territorio rural costero ecuatoriano. Su economía combina agricultura de ciclo corto, ganadería menor y un incipiente turismo asociado a sus pozos de aguas sulfurosas y al volcán inactivo Cerro Chocotete.

Estas características no son exclusivas de Joa. Decenas de comunas a lo largo de la costa manabita comparten un perfil socioeconómico similar: dependencia de actividades primarias, infraestructura básica parcialmente consolidada y una relación estrecha entre sus actividades productivas y los recursos naturales del entorno inmediato.

1.3.3 Hacia una lectura integrada de la infraestructura rural

Cerrar este capítulo introductorio exige subrayar un punto que atraviesa toda la obra: la infraestructura física rural no se entiende del todo si se analiza componente por componente, de forma aislada. El agua, la vialidad, la energía y los residuos interactúan constantemente entre sí y con los recursos naturales del territorio.

Leer la infraestructura de manera integrada, en lugar de fragmentada, tiene consecuencias prácticas directas sobre cómo se prioriza la inversión pública, cómo se diseñan los proyectos de rehabilitación y cómo se involucra a la comunidad en su cuidado.

1.4 Financiamiento, indicadores y equidad territorial

La priorización de inversiones exige indicadores comparables, criterios de equidad y fuentes de financiamiento compatibles con la capacidad local. La evidencia para Ecuador confirma que la infraestructura incide en productividad y bienestar, aunque los resultados dependen de su distribución territorial y continuidad operativa (Burgos et al., 2024).

1.4.1 Financiamiento internacional y cooperación técnica para la infraestructura rural

Buena parte de la infraestructura rural construida en Ecuador durante las últimas dos décadas ha contado con algún componente de financiamiento internacional, ya sea a través de préstamos de organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo y la CAF, o mediante cooperación técnica no reembolsable de agencias bilaterales.

Sin embargo, el financiamiento internacional trae consigo condicionalidades técnicas y administrativas que muchos gobiernos locales pequeños no están preparados para cumplir: estudios de factibilidad detallados, evaluaciones ambientales exhaustivas y sistemas de monitoreo posteriores a la ejecución.

Superar esta limitación exige construir capacidades técnicas locales sostenidas en el tiempo. Las universidades regionales, con programas de vinculación con la sociedad, cumplen aquí un papel que trasciende la investigación académica: se convierten en el puente técnico que permite a comunidades pequeñas formular proyectos con la calidad suficiente para competir por financiamiento externo.

1.4.2 Indicadores para medir el rezago de infraestructura rural

Medir el rezago de infraestructura rural frente a los estándares urbanos requiere indicadores específicos que vayan más allá de la simple cobertura de servicios. La densidad vial por habitante, el porcentaje de vías en buen estado, la continuidad horaria del servicio de agua potable, la proporción de viviendas con saneamiento adecuado y el porcentaje de residuos con tratamiento formal constituyen un conjunto básico de indicadores.

Aplicados a la comuna Joa, estos indicadores confirman un patrón de desarrollo desigual entre componentes: cobertura relativamente alta en electricidad y agua potable, cobertura nula en alcantarillado, y cobertura parcial en vialidad y gestión de residuos.

Contar con estos indicadores de manera sistemática y actualizada permitiría a los Gobiernos Autónomos Descentralizados priorizar su inversión con criterios técnicos, en lugar de depender exclusivamente de la presión política puntual de una comunidad frente a otra.

1.4.3 Infraestructura rural y equidad de género en el territorio

La ausencia o el deterioro de infraestructura básica no afecta por igual a todos los habitantes de una comuna rural. Distintos estudios sobre el medio rural latinoamericano documentan que las mujeres asumen, de manera desproporcionada, las tareas de acarreo de agua, cuidado de menores y gestión doméstica de residuos cuando la infraestructura formal falla o resulta insuficiente.

Incorporar una mirada de género en la planificación de infraestructura rural implica consultar de manera diferenciada a hombres y mujeres sobre sus necesidades, y diseñar soluciones que reduzcan esa carga desproporcionada.

En comunidades como Joa, donde la actividad agrícola y ganadera involucra activamente tanto a hombres como a mujeres, esta dimensión de género adquiere una relevancia adicional que un plan de infraestructura equitativo no puede ignorar.

1.4.4 Lecciones de experiencias comparadas en la región andina y costera

Las experiencias de gestión de infraestructura rural en comunidades andinas, con su tradición de minga y trabajo colectivo, ofrecen lecciones valiosas para comunidades costeras como Joa, aunque las diferencias geográficas y productivas exigen adaptaciones cuidadosas.

Aun así, el principio subyacente resulta transferible: la infraestructura se mantiene mejor cuando la comunidad que la usa participa activamente en su gestión, no solo como beneficiaria pasiva de una obra ejecutada por terceros.

La Figura 1.2 presenta mapa político y red hidrográfica de Joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

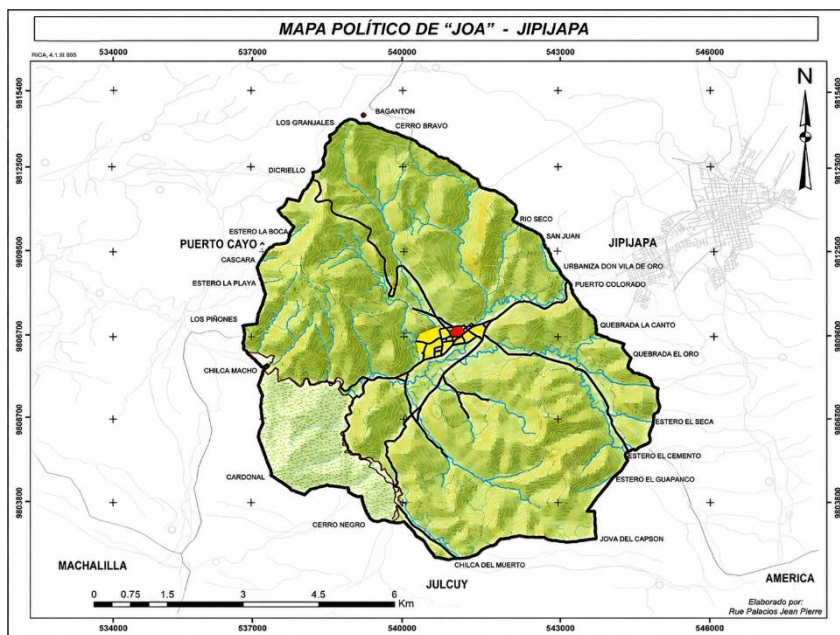


Figura 1.2. Mapa político y red hidrográfica de Joa

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto base (2025), p. 11.

1.5 Academia, prospectiva y gestión del riesgo

Las universidades pueden reducir vacíos de información mediante levantamientos técnicos, formación de estudiantes y acompañamiento a gobiernos locales. Este papel cobra mayor peso cuando la infraestructura envejece y aumenta la exposición a sismos, inundaciones y sequías.

1.5.1 El papel de la academia en el levantamiento de diagnósticos territoriales

Las universidades públicas ecuatorianas han asumido un rol cada vez más activo en el levantamiento de diagnósticos técnicos sobre infraestructura y recursos naturales en comunidades rurales, a través de programas de vinculación con la sociedad que combinan formación estudiantil con servicio directo a las comunidades.

El caso de la comuna Joa ilustra bien este modelo. El diagnóstico que da origen a esta obra surgió de un trabajo de investigación de titulación que combinó rigor metodológico con un compromiso genuino de aportar información útil a una comunidad que de otro modo no habría contado con un estudio de esta naturaleza.

El reto pendiente consiste en asegurar que estos diagnósticos académicos no queden confinados a un repositorio institucional, sino que se traduzcan en decisiones concretas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y de las propias comunidades.

1.5.2 Perspectivas de largo plazo para la infraestructura rural ecuatoriana

Proyectar el futuro de la infraestructura rural ecuatoriana exige reconocer señales que ya se perciben con claridad: el envejecimiento de la infraestructura construida durante las últimas décadas, la presión creciente del cambio climático sobre los diseños existentes, y la persistencia de una migración rural que reduce la mano de obra disponible.

Al mismo tiempo, nuevas oportunidades tecnológicas, desde sensores de bajo costo hasta sistemas de energía solar cada vez más accesibles, ofrecen alternativas que hace una década resultaban impensables para comunidades de recursos limitados.

El futuro de comunidades como Joa dependerá de si estas dos fuerzas, la adaptación a condiciones exigentes y el aprovechamiento de nuevas herramientas, logran articularse dentro de un plan de infraestructura de largo plazo.

1.5.3 Infraestructura física y riesgo de desastres en zonas costeras

La costa ecuatoriana, y con ella el cantón Jipijapa, se encuentra expuesta a una combinación de amenazas naturales que incluyen sismos, inundaciones estacionales y deslizamientos asociados a la saturación del suelo. La infraestructura construida sin considerar de manera explícita esta exposición al riesgo queda, desde su origen, en una posición de vulnerabilidad.

El terremoto de 2016, que afectó de manera significativa a la provincia de Manabí, dejó lecciones todavía vigentes sobre la fragilidad de infraestructuras

construidas sin códigos sismorresistentes adecuados. Puentes, sistemas de agua y edificaciones públicas sufrieron daños que tardaron años en repararse.

Incorporar el análisis de riesgo no implica sobredimensionar cada obra con estándares inalcanzables para el presupuesto de una comuna pequeña. Implica identificar los puntos críticos donde una falla tendría consecuencias desproporcionadas, y priorizar en esos puntos una inversión de mayor calidad técnica.

1.5.4 Componentes de infraestructura abordados en esta obra

A partir de este primer capítulo, la obra desarrolla en detalle seis componentes específicos de la infraestructura física rural: los sistemas de agua y saneamiento, la infraestructura vial, la energía renovable, la gestión de residuos sólidos, y la planificación territorial que articula a todos los anteriores.

Esta estructura responde a los hallazgos del diagnóstico de campo realizado en la comuna Joa, que identificó precisamente estos componentes como los de mayor relevancia para la funcionalidad territorial de la comunidad, y a la revisión de literatura científica que respalda su importancia para el desarrollo rural sostenible en territorios similares de América Latina.

1.6 Actores, coordinación y tránsito del diagnóstico a la acción

La gestión efectiva reúne competencias provinciales, cantonales, parroquiales y comunitarias. Las revisiones sobre desarrollo rural destacan la colaboración, las políticas públicas y el acceso a capacidades técnicas como factores que condicionan la implementación de intervenciones territoriales (Patiño-Ramírez y Valiente-Saldaña, 2023).

1.6.1 Actores institucionales involucrados en la gestión de infraestructura rural

La gestión de infraestructura rural en Ecuador involucra a un conjunto amplio de actores institucionales cuya coordinación efectiva determina, en buena medida, el éxito de cualquier intervención. El Gobierno Autónomo Descentralizado provincial concentra competencias sobre vialidad rural y riego; el municipio cantonal asume agua potable, saneamiento y residuos; la parroquia rural cumple funciones de gestión ambiental y coordinación comunitaria.

A este entramado institucional se suman actores no estatales de peso creciente: universidades, organizaciones no gubernamentales especializadas en agua y saneamiento rural, cooperativas de producción agrícola y, en años recientes, empresas privadas interesadas en energía renovable o turismo rural.

La ausencia de una instancia de coordinación permanente entre todos estos actores constituye una de las debilidades estructurales más señaladas por quienes trabajan en el territorio. Superarla no requiere crear una nueva institución, sino fortalecer espacios ya existentes, como los consejos de planificación cantonal.

1.6.2 Del diagnóstico a la acción: el propósito de esta obra

Un diagnóstico técnico, por riguroso que sea, no transforma por sí solo la realidad de una comunidad. Su valor depende de que se traduzca en decisiones concretas: proyectos formulados, presupuestos asignados, obras ejecutadas y, sobre todo, mantenidas en el tiempo.

Cada uno de los capítulos siguientes combina evidencia técnica, comparación internacional y recomendaciones aplicables no solo a Joa, sino a decenas de comunidades rurales ecuatorianas que enfrentan desafíos estructuralmente similares.

1.6.3 Metodología general seguida a lo largo de la obra

Cada capítulo de este libro sigue una estructura consistente: se parte de fundamentos teóricos y evidencia comparada internacional, se conecta con los hallazgos del diagnóstico de la comuna Joa, y se cierra con recomendaciones concretas adaptables a comunidades de perfil similar.

Las referencias bibliográficas se presentan al final de cada capítulo, y no de manera acumulada al cierre del libro, de modo que cada componente de la infraestructura rural cuente con su propio respaldo documental identificable de forma independiente.

La Tabla 1.2 organiza actores y responsabilidades de gestión y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 1.2. Actores y responsabilidades de gestión

Actor	Responsabilidad principal	Aporte esperado
GAD provincial	Vialidad rural y riego	Diseño, rehabilitación y conservación
GAD cantonal	Agua, saneamiento y residuos	Cobertura, operación y control
GAD parroquial	Gestión local y articulación	Convocatoria y seguimiento
Comunidad	Uso, vigilancia y mantenimiento básico	Participación y control social
Universidad	Diagnóstico y asistencia técnica	Datos, formación y evaluación

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

1.7 Alcance, cohesión social y lecciones de integración

El cierre del capítulo integra límites, responsabilidades y vínculos sociales. La revisión de Patiño-Ramírez y Valiente-Saldaña (2023) identifica enfoques colaborativos, políticas públicas, educación y acceso tecnológico entre los factores vinculados con el desarrollo rural. Estos elementos ofrecen criterios pertinentes para organizar la gestión comunitaria de infraestructura.

1.7.1 Alcance y límites de esta obra

Conviene precisar el alcance real de esta obra. No se trata de un manual de diseño de ingeniería detallado, ni sustituye los estudios técnicos específicos que cualquier proyecto de infraestructura requiere antes de su ejecución. Se trata de un marco de referencia que conecta evidencia científica, diagnóstico de campo y recomendaciones de política pública.

Sus límites son igualmente importantes de reconocer. La información de campo proviene de un momento específico, y no de un monitoreo continuo a lo largo de varios años. Cualquier lector que utilice esta obra como referencia para otra comunidad rural debe contrastar sus conclusiones con la realidad específica de ese territorio.

1.7.2 Infraestructura física y cohesión social comunitaria

La infraestructura compartida cumple, más allá de su función técnica evidente, un papel de cohesión social que rara vez se reconoce en los diagnósticos convencionales. Un sistema de agua comunitario, gestionado de manera colectiva, genera espacios de encuentro e interacción entre vecinos que fortalecen el tejido social de la comuna, mientras que su deterioro o privatización silenciosa puede debilitar, de manera indirecta, esos mismos lazos comunitarios que sostienen la vida colectiva del territorio.

Reconocer esta función social de la infraestructura compartida, y no solo su función técnica de provisión de un servicio, debería influir en cómo se diseñan los mecanismos de gestión de cualquier obra futura en comunidades como Joa, privilegiando esquemas que preserven espacios de decisión colectiva frente a soluciones que, aunque técnicamente eficientes, individualicen por completo el acceso al servicio.

1.7.3 Lecciones iniciales para los capítulos siguientes

El cierre del capítulo reúne tres ideas que orientan el desarrollo de la obra. La infraestructura física rural depende de los recursos naturales que sostienen su funcionamiento; su permanencia exige decisiones técnicas respaldadas por capacidad institucional y organización comunitaria; y el diagnóstico de la comuna Joa aporta una base empírica para priorizar inversiones según necesidades observadas. Estas ideas reaparecen en los capítulos siguientes porque permiten interpretar la infraestructura como un sistema territorial, no como un inventario aislado de obras.

Estas tres lecciones, desarrolladas en detalle a lo largo de los capítulos siguientes, constituyen el hilo conductor de esta obra y la distinguen de un simple inventario técnico de obras físicas: buscan, en cambio, ofrecer una comprensión integral de cómo la infraestructura y los recursos naturales de un territorio rural se sostienen, o se deterioran, de manera conjunta.

1.8 Conclusiones del capítulo

Este primer capítulo mostró que la infraestructura física rural no puede entenderse como una simple sumatoria de obras aisladas. Su valor depende de la economía que sostiene, de la normativa que la regula, de los ecosistemas que la sustentan y de la comunidad que la habita y la cuida. La comuna Joa, con

sus avances parciales en electrificación y agua potable, y sus rezagos evidentes en saneamiento y vialidad, ilustra con claridad esta complejidad. Los capítulos siguientes profundizan, uno a uno, en cada componente técnico que conforma esta trama territorial, siempre con la mirada puesta en su interdependencia con los recursos naturales del entorno.

1.9 Referencias del capítulo 1

- Barajas Bustillos, H. A., y Gutiérrez Flores, L. (2012). La importancia de la infraestructura física en el crecimiento económico de los municipios de la frontera norte. *Estudios Fronterizos*, 13(25), 57-88. DOI: 10.21670/ref.2012.25.a03. URL: <https://doi.org/10.21670/ref.2012.25.a03>
- Burgos Limones, A. E., Chang Rizo, F. S., Núñez Bartolomé, E. J., y Estrada Aguilar, J. L. (2024). El papel de la infraestructura en el desarrollo económico del Ecuador. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 5(2), 1966-1990. DOI: 10.61616/rvdc.v5i2.180. URL: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i2.180>
- Ersoy Mirici, M. (2022). The ecosystem services and green infrastructure: a systematic review and the gap of economic valuation. *Sustainability*, 14(1), 517. DOI: 10.3390/su14010517. URL: <https://doi.org/10.3390/su14010517>
- Patiño-Ramírez, S., y Valiente-Saldaña, Y. M. (2023). Identificación de factores que determinan el desarrollo rural en comunidades campesinas, 2018-2023: revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), 242-256. DOI: 10.35381/r.k.v8i1.2783. URL: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2783>
- Rojas Ramírez, L. E., y Molina Vargas, A. (2018). Public infrastructure and its importance for economic growth: the case of Oaxaca (Mexico). *Ecos de Economía*, 22(46), 4-27. DOI: 10.17230/ecos.2018.46.1. URL: <https://doi.org/10.17230/ecos.2018.46.1>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO II

**Recursos naturales y su valoración en
la planificación territorial**

AUTOR: Cordero Garcés Manuel Octavio



2 Recursos naturales y su valoración en la planificación territorial

La planificación de infraestructura rural depende de los recursos naturales que sostienen el abastecimiento de agua, la producción, la energía y la estabilidad física del territorio. El capítulo examina el agua dulce, la biodiversidad, los suelos, las canteras y las aguas sulfurosas presentes en Joa, junto con los efectos que una intervención mal planificada puede producir sobre estos recursos.

2.1 Inventario y clasificación de los recursos naturales

La planificación requiere reconocer qué recursos se regeneran, cuáles se agotan y cuáles poseen valor ecológico, productivo o cultural. En Joa, el agua dulce, la energía solar, la vegetación, los acuíferos y las canteras presentan capacidades distintas y riesgos de manejo específicos.

2.1.1 Clasificación de los recursos naturales renovables y no renovables

Hablar de recursos naturales sin distinguir su naturaleza renovable o no renovable lleva a errores de planificación serios. Los recursos renovables, como el agua dulce, la biomasa forestal o la energía solar, se regeneran dentro de ciclos naturales siempre que la presión humana no supere su capacidad de recuperación. Los no renovables, como los minerales o las canteras, se agotan con el uso y exigen una gestión que priorice la eficiencia sobre la extracción acelerada.

Estos recursos provienen de la naturaleza, y su alteración tiene origen casi siempre en la intervención humana que los explota por sus beneficios. Esa intervención puede ser cuidadosa o destructiva, y ahí radica buena parte del problema que aborda esta obra: la infraestructura física es, en la práctica, el instrumento mediante el cual esa intervención se materializa.

Esta clasificación básica, aunque conocida, rara vez se traduce en instrumentos de gestión diferenciados a nivel local. Un Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal suele aplicar el mismo tipo de trámite administrativo tanto para autorizar el uso de una fuente de agua renovable como para autorizar la explotación de una cantera no renovable, cuando en realidad ambos recursos exigen horizontes de planificación completamente distintos: uno puede

gestionarse de forma perpetua si se respeta su tasa de regeneración, el otro tiene, por definición, una fecha de agotamiento.

2.1.2 El agua dulce como recurso estratégico en zonas rurales

El agua ocupa un lugar aparte entre los recursos naturales porque no tiene sustituto posible. Las infraestructuras hidráulicas, presas, embalses y redes de distribución, juegan un papel fundamental en asegurar su disponibilidad, especialmente en regiones con ciclos hidrológicos variables como buena parte de la costa ecuatoriana, y no solo facilitan el uso agrícola e industrial del agua, también protegen contra inundaciones.

En comunas como Joa, el agua dulce convive con otros recursos hídricos particulares, como los pozos azufrados que atraen turismo y actividad terapéutica. Esa combinación exige una gestión diferenciada: no es lo mismo administrar agua para consumo humano que preservar un manantial de valor turístico y cultural. Confundir ambos tratamientos termina perjudicando a los dos.

La variabilidad estacional del régimen hídrico costero ecuatoriano añade una dificultad adicional: los mismos cauces que en época seca apenas llevan agua pueden convertirse, durante el fenómeno de El Niño, en corrientes capaces de arrastrar infraestructura completa. Planificar el aprovechamiento del agua dulce en este tipo de territorio exige, por tanto, diseñar para dos escenarios opuestos y no solo para la condición promedio del año hidrológico.

2.1.3 Biodiversidad, flora y fauna en ecosistemas comunitarios

La biodiversidad rural rara vez recibe la atención que merece en los estudios de infraestructura, aunque sostiene buena parte de la economía local. La flora nativa fija el suelo y regula el microclima; la fauna dispersa semillas y controla plagas de forma natural. Cuando la infraestructura se planifica sin considerar estos procesos, termina fragmentando hábitats o alterando corredores biológicos sin que nadie lo perciba hasta años después.

La experiencia de campo en comunidades como Joa confirma la relevancia de esta biodiversidad para la vida cotidiana: no se trata de un atractivo paisajístico aislado, sino de un componente activo en la producción agrícola y en la identidad cultural de sus habitantes. Cualquier intervención de infraestructura

que ignore esta trama corre el riesgo de debilitar, sin proponérselo, la base misma que sostiene a la comunidad.

El bosque seco tropical, ecosistema predominante en buena parte de la provincia de Manabí, presenta una fragilidad particular frente a la deforestación: su recuperación natural es considerablemente más lenta que la de bosques húmedos, debido a la escasez de precipitación durante buena parte del año. Esta característica exige un cuidado especial al planificar cualquier obra de infraestructura que implique remoción de cobertura vegetal, incluyendo caminos, canteras o líneas de transmisión eléctrica.

2.1.4 Recursos geológicos y canteras: aprovechamiento y riesgos

Las canteras representan uno de los recursos naturales más difíciles de gestionar bien. Proveen materiales indispensables para construir la propia infraestructura que las comunidades demandan, pero su explotación descontrolada erosiona el terreno, altera cuencas hidrográficas y deja cicatrices visuales que tardan generaciones en recuperarse. El dilema no tiene una solución sencilla: sin cantera no hay material para camino ni para vivienda, pero sin regulación toda cantera termina convertida en un pasivo ambiental.

Lo determinante está en la planificación previa: decidir dónde extraer, cuánto extraer y qué compromisos de restauración asumir antes de iniciar cualquier operación. En comunidades pequeñas, donde la vigilancia técnica suele ser escasa, este tipo de decisiones recae con frecuencia en actores locales sin formación especializada, lo que aumenta el riesgo de intervenciones improvisadas.

La ausencia de un plan de cierre y restauración es, en la práctica, la falla más común en la explotación de canteras rurales pequeñas. Sin ese plan, una cantera que dejó de ser rentable simplemente se abandona, con taludes inestables y sin cobertura vegetal, convertida en una fuente permanente de sedimentos que terminan colmatando cauces cercanos y afectando la calidad del agua aguas abajo.

2.1.5 Aguas termales y sulfurosas: potencial turístico y terapéutico

Pocos recursos naturales combinan tan bien el valor ambiental con el económico como los manantiales de aguas sulfurosas. La comuna Joa cuenta con pozos de este tipo que, junto al volcán inactivo Cerro Chocotete,

complementan la actividad agrícola predominante con un turismo centrado en atractivos naturales (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025). Ese doble uso, productivo y turístico, multiplica el valor del territorio sin necesidad de nueva infraestructura pesada.

El riesgo aparece cuando el atractivo turístico crece más rápido que la infraestructura de acceso y servicios sanitarios disponibles. Sin senderos adecuados, señalización o gestión de residuos asociada a la afluencia de visitantes, un recurso natural valioso puede deteriorarse en pocos años. La sostenibilidad de este tipo de activo depende de que la infraestructura de soporte crezca al mismo ritmo que su demanda.

La experiencia de balnearios termales en otras provincias ecuatorianas, donde el crecimiento turístico se adelantó a la planificación de infraestructura sanitaria, ofrece una advertencia concreta: la contaminación del propio manantial por falta de baños adecuados o de manejo de residuos terminó reduciendo, en algunos casos, el atractivo mismo que originó la visita. Evitar ese desenlace en Joa exige planificar la infraestructura de soporte turístico desde una etapa temprana, y no como una respuesta tardía a un crecimiento ya descontrolado.

La Figura 2.1 presenta vegetación característica del paisaje rural de Joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 2.1. Vegetación característica del paisaje rural de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

2.2 Servicios ecosistémicos, valoración y gobernanza

Los servicios ecosistémicos sostienen infraestructuras y actividades productivas sin aparecer siempre en los presupuestos. Su valoración permite comparar medidas de conservación con obras convencionales y estimar costos evitados en tratamiento, erosión o pérdida de disponibilidad hídrica (Cervantes et al., 2022; Ersoy, 2022).

2.2.1 Servicios ecosistémicos y su interdependencia con la infraestructura

Cada recurso natural presta, de forma silenciosa, servicios que rara vez se contabilizan en los presupuestos de un proyecto de infraestructura. El bosque retiene agua de lluvia y reduce el riesgo de deslizamientos; el suelo sano filtra contaminantes antes de que lleguen a un acuífero; la vegetación ribereña estabiliza las orillas de un río y evita que un puente pierda sus cimientos.

Distintas experiencias de restauración de ecosistemas en cuencas hidrográficas urbanas de la región han mostrado que invertir en la recuperación del entorno natural puede ser una estrategia más eficiente que ampliar exclusivamente la infraestructura de tratamiento de agua. Esa lección aplica igual de bien a comunidades pequeñas: cuidar el entorno natural no compite con la infraestructura, la complementa y, en muchos casos, la abarata.

Cuantificar el valor económico de estos servicios sigue siendo un desafío metodológico considerable, sobre todo en comunidades pequeñas sin estudios previos de línea base. Sin embargo, algunas aproximaciones prácticas, como comparar el costo de restaurar una franja de bosque ribereño frente al costo de reconstruir un puente colapsado por erosión, permiten a los tomadores de decisión locales entender el argumento sin necesidad de un análisis económico exhaustivo.

2.2.2 Presión antrópica sobre los recursos naturales rurales

La presión humana sobre los recursos naturales rurales rara vez llega de una sola fuente. Se acumula: la ampliación de la frontera agrícola, el crecimiento poblacional, el turismo no regulado y la falta de infraestructura de saneamiento actúan juntos y potencian sus efectos negativos. El diagnóstico técnico de la comuna Joa documenta precisamente esta acumulación de presiones sobre el territorio.

Frente a ese escenario, la tentación de culpar a un solo factor resulta engañosa. La solución no pasa por frenar la actividad productiva ni por prohibir el turismo, sino por dotar al territorio de infraestructura capaz de absorber esa presión sin que los recursos naturales paguen la cuenta.

El monitoreo comunitario, mediante registros sencillos llevados por los propios habitantes sobre el caudal de un pozo o el estado de un tramo de bosque, puede complementar de manera efectiva a los estudios técnicos formales, que suelen realizarse una sola vez y no dan seguimiento continuo a la evolución del recurso.

2.2.3 Valoración económica de los recursos naturales rurales

Asignar un valor económico a los recursos naturales, más allá de su precio de mercado inmediato, permite comparar decisiones de manera más informada. El agua de un río, por ejemplo, tiene un valor de uso directo para riego, pero

también un valor de no uso asociado a la biodiversidad que sostiene y al turismo que puede generar en el futuro. Ignorar estos valores indirectos suele llevar a subestimar el costo real de un proyecto que degrada el recurso.

Metodologías como la valoración contingente o el costo de reposición, aunque de origen académico, pueden adaptarse a versiones simplificadas útiles para comunidades pequeñas: preguntar directamente a los habitantes cuánto estarían dispuestos a invertir para preservar un recurso, o estimar cuánto costaría reemplazar el servicio que ese recurso presta de manera gratuita.

En comunidades como Joa, donde el agua de pozos azufrados combina valor productivo, turístico y cultural, este tipo de valoración integral resulta particularmente relevante para justificar inversión pública en su protección, frente a otras prioridades presupuestarias que compiten por los mismos recursos financieros limitados.

2.2.4 Gobernanza comunitaria de los recursos naturales

La gestión efectiva de un recurso natural compartido depende, en última instancia, de reglas claras sobre su uso, aceptadas y respetadas por la comunidad que depende de él. La literatura sobre gobernanza de recursos comunes ha documentado, en distintos territorios rurales, que los sistemas de autogestión comunitaria pueden ser tan efectivos como la regulación estatal, siempre que existan mecanismos de monitoreo y sanción social ante el uso abusivo.

En Joa, esta gobernanza comunitaria existe de manera informal alrededor de ciertos recursos, como el acceso a los pozos azufrados, pero carece de reglas escritas o mecanismos formales de resolución de conflictos. Formalizar estos acuerdos, sin sofocar la flexibilidad que caracteriza a la gestión comunitaria tradicional, representa una oportunidad de mejora concreta y de bajo costo.

2.2.5 Cambio climático y disponibilidad de recursos naturales

El cambio climático altera, de manera desigual según la región, la disponibilidad de recursos naturales que hasta hace pocas décadas se consideraban estables. En la costa ecuatoriana, la intensificación de eventos de El Niño y La Niña genera oscilaciones cada vez más marcadas entre años de abundancia hídrica y años de sequía prolongada, dificultando la planificación de infraestructura basada en promedios históricos.

Esta variabilidad exige que cualquier estrategia de aprovechamiento de recursos naturales en comunidades como Joa incorpore un margen de adaptación explícito, en lugar de asumir que las condiciones climáticas del pasado reciente se mantendrán sin cambios hacia el futuro.

La Tabla 2.1 organiza recursos naturales identificados en joa y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 2.1. Recursos naturales identificados en Joa

Recurso	Tipo	Condición observada
Agua dulce	Renovable	Afectada por descargas residuales
Energía solar	Renovable	Disponibilidad favorable
Flora y fauna	Renovable	Presencia de especies locales
Suelos fértiles	Potencialmente renovable	Pérdida percibida de fertilidad
Acuíferos sulfurosos	Singular	Uso turístico y comunitario
Canteras	No renovable	Explotación intensa

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

2.3 Cuencas, suelos, bosques y turismo de naturaleza

Cuencas, suelos y cobertura vegetal forman una unidad física. Aguilar et al. (2018) muestran, para una comunidad ecuatoriana, que el uso y la valoración de los recursos naturales se relacionan con el desarrollo turístico. En Joa, esta relación exige que la infraestructura de acceso y servicio se planifique sin deteriorar los recursos que sostienen la actividad turística.

2.3.1 Turismo de naturaleza y recursos naturales en comunidades rurales

El turismo de naturaleza ofrece una vía de diversificación económica para comunidades rurales cuya base productiva depende históricamente de la agricultura y la ganadería. Pozos termales, formaciones geológicas como el Cerro Chocotete y la biodiversidad local constituyen activos que, bien gestionados, generan ingresos sin requerir la transformación radical del paisaje que exigen otras actividades económicas.

El desafío consiste en que este tipo de turismo crezca de manera ordenada, sin superar la capacidad de carga del recurso natural que lo sostiene. Establecer límites razonables de visitantes, horarios de acceso y tarifas destinadas al mantenimiento del sitio son medidas de bajo costo que pueden marcar la diferencia entre un turismo sostenible y uno que termine degradando el mismo atractivo que lo originó.

2.3.2 Hacia un inventario de recursos naturales para la planificación territorial

Ninguna planificación territorial sería puede prescindir de un inventario actualizado de los recursos naturales disponibles en su jurisdicción. Este inventario debería incluir no solo la ubicación y el estado de cada recurso, sino también su nivel de presión actual y su capacidad de recuperación frente a distintos escenarios de uso.

El diagnóstico realizado en la comuna Joa constituye un primer paso hacia ese inventario, aunque su actualización periódica resulta indispensable para que siga siendo útil en la toma de decisiones. Los capítulos siguientes retoman varios de estos recursos, agua, vialidad, energía, al analizar en detalle la infraestructura específica destinada a su aprovechamiento sostenible.

2.3.3 Cuencas hidrográficas como unidad de planificación

La cuenca hidrográfica constituye, para efectos de planificación de recursos naturales, una unidad territorial más útil que los límites político-administrativos convencionales. El agua que llega a la comuna Joa no se origina exclusivamente dentro de sus límites parroquiales, sino en un sistema de drenaje más amplio que incluye zonas altas donde se decide, en buena medida, la cantidad y calidad del recurso que finalmente llega aguas abajo.

Planificar exclusivamente dentro de los límites administrativos de una comuna, sin considerar lo que ocurre en el resto de la cuenca, deja fuera del análisis decisiones de uso del suelo, como la deforestación en zonas altas, que terminan afectando directamente la disponibilidad de agua en el territorio de interés. Esta desconexión entre unidad de gestión hídrica y unidad administrativa constituye una de las limitaciones estructurales más persistentes de la planificación rural ecuatoriana.

Superar esta limitación exige mecanismos de coordinación entre los distintos gobiernos locales que comparten una misma cuenca, algo que ya empieza a explorarse en experiencias de gestión integrada de recursos hídricos en otras provincias del país, y que representa una línea de trabajo pendiente para el territorio que rodea a la comuna Joa.

2.3.4 Suelos agrícolas: fertilidad, erosión y manejo sostenible

El suelo agrícola de comunidades como Joa constituye, en sí mismo, un recurso natural con una tasa de renovación considerablemente más lenta que la que suele asumirse en la planificación productiva de corto plazo. La pérdida de fertilidad por monocultivo prolongado, la compactación por maquinaria pesada y la erosión asociada a pendientes mal manejadas reducen progresivamente la capacidad productiva de un terreno, un proceso que rara vez se percibe hasta que la caída de rendimiento se vuelve evidente.

Prácticas de manejo sostenible del suelo, rotación de cultivos, cobertura vegetal permanente, incorporación de materia orgánica, existen y son conocidas por buena parte de la comunidad agrícola local, aunque su adopción sistemática enfrenta la misma barrera que otras prácticas sostenibles: exigen una inversión de tiempo y, en ocasiones, una reducción temporal del rendimiento, que muchos productores de subsistencia no pueden asumir sin apoyo externo.

Vincular estas prácticas con incentivos concretos, como el acceso preferencial a programas de crédito agrícola o de infraestructura de riego, ofrecería una vía realista para incrementar su adopción sin depender exclusivamente de la sensibilización ambiental como único argumento de cambio.

2.3.5 Recursos forestales y su relación con la infraestructura hídrica

La cobertura forestal remanente en el territorio que rodea a la comuna Joa cumple una función reguladora sobre el ciclo hidrológico local que rara vez se cuantifica en los diagnósticos técnicos convencionales. Los bosques retienen humedad, reducen la escorrentía superficial durante eventos de lluvia intensa y alimentan de manera gradual los acuíferos subterráneos de los que depende buena parte del abastecimiento de agua de la zona.

La presión por ampliar la frontera agrícola y ganadera reduce, año tras año, esta cobertura forestal remanente, un proceso que compromete directamente la

sostenibilidad de largo plazo de la propia infraestructura hídrica analizada en el capítulo anterior. Proteger los fragmentos de bosque existentes no es, en este sentido, una medida ambiental aislada, sino una inversión indirecta en la infraestructura de agua del territorio.

En el bosque seco estacional ecuatoriano, la pérdida y fragmentación de cobertura reducen la conectividad funcional y elevan la presión sobre la integridad del ecosistema. Rivas et al. (2024) documentaron una pérdida cercana al 30 % del área de bosque analizada entre 1990 y 2018 y reducciones de conectividad de hasta 75 %. La vegetación xerofítica observada en Joa debe tratarse como una cobertura territorial que requiere protección frente a desmontes asociados con caminos, excavaciones o redes de servicio.

La Figura 2.2 permite examinar vegetación xerofítica y adaptación al régimen seco de Joa y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 2.2. Vegetación xerofítica y adaptación al régimen seco de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

La imagen permite reconocer una cobertura adaptada a condiciones de baja humedad y alta radiación. La presencia de cactus y arbustos densos indica que el diseño de accesos, cunetas y áreas de expansión debe reducir desmontes innecesarios. No se trata de vegetación improductiva. Cumple una función de protección del terreno y forma parte de la identidad paisajística de Joa. El levantamiento técnico futuro debería registrar especies dominantes, áreas de mayor densidad y sectores donde la remoción vegetal pueda acelerar procesos erosivos.

2.4 Biodiversidad, conocimiento local y seguridad alimentaria

La percepción social de los servicios ecosistémicos aporta información sobre la forma en que la población valora beneficios ambientales y paisajísticos. Wu et al. (2022) comprobaron que estas percepciones varían entre áreas topográficas y grupos de residentes. En Joa, el conocimiento local puede complementar esa valoración al registrar usos, cambios y necesidades que no siempre aparecen en inventarios técnicos.

2.4.1 Fauna silvestre y conflictos con la actividad ganadera

La convivencia entre fauna silvestre y actividad ganadera genera, en comunidades como Joa, tensiones que rara vez se documentan de manera sistemática, pero que inciden directamente en la disposición de los productores a conservar hábitats naturales dentro de sus propiedades. La depredación ocasional de aves de corral por parte de fauna silvestre, o la percepción de competencia por recursos hídricos escasos durante la temporada seca, alimentan actitudes de tolerancia limitada hacia la biodiversidad local.

Programas de convivencia que combinen medidas prácticas de protección del ganado menor con incentivos económicos para la conservación de hábitats, ya implementados con éxito parcial en otras zonas rurales de la región, podrían adaptarse al caso específico de Joa para reducir estos conflictos sin sacrificar ni la actividad productiva ni la biodiversidad local.

2.4.2 Cambio de uso del suelo y pérdida de servicios ecosistémicos

El cambio de uso del suelo, de cobertura natural hacia actividad agropecuaria o, en menor medida, hacia infraestructura construida, constituye el principal motor de pérdida de servicios ecosistémicos en territorios rurales de la costa ecuatoriana. Este proceso avanza de manera gradual, casi imperceptible año a

año, hasta que la acumulación de cambios pequeños produce una transformación significativa del paisaje y de su capacidad de sostener infraestructura de manera segura.

Monitorear este cambio mediante imágenes satelitales de acceso gratuito, una tecnología cada vez más accesible incluso para instituciones de recursos limitados, permitiría a las autoridades cantonales anticipar zonas de mayor presión sobre los recursos naturales antes de que sus consecuencias se manifiesten en fallas de infraestructura o en escasez de recursos hídricos.

2.4.3 Recursos naturales compartidos entre comunidades vecinas

Varios de los recursos naturales relevantes para la comuna Joa, el río Jipijapa entre ellos, se comparten con comunidades vecinas situadas aguas arriba o aguas abajo del mismo sistema hídrico. Esta característica exige mecanismos de coordinación intercomunitaria que, en la práctica, rara vez existen de manera formal, dejando la gestión de estos recursos compartidos librada a acuerdos informales o, en el peor de los casos, a la ausencia total de coordinación.

Establecer mesas de diálogo intercomunitario sobre el uso de recursos compartidos, facilitadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal o por una universidad regional, ofrecería un espacio institucional para prevenir conflictos que hoy se resuelven, cuando se resuelven, mediante negociación directa y poco estructurada entre vecinos.

2.4.4 Conocimiento tradicional y manejo de recursos naturales

Las comunidades rurales acumulan, a lo largo de generaciones, un conocimiento práctico sobre el comportamiento de sus recursos naturales que rara vez se documenta formalmente, pero que resulta tan valioso como cualquier estudio técnico externo. Saber en qué época del año un pozo reduce su caudal, o qué señales anticipan una temporada de lluvias particularmente intensa, forma parte de un acervo de conocimiento local que los diagnósticos técnicos convencionales suelen pasar por alto.

Incorporar este conocimiento tradicional como fuente de información complementaria, y no solo como anécdota folclórica, enriquece cualquier diagnóstico técnico sobre recursos naturales, y también refuerza el sentido de apropiación comunitaria sobre las recomendaciones que de él se deriven.

2.4.5 Recursos naturales y seguridad alimentaria local

La seguridad alimentaria de comunidades como Joa depende de manera directa del estado de sus recursos naturales: suelo fértil, agua suficiente para riego, biodiversidad que sostiene la polinización de cultivos. Cualquier deterioro sostenido de estos recursos repercute, tarde o temprano, en la disponibilidad y variedad de alimentos producidos localmente, con consecuencias que trascienden lo estrictamente ambiental para afectar directamente la nutrición de la población.

Esta conexión entre recursos naturales y seguridad alimentaria, aunque evidente en términos lógicos, rara vez se incorpora de manera explícita en los diagnósticos de infraestructura rural, que tienden a evaluar cada componente de manera aislada sin trazar esta línea causal hacia el bienestar nutricional de la población.

La Figura 2.3 presenta cauce natural asociado al sistema hídrico local, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

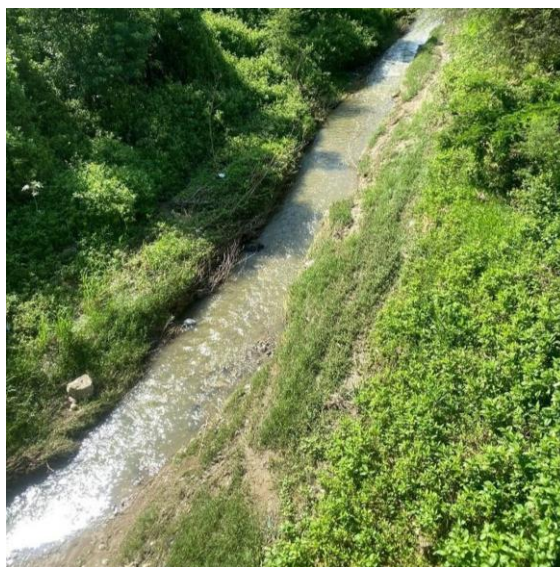


Figura 2.3. Cauce natural asociado al sistema hídrico local

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

2.5 Gestión adaptativa, regulación y presión de la infraestructura

La gestión adaptativa combina monitoreo, reglas de aprovechamiento y revisión periódica. Este enfoque resulta pertinente frente a cambios generacionales, contaminación de acuíferos y expansión de obras sobre espacios ecológicamente frágiles.

2.5.1 Hacia una gestión adaptativa de los recursos naturales del territorio

La gestión adaptativa, entendida como un proceso de ajuste continuo basado en el monitoreo de resultados y no en decisiones tomadas una sola vez y nunca revisadas, ofrece el enfoque más realista para administrar recursos naturales sometidos a una variabilidad climática creciente. Aplicar este enfoque en comunidades como Joa implicaría revisar periódicamente las reglas de uso de cada recurso a la luz de la información de monitoreo disponible, en lugar de mantener normas fijas definidas una única vez.

Este cierre conceptual conecta directamente con los capítulos siguientes, donde cada componente específico de infraestructura, agua, vialidad, energía, residuos, se examina precisamente bajo esta misma lógica de gestión adaptativa frente a un entorno natural cambiante.

2.5.2 Instrumentos legales para la protección de recursos naturales en Ecuador

El marco legal ecuatoriano contempla distintos instrumentos para la protección de recursos naturales, desde la declaratoria de áreas de conservación hasta las servidumbres ecológicas voluntarias, que permiten a un propietario privado comprometer una porción de su predio a la conservación a cambio de beneficios tributarios o técnicos. Estos instrumentos, sin embargo, permanecen prácticamente desconocidos para la mayoría de productores rurales de comunidades como Joa.

Difundir estos mecanismos legales entre la población local, mediante talleres sencillos coordinados con el Gobierno Autónomo Descentralizado o con universidades regionales, representa una intervención de bajo costo que podría ampliar de manera significativa la superficie de recursos naturales bajo algún tipo de protección formal, sin recurrir a expropiaciones ni a restricciones impuestas sin consulta previa.

2.5.3 Recursos naturales y cambio generacional en la actividad agrícola

La migración de la población joven hacia centros urbanos, mencionada ya en el primer capítulo de esta obra, tiene una consecuencia adicional sobre la gestión de recursos naturales: el conocimiento tradicional sobre el manejo sostenible de suelo y agua, acumulado por generaciones mayores, corre el riesgo de perderse si no se transmite de manera activa a las nuevas generaciones que permanecen en el territorio.

Programas de transmisión intergeneracional de conocimiento, que vinculen a agricultores mayores con jóvenes interesados en continuar la actividad agrícola familiar, ofrecen una vía de bajo costo para preservar este acervo de conocimiento práctico antes de que la salida de la población mayor lo haga desaparecer de manera definitiva.

2.5.4 Recursos naturales frente a la expansión de infraestructura futura

Cualquier expansión futura de infraestructura en la comuna Joa, ya sea vial, hídrica o energética, debería evaluarse a la luz de su impacto potencial sobre los recursos naturales descritos en este capítulo, y no únicamente en función de su costo de construcción o su beneficio inmediato para la población. Esta evaluación anticipada, poco común en la práctica actual de planificación rural, evitaría que la solución de un problema de infraestructura genere, como efecto colateral, el deterioro de un recurso natural del que la propia comunidad depende.

Incorporar este tipo de evaluación anticipada como requisito estándar para cualquier proyecto de infraestructura, y no solo para aquellos de gran envergadura sujetos a estudios de impacto ambiental obligatorios, fortalecería de manera significativa la sostenibilidad de largo plazo del territorio.

2.5.5 Recursos hídricos subterráneos: vulnerabilidad frente a la contaminación

Los acuíferos subterráneos, fuente importante de abastecimiento para comunidades como Joa, presentan una vulnerabilidad particular frente a la contaminación que no siempre se reconoce en la planificación local: a diferencia de un río superficial, cuya contaminación resulta visible casi de inmediato, un acuífero contaminado puede tardar años en manifestar el

problema, y su recuperación, una vez contaminado, resulta considerablemente más lenta y costosa que la de una fuente superficial.

Esta vulnerabilidad refuerza la importancia de prevenir, más que remediar, la contaminación de fuentes subterráneas, mediante el control riguroso de actividades de riesgo cercanas a zonas de recarga, como la disposición inadecuada de residuos o el uso indiscriminado de agroquímicos, temas que se retoman con mayor detalle en capítulos posteriores de esta obra.

2.6 Paisaje, salud, monitoreo y patrimonio territorial

El paisaje, la salud y la calidad ambiental forman parte de los servicios que los ecosistemas rurales aportan a la población. La revisión de Ge et al. (2023) muestra que la investigación en servicios ecosistémicos rurales integra funciones de provisión, regulación y valor social, lo que amplía la evaluación más allá de los beneficios financieros directos.

2.6.1 Recursos paisajísticos y su valor no monetario

Más allá de su valor productivo o turístico directo, el paisaje natural de comunidades como Joa, sus colinas, su volcán inactivo, su vegetación de bosque seco tropical, posee un valor identitario y cultural que rara vez se incorpora a los análisis técnicos de recursos naturales, pese a su importancia para el sentido de pertenencia de la población hacia su territorio.

Reconocer este valor no monetario, aunque difícil de cuantificar en términos económicos convencionales, resulta relevante al momento de evaluar cualquier proyecto de infraestructura que pudiera alterar de manera significativa el paisaje local, un criterio que las metodologías de evaluación de impacto ambiental incorporan de manera creciente, aunque todavía parcial, en años recientes.

2.6.2 Recursos naturales y planificación de contingencias climáticas

La variabilidad climática que caracteriza a la costa ecuatoriana, con años de abundancia hídrica seguidos de sequías prolongadas asociadas a los fenómenos de El Niño y La Niña, exige que la planificación de recursos naturales incorpore escenarios de contingencia explícitos, en lugar de asumir condiciones promedio constantes a lo largo del tiempo. Una comunidad que planifica únicamente para el escenario más frecuente queda, por definición, desprotegida frente al escenario extremo que tarde o temprano se presenta.

Elaborar planes de contingencia sencillos, que identifiquen fuentes de agua alternativas para épocas de sequía severa o zonas de resguardo para el ganado durante inundaciones extremas, representa una medida de bajo costo que puede reducir de manera significativa las pérdidas asociadas a estos eventos climáticos recurrentes en el territorio de la comuna Joa.

2.6.3 Cooperación interinstitucional para el monitoreo de recursos naturales

El monitoreo sostenido de recursos naturales rurales exige una capacidad técnica y financiera que ninguna comuna pequeña posee por sí sola. La cooperación entre el Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal, universidades regionales y, cuando es posible, organismos de cooperación internacional, ofrece una vía realista para sostener este tipo de monitoreo en el tiempo, distribuyendo tanto el costo como la responsabilidad técnica entre distintos actores institucionales.

Formalizar esta cooperación mediante convenios de mediano plazo, en lugar de acuerdos puntuales que se renuevan o se abandonan según la coyuntura política del momento, ofrecería a comunidades como Joa una base más estable para sostener el monitoreo de sus recursos naturales a lo largo de los años.

2.6.4 Recursos naturales, salud pública y bienestar comunitario

La relación entre el estado de los recursos naturales y la salud pública de una comunidad rural, aunque evidente en términos generales, rara vez se documenta con el detalle suficiente para orientar decisiones concretas de inversión. Agua contaminada, suelo degradado o aire afectado por quema de residuos inciden de manera directa sobre la incidencia de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y de la piel entre la población de comunidades como Joa.

Vincular de manera explícita los indicadores de salud pública local con los indicadores de estado de los recursos naturales permitiría a las autoridades sanitarias y ambientales coordinar de manera más efectiva sus intervenciones, en lugar de abordar ambos temas como asuntos completamente independientes entre sí.

2.6.5 Cierre conceptual: recursos naturales como patrimonio territorial

Cerrar este segundo capítulo exige subrayar una idea que atraviesa cada uno de sus apartados: los recursos naturales de un territorio rural constituyen un patrimonio colectivo cuya conservación beneficia a generaciones presentes y futuras, y cuyo deterioro, una vez ocurrido, resulta considerablemente más costoso de revertir que de prevenir. Esta lógica de patrimonio, más que de simple insumo productivo, debería orientar toda decisión de infraestructura futura en comunidades como Joa.

Los capítulos siguientes retoman, uno a uno, los componentes de infraestructura, agua, vialidad, energía, residuos, que determinan si este patrimonio natural se conserva o se erosiona con el paso del tiempo, siempre bajo la premisa de que ambos elementos, infraestructura y recursos naturales, se sostienen o se deterioran juntos, nunca de manera aislada.

La Tabla 2.2 organiza riesgos y medidas de manejo y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 2.2. Riesgos y medidas de manejo

Recurso	Riesgo	Medida prioritaria
Agua	Contaminación y reducción de calidad	Monitoreo y saneamiento
Suelo	Erosión y pérdida de fertilidad	Cobertura vegetal y drenaje
Canteras	Agotamiento y pasivos ambientales	Plan de manejo y cierre
Biodiversidad	Fragmentación de hábitats	Corredores y control de obras
Aguas sulfurosas	Presión turística	Capacidad de carga y mantenimiento

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

2.7 Escenarios sostenibles, identidad y economía circular

La formulación de escenarios sostenibles debe reconocer los servicios ecosistémicos que sostienen las actividades rurales y las funciones que puede cumplir la infraestructura verde. Ersoy (2022) examina la relación entre

servicios ecosistémicos, infraestructura verde y valoración económica, mientras Ge et al. (2023) documentan la amplitud de funciones estudiadas en ecosistemas rurales. Estos aportes permiten incorporar conservación y uso productivo dentro de una misma evaluación territorial.

2.7.1 Escenarios de aprovechamiento sostenible a mediano plazo

Proyectar escenarios de aprovechamiento sostenible a diez o quince años exige combinar el conocimiento actual sobre el estado de los recursos naturales de la comuna Joa con supuestos razonables sobre crecimiento poblacional, expansión de la actividad turística y evolución del cambio climático regional. Un escenario que solo considere el crecimiento económico sin límites, sin atender la capacidad real de regeneración de los recursos naturales disponibles, conduce inevitablemente a su agotamiento progresivo.

Construir estos escenarios de manera participativa, con la propia comunidad como protagonista de la discusión sobre qué tipo de desarrollo desea para su territorio, fortalece la legitimidad de cualquier plan de manejo de recursos naturales que se derive de este ejercicio, frente a planes impuestos exclusivamente desde una perspectiva técnica externa.

2.7.2 Recursos naturales y responsabilidad intergeneracional

La noción de responsabilidad intergeneracional, presente en buena parte de la literatura sobre desarrollo sostenible, adquiere en comunidades rurales como Joa un significado particularmente concreto: las decisiones que hoy se toman sobre el uso del agua, el suelo y la biodiversidad determinan directamente las opciones productivas que tendrán disponibles los hijos y nietos de quienes hoy habitan el territorio.

Comunicar esta responsabilidad de manera efectiva a la población actual, sin caer en discursos abstractos de difícil traducción práctica, exige ejemplos concretos y locales, como el estado de un pozo que antes tenía mayor caudal, o una parcela que hoy rinde menos que hace una década, que permitan a la comunidad conectar sus decisiones cotidianas con consecuencias tangibles de largo plazo.

2.7.3 Recursos naturales y cadenas de valor agroindustrial

Las cadenas de valor agroindustrial que podrían desarrollarse a partir de la producción agrícola de comunidades como Joa, procesamiento local de frutas, elaboración de derivados lácteos, dependen de manera directa de la disponibilidad sostenida de recursos naturales de calidad: agua limpia para el procesamiento, suelo fértil para la materia prima, energía confiable para la transformación. Cualquier estrategia de desarrollo económico local que ignore esta dependencia construye sobre una base frágil.

Integrar la planificación de recursos naturales con las estrategias de desarrollo productivo local, en lugar de tratarlas como agendas separadas, permitiría a la comuna Joa aprovechar de manera más completa el potencial de valor agregado de su producción agrícola actual, hoy comercializada en su mayoría como materia prima sin procesamiento.

2.7.4 Recursos naturales en la identidad cultural de la comuna

Los recursos naturales de Joa, sus pozos termales, su volcán inactivo, su río, forman parte de la identidad cultural de la comunidad de una manera que trasciende su valor económico o ambiental. Relatos locales, tradiciones asociadas a estos elementos del paisaje y prácticas productivas transmitidas de generación en generación constituyen un patrimonio intangible estrechamente vinculado al patrimonio natural del territorio.

Documentar y valorar este patrimonio cultural asociado a los recursos naturales locales, mediante trabajos conjuntos entre la comunidad y programas universitarios de investigación social, fortalecería el sentido de pertenencia de la población hacia su territorio y podría, también enriquecer la propuesta turística de la zona con un componente cultural que complemente su atractivo natural.

2.7.5 Recursos naturales y economía circular en el medio rural

Los principios de economía circular, reducir, reutilizar, reciclar, encuentran en el medio rural aplicaciones naturales que muchas veces ya practican las familias campesinas sin nombrarlas en estos términos: el uso de residuos de cosecha como alimento animal, el aprovechamiento de estiércol como fertilizante, la reutilización de agua de lluvia para riego. Sistematizar y fortalecer estas prácticas existentes resulta más eficiente que importar modelos

de economía circular diseñados originalmente para entornos urbanos industriales.

Reconocer y documentar estas prácticas circulares ya presentes en la vida cotidiana de comunidades como Joa ofrece, también una base de conocimiento local sobre la cual construir programas de fortalecimiento más ambiciosos, en lugar de partir de cero con propuestas ajenas a la realidad productiva del territorio.

2.7.6 Cierre conceptual y transición hacia los capítulos técnicos

Los recursos naturales examinados en este capítulo, agua, biodiversidad, suelo, canteras, manantiales termales, comparten una característica común que conviene subrayar antes de avanzar hacia los capítulos técnicos siguientes: ninguno de ellos existe de manera aislada, sino como parte de un sistema interdependiente donde la alteración de uno repercute, tarde o temprano, sobre los demás.

Esta interdependencia justifica el enfoque integral que adopta esta obra en su conjunto, y anticipa la forma en que los capítulos dedicados a agua, vialidad, energía y residuos retomarán constantemente los recursos naturales aquí descritos como el trasfondo permanente frente al cual debe evaluarse cualquier decisión de infraestructura futura en la comuna Joa.

2.8 Conclusiones del capítulo

Este segundo capítulo mostró que los recursos naturales de un territorio rural no son un telón de fondo pasivo frente a la infraestructura física, sino un sistema activo del que esa infraestructura depende y al que, al mismo tiempo, puede dañar si se planifica sin cuidado. El agua dulce, la biodiversidad, las canteras y los manantiales termales de la comuna Joa ilustran esta doble relación con claridad. Los capítulos siguientes retoman cada uno de estos recursos al analizar los sistemas de infraestructura específicos, agua, vialidad, energía y residuos, que determinan si ese aprovechamiento resulta sostenible o termina erosionando la base misma del territorio.

2.9 Referencias del capítulo 2

- Aguilar Aguilar, E., Reyes Erreyes, K., Ordóñez Contreras, O., y Calle Iñiguez, M. (2018). Uso y valoración de los recursos naturales y su incidencia en el desarrollo turístico: caso Casacay, cantón Pasaje, El Oro-Ecuador. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 14(1), 80-88. DOI: 10.4067/S0718-235X2018000100080. URL: <https://doi.org/10.4067/S0718-235X2018000100080>
- Cervantes Zavala, R., Sánchez Uzcátegui, J. M., Rendón Schneir, E., y Alegre Orihuela, J. (2022). ¿Son costo-efectivas las inversiones en infraestructura natural? Un análisis en contexto de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos. *Manglar*, 19(1), 53-60. DOI: 10.17268/manglar.2022.007. URL: <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.007>
- Ersoy Mirici, M. (2022). The ecosystem services and green infrastructure: a systematic review and the gap of economic valuation. *Sustainability*, 14(1), 517. DOI: 10.3390/su14010517. URL: <https://doi.org/10.3390/su14010517>
- Ge, B., Wang, C., y Song, Y. (2023). Ecosystem services research in rural areas: a systematic review based on bibliometric analysis. *Sustainability*, 15(6), 5082. DOI: 10.3390/su15065082. URL: <https://doi.org/10.3390/su15065082>
- Rivas, C. A., Guerrero-Casado, J., y Navarro-Cerrillo, R. M. (2024). Assessment of habitat connectivity in a highly fragmented ecosystem: The seasonal tropical dry forest in Ecuador. *Applied Vegetation Science*, 27(2), e12770. DOI: 10.1111/avsc.12770. URL: <https://doi.org/10.1111/avsc.12770>
- Wu, B., Liang, W., Wang, J., y Cui, D. (2022). Rural residents' perceptions of ecosystem services: a study from three topographic areas in Shandong Province, China. *Land*, 11(7), 1034. DOI: 10.3390/land11071034. URL: <https://doi.org/10.3390/land11071034>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO III

**Metodologías para el diagnóstico de
la funcionalidad de infraestructuras**

AUTORES: Cañarte Baque George Alfredo



3 Metodologías para el diagnóstico de la funcionalidad de infraestructuras

El diagnóstico de infraestructura requiere una metodología capaz de convertir observaciones de campo, mediciones y percepción social en información técnicamente comparable. El capítulo desarrolla los instrumentos utilizados para valorar funcionalidad, conservación y relación territorial en la comuna Joa, y examina sus posibilidades de réplica en estudios rurales de ingeniería civil.

3.1 Diseño del diagnóstico e indicadores de funcionalidad

El diagnóstico de infraestructura debe transformar observaciones dispersas en indicadores comparables. Para ello se combinan variables de existencia, funcionalidad, conservación, integración ambiental y percepción de los usuarios.

3.1.1 Enfoques mixtos en la investigación de infraestructura física

Estudiar la funcionalidad de una infraestructura exige combinar datos duros con percepciones humanas. Un enfoque mixto permite justamente eso: medir variables cuantificables, como el caudal de una red de agua, junto con la experiencia subjetiva de quienes la usan a diario. La investigación realizada en la comuna Joa adoptó precisamente este camino, con un diseño no experimental de corte transversal que combinó observación, encuestas y entrevistas de campo.

Optar por un enfoque mixto no es una decisión meramente metodológica, aunque suene así en un informe técnico. Responde a una necesidad práctica: ninguna cifra de eficiencia hidráulica explica por qué una comunidad prefiere no reportar fallas en su sistema de agua, y ninguna entrevista sustituye la medición objetiva de una pérdida de presión en la tubería.

La literatura metodológica en ciencias sociales aplicadas a la ingeniería respalda esta combinación desde hace varias décadas, bajo el argumento de que los fenómenos territoriales rara vez se explican por completo desde una sola disciplina. Un ingeniero civil puede medir con precisión el diámetro de una tubería deteriorada, pero solo un antropólogo o un sociólogo rural puede explicar por qué la comunidad decidió, durante años, convivir con esa falla sin exigir su reparación.

3.1.2 Observación de campo y fichas técnicas de evaluación

La ficha de observación sigue siendo, pese a su aparente sencillez, uno de los instrumentos más honestos de la investigación en infraestructura. Un investigador que camina el territorio y registra el estado físico de cada estructura obtiene información que ninguna encuesta puede replicar: el óxido visible en una tubería, la grieta en un puente, la vegetación invadiendo un canal de riego.

En el estudio de la comuna Joa, la ficha de observación permitió catalogar infraestructuras existentes, desde redes de agua hasta sistemas agrícolas de riego, y contrastarlas después con la percepción de los propios habitantes. Esa comparación reveló coincidencias, pero también matices interesantes: infraestructuras que la comunidad valoraba como funcionales pese a mostrar signos físicos de deterioro evidente.

Diseñar una ficha de observación efectiva exige equilibrar exhaustividad con viabilidad práctica: una ficha demasiado extensa desalienta su aplicación sistemática, mientras que una demasiado simple pierde capacidad de detectar matices relevantes. La experiencia de campo en Joa indica que una ficha organizada por tipo de infraestructura, con criterios cerrados de calificación y espacio abierto para observaciones cualitativas, ofrece el mejor equilibrio entre estos dos extremos.

3.1.3 Encuestas y entrevistas como instrumentos de recolección

Las encuestas aportan una fotografía amplia de la percepción comunitaria, mientras que las entrevistas permiten profundizar en matices que un cuestionario cerrado nunca capta del todo. Dirigidas a actores con conocimiento directo del territorio, las entrevistas revelan razones detrás de los números: por qué una infraestructura, aunque técnicamente deficiente, sigue siendo aceptada por la comunidad.

Las entrevistas dirigidas a funcionarios y técnicos de movilidad, empleadas en estudios sobre infraestructura vial en distintos países de la región, permiten obtener información que las estadísticas oficiales no siempre ofrecen, y confirman la importancia de una planificación efectiva para mejorar la movilidad y la calidad de vida de la población.

El diseño del cuestionario merece especial atención cuando se trabaja con población rural de distintos niveles de alfabetización. Preguntas formuladas en lenguaje técnico o excesivamente abstracto suelen generar respuestas poco confiables, mientras que preguntas concretas, ancladas en situaciones cotidianas reconocibles, tienden a producir información más precisa y útil para el diagnóstico.

3.1.4 Indicadores de funcionalidad, eficiencia y conservación

Sin indicadores claros, cualquier diagnóstico de infraestructura se queda en impresión personal. La funcionalidad puede medirse a través de variables como el tiempo de servicio ininterrumpido, la cobertura poblacional o el estado estructural de cada componente. La eficiencia añade una capa distinta: cuánto recurso se pierde o se aprovecha en el proceso.

La conservación mide el esfuerzo de mantenimiento invertido frente al deterioro observado. Cruzar estos tres indicadores permite distinguir entre una infraestructura funcional pero mal conservada, y una infraestructura deficiente que, pese a todo, recibe mantenimiento constante.

Construir estos indicadores exige, en la práctica, definir escalas de calificación consistentes y aplicarlas de manera uniforme a todas las infraestructuras evaluadas, sin importar cuán distintas sean entre sí. Un puente y un pozo de agua no se miden con la misma vara técnica, pero ambos pueden calificarse en escalas comparables de funcionalidad, eficiencia y conservación, lo que facilita priorizar inversiones entre componentes de naturaleza diferente.

La Figura 3.1 presenta percepción comunitaria de la funcionalidad de las infraestructuras, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

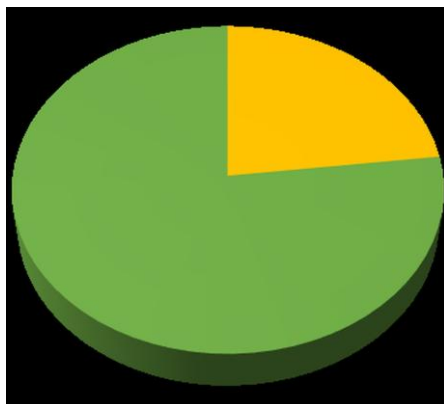


Figura 3.1. Percepción comunitaria de la funcionalidad de las infraestructuras

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

3.2 Impactos, herramientas y delimitación del estudio

La validez del diagnóstico aumenta cuando distintos métodos y fuentes se contrastan de forma explícita. Moon (2019) plantea la triangulación como una estrategia para reforzar validez, confiabilidad y legitimación, criterio que resulta pertinente cuando se combinan observación, encuestas, entrevistas y registros técnicos.

3.2.1 Matriz de Leopold aplicada a la evaluación de impactos

La matriz de Leopold continúa siendo útil para ordenar interacciones entre acciones de un proyecto y componentes ambientales. Asadollahfardi y Asadi (2018) compararon una matriz de Leopold revisada con métodos difusos en la evaluación ambiental de un complejo residencial y mostraron que la matriz permite representar, mediante escalas explícitas, la valoración de impactos por actividad y componente ambiental. Su uso en diagnósticos rurales exige declarar los criterios de calificación y la dependencia del juicio experto.

Llevada a escenarios rurales, la matriz de Leopold ayuda a visualizar de manera ordenada qué componentes de la infraestructura física generan más presión sobre los recursos naturales de una comuna. No sustituye el criterio técnico, pero organiza la discusión y facilita la comunicación de resultados a actores que no dominan el lenguaje ambiental especializado.

Adaptar esta matriz a un escenario de recursos limitados exige simplificar el número de factores ambientales evaluados, concentrándose en aquellos de mayor relevancia local, en lugar de aplicar la versión exhaustiva original pensada para proyectos de gran escala. Esta simplificación no resta rigor al análisis si se realiza con criterio técnico claro sobre qué factores omitir y por qué.

3.2.2 Herramientas digitales y modelamiento hidráulico

El modelamiento hidráulico complementa la observación directa cuando se necesita valorar fallas, confiabilidad y capacidad de recuperación. La revisión de Asghari et al. (2023) identifica enfoques técnicos y holísticos para evaluar resiliencia en sistemas de abastecimiento, drenaje y aguas residuales, e incluye herramientas de modelación, indicadores de desempeño y estrategias de actualización, descentralización y digitalización. En una comunidad rural, estas herramientas deben ajustarse a la escala del sistema y a la calidad de los datos disponibles.

Estas herramientas digitales exigen datos de entrada confiables: diámetros de tubería, presiones registradas, caudales medidos. En comunidades rurales pequeñas, donde ese registro histórico casi nunca existe, el modelamiento hidráulico se vuelve un desafío técnico adicional antes de convertirse en una solución.

La disponibilidad creciente de software libre para modelamiento hidráulico y de sensores de bajo costo para medición de caudal y presión reduce, cada vez más, la barrera económica que antes limitaba el uso de estas herramientas a proyectos de gran envergadura. Comunidades como Joa podrían beneficiarse de un programa piloto de instrumentación básica, acompañado por asistencia técnica universitaria, para empezar a construir el registro histórico que hoy no existe.

3.2.3 Limitaciones metodológicas en estudios de infraestructura rural

Ningún estudio de infraestructura rural escapa a ciertas limitaciones estructurales. El acceso físico a zonas remotas complica la recolección de datos; la desconfianza de algunos habitantes hacia investigadores externos puede sesgar respuestas en encuestas y entrevistas; y la ausencia de registros históricos impide comparar el estado actual con líneas base confiables.

En comunidades como Joa, estas restricciones se resolvieron combinando distintas fuentes de evidencia y contrastando resultados entre técnicas. Aun así, conviene que cualquier lector entienda que los hallazgos representan una fotografía de un momento específico, no una verdad definitiva.

Reconocer estas limitaciones de manera explícita, en lugar de ocultarlas tras un lenguaje técnico que proyecte falsa certeza, fortalece la credibilidad de cualquier diagnóstico frente a las autoridades y a la propia comunidad que lo recibe.

3.2.4 Diseño muestral en comunidades rurales de baja densidad poblacional

Definir una muestra representativa en una comuna rural de baja densidad poblacional presenta desafíos distintos a los de un estudio urbano. La dispersión geográfica de las viviendas encarece el trabajo de campo, y el tamaño reducido de la población total limita la aplicación directa de fórmulas estadísticas pensadas para universos grandes.

En estos casos, resulta razonable optar por un censo parcial o por un muestreo intencional que priorice la diversidad de situaciones, cercanía o lejanía a la infraestructura principal, tipo de actividad económica, en lugar de perseguir una representatividad estadística estricta que, en la práctica, resulta difícil de alcanzar con los recursos disponibles para una investigación de titulación.

La Tabla 3.1 organiza técnicas e instrumentos del diagnóstico y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 3.1. Técnicas e instrumentos del diagnóstico

Técnica	Instrumento	Resultado
Observación	Ficha técnica y registro fotográfico	Estado y existencia
Encuesta	Cuestionario estructurado	Percepción comunitaria
Entrevista	Guía semiestructurada	Explicaciones y prioridades
Revisión documental	Matriz de fuentes	Normas y antecedentes

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

3.3 Validez, ética, costos y escalas temporales

La validez se fortalece al contrastar técnicas, registrar decisiones y proteger a los participantes. Los diseños mixtos permiten relacionar mediciones con explicaciones locales, siempre que la integración de datos se planifique desde el inicio (Fetters et al., 2013).

3.3.1 Triangulación de fuentes y validez de los hallazgos

La triangulación, entendida como el contraste sistemático entre distintas fuentes de información sobre un mismo fenómeno, constituye la principal garantía de validez en un estudio de enfoque mixto. Contrastar lo observado en campo, lo declarado en encuestas y lo profundizado en entrevistas permite identificar tanto coincidencias que refuerzan un hallazgo como discrepancias que ameritan mayor investigación.

En el caso de Joa, esta triangulación permitió, por ejemplo, confirmar que la percepción comunitaria sobre la funcionalidad del sistema eléctrico coincidía con la evidencia física observada, mientras que la percepción sobre la gestión de residuos mostraba matices que la sola observación de campo no habría capturado por completo.

3.3.2 Ética de la investigación en comunidades rurales

Toda investigación de campo en una comunidad rural implica una responsabilidad ética que trasciende el rigor técnico. Obtener el consentimiento informado de los participantes, garantizar la confidencialidad de sus respuestas y devolver los resultados del estudio a la propia comunidad, en lugar de que estos queden confinados a un documento académico de difícil acceso, constituyen prácticas que fortalecen tanto la calidad ética como la utilidad práctica de cualquier diagnóstico.

Este compromiso de devolución de resultados adquiere particular relevancia cuando, como en el caso de la comuna Joa, la investigación de origen académico se convierte en la base de una obra de mayor alcance, como este libro, destinada a informar decisiones de política pública más allá del ámbito estrictamente universitario.

El diagnóstico domiciliario requiere consentimiento, explicación del propósito y control sobre la información recopilada. Las fotografías deben centrarse en el elemento técnico y evitar rostros, documentos o espacios privados que no

sean necesarios. La confianza comunitaria se protege cuando el equipo informa cómo se usarán los registros, quién tendrá acceso y durante cuánto tiempo serán conservados. La ética forma parte de la calidad del levantamiento y debe quedar documentada en el protocolo de campo.

La Figura 3.2 permite examinar observación domiciliaria durante el levantamiento de campo y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.

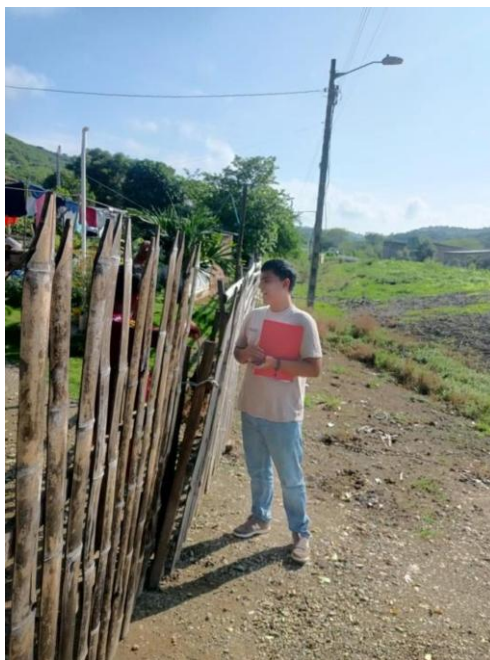


Figura 3.2. Observación domiciliaria durante el levantamiento de campo

Nota. Registro de campo del proyecto en la comuna Joa (2025).

La fotografía evidencia una visita realizada junto al límite de una vivienda. El encuadre permite documentar el acceso y las condiciones físicas sin ingresar al espacio doméstico. Esa práctica reduce la intrusión y mantiene el objetivo técnico. En posteriores campañas se recomienda utilizar formatos de consentimiento breves, códigos anónimos y protocolos para eliminar imágenes repetidas o innecesarias. La comunidad debe conocer los resultados obtenidos.

Esa devolución transforma el levantamiento en un proceso de colaboración y no en una extracción unilateral de información.

3.3.3 Costos y viabilidad de la replicación metodológica en otras comunidades

Replicar esta metodología en otras comunidades rurales ecuatorianas exige estimar con realismo los recursos necesarios: tiempo de campo, transporte, capacitación de encuestadores y, en su caso, instrumentación básica de medición. Un diagnóstico de este tipo, ejecutado dentro de un programa de vinculación universitaria, puede realizarse con un costo considerablemente menor al de una consultoría privada equivalente, sin sacrificar rigor técnico.

Esta viabilidad económica es, precisamente, uno de los argumentos más sólidos para que los Gobiernos Autónomos Descentralizados establezcan convenios de largo plazo con universidades regionales, en lugar de limitarse a proyectos puntuales sin continuidad.

3.3.4 Escalas temporales en el diagnóstico de infraestructura

Un diagnóstico de infraestructura captura, casi siempre, una fotografía de un momento específico, aunque la funcionalidad de cualquier sistema físico varía a lo largo de distintas escalas temporales: el ciclo diario de uso, el ciclo estacional asociado a la temporada de lluvias, y el ciclo de vida útil de la propia obra, que puede extenderse por décadas. Ignorar estas escalas temporales distintas conduce a diagnósticos incompletos, que confunden un problema puntual de temporada con una falla estructural permanente, o viceversa.

Incorporar mediciones repetidas en distintos momentos del año, en lugar de una sola visita de campo, permitiría capturar esta variabilidad temporal con mayor precisión, aunque exige recursos adicionales de tiempo y financiamiento que no siempre están disponibles dentro del plazo acotado de una investigación de titulación como la que dio origen al diagnóstico de la comuna Joa.

Una alternativa de menor costo consiste en complementar la visita de campo puntual con entrevistas específicamente orientadas a capturar la variabilidad estacional percibida por los propios habitantes, quienes suelen recordar con precisión razonable cómo cambia el comportamiento de una infraestructura entre la temporada seca y la temporada de lluvias.

3.4 Registro visual, formación y comparación técnica

La fotografía técnica, el levantamiento topográfico y la comparación con normas convierten el recorrido de campo en evidencia verificable. Estos recursos también favorecen la formación de estudiantes cuando se emplean con protocolos y criterios de calidad.

3.4.1 Uso de fotografía y registro visual en el diagnóstico técnico

El registro fotográfico sistemático de cada infraestructura evaluada aporta un valor que trasciende la simple documentación: permite comparaciones futuras precisas sobre el avance del deterioro, facilita la comunicación de hallazgos a autoridades que no pueden visitar personalmente cada sitio, y constituye evidencia verificable frente a cualquier cuestionamiento sobre la objetividad del diagnóstico.

Organizar este registro fotográfico de manera geolocalizada, asociando cada imagen a coordenadas específicas mediante aplicaciones gratuitas disponibles en cualquier teléfono inteligente moderno, también facilita la construcción de un mapa de estado de infraestructura que resulta considerablemente más útil para la toma de decisiones que un informe exclusivamente textual.

La fotografía técnica conserva evidencias sobre materiales, accesos, drenaje, cerramientos y relación entre viviendas e infraestructura. Su valor aumenta cuando cada imagen incorpora fecha, ubicación, orientación, autor y descripción del elemento observado. El registro no reemplaza la medición. Permite comparar estados, respaldar fichas y comunicar hallazgos a públicos que no participaron en la visita de campo. La triangulación entre imagen, observación escrita y testimonio reduce interpretaciones aisladas (Carter et al., 2014; Moon, 2019).

La Figura 3.3 permite examinar registro fotográfico de vivienda y cerramiento rural y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 3.3. Registro fotográfico de vivienda y cerramiento rural

Nota. Registro de campo del proyecto en la comuna Joa (2025).

La escena muestra el levantamiento de información frente a una vivienda con cerramiento liviano. La imagen permite reconocer superficie del acceso, materiales disponibles y proximidad entre espacio doméstico y vía. Estos detalles ayudan a interpretar problemas de movilidad, escorrentía y seguridad que una encuesta puede omitir. Para futuros diagnósticos conviene usar una escala visual, registrar coordenadas y evitar fotografías que expongan datos personales innecesarios. El archivo debe organizarse por componente de infraestructura y código de inspección.

3.4.2 Participación de estudiantes y formación técnica durante el diagnóstico

Los diagnósticos de infraestructura desarrollados en el marco de programas universitarios de vinculación con la sociedad cumplen una doble función que merece reconocerse de manera explícita: generan información técnica útil para la comunidad evaluada, y al mismo tiempo forman a los estudiantes participantes en metodologías de investigación aplicada que difícilmente adquirirían únicamente en el aula.

Esta doble función exige, sin embargo, un acompañamiento docente riguroso durante todo el proceso de campo, de manera que la formación del estudiante

no comprometa la calidad técnica de la información recolectada, un equilibrio que la experiencia de la comuna Joa logró sostener mediante supervisión constante durante las distintas etapas de la investigación.

3.4.3 Comparación con estándares técnicos internacionales

Contrastar los hallazgos de un diagnóstico local con estándares técnicos internacionales, aunque estos no siempre resulten directamente aplicables a la realidad de recursos limitados de una comuna rural, ofrece un marco de referencia útil para dimensionar la magnitud real de un problema. Saber que una pérdida de agua del 40 % supera ampliamente los estándares aceptables en sistemas de distribución bien gestionados, por ejemplo, ayuda a comunicar con mayor claridad la urgencia de una intervención.

Esta comparación debe hacerse, sin embargo, con el cuidado de no imponer expectativas irreales sobre comunidades que no cuentan con los mismos recursos técnicos y financieros que los territorios donde se originaron esos estándares, un matiz que cualquier informe técnico dirigido a autoridades locales debería explicitar con claridad.

3.4.4 Herramientas de bajo costo para el levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de precisión, tradicionalmente costoso y dependiente de equipo especializado, cuenta hoy con alternativas de menor costo que amplían las posibilidades de diagnóstico técnico disponibles para comunidades rurales pequeñas. Aplicaciones de fotogrametría basadas en imágenes capturadas con teléfonos inteligentes o con drones de bajo costo permiten generar modelos digitales de elevación con una precisión razonable para buena parte de los propósitos de diseño hidráulico y vial descritos en capítulos posteriores.

Incorporar estas herramientas en futuros diagnósticos de comunidades similares a Joa reduciría de manera significativa el costo de estudios técnicos que, de otro modo, requerirían la contratación de servicios topográficos especializados fuera del alcance presupuestario de una investigación universitaria de recursos limitados.

3.4.5 Análisis comparativo entre comunidades de perfil similar

Comparar los hallazgos de un diagnóstico específico, como el de la comuna Joa, con estudios similares realizados en otras comunidades rurales de perfil socioeconómico comparable, permite identificar qué problemas son específicos del territorio evaluado y cuáles responden a problemas estructurales más amplios del medio rural ecuatoriano. Esta distinción resulta relevante para orientar tanto la política pública local como la nacional.

Construir una base de datos regional que reúna los hallazgos de distintos diagnósticos universitarios similares facilitaría este tipo de análisis comparativo, hoy limitado por la dispersión de la información en documentos de titulación que rara vez se sistematizan más allá de la institución donde fueron elaborados.

La Figura 3.4 presenta percepción del uso eficiente de los recursos naturales, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

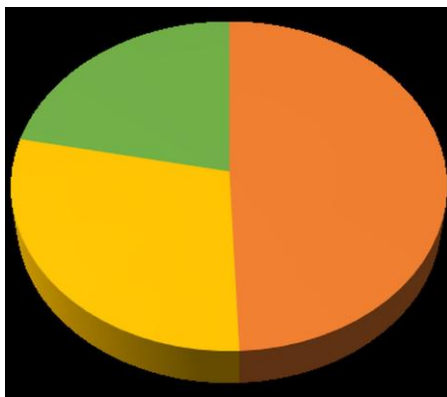


Figura 3.4. Percepción del uso eficiente de los recursos naturales

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

3.5 Comunicación, actualización, software y percepción del riesgo

Los resultados necesitan una comunicación comprensible para autoridades y habitantes. Dooley et al. (2018) muestran que la evaluación rural participativa permite estructurar el reconocimiento de necesidades con intervención de la comunidad; esta lógica mejora la interpretación de encuestas, entrevistas y

observaciones cuando los resultados se devuelven a los participantes para su contraste.

3.5.1 Comunicación de resultados técnicos a públicos no especializados

Un diagnóstico técnico riguroso pierde buena parte de su utilidad práctica si sus hallazgos no logran comunicarse de manera comprensible a las autoridades locales y a la propia comunidad evaluada, quienes rara vez cuentan con formación técnica especializada en ingeniería civil o ambiental. Traducir indicadores técnicos, porcentajes de pérdida hidráulica, calificaciones de matrices de impacto ambiental, a un lenguaje accesible sin sacrificar precisión constituye una habilidad tan importante como el propio rigor metodológico del estudio.

Herramientas visuales sencillas, mapas de calor sobre el estado de la infraestructura, gráficos comparativos entre componentes, resultan considerablemente más efectivas para este propósito que tablas extensas de datos numéricos, un aprendizaje que debería incorporarse de manera sistemática en la formación de estudiantes que participan en este tipo de investigación aplicada.

3.5.2 Retroalimentación comunitaria sobre los hallazgos del diagnóstico

Presentar los resultados preliminares de un diagnóstico a la propia comunidad evaluada, antes de su versión final, permite corregir posibles malas interpretaciones de la información de campo y fortalece la legitimidad del estudio ante los ojos de quienes serán, en última instancia, los principales beneficiarios de cualquier recomendación derivada de él.

Esta práctica de retroalimentación, poco común en investigaciones de titulación sujetas a plazos académicos ajustados, merecería institucionalizarse como parte estándar de la metodología, incluso si ello implica extender ligeramente el cronograma de la investigación para incorporar una ronda adicional de validación comunitaria.

3.5.3 Actualización periódica del diagnóstico técnico

Ningún diagnóstico de infraestructura debería considerarse una fotografía definitiva y permanente del territorio evaluado. Las condiciones físicas, sociales y climáticas de una comuna rural cambian con el tiempo, y un

diagnóstico realizado hace varios años puede haber perdido vigencia para orientar decisiones actuales de inversión pública.

Establecer un mecanismo de actualización periódica, cada tres o cinco años por ejemplo, mediante convenios de largo plazo entre el Gobierno Autónomo Descentralizado y la universidad responsable del diagnóstico original, garantizaría que la información disponible para la toma de decisiones se mantenga razonablemente actualizada.

3.5.4 Software libre y bases de datos abiertas para el diagnóstico rural

La disponibilidad creciente de software libre para análisis geoespacial, procesamiento estadístico y modelamiento hidráulico reduce de manera significativa la barrera de costo que antes limitaba este tipo de herramientas a instituciones con presupuestos considerables. Programas como QGIS para análisis geoespacial o R para procesamiento estadístico, ambos de acceso gratuito, permiten a investigaciones universitarias como la desarrollada en la comuna Joa alcanzar un nivel de rigor técnico antes reservado a consultorías privadas costosas.

Capacitar a estudiantes y técnicos locales en el uso de estas herramientas de acceso libre representa una inversión de conocimiento que trasciende un proyecto específico, ampliando la capacidad técnica instalada de la región para futuros diagnósticos similares en otras comunidades del cantón Jipijapa.

3.5.5 Integración de la percepción de riesgo en el diagnóstico comunitario

La percepción de riesgo que tiene una comunidad sobre su propia infraestructura no siempre coincide con la evaluación técnica objetiva, y esta discrepancia constituye, en sí misma, un hallazgo relevante para cualquier diagnóstico integral. Una comunidad puede subestimar el riesgo de colapso de un puente que utiliza a diario, simplemente porque la costumbre reduce la percepción de peligro, o puede sobreestimar el riesgo de una infraestructura que en realidad se encuentra en condiciones aceptables.

Documentar estas discrepancias entre percepción y evaluación técnica permite diseñar estrategias de comunicación más efectivas, que no solo informen sobre el estado real de la infraestructura, sino que también aborden de manera específica las percepciones erróneas que podrían estar generando comportamientos de riesgo innecesarios entre la población.

3.6 Muestra, archivo, aplicabilidad y validación externa

La representatividad y el archivo determinan hasta dónde pueden utilizarse los hallazgos, mientras la consistencia interpretativa mejora cuando diferentes fuentes se contrastan. Carter et al. (2014) describen la triangulación metodológica, de fuentes, de investigadores y teórica como vías para fortalecer la comprensión de un fenómeno y reducir la dependencia de una única evidencia.

3.6.1 Consideraciones metodológicas sobre el tamaño de la muestra cualitativa

Las entrevistas en profundidad, a diferencia de las encuestas cuantitativas, no buscan representatividad estadística sino saturación temática: el punto en el cual entrevistas adicionales dejan de aportar información sustancialmente nueva sobre el fenómeno estudiado. Determinar este punto de saturación exige un análisis continuo durante el propio trabajo de campo, y no una decisión tomada de antemano sobre un número fijo de entrevistas a realizar.

En el estudio de la comuna Joa, este criterio de saturación temática permitió ajustar el número de entrevistas realizadas a las necesidades reales de la investigación, evitando tanto la escasez de información cualitativa como la sobrecarga innecesaria de trabajo de campo más allá de lo que el análisis efectivamente requería.

3.6.2 Documentación y archivo del material de investigación

La documentación ordenada del material de campo, fichas de observación completas, grabaciones de entrevistas, fotografías geolocalizadas, constituye un activo de investigación que trasciende el informe final entregado a la institución académica. Este archivo permite, años después, revisar decisiones metodológicas específicas, verificar hallazgos puntuales o servir de base para estudios comparativos futuros sobre la evolución de la infraestructura de la comuna.

Establecer protocolos claros de archivo y conservación de este material, incluyendo su eventual digitalización y resguardo en repositorios institucionales accesibles, evitaría la pérdida de información valiosa que ocurre cuando un investigador concluye su vinculación con la universidad y el material de campo queda disperso o inaccesible para investigaciones futuras.

3.6.3 Aplicabilidad de la metodología a otros sectores de infraestructura

La metodología descrita en este capítulo, aunque desarrollada específicamente para evaluar infraestructura física y recursos naturales, resulta aplicable con ajustes menores a otros sectores de interés para la planificación rural: infraestructura educativa, infraestructura de salud, o infraestructura de mercados y centros de acopio agrícola, todos ellos componentes relevantes del desarrollo territorial que no se abordan en detalle en esta obra pero que podrían beneficiarse de un enfoque metodológico similar.

Esta aplicabilidad amplia refuerza el valor de la metodología como un aporte que trasciende el caso específico de la comuna Joa, ofreciendo un marco de referencia general para el diagnóstico de infraestructura rural en el Ecuador, más allá de los componentes específicos abordados en los capítulos siguientes de esta obra.

3.6.4 Validación externa de los hallazgos técnicos

Someter los hallazgos preliminares de un diagnóstico técnico a la revisión de especialistas externos al equipo de investigación original, sean docentes de otras áreas de la universidad o profesionales del Gobierno Autónomo Descentralizado, aporta una capa adicional de validación que reduce el riesgo de sesgos no detectados durante el trabajo de campo o el análisis de datos.

Esta práctica de validación externa, poco frecuente en investigaciones de titulación sujetas a plazos ajustados, podría institucionalizarse mediante paneles de revisión breves, previos a la entrega del informe final, sin representar una carga excesiva sobre el cronograma general de la investigación.

3.6.5 Consideraciones sobre la representatividad de género en la muestra

Garantizar una representación equilibrada de hombres y mujeres en la muestra de encuestas y entrevistas de un diagnóstico de infraestructura rural exige un esfuerzo deliberado, dado que las dinámicas de género en comunidades rurales pueden dificultar el acceso directo a las mujeres del hogar si el investigador se limita a entrevistar a quien atiende inicialmente la puerta o responde primero en una reunión comunitaria.

Diseñar estrategias específicas de acercamiento, como programar visitas en horarios donde las mujeres del hogar estén disponibles para conversar

directamente, o incluir preguntas dirigidas explícitamente a captar su perspectiva particular, mejora la calidad y la representatividad del diagnóstico final.

La Tabla 3.2 organiza criterios de triangulación y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 3.2. Criterios de triangulación

Criterio	Fuente cuantitativa	Fuente cualitativa
Funcionalidad	Frecuencias y escalas	Relatos de uso
Conservación	Calificación del estado	Causas del deterioro
Integración ambiental	Indicadores observados	Percepción de impactos
Prioridad	Orden de necesidades	Justificación comunitaria

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

3.7 Docencia, gestión estudiantil y estandarización metodológica

La metodología puede emplearse como protocolo docente y herramienta de gestión. La evaluación participativa permite ordenar necesidades, contrastar observaciones de campo y vincular prioridades comunitarias con decisiones técnicas (Dooley et al., 2018; Van Aalst et al., 2008).

3.7.1 Uso de la investigación como insumo docente en cursos posteriores

Los datos y hallazgos generados durante el diagnóstico de la comuna Joa pueden reutilizarse como material de estudio en cursos posteriores de ingeniería civil y disciplinas afines, permitiendo a nuevas generaciones de estudiantes analizar un caso real de su propia región, en lugar de depender exclusivamente de ejemplos genéricos provenientes de manuales internacionales poco conectados con la realidad local.

Esta reutilización académica del material de campo maximiza el retorno educativo de la inversión de tiempo y recursos realizada durante la investigación original, extendiendo su vida útil más allá de la sola entrega del trabajo de titulación que le dio origen.

3.7.2 Integración de la investigación con instancias de gobierno estudiantil

Vincular el proceso de diagnóstico con organizaciones estudiantiles de la propia universidad, mediante brigadas de apoyo voluntario para el trabajo de campo, amplía la capacidad operativa de la investigación sin incrementar de manera proporcional su costo, al tiempo que ofrece a un número mayor de estudiantes una experiencia formativa de contacto directo con la realidad rural que difícilmente obtendrían dentro de un aula convencional.

Esta modalidad de trabajo colaborativo, empleada de manera parcial durante el levantamiento de información en la comuna Joa, podría formalizarse como parte del diseño metodológico estándar de futuros diagnósticos similares, estableciendo protocolos claros de capacitación previa para los estudiantes voluntarios participantes.

3.7.3 Diferencias metodológicas entre investigación de titulación y consultoría técnica

Conviene distinguir con claridad las diferencias metodológicas entre una investigación de titulación universitaria, como la que origina esta obra, y una consultoría técnica contratada bajo términos de referencia específicos: mientras la primera prioriza el rigor académico y la formación del investigador, la segunda suele priorizar la entrega de productos específicos dentro de plazos contractuales más ajustados.

Reconocer estas diferencias evita expectativas desajustadas sobre el alcance de un diagnóstico académico, que aporta rigor metodológico considerable pero que no siempre puede replicar la velocidad de entrega ni el nivel de detalle técnico ejecutivo que caracteriza a una consultoría profesional contratada con ese propósito específico.

3.7.4 Hacia protocolos estandarizados de diagnóstico para el territorio manabita

La experiencia acumulada en el diagnóstico de la comuna Joa, junto con estudios similares desarrollados en otras localidades de la provincia de Manabí, ofrece una base suficiente para avanzar hacia protocolos estandarizados de diagnóstico de infraestructura rural, que faciliten la comparación de resultados entre distintos territorios y reduzcan el tiempo de diseño metodológico que cada nueva investigación debe invertir desde cero.

Promover esta estandarización, sin sacrificar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las particularidades de cada comunidad específica, representa una tarea pendiente para las universidades de la región interesadas en fortalecer su contribución conjunta al desarrollo rural provincial.

3.8 Conclusiones del capítulo

Este tercer capítulo detalló la metodología empleada para diagnosticar la funcionalidad de la infraestructura física en la comuna Joa, y por extensión, en comunidades rurales de perfil similar. El enfoque mixto, la ficha de observación, las encuestas, las entrevistas y la matriz de Leopold constituyen un conjunto de herramientas complementarias que, combinadas con criterio técnico y sensibilidad hacia la realidad local, permiten construir diagnósticos confiables incluso con recursos limitados. Los capítulos siguientes aplican estas mismas herramientas al análisis específico de cada componente de la infraestructura rural.

3.9 Referencias del capítulo 3

- Asadollahfardi, G., y Asadi, M. (2018). The comparison of a revised Leopold matrix and fuzzy methods in environmental impact assessment, a case study: The construction of Al-A'amiriya residential complex, Baghdad, Iraq. *Environmental Quality Management*, 27(4), 115-123. DOI: 10.1002/tqem.21560. URL: <https://doi.org/10.1002/tqem.21560>
- Asghari, F., Piadeh, F., Egyir, D., Yousefi, H., Rizzuto, J. P., Campos, L. C., y Behzadian, K. (2023). Resilience Assessment in Urban Water Infrastructure: A Critical Review of Approaches, Strategies and Applications. *Sustainability*, 15(14), 11151. DOI: 10.3390/su151411151. URL: <https://doi.org/10.3390/su151411151>
- Carter, N., Bryant-Lukosius, D., DiCenso, A., Blythe, J., y Neville, A. J. (2014). The use of triangulation in qualitative research. *Oncology Nursing Forum*, 41(5), 545-547. DOI: 10.1188/14.ONF.545-547. URL: <https://doi.org/10.1188/14.ONF.545-547>
- Dooley, K. E., Dobbins, C., y Edgar, L. D. (2018). Using participatory rural appraisal for a community needs assessment in Timor-Leste. *Journal of International Agricultural and Extension Education*, 25(4), 63-73. DOI: 10.5191/jiaee.2018.25405. URL: <https://doi.org/10.5191/jiaee.2018.25405>
- Fetters, M. D., Curry, L. A., y Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs: principles and practices. *Health Services Research*, 48(6 Pt 2), 2134-2156. DOI: 10.1111/1475-6773.12117. URL: <https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117>
- Moon, M. D. (2019). Triangulation: a method to increase validity, reliability, and legitimation in clinical research. *Journal of Emergency Nursing*, 45(1), 103-105. DOI: 10.1016/j.jen.2018.11.004. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jen.2018.11.004>
- Van Aalst, M. K., Cannon, T., y Burton, I. (2008). Community level adaptation to climate change: the potential role of participatory community risk assessment. *Global Environmental Change*, 18(1), 165-179. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2007.06.002. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.06.002>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO IV

**Sistemas de agua y saneamiento en el
medio rural**

AUTOR: Marcia Yamel Pin Morán



4 Sistemas de agua y saneamiento en el medio rural

La disponibilidad de agua y la calidad del saneamiento determinan una parte sustancial de la salud pública y de la funcionalidad de los asentamientos rurales. El capítulo examina sistemas de captación, distribución, almacenamiento y disposición sanitaria en comunidades como Joa, con atención a soluciones técnicamente viables y compatibles con la capacidad local de operación y mantenimiento.

4.1 Captación, distribución y gestión comunitaria del agua

Los sistemas rurales de agua dependen de la fuente, la red, el almacenamiento y la organización que opera el servicio. En Joa, la red de distribución funciona, pero persisten vacíos en captación pluvial, bombeo, tratamiento y saneamiento (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025).

4.1.1 Infraestructura de captación y distribución de agua potable

El acceso a agua potable suele presentarse como un logro consolidado en comunidades rurales que ya cuentan con red de distribución, aunque esa apariencia esconde matices importantes. Contar con tubería no equivale a contar con un servicio confiable: la presión puede fluctuar, el agua puede llegar solo algunas horas al día, y la calidad puede variar según la temporada. La comuna Joa dispone de redes de distribución en buen estado general, un activo que muchas comunidades similares todavía no logran.

Ese logro, sin embargo, convive con vacíos evidentes en saneamiento. Contar con agua potable sin un sistema de alcantarillado complementario traslada el problema de la entrada al agua, hacia su salida: sin un destino adecuado para las aguas servidas, el propio recurso que se distribuye termina contaminado en su punto de retorno al ambiente.

La captación de agua en comunidades como Joa combina fuentes superficiales y subterráneas, cada una con requerimientos técnicos distintos de tratamiento previo a la distribución. Un sistema de captación superficial exige, como mínimo, sedimentación y desinfección antes de considerarse apto para consumo humano, mientras que el agua subterránea, aunque generalmente más estable en calidad, puede presentar concentraciones naturales de minerales que requieren tratamiento específico.

Las conducciones instaladas sobre el terreno facilitan la inspección y disminuyen ciertos costos de excavación, pero quedan expuestas a radiación solar, impactos, movimientos del suelo y conexiones improvisadas. La selección del material, la presión de trabajo, el apoyo continuo y la protección en cruces condicionan su vida útil. En redes rurales, la evaluación no debe limitarse al diámetro de la tubería. También debe revisar anclajes, juntas, válvulas, accesibilidad y estabilidad de la franja por donde pasa la conducción.

La Figura 4.1 permite examinar tuberías expuestas en el paisaje rural de Joa y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 4.1. Tuberías expuestas en el paisaje rural de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

La fotografía muestra una conducción visible dentro de un relieve abierto y con pendientes. Esta disposición facilita localizar fugas, aunque aumenta la vulnerabilidad frente a golpes, exposición térmica y desplazamientos. El tramo requiere soportes estables y protección en los puntos donde circulan personas, animales o vehículos. Conviene levantar su trazado georreferenciado,

identificar uniones críticas y definir una rutina de inspección antes y después de la estación lluviosa. La intervención puede ser gradual. Un programa de protección focalizada tendría menor costo que reemplazar la línea tras una rotura extensa.

4.1.2 Pérdidas técnicas y comerciales en redes de distribución

Las pérdidas de agua y las fallas de servicio pueden originarse en envejecimiento, roturas, mantenimiento insuficiente, demanda no atendida o problemas de calidad. Asghari et al. (2023) agrupan estas condiciones dentro de los estresores estructurales y funcionales que deben incorporarse a la evaluación de resiliencia de los sistemas de abastecimiento. En Joa, la revisión de pérdidas necesita combinar inspección de tuberías, sectorización, medición y registro de incidencias, sin atribuir el problema a una sola causa.

Reducir estas pérdidas no depende únicamente de reparar tuberías. Exige también fortalecer la gestión: catastro actualizado de usuarios, medición confiable del consumo y protocolos claros de mantenimiento periódico. Sin esa base administrativa, cualquier inversión en infraestructura física corre el riesgo de perderse, literalmente, en el camino.

Distinguir entre pérdidas técnicas, aquellas asociadas a fugas físicas en la red, y pérdidas comerciales, asociadas a conexiones no registradas o medición deficiente, resulta indispensable para diseñar la estrategia correcta de reducción. Atacar solo las primeras sin resolver las segundas deja intacta una parte considerable del problema, ya que ambos tipos de pérdida suelen coexistir en proporciones similares en sistemas rurales poco modernizados.

4.1.3 Saneamiento básico y ausencia de alcantarillado en comunidades rurales

La falta de alcantarillado sanitario y pluvial continúa siendo una de las brechas más persistentes del medio rural latinoamericano. En comunidades como Joa, esta ausencia obliga a soluciones improvisadas: pozos sépticos mal dimensionados, disposición directa en cauces o simple acumulación superficial de aguas servidas. Ninguna de estas alternativas resuelve el problema de fondo.

El saneamiento rural exige un enfoque distinto al urbano, donde replicar sistemas convencionales de alcantarillado resulta costoso y a veces innecesario. Tecnologías descentralizadas, como biodigestores o humedales

artificiales de tratamiento, ofrecen alternativas más ajustadas a la dispersión poblacional del campo.

Los biodigestores domiciliarios, en particular, ofrecen una doble ventaja para comunidades agrícolas y ganaderas como Joa: tratan las aguas servidas domésticas al mismo tiempo que procesan desechos orgánicos de origen animal, generando biogás aprovechable para cocción y un efluente que, tras tratamiento adecuado, puede reutilizarse como fertilizante agrícola. Esta tecnología, de costo moderado comparado con un sistema de alcantarillado convencional, merece una evaluación técnica seria para el entorno local.

4.1.4 Gestión comunitaria de los sistemas de agua rural

En buena parte de América Latina, la gestión comunitaria ha demostrado ser una fórmula sostenible para administrar sistemas de agua rural, especialmente donde la presencia estatal es limitada. La experiencia chilena de Agua Potable Rural, con décadas de historia, muestra que la autogestión puede aumentar la cobertura y mejorar los indicadores de salud, aunque enfrenta retos administrativos y financieros que aún no se resuelven del todo.

Para que este modelo funcione, la comunidad necesita algo más que voluntad: requiere capacitación técnica, reglas claras de mantenimiento y mecanismos de resolución de conflictos internos. Sin ese soporte, la gestión comunitaria puede degradarse en informalidad.

El fortalecimiento de estas capacidades locales debería ser, en comunidades como Joa, tan prioritario como la infraestructura física misma. Un comité de agua capacitado, con reglas claras sobre tarifas, mantenimiento y sanciones por uso indebido, puede sostener un sistema de distribución en buen estado durante décadas, incluso sin intervención estatal permanente.

La Figura 4.2 presenta infraestructura comunitaria para almacenamiento y distribución de agua, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 4.2. Infraestructura comunitaria para almacenamiento y distribución de agua

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

4.2 Aguas subterráneas, riesgos, modernización y riego

El uso de acuíferos y fuentes singulares requiere control de calidad y protección sanitaria. Las revisiones sobre resiliencia hídrica recomiendan evaluar amenazas, redundancia, mantenimiento y capacidad de recuperación, no solo la cobertura nominal del sistema (Asghari et al., 2023).

4.2.1 Aprovechamiento de aguas subterráneas y pozos azufrados

Los pozos de aguas subterráneas, sobre todo aquellos con propiedades sulfurosas, representan un recurso singular que combina uso doméstico, terapéutico y turístico. En Joa, estos pozos conviven con el uso agrícola del agua y con el atractivo natural del volcán inactivo cercano, generando una economía diversa alrededor de un mismo recurso hídrico.

Sin monitoreo del nivel freático ni control sobre la cantidad extraída, un acuífero puede sobreexplotarse sin que nadie lo perciba hasta que el recurso empiece a escasear. La falta de extracción controlada y de mantenimiento

adecuado figura, en la experiencia regional, entre las principales causas de desabastecimiento en sistemas de agua subterránea.

Establecer un monitoreo básico del nivel freático, mediante mediciones periódicas simples que no requieren instrumentación costosa, permitiría a la comunidad de Joa anticipar señales de sobreexplotación antes de que se conviertan en un problema irreversible, un paso pequeño con un beneficio preventivo considerable.

4.2.2 Riesgos sanitarios derivados de infraestructuras deficientes

Cuando el abastecimiento de agua opera junto a un saneamiento deficiente, aumenta la exposición a contaminantes y se debilita la protección sanitaria del servicio. La integración de controles de calidad del agua en encuestas nacionales ecuatorianas confirma la necesidad de evaluar abastecimiento, saneamiento e higiene como componentes relacionados (Moreno et al., 2020).

Estos riesgos rara vez aparecen en los indicadores tradicionales de cobertura de agua potable, que solo miden si existe conexión, no si esa conexión es segura. Un diagnóstico completo de infraestructura rural debería incorporar indicadores de calidad sanitaria y no limitarse a contar metros de tubería instalada.

El monitoreo periódico de la calidad bacteriológica del agua distribuida, mediante análisis básicos que hoy pueden realizarse a bajo costo con kits portátiles, permitiría detectar de manera temprana episodios de contaminación que hoy solo se identifican cuando ya han provocado casos de enfermedad en la población.

4.2.3 Estrategias de modernización de sistemas hídricos rurales

Modernizar un sistema de agua rural no significa necesariamente construir desde cero. En muchos casos, basta con incorporar sistemas de captación de agua de lluvia, optimizar el riego agrícola existente y actualizar los puntos más críticos de la red de distribución. Estas intervenciones, de menor costo que una reconstrucción completa, pueden extender significativamente la vida útil de la infraestructura actual.

La comuna Joa, según las conclusiones de su diagnóstico técnico, se beneficiaría de exactamente este tipo de estrategia: modernización focalizada,

mantenimiento periódico y participación comunitaria activa en el cuidado de la red.

Un plan de modernización realista debería priorizar, en una primera etapa, los tramos de red con mayor incidencia de fugas reportadas, antes de abordar mejoras generales que dispersen el presupuesto disponible sin resolver los puntos críticos que generan la mayor parte de las pérdidas actuales del sistema.

4.2.4 Riego agrícola y eficiencia en el uso del agua

El riego agrícola constituye, en comunidades como Joa, uno de los usos más intensivos del agua disponible, y también uno de los que ofrece mayor margen de mejora en eficiencia. Sistemas de riego tradicional por inundación, todavía predominantes en buena parte del territorio rural ecuatoriano, presentan pérdidas por evaporación e infiltración considerablemente superiores a las de sistemas de riego por goteo o aspersión.

La transición hacia sistemas de riego más eficientes exige, sin embargo, una inversión inicial que muchos productores de pequeña escala no pueden asumir sin apoyo externo. Programas de financiamiento combinados con capacitación técnica en el manejo del nuevo sistema ofrecen la vía más realista para lograr esta transición sin comprometer la producción agrícola durante el proceso.

La Tabla 4.1 organiza estado de componentes hídricos y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 4.1. Estado de componentes hídricos

Componente	Existencia	Condición
Red de distribución	Sí	Funcional y relativamente nueva
Captación de lluvia	Parcial	Presente en pocas viviendas
Almacenamiento comunitario	Limitado	Predomina almacenamiento domiciliario
Estación de bombeo	No	Sin infraestructura identificada

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

4.3 Calidad, tarifas y soluciones de tratamiento

La sostenibilidad financiera y sanitaria exige medir pérdidas, calidad, continuidad y costos de operación. Las soluciones domiciliarias pueden reducir riesgos inmediatos, pero no sustituyen un programa público de agua segura y saneamiento.

4.3.1 Calidad del agua y monitoreo participativo

El monitoreo participativo de la calidad del agua, en el que miembros capacitados de la propia comunidad realizan mediciones periódicas básicas, combina bajo costo con generación de conciencia local sobre el estado del recurso. Esta práctica, cada vez más extendida en programas de gestión comunitaria del agua en distintos países de la región, permite detectar problemas de manera temprana sin depender exclusivamente de visitas técnicas externas poco frecuentes.

Implementar este tipo de monitoreo en Joa requeriría una capacitación inicial relativamente breve y equipos básicos de análisis, una inversión modesta frente al beneficio de contar con información continua sobre la calidad del agua que consume la comunidad.

4.3.2 Tarifas de agua y sostenibilidad financiera del servicio

La sostenibilidad financiera de un sistema de agua rural depende de que las tarifas cobradas, aunque modestas frente a los estándares urbanos, alcancen a cubrir al menos los costos básicos de operación y mantenimiento preventivo. Sistemas que operan sin ningún esquema tarifario, dependiendo exclusivamente de aportes comunitarios esporádicos ante emergencias, tienden a acumular un rezago de mantenimiento que termina resultando más costoso de resolver que si se hubiera atendido de manera preventiva.

Diseñar un esquema tarifario justo, ajustado a la capacidad de pago real de la población de Joa, exige un ejercicio de diálogo comunitario que explique con claridad el destino de cada aporte, de manera que la tarifa se perciba como una

inversión colectiva en el propio servicio, y no como un cobro arbitrario impuesto desde afuera.

4.3.3 Agua para uso ganadero y su interacción con el consumo humano

La actividad ganadera de comunidades como Joa demanda volúmenes de agua considerables que, en ausencia de infraestructura específica de abrevaderos, terminan compitiendo directamente con las mismas fuentes destinadas al consumo humano. Esta competencia por el recurso, poco visibilizada en los diagnósticos convencionales de infraestructura hídrica, puede agravarse de manera significativa durante la temporada seca.

Desarrollar infraestructura específica de abrevaderos, alimentada preferentemente por fuentes distintas a las destinadas al consumo humano, permitiría reducir esta competencia y, de paso, evitar la contaminación fecal directa de fuentes de agua potable que ocurre cuando el ganado accede sin restricción a los mismos puntos de captación utilizados por la población.

4.3.4 Tecnologías de bajo costo para el tratamiento domiciliario de agua

Cuando la infraestructura formal de tratamiento resulta insuficiente, tecnologías domiciliarias de bajo costo, filtros de bioarena, cloración simple mediante hipoclorito de sodio, desinfección solar en envases plásticos transparentes, ofrecen una capa adicional de protección sanitaria que las familias pueden implementar por cuenta propia mientras se gestionan mejoras estructurales de mayor alcance en el sistema de distribución.

Difundir estas tecnologías mediante capacitación comunitaria sencilla, sin requerir inversión significativa por parte de las familias, representa una medida de impacto inmediato en la reducción de enfermedades de origen hídrico, mientras se avanza en soluciones estructurales de mediano y largo plazo.

4.4 Resiliencia, educación sanitaria, género y organización

La resiliencia también depende de educación, reparto de responsabilidades y participación de mujeres en la gestión. Los programas WASH muestran que las mejoras físicas alcanzan mayor efecto cuando se acompañan de prácticas de higiene y organización local (Sy et al., 2022).

4.4.1 Infraestructura de agua y resiliencia frente a eventos extremos

Los sistemas de captación y distribución de agua rural deben diseñarse considerando su capacidad de resistir, sin colapsar por completo, eventos climáticos extremos como inundaciones severas o sequías prolongadas. Un sistema que depende de una única fuente de captación, sin alternativas de respaldo, queda completamente expuesto ante la eventual falla de esa fuente principal.

Diversificar las fuentes de abastecimiento, combinando captación superficial, agua subterránea y, cuando sea viable, captación de agua de lluvia, reduce esta vulnerabilidad y ofrece a la comunidad de Joa una capacidad de respuesta más robusta frente a escenarios climáticos adversos cada vez más frecuentes.

4.4.2 Educación sanitaria y hábitos de higiene comunitaria

La infraestructura de agua y saneamiento, por bien diseñada que esté, rinde su máximo beneficio sanitario solo cuando se combina con hábitos adecuados de higiene en la población. El lavado de manos en momentos críticos, el manejo higiénico de agua almacenada en el hogar y la disposición adecuada de excretas infantiles constituyen prácticas que ninguna obra de infraestructura garantiza por sí sola.

Programas de educación sanitaria dirigidos especialmente a la población infantil, en coordinación con las escuelas locales, complementan la inversión en infraestructura física y maximizan su impacto real sobre los indicadores de salud de la comunidad.

4.4.3 Género y acceso diferenciado al agua en el hogar rural

La gestión doméstica del agua en comunidades rurales recae, de manera desproporcionada, sobre las mujeres del hogar, quienes asumen la responsabilidad principal de su acarreo cuando la red formal falla, su almacenamiento seguro y su uso eficiente en las tareas domésticas cotidianas. Cualquier mejora en la infraestructura de agua repercute, por tanto, de manera directa y significativa sobre la carga de trabajo doméstico de las mujeres de la comunidad.

Consultar de manera específica a las mujeres de Joa sobre sus prioridades respecto al sistema de agua, más allá de encuestas generales dirigidas al jefe de

hogar, permitiría capturar matices relevantes sobre el diseño de puntos de conexión domiciliaria y horarios de distribución que de otro modo podrían pasar desapercibidos.

4.4.4 Comités de agua: fortalecimiento organizativo y capacitación

El comité de agua potable, figura organizativa presente en la mayoría de sistemas rurales de gestión comunitaria en América Latina, requiere fortalecimiento continuo en aspectos administrativos, contables y técnicos básicos para sostener su funcionamiento a lo largo del tiempo. La rotación frecuente de sus dirigentes, común en estructuras comunitarias voluntarias, dificulta la acumulación de experiencia institucional necesaria para una gestión eficiente.

Programas de capacitación continua, y no solo talleres puntuales al momento de constituir el comité, ofrecerían a la comuna Joa una base organizativa más sólida para sostener la gestión de su sistema de agua incluso ante el recambio inevitable de sus dirigentes comunitarios a lo largo de los años.

La Figura 4.3 presenta sistema local vinculado al aprovechamiento hídrico, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 4.3. Sistema local vinculado al aprovechamiento hídrico

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

Las casetas de operación protegen equipos de bombeo, tableros, válvulas y materiales de mantenimiento. Su desempeño depende del estado de la cubierta, ventilación, cerramientos, drenaje periférico, seguridad de acceso y orden interno. Cuando estas estructuras se deterioran, el sistema pierde confiabilidad aunque la fuente y la red permanezcan activas. La gestión comunitaria del servicio necesita responsables definidos y soporte institucional sostenido, elementos señalados en los estudios sobre regulación rural y gestión comunitaria del agua en América Latina (Alvarez et al., 2024; Saldaña Almazán et al., 2025).

La Figura 4.4 permite examinar estructura operativa vinculada al sistema comunitario de agua y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 4.4. Estructura operativa vinculada al sistema comunitario de agua

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

La edificación registrada presenta una envolvente sencilla y señales de envejecimiento superficial. El cerramiento limita el acceso no autorizado, pero deben revisarse humedad, fisuras, ventilación y estado de puertas. El análisis funcional exige identificar qué equipos alberga, qué fallas ha sufrido y con qué frecuencia recibe mantenimiento. Una ficha anual con fotografías comparables ayudaría a detectar deterioros antes de que comprometan la continuidad del

servicio. Esta tarea puede ser ejecutada por el comité de agua con acompañamiento técnico periódico.

4.5 Interconexión, reúso y planificación del saneamiento

La interconexión, el reúso y la planificación del saneamiento deben evaluarse según densidad, topografía, capacidad operativa y organización local. Machado et al. (2019), al comparar modelos comunitarios de abastecimiento rural en Brasil y Ecuador, muestran que la sostenibilidad del servicio depende de la articulación entre niveles organizativos y de la disponibilidad de recursos técnicos, financieros y sociales. Esta dimensión institucional debe acompañar cualquier decisión de ampliar o conectar sistemas.

4.5.1 Interconexión entre sistemas de agua de comunidades vecinas

La posibilidad de interconectar el sistema de agua de la comuna Joa con el de comunidades vecinas, en caso de falla temporal de alguna fuente de captación, ofrece una capa adicional de resiliencia que hoy no existe en la mayoría de sistemas rurales ecuatorianos, diseñados casi siempre como unidades aisladas sin ningún tipo de respaldo externo ante contingencias.

Evaluar la factibilidad técnica y económica de este tipo de interconexión, aunque exigiría inversión adicional en tubería e infraestructura de bombeo, podría justificarse especialmente para los meses de mayor estrés hídrico durante la temporada seca, cuando la disponibilidad de agua se reduce de manera simultánea en buena parte del territorio circundante.

4.5.2 Reúso de aguas grises en actividades productivas

Las aguas grises, provenientes de actividades domésticas como el lavado de ropa o utensilios, contienen un nivel de contaminación considerablemente menor al de las aguas negras de origen fecal, y pueden reutilizarse, tras un tratamiento básico, en actividades productivas como el riego de cultivos no destinados a consumo humano directo o el mantenimiento de áreas verdes comunitarias.

Incorporar sistemas simples de separación y reúso de aguas grises a nivel domiciliario, una tecnología de bajo costo y fácil implementación, permitiría a las familias de Joa reducir su demanda de agua potable para usos que no requieren necesariamente esa calidad, aliviando la presión sobre las fuentes de captación principales.

4.5.3 Infraestructura hídrica y planificación urbanística del centro poblado

El crecimiento futuro del centro poblado de la comuna Joa, previsible aunque modesto en el mediano plazo, debería planificarse considerando desde ya la capacidad de expansión de su infraestructura hídrica actual, evitando el patrón común en muchas comunidades rurales donde el crecimiento urbanístico se adelanta a la capacidad de la red de agua y saneamiento, generando déficits que luego resultan costosos de corregir.

Coordinar el plan de ordenamiento territorial mencionado en capítulos anteriores con las proyecciones de expansión de la red de agua potable permitiría anticipar estas necesidades futuras, en lugar de responder de manera reactiva una vez que el déficit de cobertura ya se ha materializado.

4.5.4 Costos de oportunidad de la inacción en saneamiento

Postergar la inversión en saneamiento básico, bajo el argumento de que existen prioridades más urgentes, tiene un costo de oportunidad que rara vez se cuantifica de manera explícita: los gastos de salud asociados a enfermedades hídricas evitables, la pérdida de productividad laboral por enfermedad, y el deterioro progresivo de fuentes de agua que eventualmente requerirán una inversión de remediación muy superior a la que habría costado el saneamiento preventivo.

Presentar este costo de oportunidad de manera clara ante las autoridades cantonales, en términos comparables al costo de otras inversiones públicas alternativas, fortalecería el argumento a favor de priorizar el saneamiento de comunidades como Joa dentro de la agenda de inversión pública cantonal.

4.6 Tecnologías, costos de conexión y confianza ciudadana

Las nuevas tecnologías deben compararse por costo de ciclo de vida, disponibilidad de repuestos y facilidad de operación. El análisis de Machado et al. (2019) evidencia que los modelos comunitarios de agua no dependen únicamente de la solución física; su permanencia requiere estructuras organizativas capaces de coordinar operación, mantenimiento y apoyo externo.

4.6.1 Perspectivas tecnológicas emergentes en tratamiento de agua rural

Tecnologías emergentes de tratamiento de agua, como sistemas de filtración por membrana de bajo costo o desinfección mediante luz ultravioleta

alimentada por energía solar, empiezan a estar disponibles a precios cada vez más accesibles para comunidades rurales de recursos limitados, ampliando el abanico de opciones técnicas disponibles más allá de las soluciones convencionales de cloración.

Evaluar la pertinencia de estas tecnologías emergentes para el caso específico de Joa, considerando su facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de repuestos a nivel regional, debería formar parte de cualquier actualización futura del plan de modernización de su sistema de agua potable.

4.6.2 Costos de instalación domiciliaria y barreras de conexión

El costo de la conexión domiciliaria a la red de agua potable, aunque modesto en comparación con la infraestructura principal de captación y distribución, puede representar una barrera real para las familias de menores ingresos dentro de la comuna Joa, quienes ante esa barrera optan por soluciones informales de menor calidad sanitaria, como pozos artesanales sin protección adecuada.

Programas de financiamiento escalonado para la conexión domiciliaria, que permitan a estas familias acceder a la red formal mediante pagos diferidos en el tiempo, reducirían esta barrera de entrada y ampliarían la cobertura efectiva del sistema de agua potable existente sin requerir subsidio total por parte del gobierno cantonal.

4.6.3 Agua embotellada y su relación con la desconfianza en el sistema formal

El consumo creciente de agua embotellada, incluso en comunidades que cuentan con red de agua potable formal, refleja con frecuencia una desconfianza acumulada sobre la calidad del agua distribuida, desconfianza que puede o no estar justificada por la evidencia técnica disponible, pero que impone un costo económico adicional a las familias que optan por esta alternativa.

Comunicar de manera transparente los resultados de los análisis de calidad del agua distribuida, cuando estos son favorables, podría contribuir a reducir esta desconfianza y el gasto familiar asociado al consumo innecesario de agua embotellada en comunidades donde el sistema formal efectivamente cumple con los estándares sanitarios requeridos.

La Tabla 4.2 organiza prioridades de intervención hídrica y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 4.2. Prioridades de intervención hídrica

Acción	Horizonte	Resultado esperado
Catastro y balance de agua	Corto	Control de pérdidas
Monitoreo de calidad	Permanente	Protección sanitaria
Saneamiento descentralizado	Mediano	Menores descargas
Captación pluvial	Corto	Reserva estacional
Fortalecimiento del comité	Permanente	Operación sostenible

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

4.7 Escuela, almacenamiento domiciliario y salud pública

Escuelas, centros de salud y hogares forman una red sanitaria inseparable. La evaluación del servicio debe considerar continuidad, calidad, capacidad de respuesta y organización del proveedor. Alvarez et al. (2024) identifican prioridades regulatorias específicas para servicios rurales de agua y saneamiento en América Latina, mientras Asghari et al. (2023) organiza criterios de resiliencia aplicables a sistemas de abastecimiento, drenaje y aguas residuales.

4.7.1 Rol de las escuelas rurales en el cuidado del sistema de agua

Las escuelas rurales, como espacios de encuentro intergeneracional dentro de la comuna, ofrecen una plataforma natural para promover el cuidado del sistema de agua potable entre la población infantil, quienes a su vez pueden convertirse en agentes de sensibilización dentro de sus propios hogares sobre el uso responsable del recurso.

Incorporar contenidos prácticos sobre el funcionamiento del sistema de agua local dentro del currículo escolar, en coordinación con el comité de agua de la comuna, fortalecería este vínculo educativo y generaría, a largo plazo, una población más consciente del valor y la fragilidad de su infraestructura hídrica.

4.7.2 Almacenamiento domiciliario de agua y sus riesgos sanitarios asociados

Cuando el servicio de agua potable no llega de manera continua durante las veinticuatro horas del día, las familias recurren al almacenamiento domiciliario en tanques o recipientes que, sin un manejo higiénico adecuado, pueden convertirse en un punto de recontaminación del agua que llegó limpia desde la red de distribución. Este riesgo, poco visible en los indicadores convencionales de cobertura de agua potable, merece atención específica en cualquier programa de educación sanitaria.

Capacitar a la población de Joa sobre prácticas seguras de almacenamiento domiciliario, limpieza periódica de tanques, uso de recipientes con tapa adecuada, cloración doméstica de refuerzo cuando el almacenamiento se prolonga varios días, complementa la inversión en infraestructura formal y reduce riesgos sanitarios que de otro modo persistirían incluso con una red de distribución en buen estado técnico.

El almacenamiento domiciliario compensa interrupciones del servicio, pero modifica la calidad del agua cuando el recipiente carece de tapa, limpieza programada o protección frente al calor. El tiempo de retención favorece la pérdida de desinfectante residual y puede facilitar contaminación por sedimentos, insectos o manipulación. La gestión sanitaria debe considerar volumen útil, frecuencia de renovación, condiciones del soporte y facilidad de lavado. El tanque es una parte del sistema de abastecimiento, no un elemento aislado del control de calidad (Moreno et al., 2020; Sy et al., 2022).

La Figura 4.5 permite examinar tanque domiciliario para almacenamiento de agua y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 4.5. Tanque domiciliario para almacenamiento de agua

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

En la imagen, el depósito se ubica sobre una losa elevada, solución que permite aprovechar la gravedad para distribuir agua dentro de la vivienda. La exposición directa y el estado del entorno obligan a revisar fijación, tapa, tubería de rebose y drenaje de limpieza. También conviene verificar que la estructura soporte el peso del tanque lleno. Un recipiente de mil litros transmite cerca de una tonelada, sin contar su peso propio. La inspección domiciliaria debe combinar criterios hidráulicos, sanitarios y estructurales.

4.7.3 Coordinación entre el sistema de agua y los servicios de salud locales

La coordinación entre el comité de agua de la comuna y el puesto de salud rural más cercano, hoy prácticamente inexistente, permitiría cruzar información epidemiológica sobre casos de enfermedad gastrointestinal con datos sobre la calidad del agua distribuida, facilitando la identificación temprana de posibles focos de contaminación antes de que se conviertan en un problema de salud pública de mayor escala.

Establecer un canal de comunicación simple entre ambas instancias, mediante reportes periódicos breves, representa una intervención de costo prácticamente

nulo que fortalecería la capacidad de respuesta sanitaria de la comunidad frente a problemas asociados a la calidad del agua.

4.8 Conclusiones del capítulo

Este cuarto capítulo mostró que los sistemas de agua y saneamiento de comunidades como Joa presentan un patrón de desarrollo desigual: avances reales en captación y distribución, conviviendo con vacíos estructurales en saneamiento que comprometen la salud pública y la calidad del entorno natural. Modernizar estos sistemas no exige necesariamente grandes obras nuevas, sino intervenciones focalizadas, fortalecimiento de la gestión comunitaria y monitoreo sostenido. El siguiente capítulo aborda la infraestructura vial, componente estrechamente relacionado con la capacidad de mantenimiento de los propios sistemas hídricos aquí analizados.

4.9 Referencias del capítulo 4

- Alvarez, L., Vargas, L., y Jimenez, A. (2024). Priorities for the rural water and sanitation services regulation in Latin America. *Frontiers in Water*, 6, 1406301. DOI: 10.3389/frwa.2024.1406301. URL: <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1406301>
- Asghari, F., Piadeh, F., Egyir, D., Yousefi, H., Rizzuto, J. P., Campos, L. C., y Behzadian, K. (2023). Resilience Assessment in Urban Water Infrastructure: A Critical Review of Approaches, Strategies and Applications. *Sustainability*, 15(14), 11151. DOI: 10.3390/su151411151. URL: <https://doi.org/10.3390/su151411151>
- Machado, A. V. M., dos Santos, J. A. N., Alves, L. M. C., y Quindeler, N. S. (2019). Contributions of organizational levels in community management models of water supply in rural communities: cases from Brazil and Ecuador. *Water*, 11(3), 537. DOI: 10.3390/w11030537. URL: <https://doi.org/10.3390/w11030537>
- Moreno, L., Pozo, M., Vancraeynest, K., Bain, R., Palacios, J. C., y Jácome, F. (2020). Integrating water-quality analysis in national household surveys: water and sanitation sector learnings of Ecuador. *npj Clean Water*, 3, 23. DOI: 10.1038/s41545-020-0070-x. URL: <https://doi.org/10.1038/s41545-020-0070-x>
- Saldaña Almazán, M., Leyva Zuñiga, A. P., Moreno Mendoza, E., Calderón Arellanes, M. P., y Suastegui Cruz, S. (2025). Community management and sustainability of water supply in a rural area of Guerrero, Mexico. *Sustainability*, 17(10), 4633. DOI: 10.3390/su17104633. URL: <https://doi.org/10.3390/su17104633>
- Sy, I., Bodian, A., Konté, M. A., Diop, L., Ndiaye, P. M., Thiam, S., y Mouanda, J. (2022). Impact of regional water supply, sanitation et hygiene (WASH) program in Senegal on rural livelihoods and sustainable development. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(1), 1-15. DOI: 10.2166/washdev.2021.029. URL: <https://doi.org/10.2166/washdev.2021.029>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO V

**Infraestructura vial y conectividad
territorial**

AUTOR: Macías Cevallos Anthony Guillermo



5 Infraestructura vial y conectividad territorial

La infraestructura vial rural condiciona el acceso a mercados, servicios sanitarios, centros educativos y actividades productivas. El capítulo examina la función territorial de caminos y puentes, los mecanismos de deterioro, el drenaje, la evaluación funcional y las alternativas de gestión aplicables a la comuna Joa y a territorios rurales comparables.

5.1 Función territorial, drenaje, deterioro y evaluación vial

La red vial rural articula producción, salud, educación y respuesta ante emergencias. En Joa, los caminos de tierra y los puentes deteriorados pierden funcionalidad durante la época lluviosa y elevan los costos de traslado.

5.1.1 Función estructural de caminos y puentes en el desarrollo rural

Un camino rural transporta mucho más que vehículos. Por él circulan la cosecha que sostiene a una familia, el estudiante que llega a su escuela y el paciente que necesita atención médica urgente. Esa función estructural explica por qué el deterioro vial golpea con tanta fuerza a las economías rurales: no se trata solo de incomodidad en el transporte, sino de una barrera real para acceder a servicios esenciales.

En la comuna Joa, el diagnóstico de campo confirmó caminos y puentes deteriorados. Sierra-Varela et al. (2024) desarrollaron un método de evaluación de caminos rurales que integra estado superficial, seguridad, conectividad y criterios territoriales para priorizar intervenciones. Este enfoque resulta más consistente con la gestión rural que una valoración limitada al tipo de pavimento o a la longitud intervenida.

La jerarquía vial, primaria, secundaria y terciaria, determina en buena medida la prioridad presupuestaria que recibe cada tramo. Las vías terciarias, como las que sirven a comunidades como Joa, ocupan sistemáticamente el último lugar en esta jerarquía, pese a ser las que conectan directamente a la población con sus actividades productivas cotidianas.

5.1.2 Diseño hidráulico y drenaje en vías rurales

El drenaje es, con frecuencia, el componente más subestimado del diseño vial rural. Una vía puede construirse con materiales de calidad y aun así fallar en pocos años si no se calculó correctamente el sistema de evacuación de aguas

pluviales. El método racional y la ecuación de Manning siguen siendo herramientas fundamentales para dimensionar cunetas, alcantarillas y estructuras de drenaje.

Este componente hidráulico no puede diseñarse de forma aislada del resto de la infraestructura hídrica de la zona. Un drenaje mal calculado no solo daña el camino; también puede desviar flujos hacia terrenos agrícolas o cauces naturales, generando erosión adicional.

El cálculo del caudal de diseño mediante el método racional exige información confiable sobre la intensidad de precipitación de la zona, un dato que en comunidades rurales pequeñas rara vez proviene de una estación meteorológica cercana, obligando a los diseñadores a extrapolar información de estaciones distantes, con el margen de error que ello implica.

5.1.3 Deterioro vial y su impacto en la productividad agrícola

El deterioro de un camino rural se traduce, casi de inmediato, en pérdidas económicas para quienes dependen de él. Un vehículo de carga que debe reducir su velocidad o rodear un tramo dañado incrementa sus costos logísticos, un efecto que termina reflejado en el precio final del producto agrícola o en la ganancia reducida del productor.

Este fenómeno crea un círculo difícil de romper: menor productividad reduce los ingresos disponibles para mantenimiento comunitario de la vía, y esa falta de mantenimiento acelera el deterioro. Romper este ciclo exige inversión externa sostenida.

Cuantificar este impacto en términos monetarios, comparando el costo logístico de transportar un mismo producto por una vía en buen estado frente a una deteriorada, ofrece un argumento contundente para priorizar la inversión vial frente a otras alternativas de gasto público que compiten por el mismo presupuesto cantonal limitado.

5.1.4 Métodos de evaluación del estado de la red vial

Evaluar el estado de una red vial rural requiere algo más que una inspección visual superficial. Indicadores como el índice de rugosidad, el estado del pavimento o la capacidad de las estructuras de drenaje permiten construir un

diagnóstico técnico comparable entre distintos tramos. El método racional, aplicado junto con mediciones de campo, ayuda a estimar caudales de diseño.

La aplicación de estos métodos en comunidades pequeñas enfrenta restricciones de recursos técnicos y humanos. Rara vez existe personal capacitado disponible de forma permanente, lo que convierte a las universidades y sus proyectos de investigación en aliados naturales para levantar estos diagnósticos.

Un sistema simplificado de calificación vial, basado en pocas categorías claras, bueno, regular, deficiente, aplicado de manera consistente por personal capacitado localmente, puede ofrecer información suficiente para priorizar inversiones sin requerir equipos de medición sofisticados fuera del alcance presupuestario de una comuna pequeña.

La Figura 5.1 presenta sendero de acceso a recursos naturales de joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 5.1. Sendero de acceso a recursos naturales de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto en la comuna Joa (2025).

5.2 Gestión, movilidad, planificación y materiales locales

La gestión vial necesita drenaje, materiales compatibles con el suelo y rutinas de mantenimiento. Los análisis de Barajas Bustillos y Gutiérrez Flores (2012) y Zepeda-Ortega et al. (2019) muestran que la dotación carretera se relaciona con la actividad económica, aunque sus efectos varían entre territorios y sectores productivos. La planificación vial rural debe considerar esa heterogeneidad al priorizar tramos y usos.

5.2.1 Modelos de gestión comunitaria de vías terciarias

Colombia ha probado, con resultados alentadores, un modelo de gestión comunitaria de vías terciarias que involucra directamente a los habitantes en la construcción y el mantenimiento de sus propios caminos, generando empleo local y fortaleciendo el sentido de pertenencia sobre la infraestructura. China aplica un sistema de responsables viales por escalón administrativo.

Estos modelos, aunque distintos en su origen, comparten un principio común: la infraestructura vial se conserva mejor cuando quienes la usan también participan en su cuidado. Comunidades como Joa podrían adaptar versiones simplificadas de este enfoque, organizando cuadrillas rotativas de mantenimiento básico.

Formalizar este tipo de esquema exige, sin embargo, algún tipo de compensación o reconocimiento para quienes participan, más allá de la buena voluntad comunitaria, ya que la experiencia regional muestra que los esquemas puramente voluntarios tienden a diluirse con el paso del tiempo si no cuentan con incentivos sostenidos.

5.2.2 Movilidad, transporte y acceso a servicios básicos

La movilidad rural no se mide únicamente en kilómetros de vía pavimentada, sino en el tiempo real que le toma a una persona llegar a un centro de salud, una escuela o un mercado. Sistemas de transporte público eficientes pueden reducir ese tiempo y mejorar, de paso, las condiciones ambientales del entorno.

En zonas rurales dispersas como Joa, el transporte público formal rara vez llega con la frecuencia necesaria. Los habitantes suelen depender de transporte informal o de vehículos particulares, una situación que profundiza las desigualdades entre quienes cuentan con medio propio de traslado y quienes no.

Explorar esquemas de transporte comunitario compartido, coordinados entre los propios habitantes mediante acuerdos informales de turnos o costos compartidos, podría paliar parcialmente esta brecha mientras se gestiona una solución más estructural de transporte público regular.

5.2.3 Planificación vial sostenible y reducción de brechas territoriales

Una red vial rural sostenible no se construye pensando únicamente en el corto plazo. Requiere planificación que integre mantenimiento periódico, materiales de construcción duraderos y participación comunitaria desde el diseño mismo del proyecto. La literatura respalda que una infraestructura vial adecuada reduce desigualdades sociales y económicas entre zonas urbanas y rurales.

Cerrar la brecha territorial vial exige una alianza que combine inversión pública, asistencia técnica universitaria y compromiso comunitario. Comunidades como Joa lo demuestran: cuentan con organización social y necesidad clara, pero necesitan del financiamiento y la asistencia técnica que hasta ahora han llegado de manera insuficiente.

5.2.4 Materiales y técnicas constructivas adaptadas al medio rural

La selección de materiales para vías rurales debe equilibrar durabilidad, costo y disponibilidad local. El uso de material granular estabilizado con técnicas de bajo costo, en lugar de pavimento asfáltico convencional, ofrece en muchos casos una solución más realista para vías de bajo tránsito como las que predominan en comunidades como Joa, siempre que se acompañe de un mantenimiento periódico adecuado.

La disponibilidad de canteras cercanas, tema abordado en el capítulo anterior, condiciona directamente la viabilidad económica de estas técnicas constructivas, reforzando la necesidad de planificar de manera conjunta la explotación de recursos geológicos y la construcción vial, en lugar de tratarlas como asuntos independientes.

La Tabla 5.1 organiza condición de la infraestructura vial y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 5.1. Condición de la infraestructura vial

Elemento	Estado	Efecto
Caminos de tierra	Deteriorado	Pérdida de accesibilidad en invierno
Puentes	Deficiente	Baches y barandas oxidadas
Senderos ecológicos	Bueno	Falta de señalización
Accesos a conservación	Regular	Baches y seguridad limitada

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

5.3 Seguridad, mercados, puentes y acceso sanitario

La seguridad vial en puentes y accesos requiere inspección, señalización y protección de usuarios vulnerables. El efecto económico de la infraestructura depende de su articulación con la actividad productiva y con la capacidad de acceso a mercados y servicios (Ortiz et al., 2018).

5.3.1 Señalización, seguridad vial y prevención de accidentes

La señalización vial en zonas rurales suele recibir menos atención que el estado del pavimento, aunque su ausencia contribuye de manera directa a la accidentalidad, especialmente en tramos con curvas pronunciadas, cruces de cauces o pendientes marcadas, condiciones frecuentes en la topografía irregular de comunidades como Joa.

Incorporar señalización básica, de bajo costo pero alta efectividad, junto con la capacitación de conductores locales sobre riesgos específicos del tramo, representa una inversión modesta con un impacto directo sobre la seguridad de la comunidad que utiliza diariamente estas vías.

5.3.2 Vialidad y acceso a mercados agrícolas

El acceso confiable a mercados constituye, en última instancia, el propósito económico central de cualquier inversión vial rural. Estudios sobre cadenas de valor agrícola en distintos países de la región coinciden en que la reducción de tiempos de transporte incrementa de manera directa el margen de ganancia del productor primario, al reducir pérdidas poscosecha y fortalecer su posición de negociación frente a intermediarios.

Para comunidades como Joa, cuya economía depende en gran medida de la producción agrícola y ganadera de ciclo corto, esta relación entre vialidad y acceso a mercados no es un argumento abstracto, sino una condición que determina de manera concreta el ingreso disponible de cientos de familias.

5.3.3 Puentes rurales: diseño, inspección y mantenimiento preventivo

Los puentes constituyen, dentro de la infraestructura vial rural, los puntos de mayor consecuencia ante una falla estructural: mientras un tramo de camino deteriorado puede rodearse o transitarse con precaución, el colapso de un puente aísla por completo a una comunidad de su red vial principal. Esta consecuencia desproporcionada justifica que los puentes reciban un estándar de inspección y mantenimiento preventivo más riguroso que el resto de la infraestructura vial.

Un programa básico de inspección visual periódica, que revise el estado de las estructuras de soporte, la presencia de socavación en los estribos y la condición general del tablero, permitiría a comunidades como Joa detectar señales tempranas de deterioro antes de que se conviertan en un riesgo de colapso, sin requerir necesariamente la intervención de un ingeniero estructural especializado en cada visita rutinaria.

5.3.4 Vías de acceso a centros de salud: un caso de prioridad diferenciada

No todos los tramos de una red vial rural tienen la misma importancia estratégica. Aquellos que conectan a la población con centros de salud, especialmente en situaciones de emergencia obstétrica o de accidentes, merecen una prioridad diferenciada de mantenimiento frente a tramos de menor consecuencia inmediata, un criterio de priorización que rara vez se incorpora de manera explícita en los planes viales cantonales.

Identificar estos tramos críticos de acceso a servicios de salud, y garantizar su transitabilidad incluso durante la temporada de lluvias más intensa, debería considerarse una prioridad no negociable dentro de cualquier plan de mantenimiento vial de comunidades como Joa, por encima de otras consideraciones de costo o conveniencia administrativa.

5.4 Educación, emergencias, costos y turismo rural

Los caminos permiten sostener clases, atención médica, turismo y abastecimiento durante eventos adversos. La reducción del riesgo exige

identificar tramos cuya falla aislaría a la comunidad y asignarles una prioridad diferenciada (Sierra-Varela et al., 2024).

5.4.1 Impacto de la vialidad rural en el acceso educativo

El acceso confiable a instituciones educativas constituye otro de los beneficios menos visibles, pero igualmente relevantes, de una infraestructura vial rural en buen estado. Caminos intransitables durante la temporada de lluvias contribuyen a la deserción escolar temporal o definitiva, especialmente entre estudiantes que deben recorrer distancias considerables para llegar a su centro educativo.

Cuantificar esta relación entre estado vial y asistencia escolar, mediante el seguimiento de registros de asistencia en las escuelas de la zona durante distintas épocas del año, ofrecería un argumento adicional, con base empírica local, para justificar la priorización de inversión en mantenimiento vial ante las autoridades cantonales.

5.4.2 Vialidad rural y respuesta ante emergencias climáticas

La capacidad de una red vial rural para mantenerse operativa durante emergencias climáticas, inundaciones, deslizamientos, determina en buena medida la efectividad de cualquier respuesta institucional ante estos eventos. Una vía que colapsa en el primer evento de lluvia intensa deja a la comunidad aislada precisamente en el momento en que más necesita apoyo externo.

Incorporar criterios de resiliencia climática en el diseño y mantenimiento vial, considerando los escenarios de precipitación extrema descritos en capítulos anteriores de esta obra, resulta indispensable para que la infraestructura vial de comunidades como Joa cumpla su función también en los momentos de mayor exigencia.

5.4.3 Costos comparados: mantenimiento preventivo frente a reconstrucción

La evidencia técnica sobre gestión vial coincide, de manera consistente, en que el costo de un programa de mantenimiento preventivo periódico resulta considerablemente menor que el costo de reconstruir una vía que se ha dejado deteriorar hasta el punto de requerir una intervención completa. Esta relación costo-beneficio, ampliamente documentada en la literatura técnica

internacional, rara vez se traduce en la práctica de gobiernos cantonales con presupuestos ajustados que priorizan, casi por inercia, la atención de emergencias sobre la prevención.

Cambiar esta lógica de gestión reactiva hacia una lógica preventiva exige, ante todo, voluntad política sostenida en el tiempo, algo que ningún argumento técnico, por sólido que sea, puede garantizar por sí solo sin el respaldo de una ciudadanía informada que exija esta prioridad a sus autoridades locales.

5.4.4 Vialidad rural y turismo de naturaleza en la comuna Joa

El desarrollo del turismo asociado a los pozos termales y al volcán inactivo Cerro Chocotete, mencionado en el capítulo dedicado a los recursos naturales, depende de manera directa de la calidad de la vialidad de acceso a estos atractivos. Un visitante dispuesto a recorrer varias horas de carretera pavimentada puede desistir de su viaje ante un tramo final deteriorado, limitando el potencial económico de un recurso natural por lo demás valioso.

Priorizar el mantenimiento de los tramos viales que conectan con estos atractivos turísticos, en coordinación con los actores del sector turístico local, representa una inversión con retorno económico razonablemente predecible, a diferencia de otras inversiones viales cuyo beneficio resulta más difuso.

La Figura 5.2 presenta puente en la vía de acceso a joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 5.2. Puente en la vía de acceso a Joa

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

5.5 Logística, normativa, monitoreo y adaptación climática

El monitoreo de bajo costo puede apoyar la conservación preventiva cuando registra de manera sistemática estado superficial, drenaje, seguridad y conectividad. El método de Sierra-Varela et al. (2024) combina indicadores para evaluar caminos rurales y priorizar acciones desde una lectura territorial, criterio que puede adaptarse a revisiones periódicas antes y después de temporadas lluviosas.

5.5.1 Vialidad y logística de insumos agrícolas

El transporte de insumos agrícolas hacia la comuna Joa, semillas, fertilizantes, combustible para maquinaria, depende de la misma infraestructura vial deteriorada que dificulta la salida de la producción hacia los mercados. Este flujo bidireccional de bienes, poco considerado en los análisis convencionales centrados exclusivamente en la salida de productos agrícolas, añade una capa adicional de costo logístico a la actividad productiva de la comunidad.

Considerar ambos sentidos del flujo de transporte al evaluar el impacto económico del deterioro vial ofrece una imagen más completa del costo real que la comunidad asume por la falta de mantenimiento adecuado, reforzando el argumento a favor de una inversión vial prioritaria.

5.5.2 Vías de tercer orden y su tratamiento diferenciado en la normativa

La normativa vial ecuatoriana distingue entre distintos órdenes de vías, con estándares técnicos y responsabilidades institucionales diferenciadas según su jerarquía. Las vías de tercer orden, categoría en la que se ubican la mayoría de los caminos que sirven directamente a comunidades como Joa, reciben estándares de diseño menos exigentes que las vías de mayor jerarquía, una diferenciación razonable en términos de costo pero que no debería traducirse en abandono total del mantenimiento preventivo.

Asegurar que estas vías de tercer orden reciban, al menos, un mantenimiento periódico básico, aunque no cuenten con el mismo estándar constructivo de una vía principal, marcaría una diferencia sustancial frente a la situación actual de abandono casi total que enfrentan buena parte de estos caminos en el territorio rural ecuatoriano.

5.5.3 Tecnología de bajo costo para el monitoreo del estado vial

Aplicaciones móviles de acceso gratuito permiten hoy registrar, mediante el acelerómetro incorporado en cualquier teléfono inteligente, el nivel de vibración experimentado al circular por un tramo vial, generando un indicador aproximado pero útil del estado de rugosidad del pavimento sin necesidad de equipos especializados de medición.

Incorporar este tipo de tecnología de bajo costo en el monitoreo periódico de la red vial de comunidades como Joa permitiría a las autoridades cantonales contar con información actualizada sobre el estado de sus caminos, sin depender exclusivamente de estudios técnicos costosos y poco frecuentes.

5.5.4 Vialidad rural y cambio climático: adaptación de estándares de diseño

Los estándares de diseño hidráulico vial empleados tradicionalmente en Ecuador se basan en registros históricos de precipitación que, como se señaló en el primer capítulo de esta obra, resultan cada vez menos representativos de las condiciones climáticas actuales. Actualizar estos estándares de diseño para incorporar los escenarios de precipitación extrema proyectados por el cambio climático regional constituye una tarea pendiente de la ingeniería vial ecuatoriana.

Mientras esta actualización normativa se concreta a nivel nacional, comunidades como Joa podrían beneficiarse de la aplicación voluntaria de márgenes de seguridad adicionales en el diseño de nuevas estructuras de drenaje, anticipando de manera prudente las condiciones climáticas más exigentes que ya se observan en la práctica.

5.6 Maquinaria, percepción, finanzas y programas sociales

La continuidad del mantenimiento vial depende de que la evaluación permita jerarquizar tramos y justificar la asignación de recursos. Sierra-Varela et al. (2024) proponen un método de valoración de caminos rurales que integra variables físicas, de seguridad, conectividad y desarrollo territorial. Este enfoque permite ordenar intervenciones antes de que el deterioro alcance niveles que exijan rehabilitaciones de mayor costo.

5.6.1 Rol de la maquinaria comunitaria en el mantenimiento vial

La disponibilidad de maquinaria básica de mantenimiento vial, motoniveladoras, volquetes, compactadoras, propiedad del Gobierno Autónomo Descentralizado provincial, determina en buena medida la frecuencia con la que comunidades como Joa reciben mantenimiento vial efectivo, dado que la adquisición de este tipo de equipo resulta inalcanzable para una comuna individual por su cuenta.

Establecer un cronograma rotativo transparente para el uso de esta maquinaria entre las distintas parroquias rurales del cantón, con criterios técnicos claros de priorización y no exclusivamente criterios de visibilidad política, garantizaría una distribución más equitativa de este recurso compartido entre las comunidades que lo necesitan.

5.6.2 Percepción comunitaria sobre la prioridad vial frente a otras necesidades

Las encuestas realizadas durante el diagnóstico de la comuna Joa reflejan que la vialidad ocupa, junto con el saneamiento, un lugar prioritario entre las necesidades percibidas por la población, por encima incluso de otras carencias de infraestructura menos visibles en el uso cotidiano. Esta percepción comunitaria, coincidente con la evidencia técnica de deterioro observada en campo, refuerza la legitimidad de priorizar la inversión vial dentro de cualquier plan de intervención futuro.

Contrastar de manera sistemática la percepción comunitaria con la evidencia técnica, como se describió en el tercer capítulo de esta obra, evita que la priorización de inversión responda exclusivamente a la presión política de un grupo vocal dentro de la comunidad, sin reflejar necesariamente las necesidades más generalizadas del conjunto de la población.

5.6.3 Vialidad rural y acceso a servicios financieros

El acceso a servicios financieros formales, cada vez más digitalizados pero que aún requieren desplazamientos ocasionales hacia sucursales bancarias o cajeros automáticos en la cabecera cantonal, depende también de la calidad de la vialidad rural. Productores agrícolas que no pueden trasladarse con facilidad hacia estos servicios financieros enfrentan mayores dificultades para acceder a crédito productivo o para gestionar sus ingresos de manera eficiente.

Esta conexión entre vialidad e inclusión financiera, poco explorada en los análisis convencionales de infraestructura vial rural, añade un argumento adicional a favor de la inversión sostenida en el mantenimiento de los caminos que conectan a comunidades como Joa con la cabecera cantonal.

5.6.4 Vialidad rural y acceso a programas sociales del Estado

El acceso a programas sociales estatales, transferencias monetarias condicionadas, atención a personas con discapacidad, programas de nutrición infantil, exige con frecuencia trámites presenciales en la cabecera cantonal que resultan más difíciles de cumplir para familias cuyo acceso vial es deficiente, generando una barrera adicional que se suma a las ya existentes para acceder a estos beneficios estatales.

Documentar esta barrera de acceso asociada a la vialidad deficiente, mediante el testimonio directo de beneficiarios potenciales de programas sociales en la comuna Joa, ofrecería un argumento adicional, de carácter social más que estrictamente económico, para priorizar la inversión en el mantenimiento de sus vías de acceso principales.

La Tabla 5.2 organiza programa de mantenimiento vial y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 5.2. Programa de mantenimiento vial

Actividad	Frecuencia	Responsable sugerido
Limpieza de cunetas	Trimestral	GAD y comunidad
Bacheo y reconformación	Semestral	GAD provincial
Revisión de señalización	Anual	GAD y operadores turísticos
Inspección de puentes	Anual	Equipo técnico
Evaluación tras lluvias intensas	Por evento	Comité de emergencia

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

5.7 Gestión vial integrada, agua y mecanismos de financiamiento

La gestión vial integrada vincula cunetas, puentes, cauces y usos productivos. Ramos y Medina (2025) identifican que la participación ciudadana, el acceso

a información y los mecanismos de diálogo fortalecen la sostenibilidad local. Aplicado a la vialidad, este principio respalda procesos de priorización donde la comunidad informa necesidades de movilidad, afectaciones y capacidad de mantenimiento.

5.7.1 Consideraciones finales sobre la gestión vial sostenible

La gestión vial sostenible de largo plazo exige superar la lógica de intervención puntual y reactiva que ha predominado históricamente en comunidades rurales como Joa, hacia una lógica de planificación continua que combine mantenimiento preventivo programado, participación comunitaria organizada y financiamiento diversificado entre distintas fuentes públicas y privadas.

Ninguno de estos elementos, por separado, resulta suficiente. Solo su combinación sostenida a lo largo de varios años puede revertir el patrón de deterioro acumulado que hoy caracteriza a buena parte de la red vial rural del cantón Jipijapa, y del territorio rural ecuatoriano en su conjunto.

5.7.2 Vialidad rural y encadenamiento con la infraestructura hídrica

El diseño de cualquier tramo vial en la comuna Joa debe considerar su interacción directa con la infraestructura hídrica descrita en el capítulo anterior: alcantarillas subdimensionadas no solo dañan el camino, sino que también alteran el régimen natural de escorrentía que alimenta pozos y cauces cercanos, mientras que un canal de riego mal ubicado junto a una vía puede saturar la subrasante y acelerar su deterioro estructural.

Esta interacción, evidente para cualquier ingeniero civil con experiencia de campo, rara vez se traduce en un diseño verdaderamente integrado entre ambos componentes durante la etapa de planificación, un vacío que esta obra busca subrayar como una de las lecciones más importantes de su enfoque territorial integral.

5.7.3 Financiamiento de la vialidad rural mediante fondos de compensación

Los fondos de compensación ambiental, provenientes en algunos casos de proyectos extractivos o de infraestructura de gran escala ejecutados en otras zonas del país, representan una fuente de financiamiento alternativa poco explorada para la rehabilitación de vías rurales en comunidades como Joa, cuya

elegibilidad para este tipo de fondos depende de criterios técnicos específicos que ameritarían un análisis detallado por parte de las autoridades cantonales.

Explorar esta vía de financiamiento, en conjunto con las alianzas público-privadas y la cooperación internacional ya mencionadas en capítulos anteriores, ampliaría el abanico de opciones disponibles para sostener un programa de mantenimiento vial que, de otro modo, dependería casi exclusivamente del presupuesto ordinario cantonal, siempre insuficiente frente a la magnitud de las necesidades identificadas.

5.8 Conclusiones del capítulo

Este quinto capítulo mostró que la infraestructura vial rural, más allá de su dimensión técnica, constituye el nexo que conecta la producción agrícola con los mercados, la población con los servicios básicos y las comunidades entre sí. El deterioro de caminos y puentes documentado en la comuna Joa refleja un patrón regional más amplio, cuya solución exige combinar diseño técnico adecuado, gestión comunitaria y financiamiento sostenido. El siguiente capítulo aborda la energía renovable, componente que, como se verá, guarda una relación cada vez más estrecha con la infraestructura vial y productiva analizada en estas páginas.

5.9 Referencias del capítulo 5

- Barajas Bustillos, H. A., y Gutiérrez Flores, L. (2012). La importancia de la infraestructura física en el crecimiento económico de los municipios de la frontera norte. *Estudios Fronterizos*, 13(25), 57-88. DOI: 10.21670/ref.2012.25.a03. URL: <https://doi.org/10.21670/ref.2012.25.a03>
- Ortiz, C. H., Jiménez, D. M., y Cruz, G. N. (2018). El impacto de la infraestructura en el crecimiento económico colombiano: un enfoque smithiano. *Lecturas de Economía*, (90), 97-126. DOI: 10.17533/udea.le.n90a04. URL: <https://doi.org/10.17533/udea.le.n90a04>
- Ramos Granados, Y. L., y Medina Sotelo, C. G. (2025). Participación ciudadana y sostenibilidad local en América Latina: una revisión sistemática. *Prohominum*, 7(3), 238-253. DOI: 10.47606/ACVEN/PH0368. URL: <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0368>
- Sierra-Varela, L., Filun-Santana, Á., Araya, F., Villegas-Flores, N., y Martínez-Soto, A. (2024). Rural road assessment method for sustainable territorial development. *Applied Sciences*, 14(23), 11021. DOI: 10.3390/app142311021. URL: <https://doi.org/10.3390/app142311021>
- Zepeda-Ortega, I. E., Ángeles-Castro, G., y Carrillo-Murillo, D. G. (2019). Infraestructura carretera y crecimiento económico en México. *Problemas del Desarrollo*, 50(198), 145-168. DOI: 10.22201/iiec.20078951e.2019.198.66383. URL: <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.66383>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO VI

**Energía renovable e infraestructura
energética rural**

AUTOR: Carvajal Rivadeneira Daniel David

Regalado Jalca Julio Johnny



6 Energía renovable e infraestructura energética rural

La energía solar fotovoltaica constituye una alternativa técnicamente consolidada para ampliar servicios energéticos en zonas rurales y complementar redes convencionales. El capítulo examina su aplicación en Joa, su relación con la actividad agrícola, los requerimientos de mantenimiento, las barreras de adopción y las condiciones necesarias para ampliar su uso con criterios de sostenibilidad.

6.1 Sistemas solares, agricultura, mantenimiento y electrificación

La energía solar observada en Joa representa una base para ampliar servicios productivos y comunitarios. Su utilidad depende del mantenimiento, la demanda, la protección de equipos y la capacidad local para resolver fallas.

6.1.1 Paneles solares como alternativa energética en zonas aisladas

Los sistemas fotovoltaicos aislados constituyen una alternativa consolidada para electrificación rural cuando la extensión de la red resulta costosa. La comparación de iniciativas en Chile, Ecuador y Perú identifica que su sostenibilidad depende de mecanismos de operación, mantenimiento, financiamiento y adaptación institucional (Feron et al., 2017).

En la comuna Joa, los paneles solares ya forman parte del mapa energético local, complementando el sistema eléctrico existente. Esta infraestructura, según el diagnóstico de campo, facilita el acceso y aprovechamiento de recursos energéticos de manera notable, aunque su continuidad depende de un mantenimiento que no siempre recibe la atención necesaria.

La caída sostenida en el precio internacional de los paneles fotovoltaicos durante la última década ha ampliado considerablemente el rango de comunidades para las que esta tecnología resulta económicamente viable, un cambio de escenario que apenas empieza a reflejarse en la planificación energética de gobiernos cantonales pequeños.

6.1.2 Infraestructura agrícola y su relación con la generación solar

La energía solar encuentra en el sector agrícola uno de sus aliados más naturales. Sistemas de riego que dependen de bombeo eléctrico, cámaras de refrigeración para productos perecederos o simplemente la iluminación de instalaciones de almacenamiento pueden alimentarse con paneles solares sin

necesidad de conexión a redes distantes, un potencial reconocido por distintos organismos de cooperación agrícola internacional para promover actividades que generen ingresos y aumenten la productividad en zonas rurales.

Este vínculo entre energía solar y producción agrícola resulta particularmente relevante para comunidades como Joa, donde la agricultura constituye la principal actividad económica. Integrar generación solar directamente a los procesos productivos permitiría multiplicar el impacto económico de una misma infraestructura energética ya instalada.

El bombeo solar para riego, en particular, elimina la dependencia de combustibles fósiles para el funcionamiento de motobombas convencionales, un ahorro operativo que puede representar, a lo largo de varios años, un monto superior a la inversión inicial del sistema solar completo.

6.1.3 Mantenimiento y vida útil de sistemas fotovoltaicos rurales

Instalar un panel solar resulta, en muchos sentidos, más sencillo que mantenerlo funcionando de manera óptima durante años. El polvo acumulado reduce su eficiencia, las baterías asociadas requieren reemplazo periódico y las conexiones eléctricas se deterioran con la exposición ambiental constante. Sin un programa de mantenimiento claro, la vida útil de estos sistemas puede reducirse drásticamente.

En comunidades rurales, este mantenimiento suele recaer en los propios usuarios, quienes rara vez cuentan con formación técnica específica. Programas de capacitación básica en mantenimiento fotovoltaico, dirigidos a técnicos locales, representan una inversión de bajo costo con un retorno considerable en la durabilidad de la infraestructura instalada.

Las baterías de plomo-ácido, todavía predominantes en instalaciones rurales de menor costo, presentan una vida útil considerablemente menor a la de tecnologías de litio, más costosas pero cada vez más accesibles. Evaluar esta disyuntiva técnica y financiera desde el diseño inicial del sistema evita sorpresas costosas de reemplazo prematuro pocos años después de la instalación.

6.1.4 Programas públicos y privados de electrificación rural

La electrificación rural mediante energía solar ha contado, en distintos países de la región, con la participación conjunta de programas estatales, empresas privadas y organizaciones sociales. El caso de Luces de Esperanza en México, antes descrito, combina precisamente inversión privada, alianza técnica con una empresa social especializada y coordinación con gobiernos estatales y municipales, un modelo que ha permitido llevar electricidad a miles de personas sin acceso a la red convencional.

Este tipo de alianza público-privada distribuye tanto los costos como los riesgos técnicos de la electrificación rural. Ninguna comuna pequeña, por su cuenta, podría financiar la instalación ni el mantenimiento sostenido de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

El diseño de esquemas tarifarios adaptados a la capacidad de pago de comunidades rurales, sin comprometer la sostenibilidad financiera del sistema instalado, constituye uno de los aspectos más delicados de cualquier programa de electrificación solar de este tipo, y exige experiencia técnica específica que va más allá de la instalación misma del equipo.

La Figura 6.1 presenta paneles solares instalados en la comuna joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 6.1. Paneles solares instalados en la comuna Joa

Nota. Registro de campo del proyecto en la comuna Joa (2025).

Las redes eléctricas rurales requieren inspección periódica por su exposición a viento, vegetación, corrosión, impactos y sobrecargas. La incorporación de generación fotovoltaica conectada a red exige atender regulación, trámites, operación y compatibilidad con la infraestructura existente, barreras documentadas para Ecuador (Mogrovejo-Narvaez et al., 2024).

La Figura 6.2 permite examinar red eléctrica aérea en el centro poblado de Joa y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 6.2. Red eléctrica aérea en el centro poblado de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

La fotografía registra un poste con transformador y múltiples conductores en un sector habitado. La concentración de acometidas exige verificar orden, altura y separación de cables. También resulta necesario controlar la vegetación cercana sin eliminar árboles que protegen el suelo y aportan sombra. El mantenimiento debe coordinarse con la empresa distribuidora, pues

las intervenciones comunitarias directas representan un riesgo eléctrico. Un inventario georreferenciado de postes y transformadores permitiría priorizar inspecciones y documentar fallas repetitivas.

6.2 Descarbonización, barreras y planificación energética

La reducción de combustibles fósiles requiere planificación territorial y no solo compra de equipos. La economía circular propone integrar energía, materiales y residuos para disminuir pérdidas y crear aprovechamientos entre actividades productivas (Nogueira et al., 2020).

6.2.1 Energía solar y reducción de la dependencia de combustibles fósiles

Cada panel solar instalado en una comunidad rural representa, de manera indirecta, un litro menos de diésel quemado en un generador. Esta sustitución energética no solo reduce emisiones, también libera a las familias de la volatilidad en el precio de los combustibles, un factor que en zonas rurales aisladas puede representar una carga económica desproporcionada.

La transición hacia fuentes renovables en comunidades como Joa avanza de manera gradual y parcial. Los paneles solares conviven todavía con generadores a diésel para respaldo, y con conexiones convencionales a la red eléctrica pública, una combinación híbrida común en zonas rurales de todo el continente.

Cuantificar el ahorro acumulado en combustible que representa esta transición, aunque parcial, ofrece un argumento económico concreto para justificar la ampliación del sistema solar existente frente a otras alternativas de inversión pública que compiten por el mismo presupuesto limitado.

6.2.2 Barreras económicas y técnicas para la adopción energética

La adopción de energía solar en zonas rurales enfrenta barreras que van más allá del costo inicial de los paneles. El acceso limitado a financiamiento formal, la falta de técnicos especializados cercanos y la ausencia de repuestos disponibles localmente complican cualquier intento de escalar estas soluciones.

Superar estas barreras exige construir cadenas de suministro locales, capacitar técnicos que puedan resolver fallas sin depender de proveedores distantes, y diseñar esquemas de financiamiento adaptados a los ingresos irregulares que caracterizan a muchas economías rurales.

Sin ese ecosistema de soporte, la energía solar corre el riesgo de quedar reducida a instalaciones aisladas sin capacidad de mantenimiento a largo plazo, un patrón que ya se ha observado en distintos proyectos piloto de electrificación rural que perdieron funcionalidad pocos años después de su instalación por falta de repuestos o de técnicos capacitados cercanos.

6.2.3 Integración de la energía renovable en la planificación territorial

La energía renovable rinde su mayor beneficio cuando se planifica de forma integrada con el resto de la infraestructura territorial. Vincular la generación solar con sistemas de riego, con la electrificación de centros de salud rural o con la iluminación de vías comunitarias multiplica su impacto social frente a instalaciones aisladas orientadas solo al consumo doméstico.

Para comunidades como Joa, integrar esta planificación implicaría pensar la energía solar no como un proyecto adicional, sino como un componente estructural de cualquier intervención futura en infraestructura, un eje articulador del desarrollo territorial en lugar de una solución parcial y desconectada del resto.

6.2.4 Energía eólica y otras fuentes renovables complementarias

Aunque la energía solar domina el panorama de fuentes renovables aplicables a comunidades rurales costeras, la energía eólica de pequeña escala y la biomasa proveniente de residuos agrícolas ofrecen alternativas complementarias que rara vez se evalúan de manera conjunta. La combinación de fuentes, en lugar de la dependencia exclusiva de una sola tecnología, reduce el riesgo asociado a la intermitencia de cualquiera de ellas por separado.

Un estudio de factibilidad que considere el potencial eólico local de Joa, hoy inexistente, permitiría evaluar si esta fuente complementaria justifica inversión adicional, particularmente para instalaciones que requieren generación nocturna sostenida, momento en que los paneles solares dejan de producir energía.

La Tabla 6.1 organiza infraestructura energética observada y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 6.1. Infraestructura energética observada

Componente	Existencia	Condición
Red eléctrica	Sí	Operativa
Paneles solares	Sí	Operativos con mantenimiento pendiente
Parque eólico	No	Sin instalación
Generación hidroeléctrica	No	Sin instalación

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

6.3 Capacidades locales, servicios públicos y almacenamiento

La capacitación, el almacenamiento y la calidad del servicio determinan la confiabilidad de los sistemas aislados. Las experiencias internacionales en comunidades remotas destacan la necesidad de modelos de operación, repuestos y financiamiento de largo plazo (Feron, 2016).

6.3.1 Capacitación técnica local para el sostenimiento de sistemas energéticos

Ningún sistema de energía renovable rural sobrevive a largo plazo sin capacidad técnica local capaz de diagnosticar y resolver fallas comunes sin depender de asistencia externa costosa y distante. Programas de capacitación certificados, dirigidos a jóvenes de la propia comunidad, ofrecen una vía de generación de empleo local al mismo tiempo que fortalecen la sostenibilidad técnica de la infraestructura energética instalada.

Esta capacitación no requiere necesariamente formación universitaria completa: cursos técnicos cortos, enfocados en mantenimiento preventivo y diagnóstico básico de fallas, resultan suficientes para resolver la mayoría de los problemas cotidianos que afectan a sistemas fotovoltaicos de mediana escala en comunidades rurales.

6.3.2 Energía solar en instituciones educativas y de salud rural

Las escuelas y los puestos de salud rurales, instituciones de particular relevancia social, se benefician de manera especialmente significativa de la electrificación mediante energía solar cuando no cuentan con conexión confiable a la red eléctrica pública. La refrigeración de vacunas en un puesto

de salud, o la posibilidad de extender el horario de estudio en una escuela mediante iluminación adecuada, dependen directamente de contar con una fuente energética estable.

Priorizar la instalación y el mantenimiento de sistemas fotovoltaicos en este tipo de instituciones, por encima incluso de instalaciones domiciliarias individuales, maximiza el beneficio social de una inversión energética limitada, un criterio de priorización que debería incorporarse de manera explícita en cualquier programa de electrificación solar rural.

6.3.3 Almacenamiento energético y gestión de la intermitencia solar

La generación solar fotovoltaica, por su naturaleza intermitente, depende de sistemas de almacenamiento adecuados para garantizar suministro energético durante la noche o en días de baja radiación solar. La capacidad y calidad de las baterías instaladas determinan, en la práctica, la confiabilidad real del sistema completo, más allá de la capacidad nominal de los paneles solares instalados.

Dimensionar correctamente este componente de almacenamiento, considerando el patrón de consumo específico de cada instalación, evita tanto el sobrecosto de una capacidad de baterías excesiva como la insatisfacción de un sistema que se queda sin energía antes de que amanezca, un error de diseño frecuente en instalaciones ejecutadas sin el estudio técnico adecuado.

6.3.4 Marco regulatorio ecuatoriano para la generación distribuida

El marco regulatorio ecuatoriano para la generación distribuida de energía renovable ha evolucionado en años recientes, aunque su aplicación práctica en comunidades rurales pequeñas todavía enfrenta vacíos considerables, particularmente en lo referido a la posibilidad de inyectar excedentes de energía solar a la red eléctrica convencional a cambio de compensación económica.

Clarificar este marco regulatorio para instalaciones de pequeña escala, y difundirlo de manera accesible entre comunidades rurales interesadas en ampliar su capacidad de generación solar, eliminaría una barrera administrativa que hoy desalienta inversiones que técnicamente resultarían viables.

6.4 Regulación, ciclo de vida, empleo y microrredes

La regulación y el análisis de ciclo de vida permiten comparar microrredes, sistemas domiciliarios y extensión convencional. La electrificación rural mediante sistemas solares ha evolucionado hacia equipos más eficientes y servicios energéticos diversificados (Fernandez-Fuentes et al., 2021).

6.4.1 Impacto ambiental de los sistemas fotovoltaicos y su disposición final

Aunque la energía solar reduce de manera significativa las emisiones asociadas a la generación con combustibles fósiles, los propios paneles y, sobre todo, las baterías utilizadas en sistemas rurales generan residuos que requieren un manejo adecuado al final de su vida útil, un aspecto que rara vez se considera al momento de planificar la instalación de estos sistemas.

Anticipar este problema, mediante acuerdos con proveedores que incluyan la recolección de baterías usadas para su disposición o reciclaje adecuado, evitaría que la transición hacia energía renovable termine generando, dentro de una década, un nuevo problema de residuos peligrosos en comunidades que hoy carecen de infraestructura adecuada para gestionarlo.

6.4.2 Energía solar y generación de empleo local

La instalación, el mantenimiento y la eventual expansión de sistemas fotovoltaicos rurales generan oportunidades de empleo técnico local que, aunque modestas en número, representan una fuente de ingreso adicional relevante para jóvenes de comunidades como Joa que de otro modo tendrían que migrar hacia centros urbanos en busca de oportunidades laborales similares.

Fomentar esta cadena de valor local, mediante certificaciones técnicas accesibles y vínculos con proveedores regionales de equipos fotovoltaicos, convierte a la energía renovable en algo más que una simple solución técnica: en una fuente adicional de arraigo económico para la población joven del territorio.

6.4.3 Microrredes solares comunitarias como alternativa de escala

Las microrredes solares comunitarias, sistemas de generación compartida que alimentan a un conjunto de viviendas o instalaciones en lugar de sistemas domiciliarios individuales aislados, ofrecen ventajas de escala frente a la

instalación dispersa de paneles individuales: menor costo por unidad de energía generada, mantenimiento centralizado más eficiente, y mayor capacidad de respaldo ante la falla puntual de un componente específico.

Evaluar la factibilidad de una microrred de este tipo para el centro poblado de la comuna Joa, en lugar de continuar con la expansión exclusivamente domiciliaria de sistemas individuales, podría representar una estrategia más eficiente en el mediano plazo, aunque exigiría un esquema de gestión comunitaria compartida similar al descrito para los sistemas de agua en el capítulo anterior.

6.4.4 Energía solar térmica: una alternativa complementaria poco explorada

Más allá de la generación fotovoltaica de electricidad, la energía solar térmica, aprovechada directamente para calentar agua mediante colectores solares de bajo costo, ofrece una alternativa complementaria poco explorada en la planificación energética rural ecuatoriana, pese a su potencial de ahorro energético en actividades domésticas y productivas que requieren agua caliente.

Explorar aplicaciones de energía solar térmica en actividades productivas locales, como el procesamiento de ciertos productos agrícolas que requieren agua caliente en su elaboración, podría complementar el aprovechamiento fotovoltaico ya presente en la comuna Joa, diversificando las fuentes de energía renovable disponibles para la comunidad.

La Figura 6.3 presenta red eléctrica comunitaria de joa, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.



Figura 6.3. Red eléctrica comunitaria de Joa

Nota. Registro de campo del proyecto en la comuna Joa (2025).

6.5 Costos, migración y aceptación comunitaria

Los costos deben incluir inversión, reemplazo de baterías, mantenimiento y energía no suministrada. La aceptación comunitaria aumenta cuando los beneficios se relacionan con actividades concretas y existe información transparente sobre responsabilidades.

6.5.1 Comparación de costos entre energía solar y extensión de red convencional

La decisión entre invertir en energía solar aislada o en la extensión de la red eléctrica convencional hacia zonas todavía no conectadas depende de un análisis de costos que rara vez se realiza de manera rigurosa a nivel local. Como regla general, la extensión de red convencional resulta más costosa cuanto mayor es la distancia hacia la infraestructura existente y menor la densidad

poblacional del área a conectar, condiciones que favorecen la energía solar aislada en buena parte del territorio disperso de comunidades como Joa.

Realizar este análisis comparativo de manera explícita, en lugar de asumir por defecto que la conexión a la red convencional siempre representa la opción preferible, permitiría orientar de manera más eficiente la inversión pública en electrificación rural hacia la alternativa técnica y económicamente más adecuada para cada caso específico.

6.5.2 Energía renovable y reducción de la migración rural

El acceso confiable a energía eléctrica, ya sea mediante red convencional o mediante sistemas solares bien mantenidos, constituye un factor que incide, de manera indirecta pero real, en la decisión de la población joven de permanecer en su comunidad de origen o migrar hacia centros urbanos en busca de mejores condiciones de vida. La disponibilidad de energía confiable habilita actividades económicas, de comunicación y de estudio que hoy dependen, en buena medida, de un servicio eléctrico estable.

Esta relación entre infraestructura energética y arraigo poblacional, aunque difícil de aislar de otros factores que también inciden en la decisión migratoria, refuerza el argumento a favor de considerar la energía renovable rural no solo como una solución técnica aislada, sino como parte de una estrategia más amplia de retención de población joven en el territorio.

6.5.3 Percepción comunitaria sobre la energía solar en Joa

Las entrevistas realizadas durante el diagnóstico de campo reflejan una valoración positiva de la población hacia los sistemas solares ya instalados en la comuna Joa, aunque acompañada de preocupación explícita sobre su mantenimiento futuro, un hallazgo que confirma la necesidad de acompañar cualquier expansión de esta tecnología con un componente sólido de capacitación técnica local, tal como se ha señalado a lo largo de este capítulo.

Esta valoración positiva constituye, en sí misma, un activo social importante para cualquier programa futuro de expansión energética solar: una comunidad que ya reconoce el beneficio de la tecnología tiende a mostrar mayor disposición a participar activamente en su mantenimiento y cuidado.

6.6 Inversión, procesamiento agrícola y balance energético

La energía renovable puede apoyar riego, refrigeración, procesamiento y turismo. Estudios ecuatorianos en zonas costeras muestran que la evaluación de sistemas fotovoltaicos debe integrar radiación, demanda, rendimiento y estabilidad del suministro (García-Guillén et al., 2025).

6.6.1 Energía renovable como componente de atractivo para inversión externa

La disponibilidad de infraestructura energética confiable, incluyendo sistemas de respaldo solar, constituye un factor que puede influir en la decisión de pequeños inversionistas interesados en desarrollar emprendimientos turísticos o agroindustriales en comunidades como Joa, para quienes la certeza de contar con energía estable representa una condición básica antes de considerar cualquier inversión de mayor escala.

Visibilizar este activo energético como parte de la propuesta de valor territorial de la comuna, en conjunto con sus recursos naturales turísticos ya descritos en el segundo capítulo de esta obra, podría contribuir a atraer el tipo de inversión externa que hoy la comunidad necesita para diversificar su base económica más allá de la agricultura tradicional.

6.6.2 Energía solar y valor agregado en el procesamiento agrícola local

El procesamiento local de productos agrícolas, secado de granos, deshidratado de frutas, requiere con frecuencia energía térmica o eléctrica que hoy la comuna Joa no puede sostener de manera confiable con generadores a diésel, cuyo costo operativo limita la rentabilidad de este tipo de procesamiento a pequeña escala. La energía solar, correctamente dimensionada, podría habilitar este tipo de actividad de valor agregado sin el costo operativo recurrente de los combustibles fósiles.

Explorar proyectos piloto de procesamiento agrícola alimentados por energía solar, en coordinación con asociaciones de productores locales, permitiría evaluar de manera concreta el potencial económico de esta integración entre energía renovable y valor agregado agrícola, hoy prácticamente inexplorado en el territorio de la comuna.

6.6.3 Balance final sobre el estado y el potencial energético de Joa

El balance energético actual de la comuna Joa combina fortalezas reales, cobertura eléctrica convencional consolidada, presencia inicial de energía solar, con oportunidades claras de expansión que este capítulo ha intentado documentar de manera exhaustiva: integración agrícola, microrredes comunitarias, capacitación técnica local y diversificación hacia fuentes complementarias como la energía solar térmica.

Materializar este potencial exige, como se ha repetido a lo largo del capítulo, una planificación deliberada que trascienda la instalación aislada de equipos, y que integre la energía renovable como un componente estructural del desarrollo territorial de la comuna, en diálogo constante con los demás componentes de infraestructura analizados en esta obra.

La Tabla 6.2 organiza criterios para proyectos renovables y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 6.2. Criterios para proyectos renovables

Criterio	Pregunta técnica	Indicador
Recurso	¿Existe disponibilidad suficiente?	Radiación o biomasa
Demanda	¿Qué cargas se atenderán?	kWh y potencia
Almacenamiento	¿Cuánta autonomía se requiere?	Horas o días
Operación	¿Quién mantendrá el sistema?	Personal capacitado
Ciclo de vida	¿Cuándo se reemplazan equipos?	Costo total
Financiamiento	¿Cómo se cubre la inversión?	Fuentes y plazos

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

6.7 Trabajo doméstico, biodigestores y complementariedad tecnológica

La complementariedad entre energía solar, biomasa y biodigestores reduce la dependencia de una sola fuente. La permanencia de los proyectos rurales

mejora cuando la operación, el mantenimiento y la participación local se incorporan desde la planificación (Feron et al., 2017).

6.7.1 Energía solar y reducción de la carga de trabajo doméstico

La disponibilidad de energía eléctrica confiable mediante sistemas solares reduce, de manera indirecta pero significativa, la carga de trabajo doméstico asociada a tareas como la molienda manual de granos o el uso de combustibles sólidos para cocción, actividades que en ausencia de electrificación adecuada recaen de manera desproporcionada sobre las mujeres del hogar, un vínculo que conecta este capítulo con la dimensión de género abordada en el primer capítulo de esta obra.

Diseñar la expansión futura de la energía solar en Joa considerando explícitamente este beneficio de reducción de carga doméstica, y no solo su función de iluminación o carga de dispositivos electrónicos, ampliaría el impacto social real de cualquier inversión adicional en este componente energético.

6.7.2 Complementariedad entre energía solar y biodigestores agrícolas

La complementariedad entre la energía solar fotovoltaica y los biodigestores agrícolas mencionados en el capítulo dedicado a los sistemas de agua y saneamiento ofrece una combinación particularmente eficiente para comunidades agrícolas y ganaderas como Joa: mientras el biodigestor genera biogás para cocción a partir de residuos orgánicos, el sistema solar cubre las necesidades de electricidad de iluminación y equipos, reduciendo de manera conjunta la dependencia de combustibles fósiles en dos frentes distintos del consumo energético doméstico.

Promover esta combinación de tecnologías de manera integrada, en lugar de evaluarlas como proyectos independientes, maximizaría el beneficio conjunto de ambas inversiones para las familias de la comunidad, un enfoque que refuerza, una vez más, la lógica de interdependencia entre componentes de infraestructura que atraviesa toda esta obra.

6.7.3 Articulación con el proyecto de energía renovable en la Casa Comunal de San Francisco de Paján

La experiencia académica vinculada al proyecto “**Aplicación de Energía Renovable en la Casa Comunal de San Francisco de Paján**” constituye un referente regional pertinente para valorar soluciones energéticas aplicables a comunidades rurales del sur de Manabí. El proyecto se relaciona con la obra *Energías Renovables y Sostenibilidad Comunitaria: Diseño, Implementación y Gestión de Sistemas Energéticos Limpios*, publicada en 2025 por Editorial Internacional Runaiki, cuyo contenido desarrolla fundamentos técnicos sobre sistemas solares, eólicos, hidráulicos, bioenergéticos, almacenamiento, microrredes, gestión operativa y transferencia tecnológica hacia comunidades rurales (Romero Castro et al., 2025). La publicación declara expresamente su vinculación con dicho proyecto de investigación y plantea que sus fundamentos científicos, metodológicos y operativos pueden utilizarse para el diseño, implementación y evaluación de soluciones energéticas limpias orientadas al desarrollo local.

La incorporación de esta experiencia al análisis de Joa permite establecer una relación territorial entre dos iniciativas desarrolladas en comunidades manabitas que enfrentan necesidades vinculadas con infraestructura energética, mantenimiento de sistemas y aprovechamiento de fuentes renovables. El valor de esta relación no reside en trasladar mecánicamente una solución de una comunidad hacia otra, sino en aprovechar criterios técnicos que puedan ser contrastados con la demanda energética, las características productivas, la disponibilidad del recurso y la capacidad de gestión local. Bajo esta perspectiva, la selección de tecnología requiere partir de mediciones de consumo, evaluación del recurso disponible, requerimientos de almacenamiento y condiciones reales de operación.

La obra de Romero Castro et al. (2025) plantea que los proyectos energéticos comunitarios requieren articular el componente tecnológico con mecanismos de gobernanza, formación técnica, mantenimiento y transferencia de conocimiento entre universidad y comunidad. Esta orientación guarda correspondencia con las necesidades identificadas en Joa, donde la presencia de sistemas fotovoltaicos demanda continuidad operativa, capacitación local y planificación del reemplazo de componentes. La permanencia de la infraestructura energética no depende únicamente de la capacidad instalada.

Depende también de la organización responsable de su operación y de la disponibilidad de personal capaz de atender fallas, inspecciones y mantenimiento preventivo. El libro citado concede especial atención a la formación técnica local, los modelos de gestión sostenibles y la transferencia universidad-comunidad.

La experiencia de San Francisco de Paján también permite reforzar el análisis sobre sistemas híbridos y microrredes rurales. El aprovechamiento simultáneo de energía solar, almacenamiento y otras fuentes disponibles puede ofrecer mayor continuidad del suministro cuando la demanda supera las horas de generación fotovoltaica. En Joa, esta perspectiva resulta compatible con la evaluación ya planteada para energía solar, biomasa residual y posibles soluciones comunitarias de generación distribuida. El diseño futuro debe partir de estudios específicos de factibilidad y no de una réplica directa de instalaciones desarrolladas en otros territorios.

Desde la dimensión institucional, la experiencia documentada por Romero Castro et al. (2025) reconoce a la transferencia tecnológica universidad-comunidad como un mecanismo para convertir conocimiento académico en capacidades operativas locales. La publicación también vincula investigación aplicada, intervención territorial y desarrollo comunitario dentro de una misma propuesta de trabajo. Este enfoque resulta pertinente para Joa, porque permite que la universidad participe no solo en el diagnóstico inicial de la infraestructura, sino también en la formulación, evaluación técnica, capacitación y seguimiento de las soluciones propuestas.

La articulación entre ambas experiencias fortalece el tratamiento de la energía renovable dentro de la infraestructura rural. San Francisco de Paján aporta una referencia académica y metodológica centrada en sistemas energéticos limpios, mientras que Joa aporta un diagnóstico territorial donde la energía se relaciona con agua, vialidad, producción agrícola, servicios comunitarios y recursos naturales. Esta lectura permite comprender que la transición energética rural necesita soluciones técnicamente justificadas, económicamente sostenibles y gestionables por la población beneficiaria.

6.8 Conclusiones del capítulo

El análisis desarrollado muestra que la infraestructura energética de Joa dispone de condiciones favorables para ampliar el aprovechamiento de fuentes renovables, particularmente mediante generación solar articulada con actividades agrícolas, servicios comunitarios y soluciones de almacenamiento. Su expansión requiere evaluación de demanda, mantenimiento programado, capacitación técnica y mecanismos de gestión que aseguren continuidad operativa.

La experiencia asociada al proyecto “Aplicación de Energía Renovable en la Casa Comunal de San Francisco de Paján” aporta una referencia regional para fortalecer esta orientación. Su tratamiento de sistemas híbridos, microrredes, almacenamiento, formación local y transferencia tecnológica ofrece fundamentos que pueden contrastarse con las características propias de Joa, sin asumir que una solución resulte directamente transferible entre comunidades (Romero Castro et al., 2025).

De esta manera, la planificación energética rural adquiere mayor consistencia cuando la selección tecnológica se vincula con las condiciones territoriales, la capacidad comunitaria y las actividades productivas. La energía renovable deja de considerarse únicamente como equipamiento instalado y pasa a evaluarse como infraestructura integrada al funcionamiento económico, social y ambiental de la comunidad.

6.9 Referencias del capítulo 6

- Feron, S. (2016). Sustainability of off-grid photovoltaic systems for rural electrification in developing countries: a review. *Sustainability*, 8(12), 1326. DOI: 10.3390/su8121326. URL: <https://doi.org/10.3390/su8121326>
- Feron, S., Cordero, R. R., y Labbe, F. (2017). Rural electrification efforts based on off-grid photovoltaic systems in the Andean region: comparative assessment of their sustainability. *Sustainability*, 9(10), 1825. DOI: 10.3390/su9101825. URL: <https://doi.org/10.3390/su9101825>
- Fernandez-Fuentes, M. H., Eras-Almeida, A. A., y Egido-Aguilera, M. A. (2021). Characterization of technological innovations in photovoltaic rural electrification, based on the experiences of Bolivia, Peru, and Argentina: third generation solar home systems. *Sustainability*, 13(6), 3032. DOI: 10.3390/su13063032. URL: <https://doi.org/10.3390/su13063032>
- García-Guillén, A., Gutiérrez-Hinestroza, M., Moreno-Alcívar, L., Bravo-Montero, L., y Herrera-Franco, G. (2025). Photovoltaic system for residential energy sustainability in Santa Elena, Ecuador. *Environments*, 12(8), 281. DOI: 10.3390/environments12080281. URL: <https://doi.org/10.3390/environments12080281>
- Mogrovejo-Narvaez, M., Barragán-Escandón, A., Zalamea-León, E., y Serrano-Guerrero, X. (2024). Barriers to the implementation of on-grid photovoltaic systems in Ecuador. *Sustainability*, 16(21), 9466. DOI: 10.3390/su16219466. URL: <https://doi.org/10.3390/su16219466>
- Nogueira, A., Ashton, W., Teixeira, C., Lyon, E., y Pereira, J. (2020). Infrastructuring the circular economy. *Energies*, 13(7), 1805. DOI: 10.3390/en13071805. URL: <https://doi.org/10.3390/en13071805>
- Romero Castro, M. I., Toala Pilay, M. A., Mero Suárez, K. V., Merchán Carreño, E. J., Murillo Quimiz, L. R., Conforme Cedeño, G. M., Abad Parrales, W. M., & Romero Castro, V. F. (2025). *Energías renovables y sostenibilidad comunitaria: Diseño, implementación y gestión de sistemas energéticos limpios*. Editorial Internacional Runaiki. <https://www.runaiki.es/index.php/runaiki/article/view/150>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO VII

**Gestión de residuos y sostenibilidad
ambiental**

AUTOR: Verónica Pilar Indacochea Narváez



7 Gestión de residuos y sostenibilidad ambiental

La gestión de residuos sólidos representa una de las mayores brechas de infraestructura ambiental en numerosos territorios rurales. El capítulo examina la situación observada en Joa, los efectos sanitarios y ambientales de una disposición inadecuada y las opciones de organización, recolección, valorización y tratamiento que pueden aplicarse con escalas de inversión compatibles con la realidad local.

7.1 Diagnóstico de residuos, contaminación y modelos comunitarios

La gestión rural de residuos comienza con un diagnóstico de generación, almacenamiento y disposición. En Joa existe recolección, pero no se identificaron reciclaje formal ni infraestructura de tratamiento, mientras parte de las aguas residuales llega al ambiente (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025).

7.1.1 Situación de la gestión de residuos sólidos en el área rural ecuatoriana

La gestión de residuos sólidos en América Latina presenta diferencias marcadas entre municipios en cobertura, disposición final, innovación e infraestructura disponible. Najar (2024) revisa políticas y procedimientos de distintos países de la región y muestra que las limitaciones institucionales y técnicas siguen condicionando la gestión urbana; en áreas rurales como Joa, la menor escala de generación no elimina la necesidad de recolección segura, clasificación y disposición controlada.

La comuna Joa no escapa a esta realidad regional. El diagnóstico de campo confirmó la ausencia de plantas de tratamiento de residuos, un vacío que obliga a los habitantes a recurrir a soluciones improvisadas de disposición. Esta carencia compromete directamente la calidad del agua y del suelo que sostienen la vida productiva de la comunidad.

La estacionalidad turística asociada a los pozos termales de la zona añade una presión adicional sobre este componente: los periodos de mayor afluencia de visitantes coinciden, casi siempre, con un incremento proporcional en la generación de residuos que la infraestructura local, ya deficiente en condiciones normales, no está en capacidad de absorber sin deterioro ambiental adicional.

7.1.2 Ausencia de plantas de tratamiento y sus consecuencias ambientales

Sin una planta de tratamiento, cada residuo generado en una comunidad rural busca por su cuenta un destino final, casi siempre el menos adecuado. La quema al aire libre contamina el ambiente con partículas dañinas para la salud respiratoria; el vertido en cauces naturales altera la calidad del agua río abajo; y la acumulación en terrenos abiertos atrae vectores de enfermedades como el dengue o la leptospirosis.

Construir una planta de tratamiento formal representa, para comunidades pequeñas como Joa, una inversión que supera ampliamente su capacidad presupuestaria individual. La alternativa más viable pasa por soluciones intermedias: centros de acopio comunitarios, compostaje de residuos orgánicos y alianzas cantonales para compartir infraestructura entre varias comunas vecinas.

La mancomunidad entre cantones vecinos con necesidades similares, un mecanismo legal ya contemplado en la normativa ecuatoriana de descentralización, ofrece una vía de menor costo per cápita para financiar infraestructura de tratamiento que ninguna comuna individual podría costear por separado.

7.1.3 Contaminación del suelo y del agua por manejo inadecuado de desechos

El suelo y el agua absorben, casi sin resistencia, las consecuencias de un manejo inadecuado de residuos. Los lixiviados que se filtran desde vertederos improvisados contaminan acuíferos que después se utilizan para consumo humano o riego agrícola, cerrando un círculo peligroso donde el mismo recurso que se contamina termina regresando a la mesa de quien lo generó.

Esta contaminación rara vez se percibe de inmediato, lo que la vuelve todavía más riesgosa. Pasan meses o años antes de que los efectos se manifiesten en la calidad del agua de un pozo o en la productividad de un cultivo regado con agua contaminada.

El monitoreo de indicadores básicos de contaminación en fuentes de agua cercanas a puntos históricos de disposición de residuos permitiría a la comunidad de Joa anticipar problemas de salud pública antes de que estos se manifiesten en casos concretos de enfermedad entre la población.

7.1.4 Modelos de recolección, clasificación y reciclaje comunitario

Los modelos comunitarios de recolección y clasificación de residuos han demostrado resultados prometedores en distintas zonas rurales de la región, aunque su éxito depende casi siempre de un liderazgo local sostenido. Separar residuos orgánicos de inorgánicos en origen, destinar los primeros a compostaje agrícola y organizar rutas periódicas de recolección de los segundos reduce significativamente la presión sobre el ambiente.

Para que estos modelos funcionen, la comunidad necesita entender el beneficio directo que obtiene de participar. El compost generado a partir de residuos orgánicos puede reincorporarse a los propios cultivos de la comuna, cerrando un ciclo productivo que reduce la dependencia de fertilizantes externos.

El reciclaje de materiales inorgánicos, como plástico y metal, enfrenta en comunidades pequeñas una limitación adicional: la escasa presencia de compradores o centros de acopio cercanos que hagan económicamente viable la separación, un problema que solo se resuelve mediante acuerdos cantonales que agreguen volumen suficiente para atraer a este tipo de comprador.

La Figura 7.1 presenta percepción sobre prácticas sostenibles en la gestión de infraestructuras, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

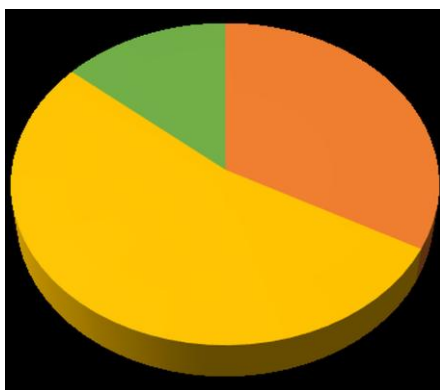


Figura 7.1. Percepción sobre prácticas sostenibles en la gestión de infraestructuras

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto (2025)

7.2 Evaluación ambiental, educación y sistema integral

La educación y la evaluación ambiental permiten diseñar soluciones acordes con la escala de la comunidad. Un sistema integral necesita separación, rutas, almacenamiento temporal y responsables definidos, no solo campañas ocasionales.

7.2.1 Evaluación de impacto ambiental en sistemas de gestión de residuos

La evaluación ambiental permite localizar las etapas de gestión que concentran mayores impactos. Sajjadi et al. (2017) aplicaron la matriz de Leopold a un relleno municipal y utilizaron la valoración sistemática de interacciones para identificar efectos sobre componentes ambientales. En Joa, una aplicación simplificada de esta metodología puede ordenar riesgos asociados con disposición final, quema, lixiviados y proximidad a fuentes de agua, siempre que las calificaciones se sustenten en observación de campo.

Aplicar este tipo de evaluación en comunidades rurales exige adaptar la metodología a una escala menor, sin perder rigor en el análisis. Un diagnóstico ambiental simplificado puede ofrecer a comunidades como Joa una hoja de ruta clara sobre dónde concentrar sus esfuerzos limitados.

7.2.2 Educación ambiental como herramienta de cambio de comportamiento

Ninguna infraestructura de gestión de residuos funciona sin un cambio real de comportamiento en quienes la utilizan. La educación ambiental, entendida como un proceso sostenido de formación comunitaria, resulta indispensable para que la separación de residuos en origen se convierta en un hábito y no en una obligación impuesta desde afuera.

Estudios sobre políticas de residuos en Ecuador señalan que la limitada participación ciudadana y la escasa coordinación institucional figuran entre los principales obstáculos para una gestión efectiva. Revertir esta situación exige programas educativos adaptados al entorno rural.

Vincular la educación ambiental con las escuelas locales, donde niños y jóvenes pueden convertirse en agentes de cambio dentro de sus propios hogares, ha demostrado en distintas experiencias regionales ser más efectivo que las campañas dirigidas exclusivamente a la población adulta.

7.2.3 Hacia un sistema integral de gestión de residuos en comunidades rurales

Un sistema integral de gestión de residuos combina, necesariamente, varios componentes que hasta ahora se han tratado por separado en comunidades como Joa: recolección organizada, clasificación en origen, tratamiento adecuado de la fracción orgánica y disposición final controlada de lo que no puede reutilizarse.

Las conclusiones del diagnóstico técnico de la comuna proponen avanzar hacia este tipo de sistema integral, articulado con la participación comunitaria y el apoyo de entidades estratégicas externas, un objetivo alcanzable si se construye por etapas, priorizando primero las intervenciones de menor costo y mayor impacto inmediato.

La Tabla 7.1 organiza situación de residuos y saneamiento y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 7.1. Situación de residuos y saneamiento

Componente	Situación	Riesgo
Planta de tratamiento	No existe	Descargas sin control
Vertedero local	No existe	Disposición informal
Recolección municipal	Existe	Dependencia de frecuencia
Sistema de reciclaje	No existe	Pérdida de materiales
Pozas sépticas	Uso parcial	Filtración y mantenimiento insuficiente

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

7.3 Residuos productivos, financiamiento y plásticos

Los residuos agrícolas y orgánicos pueden transformarse en compost o energía, mientras los plásticos requieren recuperación y salida comercial. La economía circular analiza estas corrientes como recursos que deben reingresar en procesos productivos (Nogueira et al., 2020).

7.3.1 Residuos agrícolas y ganaderos como recurso aprovechable

La actividad agrícola y ganadera de comunidades como Joa genera un volumen considerable de residuos orgánicos, restos de cosecha, estiércol, que rara vez se gestionan de manera aprovechable, pese a su potencial evidente como insumo para compostaje o para generación de biogás mediante biodigestores, tema ya abordado en el capítulo dedicado a los sistemas de agua y saneamiento.

Integrar la gestión de estos residuos agrícolas y ganaderos dentro de una estrategia territorial más amplia de manejo de desechos, en lugar de tratarlos como un problema aislado, permitiría a la comunidad convertir un pasivo ambiental en un recurso productivo adicional.

7.3.2 Financiamiento de infraestructura de residuos a escala mancomunada

El financiamiento de infraestructura de tratamiento de residuos a escala mancomunada, entre varios cantones vecinos, reduce el costo per cápita de manera considerable frente a soluciones individuales, un argumento técnico que rara vez se traduce en acuerdos concretos debido a dificultades políticas de coordinación entre gobiernos locales distintos.

Superar estas dificultades políticas exige, con frecuencia, la mediación de un actor externo, sea una universidad regional o un organismo de cooperación, capaz de facilitar el diálogo técnico entre cantones sin la carga de intereses político-electorales que a menudo entorpece este tipo de acuerdo.

7.3.3 Residuos plásticos y su impacto en cauces y zonas costeras

Los residuos plásticos, por su lenta degradación y su capacidad de ser transportados largas distancias por cauces de agua, representan un problema que trasciende los límites de la comuna donde se generan, afectando eventualmente zonas costeras y marinas situadas a considerable distancia. Este carácter transfronterizo del problema exige soluciones que también trasciendan la escala estrictamente local.

Reducir el uso de plásticos de un solo uso mediante campañas locales, combinado con la clasificación adecuada de los que sí se utilizan, representa una medida de bajo costo con un beneficio ambiental que se extiende considerablemente más allá del territorio inmediato de la comuna Joa.

7.4 Residuos peligrosos, compostaje y costos evitados

Los residuos peligrosos, los lixiviados y la quema abierta producen riesgos sanitarios que no siempre son visibles. El compostaje comunitario exige control de humedad, aireación, ubicación y manejo de materiales no aptos.

7.4.1 Gestión de residuos peligrosos en el medio rural

Los residuos peligrosos generados en actividades agrícolas, envases de agroquímicos, restos de pilas y baterías, medicamentos vencidos, reciben en el medio rural un tratamiento considerablemente menos riguroso que en zonas urbanas, pese a su potencial de contaminación significativa del suelo y del agua si se disponen de manera inadecuada.

Establecer puntos de acopio específicos para este tipo de residuos, coordinados con programas de recolección especializada a nivel cantonal o provincial, representa una intervención de alcance limitado pero de alto impacto ambiental relativo, dado el riesgo desproporcionado que estos residuos representan en comparación con su volumen.

7.4.2 Compostaje comunitario: diseño técnico y participación

El compostaje comunitario de residuos orgánicos, ya mencionado como alternativa viable para comunidades como Joa, exige un diseño técnico mínimo, control de humedad, proporción adecuada de materiales secos y húmedos, volteo periódico, para evitar que el proceso genere malos olores o atraiga plagas, un riesgo que, de materializarse, puede desalentar rápidamente la participación comunitaria en la iniciativa.

Capacitar a un grupo reducido de encargados del compostaje comunitario, en lugar de dejar el proceso librado a la improvisación general, garantizaría la calidad técnica del proceso y sostendría la confianza de la comunidad en esta alternativa de gestión de residuos orgánicos.

7.4.3 Costos evitados por una gestión adecuada de residuos

Cuantificar los costos evitados por una gestión adecuada de residuos, tratamiento de enfermedades gastrointestinales asociadas a contaminación, pérdida de valor turístico de sitios degradados, remediación futura de suelos contaminados, ofrece un argumento económico adicional para justificar

inversión en este componente, más allá del argumento estrictamente ambiental que suele dominar la discusión pública sobre el tema.

Este tipo de análisis de costos evitados, poco común en la planificación municipal ecuatoriana, permitiría comparar de manera más informada la inversión en gestión de residuos frente a otras alternativas de gasto público que compiten por el mismo presupuesto cantonal limitado.

La Figura 7.2 presenta percepción sobre la conservación de las infraestructuras, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

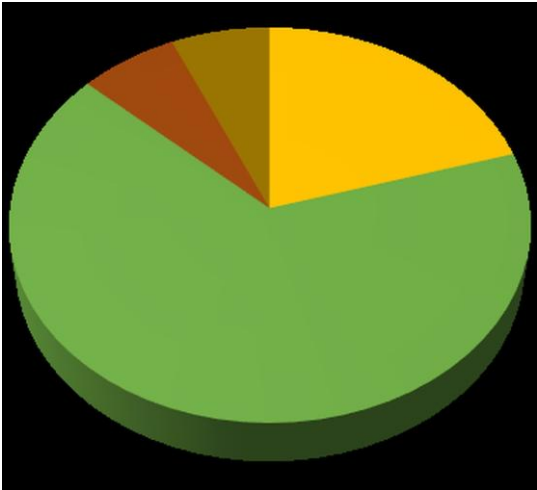


Figura 7.2. Percepción sobre la conservación de las infraestructuras

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

7.5 Gobierno local, recolección diferenciada y tasas

Los gobiernos locales conservan la competencia formal, aunque la cobertura rural suele enfrentar distancia y costos. La información estadística municipal permite comparar generación, recolección y disposición, pero necesita complementarse con datos comunitarios (Najar, 2024).

7.5.1 Rol de las juntas parroquiales en la gestión ambiental local

Las juntas parroquiales rurales, con competencias específicas en gestión ambiental según la normativa ecuatoriana vigente, cumplen un rol de

coordinación local que a menudo permanece subutilizado en comunidades como Joa, donde la gestión de residuos termina dependiendo casi exclusivamente de la iniciativa individual de los habitantes o de intervenciones esporádicas del municipio cantonal.

Fortalecer la capacidad de gestión ambiental de estas juntas parroquiales, mediante capacitación específica y recursos mínimos de operación, permitiría contar con una instancia de coordinación local permanente para la gestión de residuos, en lugar de depender de intervenciones puntuales y poco sostenidas en el tiempo.

7.5.2 Recolección diferenciada según tipo de generador de residuos

No todos los generadores de residuos dentro de una comuna rural producen el mismo tipo ni volumen de desechos: los hogares generan principalmente residuos domésticos orgánicos e inorgánicos, la actividad agrícola genera residuos de cosecha y envases de agroquímicos, y los eventuales negocios locales, tiendas, restaurantes pequeños asociados al turismo termal, generan residuos con características propias. Diseñar rutas de recolección diferenciadas según este tipo de generador optimiza el uso de los recursos limitados disponibles para la gestión de residuos.

Esta diferenciación, poco común en los sistemas de recolección rural actuales, exigiría un mapeo previo de los distintos tipos de generadores presentes en la comuna Joa, un ejercicio de planificación relativamente sencillo que podría integrarse al inventario de infraestructura mencionado en el primer capítulo de esta obra.

7.5.3 Financiamiento mediante tasas municipales de aseo

Las tasas municipales de aseo, cobradas habitualmente junto con otros servicios básicos en zonas urbanas, rara vez se aplican de manera efectiva en comunidades rurales pequeñas, donde la ausencia de un servicio de recolección regular dificulta justificar el cobro de una tasa por un servicio que, en la práctica, no se presta de manera consistente.

Vincular la implementación de un sistema de recolección regular con el establecimiento gradual de una tasa de aseo modesta, ajustada a la capacidad de pago local, permitiría generar un flujo de financiamiento sostenido para el

mantenimiento del servicio, rompiendo el círculo en el que la ausencia de cobro justifica la ausencia de servicio, y viceversa.

7.6 Reducción, turismo, percepción e indicadores

La reducción en la fuente, el turismo responsable y los indicadores de participación ayudan a sostener cambios. La percepción local debe contrastarse con mediciones de composición y frecuencia de recolección.

7.6.1 Reducción en la fuente: estrategias de consumo responsable

La estrategia más efectiva y de menor costo para la gestión de residuos consiste, invariablemente, en reducir su generación desde el origen, antes de que se conviertan en un problema de recolección, tratamiento o disposición final. Promover el consumo responsable, evitando empaques innecesarios y priorizando productos reutilizables, reduce el volumen total de residuos que cualquier sistema de gestión posterior debe procesar.

Incorporar mensajes de reducción en la fuente dentro de los programas de educación ambiental comunitaria, en lugar de concentrar toda la atención en la clasificación y el reciclaje de residuos ya generados, ataca el problema desde su origen y complementa de manera efectiva las demás estrategias de gestión descritas en este capítulo.

7.6.2 Turismo responsable y gestión de residuos en sitios naturales

El crecimiento del turismo asociado a los pozos termales de Joa, mencionado en capítulos anteriores, exige que la gestión de residuos generados por los visitantes reciba una atención específica, diferenciada de la gestión de residuos domésticos habituales de la comunidad, dado que la forma de generación y el tipo de residuos, envases individuales, restos de alimentos, difieren considerablemente entre ambos grupos.

Instalar puntos de disposición adecuados en los propios sitios turísticos, junto con señalización que promueva un comportamiento responsable entre los visitantes, representa una medida de bajo costo que protegería directamente el atractivo natural que sostiene esta actividad económica emergente para la comunidad.

7.6.3 Percepción comunitaria sobre la gestión de residuos en Joa

Las entrevistas de campo revelaron que buena parte de la población de Joa reconoce la ausencia de un sistema formal de gestión de residuos como un problema relevante, aunque conviva con esa carencia mediante soluciones improvisadas que ha normalizado con el paso del tiempo. Este reconocimiento explícito del problema, sin que exista todavía una solución colectiva organizada, representa un punto de partida favorable para cualquier programa de intervención futura en este componente.

Aprovechar esta conciencia ya existente sobre el problema, en lugar de asumir que la comunidad requiere primero un proceso extenso de sensibilización desde cero, permitiría avanzar con mayor rapidez hacia la implementación de soluciones concretas de recolección y clasificación comunitaria descritas a lo largo de este capítulo.

7.6.4 Indicadores de éxito para un futuro programa de gestión de residuos

Definir indicadores claros de éxito para un futuro programa de gestión de residuos en la comuna Joa, porcentaje de hogares que separan residuos en origen, volumen de compost generado mensualmente, frecuencia efectiva de recolección, permitiría evaluar de manera objetiva el avance del programa más allá de la simple declaración de su puesta en marcha.

Estos indicadores, consistentes con el enfoque de seguimiento continuo propuesto para el plan integral de infraestructura en el capítulo final de esta obra, ofrecerían a la comunidad y a sus autoridades una base objetiva para ajustar el programa conforme se identifiquen dificultades durante su implementación.

La Tabla 7.2 organiza jerarquía de gestión propuesta y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 7.2. Jerarquía de gestión propuesta

Nivel	Acción	Aplicación local
Prevención	Reducir compras y envases	Campañas y acuerdos comerciales
Separación	Clasificar en origen	Recipientes diferenciados

Compostaje	Aprovechar orgánicos	Unidad comunitaria
Reciclaje	Recuperar materiales	Convenio con gestores
Recolección	Definir rutas y horarios	Coordinación municipal
Disposición final	Traslado seguro	Instalación autorizada

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto (2025).

7.7 Salud pública, balance y experiencias transferibles

La experiencia de Sahuangal, Ecuador, muestra que la participación, el compostaje y la infraestructura de pequeña escala pueden integrarse mediante análisis técnico, financiero y multicriterio (Coello-Choez et al., 2026). Estas lecciones son transferibles con ajustes a las condiciones de Joa.

7.7.1 Vínculo entre gestión de residuos y salud pública veterinaria

La disposición inadecuada de residuos orgánicos, particularmente restos de origen animal, atrae fauna oportunista, roedores y aves carroñeras, que puede convertirse en vector de enfermedades tanto para el ganado como para la población humana de la comuna Joa. Este vínculo entre gestión de residuos y salud pública veterinaria rara vez se considera de manera explícita en los programas convencionales de gestión ambiental rural, centrados casi exclusivamente en la salud humana.

Incorporar una perspectiva de salud única, que reconozca la interdependencia entre salud humana, animal y ambiental, enriquecería el diseño de cualquier programa futuro de gestión de residuos en comunidades agrícolas y ganaderas como Joa, ampliando su justificación técnica más allá del argumento sanitario humano convencional.

7.7.2 Balance final sobre la gestión de residuos en la comuna Joa

El balance que deja este capítulo sobre la gestión de residuos sólidos en la comuna Joa es, en gran medida, un balance de oportunidades pendientes más que de soluciones ya implementadas: ausencia de plantas de tratamiento, pero también conciencia comunitaria del problema; falta de infraestructura formal, pero también un conjunto amplio de alternativas de bajo costo, compostaje, clasificación comunitaria, mancomunidad cantonal, que podrían implementarse de manera gradual.

Convertir estas oportunidades en resultados concretos exige, como en los demás componentes analizados en esta obra, voluntad institucional sostenida y participación comunitaria activa, dos condiciones que, combinadas, han demostrado en experiencias comparadas de la región ser suficientes para transformar de manera significativa la gestión ambiental de un territorio rural en un plazo de pocos años.

7.7.3 Gestión de residuos y su vínculo con la actividad turística sostenible

La sostenibilidad de largo plazo del turismo asociado a los pozos termales de Joa, analizado en el capítulo dedicado a los recursos naturales, depende de manera directa de una gestión de residuos adecuada en los propios sitios de visita, dado que la acumulación de basura en un entorno natural valorado precisamente por su estado prístino puede deteriorar con rapidez la experiencia que atrae a los visitantes en primer lugar.

Vincular explícitamente la inversión en gestión de residuos con la estrategia de desarrollo turístico de la comuna, en lugar de tratarlos como agendas separadas, permitiría justificar ante potenciales socios del sector privado turístico una inversión conjunta en infraestructura de disposición adecuada de residuos en los sitios de mayor afluencia de visitantes.

7.7.4 Lecciones de experiencias regionales exitosas en gestión de residuos rurales

Distintas experiencias de gestión comunitaria de residuos en zonas rurales de Colombia y Perú, documentadas en estudios comparados de gestión ambiental rural, coinciden en señalar que el éxito de estos programas depende menos de la sofisticación tecnológica de la infraestructura empleada y más de la solidez organizativa de los comités comunitarios responsables de sostenerlos en el tiempo.

Esta lección, consistente con lo señalado a lo largo de esta obra respecto a otros componentes de infraestructura, refuerza la prioridad que cualquier programa futuro en la comuna Joa debería otorgar al fortalecimiento organizativo comunitario, por encima incluso de la inversión en equipamiento técnico específico para la gestión de residuos.

7.8 Conclusiones del capítulo

Este séptimo capítulo mostró que la gestión de residuos sólidos constituye, junto con el saneamiento, el componente de mayor rezago en la infraestructura de comunidades rurales como Joa. Superar este rezago no exige necesariamente una planta de tratamiento de gran escala, sino un sistema integral construido por etapas, que combine clasificación comunitaria, compostaje agrícola y alianzas cantonales de menor costo. El capítulo final de esta obra retoma estos hallazgos junto con los de los capítulos anteriores para proponer un marco de planificación territorial integral.

7.9 Referencias del capítulo 7

- Coello-Choez, B., Bravo-Montero, L., y Herrera-Franco, G. (2026). Solid waste management in a context of sustainability in the Sahuangal community, Ecuador. *Sustainability*, 18(6), 2811. DOI: 10.3390/su18062811. URL: <https://doi.org/10.3390/su18062811>
- Najar Marín, E. (2024). Solid waste management in urban areas of Latin America. *Visión de Futuro*, 28(2), 98-111. DOI: 10.36995/j.visiondefuturo.2024.28.02.003.en. URL: <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2024.28.02.003.en>
- Nogueira, A., Ashton, W., Teixeira, C., Lyon, E., y Pereira, J. (2020). Infrastructuring the circular economy. *Energies*, 13(7), 1805. DOI: 10.3390/en13071805. URL: <https://doi.org/10.3390/en13071805>
- Sajjadi, S. A., Aliakbari, Z., Matlabi, M., Biglari, H., y Rasouli, S. S. (2017). Environmental impact assessment of Gonabad municipal waste landfill site using Leopold Matrix. *Electronic Physician*, 9(2), 3714-3719. DOI: 10.19082/3714. URL: <https://doi.org/10.19082/3714>

INFRAESTRUCTURA, TERRITORIO Y RECURSOS NATURALES

**Diagnóstico, funcionalidad y gestión
sostenible en comunidades rurales (Joa)**

CAPÍTULO VIII

**Planificación, participación
comunitaria y políticas públicas**

AUTORES: Ponce Zavala Cruz Victoria



8 Planificación, participación comunitaria y políticas públicas

El capítulo integra los componentes técnicos desarrollados en la obra dentro de una propuesta de planificación territorial, participación comunitaria y gestión pública. El análisis transforma los resultados del diagnóstico de Joa en criterios de decisión que pueden orientar prioridades, responsabilidades institucionales, seguimiento y formulación de proyectos en comunidades rurales de características semejantes.

8.1 Participación comunitaria, alianzas y política pública

La planificación territorial necesita acuerdos entre comunidad, gobiernos, academia y actores privados. El diagnóstico de Joa muestra apertura para participar, aunque la ejecución requiere responsabilidades, plazos y financiamiento definidos (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025).

8.1.1 Rol de la comunidad en la gestión de infraestructura física

Ninguna infraestructura sobrevive mucho tiempo sin el respaldo de quienes la usan todos los días. La comunidad no es un espectador pasivo de las obras que recibe; es, en la práctica, su primer sistema de mantenimiento y vigilancia. Cuando los habitantes reportan una fuga de agua a tiempo, reparan un tramo de camino con recursos propios o denuncian una descarga contaminante, están ejerciendo una función que ninguna institución externa puede replicar con la misma inmediatez.

En la comuna Joa, esta capacidad comunitaria ya existe, aunque de forma dispersa y poco organizada. Fortalecerla no requiere grandes inversiones; requiere reconocimiento institucional, capacitación básica y canales claros de comunicación entre la comunidad y las entidades responsables de la infraestructura.

Formalizar esta participación mediante comités específicos por componente, agua, vialidad, residuos, energía, en lugar de un comité genérico que termine diluyendo responsabilidades, permitiría un seguimiento más efectivo de cada tipo de infraestructura, con responsables claramente identificados para cada una.

Los espacios comunales funcionan como soporte físico de reuniones, capacitación y coordinación de acciones colectivas. Alvarado Vazquez et al. (2023) muestran que las tecnologías de información pueden ampliar la

participación social en la planificación, diseño y mantenimiento de espacios públicos, mientras Ramos Granados y Medina Sotelo (2025) relacionan la participación sostenida con mejores condiciones de gobernanza local. En Joa, el equipamiento comunal puede actuar como punto de información, archivo técnico y sede de los grupos responsables de seguimiento.

La Figura 8.1 permite examinar área comunal y equipamiento de uso colectivo y relacionar la evidencia visual con los criterios técnicos del epígrafe.



Figura 8.1. Área comunal y equipamiento de uso colectivo

Nota. Registro de campo del proyecto base en la comuna Joa (2025).

La imagen muestra un espacio delimitado, de escala reducida y vinculado a viviendas cercanas. Esta proximidad favorece el control social y el uso cotidiano. Sin embargo, el cerramiento, la superficie de circulación y la

señalización requieren evaluación para garantizar acceso seguro durante reuniones o actividades comunitarias. El lugar puede albergar planos, inventarios y cronogramas de mantenimiento, siempre que se definan responsabilidades de custodia. La gestión territorial gana continuidad cuando la información técnica permanece disponible dentro de la propia comunidad.

8.1.2 Alianzas público-privadas para la rehabilitación de infraestructuras

La rehabilitación de infraestructura crítica rara vez resulta viable únicamente con recursos públicos, sobre todo en comunidades pequeñas donde el presupuesto cantonal debe repartirse entre múltiples necesidades urgentes. Las alianzas público-privadas ofrecen una vía complementaria: empresas interesadas en operar en la zona, organismos de cooperación internacional y universidades pueden aportar financiamiento, asistencia técnica o capacitación.

Este tipo de alianza exige reglas claras desde el inicio. Sin acuerdos transparentes sobre responsabilidades y beneficios compartidos, las alianzas público-privadas corren el riesgo de convertirse en intervenciones puntuales sin continuidad.

El sector turístico, con interés directo en la conservación de los pozos termales y el entorno natural de Joa, representa un socio potencial concreto para este tipo de alianza, siempre que su participación se enmarque en compromisos verificables de reinversión en la infraestructura de soporte del propio atractivo que explota comercialmente.

8.1.3 Políticas públicas de infraestructura en Ecuador y su implementación local

Las políticas públicas de infraestructura en Ecuador suelen diseñarse desde una perspectiva nacional que no siempre logra traducirse en resultados concretos a nivel de comunidades pequeñas. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados cuentan con competencias claras sobre vialidad, agua y saneamiento, pero su capacidad técnica y financiera varía enormemente entre cantones.

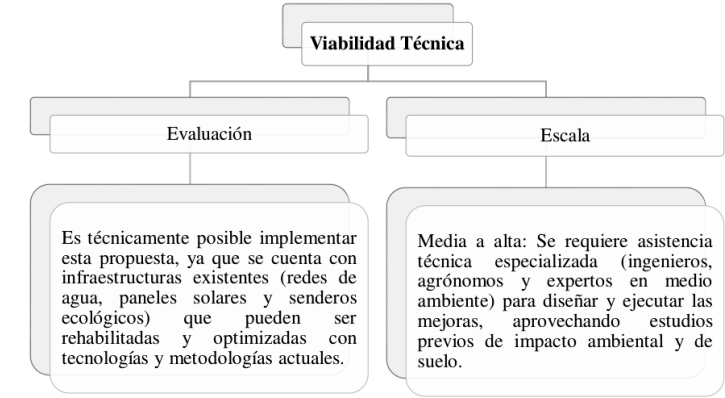
Comunidades como Joa dependen, en la práctica, de que su Gobierno Autónomo Descentralizado priorice sus necesidades frente a las de otras parroquias con mayor población o visibilidad política. Esta competencia por recursos limitados explica por qué, pese a políticas nacionales bien intencionadas, la infraestructura rural sigue rezagada.

Incorporar criterios técnicos objetivos, y no solo criterios de visibilidad política, en la priorización de la inversión cantonal exigiría fortalecer las unidades de planificación municipal con personal capacitado en el tipo de indicadores de rezago descritos en el primer capítulo de esta obra.

La Figura 8.2 presenta evaluación de la viabilidad técnica de las recomendaciones, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

Figura 9

Viabilidad técnica



Nota. Elaboración propia

Figura 8.2. Evaluación de la viabilidad técnica de las recomendaciones

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto base (2025), p. 61.

8.2 Ordenamiento, indicadores y recomendaciones técnicas

El ordenamiento del suelo y los indicadores deben vincularse con mecanismos de participación que permitan documentar necesidades y hacer seguimiento a las decisiones. Alvarado Vazquez et al. (2023) muestran que las tecnologías de información pueden apoyar la participación social en planificación, diseño y mantenimiento de espacios públicos, mientras Ramos Granados y Medina Sotelo (2025) relacionan participación, acceso a información y gobernanza con sostenibilidad local. En Joa, estos enfoques respaldan un sistema de indicadores abierto a la revisión comunitaria.

8.2.1 Planificación territorial y ordenamiento del uso del suelo

La planificación territorial define, de manera silenciosa pero determinante, dónde tiene sentido construir infraestructura y dónde no. Un ordenamiento del uso del suelo bien diseñado evita que se autorice construcción en zonas de riesgo de deslizamiento o inundación, un problema documentado en el Valle de Joa a través de estudios previos sobre susceptibilidad geológica de la zona.

La ausencia de políticas eficaces de ordenamiento territorial en este mismo territorio, documentada en el diagnóstico técnico de la comuna Joa, ha contribuido a situaciones de vulnerabilidad social y económica que ninguna obra de infraestructura, por bien diseñada que esté, puede resolver por sí sola (diagnóstico de campo del proyecto base, 2025).

Actualizar el plan de ordenamiento territorial cantonal con la información generada por diagnósticos técnicos como el de Joa constituye un paso concreto y de bajo costo administrativo para reducir, hacia el futuro, la exposición de nueva infraestructura a riesgos ya identificados.

8.2.2 Indicadores de sostenibilidad para la evaluación de proyectos

Evaluar un proyecto de infraestructura únicamente por su costo de construcción ofrece una visión incompleta de su verdadero valor. Indicadores de sostenibilidad, como la vida útil esperada, el costo de mantenimiento a largo plazo, el impacto sobre recursos naturales y el nivel de apropiación comunitaria, permiten comparar alternativas de inversión con una mirada más completa.

Incorporar estos indicadores desde la etapa de diseño obligaría a repensar muchas decisiones de infraestructura rural que hoy priorizan el menor costo inmediato sobre la sostenibilidad futura, explicando en parte por qué tantas obras rurales terminan deterioradas antes de cumplir su vida útil proyectada.

8.2.3 Recomendaciones técnicas para la comuna Joa y comunidades similares

El diagnóstico técnico realizado en la comuna Joa deja recomendaciones concretas que trascienden el caso particular de esta comunidad. Un inventario actualizado de infraestructura y recursos naturales, un programa integral de mantenimiento vial y de redes de agua, y la implementación de un sistema de

gestión de residuos figuran entre las prioridades identificadas, junto con el fortalecimiento del uso de energía solar ya presente en la zona.

Estas recomendaciones comparten un principio aplicable a comunidades similares en todo el territorio rural ecuatoriano: ninguna intervención aislada resuelve el problema completo. Se requiere un plan articulado, con metas claras y financiamiento definido.

Priorizar estas recomendaciones exige, en la práctica, un ejercicio explícito de secuenciación: qué intervención abordar primero, cuál puede esperar, y qué combinación de actores, comunidad, Gobierno Autónomo Descentralizado, universidad, sector privado, resulta necesaria para cada una de ellas.

La Tabla 8.1 organiza viabilidad de acciones prioritarias y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 8.1. Viabilidad de acciones prioritarias

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

Acción	Técnica	Económica	Social	Total
Mejorar sistemas de agua	3	2	3	8
Rehabilitar vías y puentes	3	2	3	8
Gestión comunitaria de residuos	2	2	3	7
Educación ambiental	3	3	3	9

8.3 Proyección, seguimiento y réplica territorial

La réplica territorial no consiste en copiar obras, sino en aplicar un método común y adaptar soluciones a cada comunidad. Las revisiones de desarrollo rural respaldan enfoques colaborativos, políticas específicas, educación y tecnología (Patiño-Ramírez y Valiente-Saldaña, 2023).

8.3.1 Proyecciones futuras: hacia un modelo replicable de gestión sostenible

El valor de un diagnóstico como el desarrollado en la comuna Joa no se agota en sus conclusiones inmediatas. Su metodología, sus indicadores y sus hallazgos ofrecen un modelo replicable para decenas de comunidades rurales ecuatorianas que enfrentan desafíos similares: infraestructura parcialmente funcional, recursos naturales valiosos pero presionados, y una comunidad dispuesta a participar si encuentra el apoyo técnico adecuado.

Replicar este modelo a mayor escala exigiría una decisión institucional que hasta ahora ha faltado: destinar recursos sostenidos a la investigación aplicada sobre infraestructura rural, en lugar de tratarla como un tema secundario frente a las prioridades urbanas.

8.3.2 Monitoreo y evaluación continua de las intervenciones

Ninguna intervención de infraestructura debería considerarse concluida con la simple entrega de la obra. Un sistema de monitoreo continuo, basado en los mismos indicadores de funcionalidad, eficiencia y conservación descritos en el tercer capítulo de esta obra, permitiría detectar de manera temprana señales de deterioro antes de que se conviertan en fallas costosas de reparar.

Este monitoreo no requiere necesariamente personal técnico permanente: comités comunitarios capacitados, con visitas periódicas de verificación por parte de la entidad responsable, pueden sostener este seguimiento a un costo considerablemente menor que el de un sistema de monitoreo profesional exclusivo.

8.3.3 Réplica del modelo en otras parroquias del cantón Jipijapa

El cantón Jipijapa cuenta con otras parroquias rurales que comparten, en mayor o menor medida, el perfil socioeconómico y territorial de la comuna Joa. Extender el modelo de diagnóstico y planificación desarrollado en esta obra hacia esas parroquias permitiría al Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal contar con una visión integral de las necesidades de infraestructura en todo su territorio rural, en lugar de decisiones aisladas parroquia por parroquia.

Esta extensión podría ejecutarse de manera gradual, aprovechando la experiencia metodológica ya acumulada en el caso de Joa, reduciendo así el

costo y el tiempo necesarios para levantar diagnósticos comparables en las parroquias restantes.

8.4 Financiamiento, indicadores operativos y cierre estratégico

El financiamiento combinado puede reunir presupuesto público, cooperación y aportes comunitarios sin transferir obligaciones estatales. Los indicadores operativos deben medir continuidad, calidad, conservación, participación y ejecución presupuestaria.

8.4.1 Palabras finales: infraestructura, recursos naturales y futuro rural

Este libro partió de una pregunta sencilla: qué tan bien está preparada la infraestructura física de una comuna rural para sostener, de manera duradera, el aprovechamiento de sus recursos naturales. La respuesta, construida a lo largo de ocho capítulos, es matizada: existen avances reales, sobre todo en electrificación y agua potable, que conviven con rezagos estructurales en saneamiento, vialidad y gestión de residuos.

Cerrar esa brecha no depende de una sola obra ni de una sola institución. Depende de la articulación sostenida entre comunidad, gobierno local, academia y, cuando sea posible, sector privado, con una mirada que entienda la infraestructura no como un fin en sí mismo, sino como el medio necesario para que el territorio rural, sus habitantes y sus recursos naturales, tengan un futuro sostenible por delante.

8.4.2 Financiamiento combinado para un plan integral de infraestructura

Un plan integral de infraestructura para comunidades como Joa, que abarque simultáneamente agua, vialidad, energía y residuos, difícilmente encontrará financiamiento completo a través de una sola fuente. La combinación de presupuesto cantonal, cooperación internacional, alianzas con el sector privado turístico y agrícola, y aportes comunitarios en trabajo directo ofrece la vía más realista para sostener financieramente un plan de esta magnitud a lo largo de varios años.

Diseñar este financiamiento combinado exige una secuenciación cuidadosa: identificar qué componentes pueden financiarse con recursos propios de menor cuantía, y cuáles requieren gestionar financiamiento externo de mayor escala, evitando que la dependencia de una sola fuente paralice el plan completo ante la eventual falta de esa fuente específica.

8.4.3 Indicadores de seguimiento para la implementación del plan

Todo plan de infraestructura rural debería contar con indicadores de seguimiento claros que permitan verificar, de manera objetiva, su avance real frente a lo planificado. Porcentaje de vías rehabilitadas, número de familias con acceso a saneamiento mejorado, volumen de residuos con tratamiento adecuado, constituyen ejemplos de indicadores verificables que trascienden la simple declaración de buenas intenciones.

Publicar estos indicadores de manera periódica y accesible para la propia comunidad fortalece la rendición de cuentas de las autoridades responsables de la implementación, y permite a la población de Joa verificar por sí misma el cumplimiento efectivo de los compromisos asumidos.

La Figura 8.3 presenta estrategias para fortalecer la participación comunitaria, evidencia utilizada para relacionar el análisis técnico con las condiciones observadas en la comuna.

naturales del sector. Por lo tanto, se describen estrategias que se podrían utilizar para alcanzar un nivel alto de participación en la Figura 12.

Figura 12

Nivel de apoyo y estrategias para aumentar la participación comunitaria

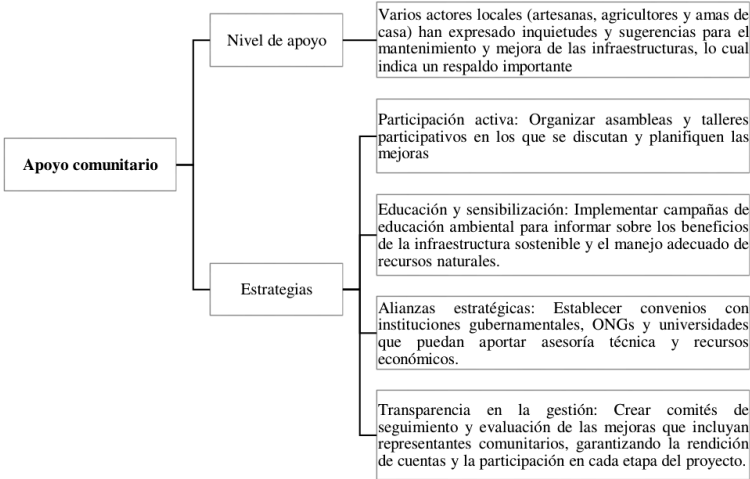


Figura 8.3. Estrategias para fortalecer la participación comunitaria

Nota. Adaptada del diagnóstico de campo del proyecto base (2025), p. 65.

8.5 Riesgos, comunicación y evaluación de impactos

Los riesgos de implementación incluyen discontinuidad institucional, mantenimiento insuficiente, costos subestimados y comunicación débil. Ramos Granados y Medina Sotelo (2025) identifican brechas entre participación declarada e implementación efectiva, junto con problemas de continuidad en prácticas de gobernanza. Esta evidencia respalda que el seguimiento del plan de Joa combine control técnico con mecanismos estables de información y participación comunitaria.

8.5.1 Riesgos de implementación y estrategias de mitigación

Ningún plan de infraestructura rural está exento de riesgos de implementación: cambios en la administración cantonal que reorienten prioridades políticas, variaciones presupuestarias imprevistas, o desastres naturales que obliguen a redirigir recursos hacia atención de emergencia. Anticipar estos riesgos fortalece la resiliencia del plan frente a la incertidumbre propia de cualquier proceso de mediano plazo.

Incluir cláusulas de continuidad institucional en los convenios entre la comuna, el Gobierno Autónomo Descentralizado y la universidad participante, de manera que el plan no dependa exclusivamente de la voluntad de una administración específica, ofrece una salvaguarda concreta frente a este tipo de riesgo político.

8.5.2 El rol de los medios de comunicación comunitaria

Los medios de comunicación comunitaria, radios locales, grupos de mensajería instantánea organizados por dirigentes barriales, cumplen un papel de difusión que rara vez se aprovecha de manera sistemática para informar sobre el avance de proyectos de infraestructura, generando en su ausencia un vacío de información que alimenta desconfianza o desinterés comunitario.

Incorporar estos canales de comunicación comunitaria de manera deliberada dentro de la estrategia de implementación del plan de infraestructura fortalecería la transparencia del proceso y mantendría a la población informada sin depender exclusivamente de canales institucionales formales.

8.5.3 Evaluación de impacto a mediano plazo del plan integral

Más allá del seguimiento de indicadores de ejecución inmediata, un plan de infraestructura rural debería someterse, transcurridos algunos años de su implementación, a una evaluación de impacto que verifique si efectivamente mejoró las condiciones de vida de la población, y no solo si las obras físicas se construyeron según lo planificado.

Esta evaluación de impacto, que idealmente debería recaer nuevamente en un programa de vinculación universitaria similar al que dio origen al diagnóstico inicial, cerraría un ciclo completo de investigación aplicada: diagnóstico, planificación, implementación y evaluación de resultados, ofreciendo lecciones valiosas tanto para la propia comuna Joa como para el diseño de futuros planes en comunidades similares.

8.6 Articulación sectorial, universidad y escala provincial

La universidad puede acompañar levantamientos, diseños preliminares, capacitación y evaluación. Las experiencias de gestión comunitaria de residuos muestran el valor de integrar conocimiento técnico, gobierno local y organización social (Coello-Choez et al., 2026).

8.6.1 Articulación entre los ocho componentes analizados en esta obra

Cada uno de los siete capítulos técnicos que preceden a este cierre analizó un componente específico de la infraestructura física rural, pero ninguno de ellos puede leerse de manera aislada del resto. El agua depende de la vialidad para su mantenimiento, la vialidad depende de las canteras analizadas en el segundo capítulo, la energía solar se vincula con la actividad agrícola, y la gestión de residuos afecta directamente la calidad del agua y del suelo. Esta articulación constante entre componentes constituye, precisamente, el argumento central que esta obra buscó demostrar desde su primer capítulo.

Cualquier plan de intervención futuro en la comuna Joa debería, por tanto, evitar el error común de tratar cada componente como un proyecto independiente, y en su lugar diseñar intervenciones que reconozcan explícitamente estas interdependencias, maximizando el impacto conjunto de una inversión limitada.

8.6.2 El papel de las universidades más allá del diagnóstico inicial

El vínculo entre la universidad y la comuna Joa no debería concluir con la entrega del diagnóstico técnico que da origen a esta obra. Un acompañamiento sostenido, mediante sucesivas investigaciones de titulación enfocadas en distintos componentes específicos del plan integral, ofrecería a la comunidad un respaldo técnico continuo que ninguna intervención puntual, por bien ejecutada que esté, puede replicar por sí sola.

Formalizar este acompañamiento sostenido mediante un convenio marco de vinculación de largo plazo entre la universidad y el Gobierno Autónomo Descentralizado cantonal, con líneas de investigación predefinidas que respondan a las necesidades identificadas en esta obra, garantizaría continuidad institucional más allá de la duración de un proyecto de titulación individual.

8.6.3 Réplica del modelo a nivel de la provincia de Manabí

Más allá del cantón Jipijapa, la provincia de Manabí en su conjunto alberga decenas de comunidades rurales con un perfil socioeconómico y territorial comparable al de Joa, afectadas por desafíos estructuralmente similares de infraestructura y recursos naturales. Extender el modelo de diagnóstico y planificación desarrollado en esta obra a escala provincial, mediante la coordinación de las distintas universidades públicas de la región, permitiría construir una visión integral del rezago de infraestructura rural que hoy no existe de manera sistematizada.

Esta visión provincial integral facilitaría, a su vez, la gestión de financiamiento a mayor escala ante organismos nacionales e internacionales, que suelen valorar de manera más favorable propuestas de alcance regional frente a intervenciones aisladas en una sola comuna.

La Tabla 8.2 organiza indicadores de seguimiento territorial y facilita la comparación de criterios dentro del capítulo.

Tabla 8.2. Indicadores de seguimiento territorial

Nota. Elaboración propia con datos del diagnóstico de campo del proyecto base (2025).

Área	Indicador	Frecuencia
------	-----------	------------

Agua	Continuidad y calidad	Mensual
Vialidad	Porcentaje de tramos transitables	Semestral
Residuos	Fracción recuperada	Mensual
Energía	Disponibilidad de sistemas	Trimestral
Participación	Asistencia y acuerdos cumplidos	Trimestral
Gestión	Ejecución presupuestaria	Semestral

8.7 Decisión pública, equidad territorial y cierre de la obra

El cierre de la obra plantea una decisión pública sencilla: invertir con criterios territoriales o continuar reparando fallas aisladas. La infraestructura produce desarrollo cuando se conecta con recursos naturales, capacidades locales y una gestión sostenida (Patiño-Ramírez y Valiente-Saldaña, 2023; Sierra-Varela et al., 2024).

8.7.1 Mensaje final a los tomadores de decisión

A quienes tienen en sus manos la responsabilidad de decidir sobre la inversión pública en infraestructura rural, esta obra deja un mensaje que resume su argumento central: invertir en infraestructura sin considerar los recursos naturales que la sostienen es una inversión incompleta, condenada a un deterioro más rápido del necesario. Invertir, en cambio, con una mirada integral que reconozca esta interdependencia, ofrece un camino más lento pero considerablemente más sólido hacia un desarrollo rural verdaderamente sostenible.

La comuna Joa, con sus avances parciales y sus rezagos evidentes, ofrece un punto de partida concreto para ese camino. El resto depende de la voluntad institucional de convertir este diagnóstico técnico en decisiones sostenidas de inversión, mantenimiento y cuidado comunitario a lo largo de los años que siguen.

8.7.2 Reflexión final sobre el proceso de escritura de esta obra

Convertir un trabajo de investigación de titulación en un libro dirigido a un público más amplio exigió un ejercicio de traducción que trascendió la simple reorganización de capítulos: implicó ampliar el diálogo con evidencia internacional, profundizar en implicaciones prácticas para comunidades similares a Joa, y mantener, en todo momento, la conexión con los datos concretos que dieron origen a la investigación inicial.

Este ejercicio, exigente en tiempo y en rigor, responde a una convicción que atraviesa toda la obra: el conocimiento técnico generado en el ámbito universitario adquiere su verdadero valor cuando logra trascender ese ámbito y convertirse en una herramienta útil para quienes toman decisiones sobre el territorio, día a día, con recursos limitados y necesidades urgentes.

8.7.3 Recomendaciones por componente de infraestructura, en conjunto

Reunir, en un solo lugar, las recomendaciones específicas desarrolladas a lo largo de los siete capítulos técnicos anteriores facilita su uso práctico por parte de las autoridades locales: en agua y saneamiento, modernización focalizada de la red y adopción de biodigestores domiciliarios; en vialidad, mantenimiento preventivo priorizado sobre reconstrucción reactiva; en energía, expansión planificada de la generación solar con capacitación técnica local; y en residuos, un sistema integral construido por etapas de bajo costo inicial.

Cada una de estas recomendaciones específicas se desarrolla con mayor detalle en su capítulo correspondiente, y este cierre final busca únicamente ofrecer una vista panorámica que facilite su consulta rápida por parte de lectores interesados en un componente particular sin necesidad de recorrer la obra completa.

8.7.4 Cierre de la obra

Esta obra concluye donde empezó: con la convicción de que la infraestructura física rural y los recursos naturales que la sostienen forman un mismo sistema, indivisible en la práctica aunque se analice por partes en un texto como este. La comuna Joa, con su diagnóstico técnico como punto de partida, y las decenas de comunidades rurales ecuatorianas que comparten sus mismos desafíos, encuentran en estas páginas un marco de referencia pensado para

orientar, con rigor técnico y sensibilidad hacia la realidad local, las decisiones que definirán su desarrollo territorial en los años que siguen.

8.7.5 Consideraciones finales sobre la equidad territorial en la inversión pública

La equidad territorial en la distribución de la inversión pública, principio reiterado a lo largo de esta obra, exige que comunidades pequeñas y de baja visibilidad política como Joa reciban una atención proporcional a sus necesidades reales, y no exclusivamente proporcional a su peso electoral o a su cercanía con los centros de decisión cantonal, un criterio que los indicadores de rezago descritos en el primer capítulo buscan precisamente objetivar.

Avanzar hacia esta equidad territorial exige, en última instancia, un cambio cultural en la manera en que se toman las decisiones de inversión pública en el Ecuador rural, un cambio que ninguna obra, por completa que sea, puede garantizar por sí sola, pero al que este libro aspira a contribuir mediante evidencia técnica rigurosa y propuestas concretas de acción.

8.7.6 Hoja de ruta para la ejecución territorial

La ejecución de las propuestas requiere una secuencia que proteja la continuidad de los servicios mientras se preparan estudios y presupuestos. Durante los primeros seis meses conviene actualizar el inventario de infraestructura, validar responsables institucionales y definir indicadores de línea base. Este trabajo no demanda obras mayores, pero evita que los proyectos posteriores partan de datos incompletos. El levantamiento debe registrar ubicación, estado, población atendida, riesgos, costos preliminares y necesidades de mantenimiento.

Entre los seis y dieciocho meses se priorizan intervenciones de bajo costo y efecto inmediato. La limpieza de drenajes, el mantenimiento de paneles solares, la señalización de senderos, la reparación localizada de redes de agua y la organización de puntos de separación de residuos pueden ejecutarse mediante convenios entre gobiernos locales, universidad y comunidad. Cada actividad necesita un responsable, una fecha de verificación y evidencia fotográfica antes y después de la intervención.

Las obras de mayor inversión, como saneamiento, rehabilitación integral de puentes o ampliación de sistemas hídricos, deben avanzar con estudios de

factibilidad, diseños definitivos y permisos ambientales. La programación financiera puede combinar recursos municipales, provinciales, cooperación técnica y fondos concursables. La participación comunitaria no reemplaza la competencia pública; aporta información, control social y apoyo en tareas compatibles con la seguridad y la capacidad local.

A partir del segundo año, el plan debe operar como un ciclo de seguimiento. Los indicadores se revisan en reuniones semestrales y se comparan con la línea base. Cuando una meta no se cumple, la causa debe quedar documentada: falta de presupuesto, retraso contractual, problema técnico o baja participación. Esta disciplina permite corregir decisiones sin perder el propósito territorial de la obra. El resultado esperado es una cartera de proyectos que conserve continuidad entre administraciones y responda a riesgos verificables.

La hoja de ruta también requiere transparencia. Los acuerdos, costos estimados, avances físicos y responsables deben presentarse en formatos comprensibles para la comunidad. Un tablero sencillo, actualizado por el gobierno local con apoyo universitario, puede mostrar el estado de cada acción. La confianza se fortalece cuando la población observa que sus aportes se convierten en decisiones, plazos y resultados medibles.

8.8 Conclusiones del capítulo

El capítulo establece que la planificación territorial de la infraestructura rural requiere articular diagnóstico técnico, participación comunitaria, financiamiento, seguimiento e institucionalidad. El caso de Joa demuestra que la priorización de obras adquiere mayor consistencia cuando se apoya en necesidades verificadas, indicadores operativos y responsabilidades definidas. La propuesta integra agua, vialidad, energía, residuos y recursos naturales dentro de una gestión pública con horizonte temporal, control social y evaluación periódica.

8.9 Referencias del capítulo 8

Alvarado Vazquez, S., Madureira, A. M., Ostermann, F. O., y Pfeffer, K. (2023). The use of ICTs to support social participation in the planning, design and maintenance of public spaces in Latin America. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(6), 237. DOI: 10.3390/ijgi12060237. URL: <https://doi.org/10.3390/ijgi12060237>

- Coello-Choez, B., Bravo-Montero, L., y Herrera-Franco, G. (2026). Solid waste management in a context of sustainability in the Sahuangal community, Ecuador. *Sustainability*, 18(6), 2811. DOI: 10.3390/su18062811. URL: <https://doi.org/10.3390/su18062811>
- Patiño-Ramírez, S., y Valiente-Saldaña, Y. M. (2023). Identificación de factores que determinan el desarrollo rural en comunidades campesinas, 2018-2023: revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), 242-256. DOI: 10.35381/r.k.v8i1.2783. URL: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2783>
- Ramos Granados, Y. L., y Medina Sotelo, C. G. (2025). Participación ciudadana y sostenibilidad local en América Latina: una revisión sistemática. *Prohominum*, 7(3), 238-253. DOI: 10.47606/ACVEN/PH0368. URL: <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0368>
- Sierra-Varela, L., Filun-Santana, Á., Araya, F., Villegas-Flores, N., y Martínez-Soto, A. (2024). Rural road assessment method for sustainable territorial development. *Applied Sciences*, 14(23), 11021. DOI: 10.3390/app142311021. URL: <https://doi.org/10.3390/app142311021>

9 Glosario técnico

Funcionalidad: Capacidad de una infraestructura para prestar el servicio previsto con seguridad, continuidad y eficiencia.

Infraestructura física: Conjunto de obras, redes y equipamientos que sostienen servicios, movilidad y actividades productivas.

Infraestructura natural: Ecosistemas gestionados para conservar o recuperar servicios como regulación hídrica, control de erosión y protección climática.

Resiliencia: Capacidad de un sistema para resistir, adaptarse y recuperar su funcionamiento ante una perturbación.

Servicio ecosistémico: Beneficio que la sociedad recibe de los ecosistemas, como agua, regulación climática, fertilidad o paisaje.

Vía terciaria: Camino que conecta asentamientos rurales y áreas productivas con redes viales de mayor jerarquía.

WASH: Conjunto de acciones relacionadas con agua, saneamiento e higiene.

Gestión adaptativa: Proceso de decisión que revisa medidas a partir del monitoreo y de cambios observados en el territorio.

Economía circular: Enfoque que reduce residuos y mantiene materiales y recursos dentro de ciclos de aprovechamiento.

Triangulación: Contraste de técnicas, fuentes o investigadores para fortalecer la interpretación de los resultados.