

TRANSVERSALIZACIÓN DE LA AGENDA 2030
EN LAS ASIGNATURAS:

Caminos

Ampliación de caminos y aeropuertos



9 INDUSTRIA,
INNOVACIÓN E
INFRAESTRUCTURA



UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA

VICERRECTORADO DE IGUALDAD,
INCLUSIÓN Y COMPROMISO SOCIAL

Área de Cooperación
y Solidaridad

Área de Cooperación y Solidaridad de la Universidad de Córdoba

Campus Universitario Rabanales, Ctra. N-IV, km. 394.

Edificio de Gobierno (Paraninfo), 2º planta. 14014 Córdoba.

<https://www.uco.es/vidauniversitaria/cooperacion/>

area.cooperacion@uco.es

957 21 20 29

f @ @ucooperacion

Autoría: **Área de Cooperación y Solidaridad (UCO)**

Elaboración a cargo de **Susana Clavijo Núñez**

Diseño y maquetación: **el alambre estudio creativo S. Coop. And. (elalambre.org)**

Agradecimientos: a la investigadora y docente de las asignaturas **Adela Pérez Galvín** por colaborar en la elaboración del documento.

2ª Edición - Marzo 2025

Impreso en papel reciclado

Esta publicación se enmarca dentro del proyecto con número de expediente 2020UE002 titulado “Fomento del compromiso de la EPS de Belmez de la Universidad de Córdoba con la Agenda 2030”, financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AACID).

Financia:

Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo



Consejería de Inclusión
Social, Juventud, Familias
e Igualdad

Agencia Andaluza de
Cooperación Internacional
para el Desarrollo

Participa:

Escuela Politécnica Superior de Belmez

Depósito legal: **CO: 429-2025**

eISBN: **978-84-9927-869-8**



UCOPress Editorial Universidad de Córdoba

<https://ucopress.uco.es> · ucopress@uco.es



UCOPress
Editorial Universidad
de Córdoba

Caminos

y

Ampliación de caminos y aeropuertos



9 INDUSTRIA,
INNOVACIÓN E
INFRAESTRUCTURA



Camino

| Índice

Introducción	7
Propuesta de temáticas	8
Anexo I. Derecho a infraestructuras de calidad	10
Anexo II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida	16
Anexo III. Medidas para minimizar los residuos	20
Anexo IV. Identificación y evaluación de impactos ambientales	24
Entidades sociales que trabajan las temáticas propuestas	28



| Introducción

Las Universidades son agentes claves en la consecución de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tienen un papel fundamental para formar e informar a la comunidad universitaria en conocimientos, hábitos y herramientas para abordar los desafíos del desarrollo sostenible.

En concreto, la docencia en el campo de la ingeniería tiene un gran potencial para formar, sensibilizar y concienciar a profesionales sobre la necesidad de incluir el enfoque de desarrollo sostenible en sus trabajos.

Para ello, se considera imprescindible transversalizar la Agenda 2030 y sus conceptos en las guías docentes de las asignaturas universitarias. En el caso de la Escuela Politécnica Superior de Belmez (EPSB) de la Universidad de Córdoba, se ha comenzado con cinco asignaturas impartidas en el Grado de Ingeniería Civil y el Grado de Ingeniería de la Energía y Recursos Minerales.

Esta iniciativa se enmarca en el proyecto “Fomento del compromiso de la EPS de Belmez de la Universidad de Córdoba con la Agenda 2030”, financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Dicho proyecto está liderado por el Área de Cooperación y Solidaridad de la Universidad de Córdoba y por el Equipo Directivo de la EPSB. El equipo técnico del Área de Cooperación y Solidaridad se ha encargado del desarrollo de la presente guía, con la colaboración de entidades expertas en las temáticas que se tratan y del profesorado que imparte las asignaturas.

A continuación, se recoge una propuesta para la asignatura de *Caminos*, impartida en el 3º curso del Grado de Ingeniería Civil. Se proponen distintas temáticas, bibliografía, recursos audiovisuales y casos prácticos a incorporar en la docencia.

Propuesta de temáticas



El contenido de la asignatura se estructura del siguiente modo:

TEMA 1	Características básicas del sistema viario
TEMA 2	Planificación y planeamiento de carreteras
TEMA 3	Variables características del tráfico por carretera
TEMA 4	Capacidad y niveles de servicio en circulación continua
TEMA 5	Conceptos básicos de diseño geométrico de carretera: trazado
TEMA 6	Velocidad y visibilidad
TEMA 7	Trazado en planta
TEMA 8	Trazado en alzado
TEMA 9	Coordinación planta y alzado
TEMA 10	La sección transversal, carriles adicionales y otros elementos de trazado
TEMA 11	Nudos: intersecciones y enlaces
TEMA 12	Explanaciones y explanadas
TEMA 13	Firmes y pavimentos
TEMA 14	Drenaje superficial en carreteras
TEMA 15	Dotaciones viarias

En concreto, se proponen cuatro anexos con contenido a incorporar en la asignatura. Las temáticas a tratar en cada anexo y los temas o bloques donde podrían incorporarse se resumen en la siguiente tabla:

TEMA 1. Características básicas del sistema viario	Anexo I. Derecho a infraestructuras de calidad	Las infraestructuras y la Agenda 2030
		El derecho a un hábitat humano sostenible
		Infraestructuras y cambio climático
		Movilidad, acceso a infraestructuras y género
		Caso de buena práctica: proyecto de ISF en Guanito
TEMA 13. Firmes y pavimentos	Anexo II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida	Economía circular en la construcción de caminos
		Análisis del Ciclo de Vida en proyectos de caminos
	Anexo III. Medidas para minimizar los residuos	Procedimientos para minimizar los residuos en construcción y demolición
		Firmes reciclados
TEMA 14. Drenaje superficial en carretera	Anexo IV. Identificación y evaluación de impactos ambientales	Matriz de Leopold para la evaluación ambiental de un proyecto
		Ejercicio práctico

En cada uno de los anexos se recoge:

- › Contenido a incorporar en las sesiones en aula.
- › Bibliografía para ampliar el conocimientos. Se ha señalado por capítulos y páginas empleados para proponer el contenido.
- › Recursos audiovisuales.



Además, al final del documento se recoge un listado de entidades identificadas que podrían orientar o participar en la asignatura.

Cabe destacar cómo se han incorporado distintos matices y apartados a lo largo de los anexos para incluir la perspectiva de género en la enseñanza y mostrar los diferentes impactos sobre las mujeres.

Con todo ello, se pretende presentar un contenido que el profesorado pueda ir incorporando en sus sesiones de aula, pues se considera que son temáticas importantes que relacionan el diseño y construcción de caminos con el desarrollo humano y sostenible. Además, la bibliografía y recursos audiovisuales pueden emplearse en clase y servir al alumnado para ampliar su conocimiento en aquellas temáticas que se consideren más oportunas.

ANEXO I. Derecho a infraestructuras de calidad

La movilidad sostenible es uno de los grandes desafíos en la lucha contra el cambio climático y en la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En primer lugar, dado el hecho de que el sector transporte en España representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. En segundo lugar, dado que la movilidad es un derecho humano fundamental.

Para poder garantizar este derecho, son necesarias infraestructuras de calidad, sostenibles y fiables a lo largo del territorio. Son una herramienta imprescindible para la economía, la calidad de vida o la creación de empleo y constituyen, además, una garantía de vertebración territorial, cohesión social e igualdad de oportunidades. No obstante, aún hoy en día, multitud de territorios no poseen infraestructuras básicas como carreteras, tecnologías de la información, saneamiento, energía eléctrica o agua.

En este sentido, uno de los retos actuales para avanzar en territorios más igualitarios será el diseño y construcción de infraestructuras de transporte que permitan un desarrollo humano sostenible. Estas infraestructuras deben reducir el impacto medioambiental en todas las fases del proyecto, desde su diseño, y responder a las necesidades de la población. Es decir, construcciones que conserven el potencial natural y el ecosistema; a la par que sean sostenibles y seguras. Por ejemplo, los recursos y materiales que se empleen y la gestión de los residuos son aspectos esenciales en cualquier proyecto de construcción, con gran potencial de mejora en cuanto a sostenibilidad.

Las infraestructuras y la Agenda 2030

El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción contra el cambio climático dependen en gran

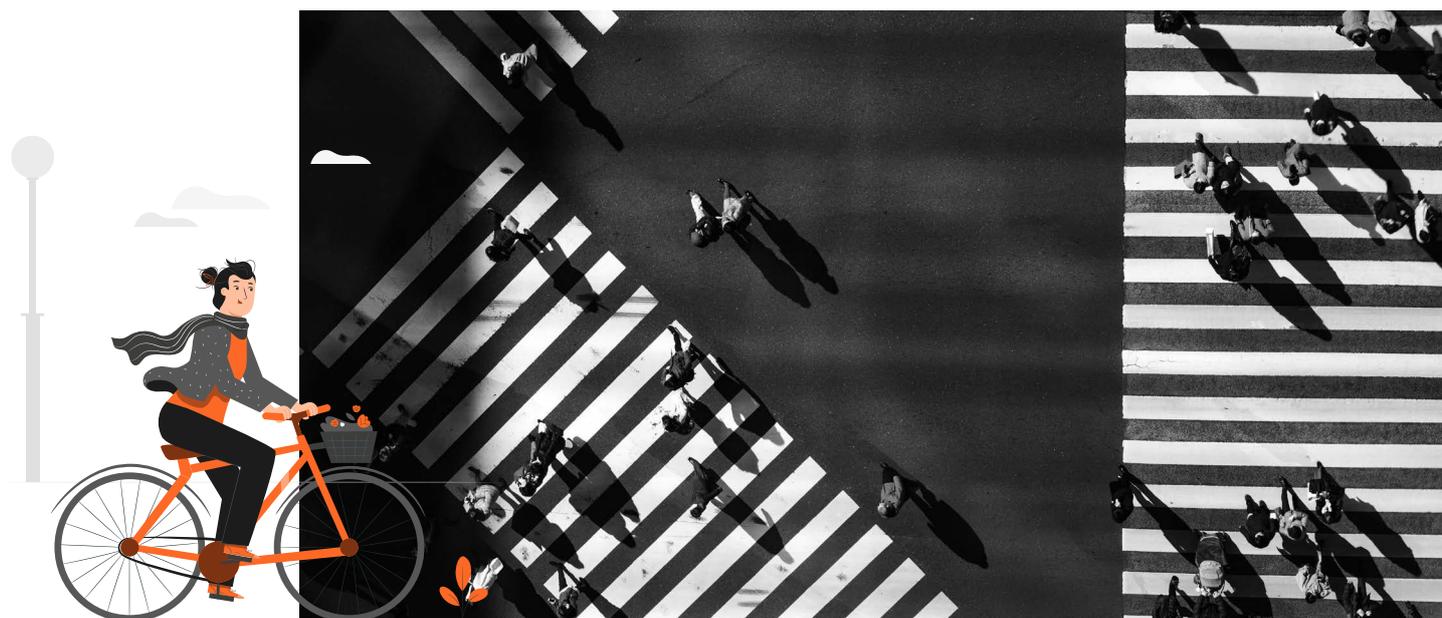
medida del avance y la inversión en infraestructuras resilientes y progreso tecnológico. Desde la ingeniería, la construcción y la industria se debe dar respuestas a estos desafíos actuales, teniendo siempre presente un enfoque ambiental y social.

En este sentido, la defensa por el acceso universal a infraestructuras sostenibles y de calidad se materializa en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. De este modo, se persigue el desarrollo de infraestructuras fiables, sostenibles y de calidad con un acceso asequible y equitativo.

A su vez, el desarrollo de las metas de este objetivo tendrá una repercusión directa sobre otros ODS, ya sea por el uso eficiente de recursos (relacionado, por ejemplo, con el ODS 6 sobre agua y saneamiento, 7 sobre energía no contaminante y 12 sobre producción y consumo responsable) o el acceso equitativo al servicio de movilidad (como los ODS 5 sobre igualdad de género o 10 sobre reducción de desigualdades). De este modo la infraestructura constituye un componente central de los ODS y se conforma como base para un desarrollo sostenible.

Para cumplir con estos objetivos, será necesario tener presente en los proyectos aspectos como la vulnerabilidad en las redes de infraestructura, los modelos de gobernanza que las financian, la capacidad y gestión de demandas o la necesidad de investigar en metodologías menos contaminantes.

El hecho de no mejorar las infraestructuras existentes ni apostar por la innovación tendría impactos significativos sobre la asistencia sanitaria, el sistema de saneamiento o el acceso limitado a la educación.



El derecho a un hábitat humano sostenible

En relación al ODS 9, se conforma también la defensa por un hábitat humano sostenible. Este concepto no hace referencia únicamente a contar con hogares confortables, sino a disponer de unas infraestructuras adecuadas, entornos ambientales sostenibles, espacios de participación ciudadana, etc. En este punto es vital que los procesos de diseño y construcción incorporen el enfoque de sostenibilidad, protegiendo los espacios urbanos y rurales.

Un punto clave para conformar un hábitat sostenible es la planificación y diseño de infraestructuras sostenibles de movilidad y transporte. Estos sistemas deben cuidar en todo momento su impacto ambiental y social, intentando reducirlo al mínimo. Deben, además, responder a las necesidades de la población: de las mujeres, niñez, jóvenes, personas mayores y personas dependientes; así como quienes se encuentran en situación de vulnerabilidad.

Los distintos proyectos de construcción deben promover, por tanto, una movilidad urbana que sea segura, asequible, accesible y sostenible; incorporando

cuestiones de edad y género, que hagan posible una participación significativa en las actividades sociales y económicas en las ciudades y los asentamientos humanos. También deben ser capaces de mejorar la conectividad entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales, incluidos los cursos de agua, y una planificación del transporte y la movilidad.

Infraestructuras y cambio climático

El cambio climático y la crisis social asociada a este fenómeno afecta especialmente a las comunidades y territorios más vulnerables, con menos capacidad para hacer frente a sus impactos. Concretamente, los 20 países más afectados por el impacto del cambio climático solo han contribuido un 1% a las emisiones totales de gases de efecto invernadero y el 99% de los desastres naturales derivados del cambio climático ocurren en países empobrecidos. En este contexto, surgen incluso disputas por acceder a los recursos limitados en el planeta.

El contar con infraestructuras resilientes, sostenibles e inclusivas puede apoyar a esas comunidades a resistir los efectos del cambio climático, fomentando

además un camino hacia el desarrollo sostenible. Al construir infraestructuras desde este enfoque, se puede impulsar un consumo crítico y mejorar el acceso de los recursos limitados, especialmente aquellos amenazados por el cambio climático.

Las inversiones en infraestructura ayudan incluso a la consolidación de la paz en aquellos territorios afectados por conflictos, pues permiten acelerar la reconstrucción, promover oportunidades de empleo y mejorar los servicios públicos.

Movilidad, acceso a infraestructuras y género

La infraestructura, desde su diseño, hasta su construcción y administración, no es neutral en función del género. Existe una fuerte desigualdad y disparidad en el acceso a ella, así como en la consulta o incorporación de un enfoque de género en el proceso de diseño.

Parte de la relación con el género se centra en la posibilidad de crear oportunidades que permitan a las mujeres y niñas empoderarse mediante la promoción y modernización de la prestación de servicios de in-

fraestructura. Por un lado, permitiendo un acceso equitativo y un diseño acorde a sus necesidades. Por otro lado, incidiendo en las infraestructuras que tradicionalmente se han asignado a las mujeres para sensibilizar sobre esta situación y para facilitarles las tareas. Es el caso, por ejemplo, de los territorios con caminos que no son seguros pero deben emplear para buscar agua, combustibles para cocinar u otros recursos.

En cuanto a las infraestructuras de transporte, destaca cómo la movilidad de las mujeres se ha construido en base a los dominios y jerarquías de género. De este modo, se han definido de un modo muy distinto sus actividades, usos del tiempo y territorios de sus desplazamientos. Por ejemplo, a nivel urbano la movilidad masculina se caracteriza por desplazamientos de tipo “pendular”, con un origen y fin definidos, como de casa al trabajo, y con pocos viajes diarios. Mientras, la movilidad de las mujeres es de tipo “poligonal”, se caracteriza por múltiples viajes y trayectos, con personas a su cargo.

Es por ello que a la hora de diseñar vías, es fundamental considerar los diferentes usos que le dará la pluralidad de la población, construyendo de este modo espacios accesibles y seguros.

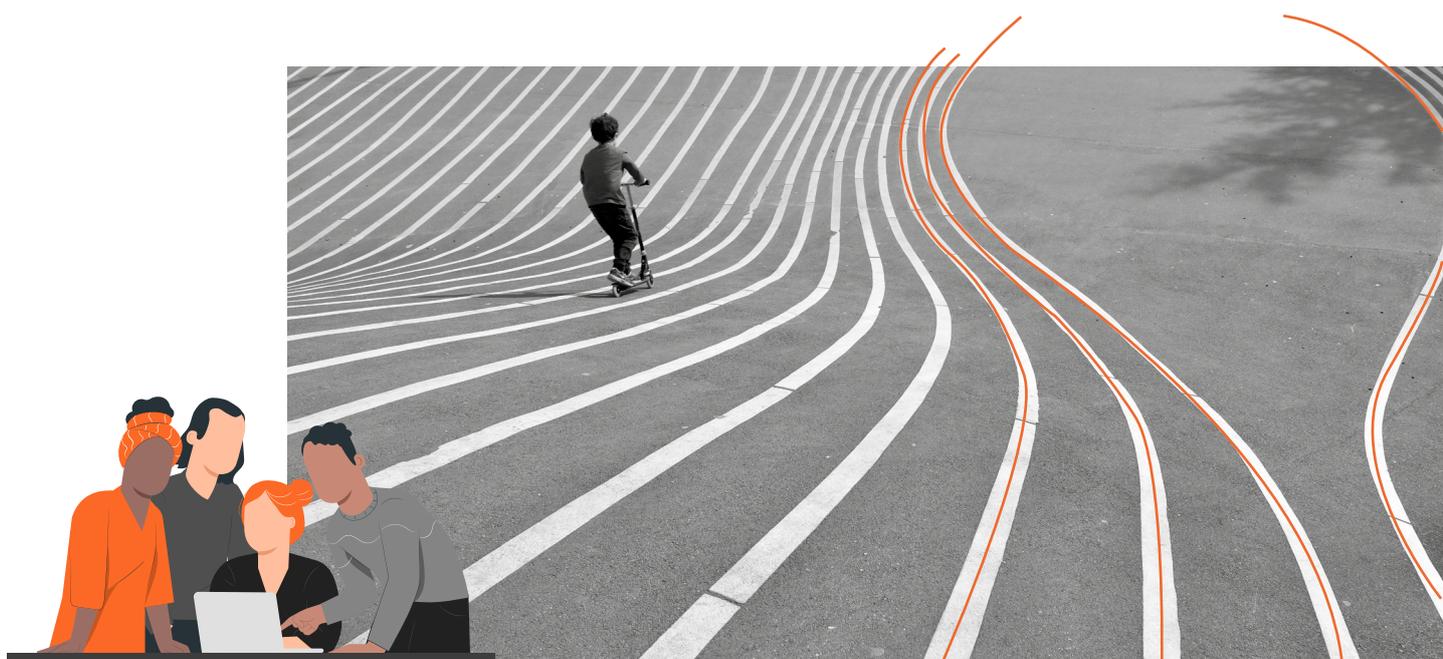




Figura 1. Camino antes de la intervención.
Fuente: Ingeniería Sin Fronteras (2016).



Figura 2. Camino tras el afirmado.
Fuente: Ingeniería Sin Fronteras (2017).

Caso de buena práctica: proyecto de ISF en Guanito

Un ejemplo de buena práctica sería el proyecto que la Asociación Ingeniería Sin Fronteras (ISF) Andalucía realizó junto con la Confederación Nacional de Mujeres del Campo (CONAMUCA) y la Dirección Nacional de Desarrollo Fronterizo en Elías Piña, República Dominicana.

Se trata un proyecto de rehabilitación de un camino que une a cuatro comunidades del territorio y cuyo estado deficitario limitaba el acceso a servicios sociales básicos y unas condiciones de habitabilidad dignas. No obstante, no se trata únicamente de un proyecto de construcción, pues la ciudadanía también trabajaba su fortalecimiento a través de las componentes de forestación, educación ambiental y economía de los cuidados.

Tal y como se muestra en la Figura 1, la primera etapa en la rehabilitación del camino fue el afirmado. Dicho camino transcurre a través Municipio de El Llano, en la provincia Dominicana de Elías Piña, y conduce desde el pueblo de Guanito hasta Matadero, pasando por las comunidades de Cobo, Sabaneta y Blanco.

El anterior camino de Guanito a Matadero podía realizarse pasando por Cobo y Sabaneta o empleando

otro camino por Blanco. No obstante, ambas opciones eran intrasitables, llegando incluso a empeorarse las condiciones durante los meses de lluvia, épocas en las que las comunidades quedaban prácticamente aisladas. No podían entrar ni salir vehículos e incluso a pie resultaba muy difícil el acceso. La superficie del firme se encontraba en muy mal estado. La causa fundamental era la circulación descontrolada de agua como consecuencia de la deforestación masiva del entorno natural de las comunidades, por décadas de tala descontrolada. Esto conlleva movimientos de tierra, torrenceras y desplazamiento de gran cantidad de rocas, arena y árboles.

Esta situación ocasionaba impactos importantes en la población. Por ejemplo, comprometía el acceso del personal sanitario a la clínica, retrasaba la llegada de vehículos con alimentos para la población, propiciaba la subida de precio de estos alimentos que escaseaban, etc.

Tras un año de trabajo para la rehabilitación del camino, se consiguió una mejora potencial tal y como se muestra en la Figura 2. La presencia de este proyecto favoreció, además, la firma de un convenio entre ISF, CONAMUCA y la Dirección Nacional de Desarrollo Fronterizo, a quien correspondía la recuperación del camino pero no podía abordarlo por escasos recursos y maquinarias.

Para conocer más sobre este proyecto, se propone leer el siguiente artículo de Ingeniería Sin Fronteras que resume el trabajo de una parte del camino reha-

bilitado: <https://andalucia.isf.es/blog/afirmado-camino-guanito-matadero/>

Bibliografía

Para ampliar la información sobre **el derecho a infraestructuras de calidad** y su relación con la Agenda 2030, pueden consultarse los siguientes documentos y webs:

- › Thacker, S., Adshead, D., Morgan, G., Crosskey, S., Bajpai, A., Ceppi, P., Hall, J. W. & O'Regan, N. (2018). *La infraestructura como base del desarrollo sostenible (Infrastructure: Underpinning Sustainable Development)*. UNOPS, Copenhague (Dinamarca) **Capítulo 3: La infraestructura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pp. 3-5**. Disponible en: https://content.unops.org/publications/Infrastructure_underpinning_sustainable_development_ES.pdf
- › Naciones Unidas (2016). *Industria, Innovación e Infraestructura: Por qué es importante*. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/9_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- › Fantini, C. y Morgan, G. (2020). *Conflicto, cambio climático e infraestructura*. Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS). Disponible en: <https://www.unops.org/es/news-and-stories/insights/conflict-climate-change-and-infrastructure>
- › Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (2020). *La infraestructura y la consolidación de la paz*. **Capítulo 2: Infraestructura y consolidación de la paz, pp. 5-11**. Disponible en: https://content.unops.org/publications/Infrastructure_Peacebuilding_ES_Web.pdf
- › Naciones Unidas (2016). *Nueva Agenda Urbana. Hábitat III*. Disponible en: <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>
- › Dirección General de Políticas de Desarrollo Sostenible, Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (2018). *Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030. Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible*. **Capítulo 2: El estado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en España, pp. 42-44**. Disponible en: <https://transparencia.gob.es/transparencia/dam/jcr:6e0f06b9-a2e0-44c0-955a-dad1f66c11d7/PLAN%20DE%20ACCI%3%93N%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%3%93N%20DE%20LA%20AGENDA%202030.pdf>

Para ampliar la información sobre **acceso a infraestructuras y género**, puede consultarse el siguiente documento:

- › Pérez, G. (2019). *Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina*. Serie Comercio Internacional, N° 152(LC/TS.2019/108). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). **Capítulo 2: Los patrones de movilidad difieren según el género, pp. 15-20**. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45042/S1900968_es.pdf



Material audiovisual

Como se ha comentado anteriormente, las infraestructuras de calidad y sostenibles son una herramienta muy importante ante la actual crisis climática para favorecer la resiliencia de las comunidades. Permiten el acceso a servicios básicos y a la vez protegen el medio ambiente.

En este contexto, se propone leer el material y visualizar los vídeos sobre el proyecto “Vivir al borde del agua: infraestructura resiliente para afrontar el cambio climático” que la Oficina de

las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) ha desarrollado en el Estado insular de San Vicente y las Granadinas, en el mar Caribe, donde es necesaria la construcción de infraestructuras resistentes a condiciones meteorológicas extremas e irregulares:

<https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/at-the-waters-edge-adapting-to-climate-change-through-resilient-infrastructure>

ANEXO II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida

A la hora de desarrollar un proyecto de infraestructura de transporte entran en juego múltiples factores y recursos, desde los materiales hasta el consumo de agua y energía necesario. En concreto, el sector de la construcción es uno de los principales generadores de residuos y desechos a nivel mundial. No solo entra en juego la construcción en sí, también se incluye la extracción de recursos naturales para materiales o la fase de demolición.

El tratamiento de los desechos de construcción se ha convertido en una problemática ambiental, sobre todo en los países industrializados. En este sentido, es necesario planificar desde el diseño del proyecto cuál será la gestión de los residuos de la obra, para minimizar el impacto en la zona. Se pretende prevenir la generación de residuos, fomentar la reutilización y el reciclado.

Por ejemplo, en el año 2015 en España el 54% de los residuos de construcción y demolición fueron enviados a vertedero.

Una de las vías para mejorar la sostenibilidad de un proyecto de construcción es incorporar criterios de ecodiseño, el enfoque de la Economía Circular o un Análisis de Ciclo de Vida.

Economía circular en la construcción de caminos

Como se ha puesto de manifiesto, la economía circular aplicada al sector de la construcción no se limita únicamente a la gestión de residuos, sino que abarca todo el ciclo de vida del proyecto, iniciándose en el diseño para prever o planificar los impactos, optimizar el uso de productos, del consumo de agua, reutilización de productos, los recursos y energía para el mantenimiento, etc.

De este modo, la economía circular nace como un modelo que:

- › Emplea la mínima cantidad de recursos naturales.
- › Selecciona de manera inteligente los recursos, potenciando los renovables, reciclados, no contaminantes, etc.
- › Gestiona de forma eficiente los recursos, recirculándolos en el sistema y minimizando la generación de residuos.
- › Minimiza los impactos ambientales.



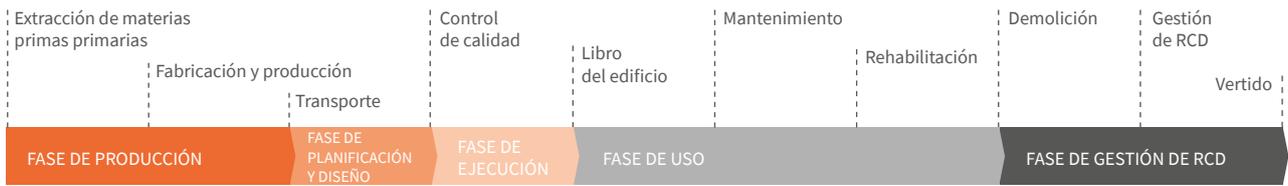


Figura 3. Modelo lineal del sector de la construcción en España. Fuente: CONAMA (2018).

Actualmente, se realizan procesos de reutilización y reciclaje en la construcción de caminos, pero a menor escala. Por tanto, se precisan políticas de gestión de residuos, intervención de nuevas técnicas de ingeniería y el apoyo del sector gubernamental y social.

Una de las medidas adoptadas desde la Unión Europea ha sido el aumento de costos de rellenos y de demolición. Esto ha derivado en un aumento de la tasa de reutilización y reciclaje de hormigón, maderas, asfaltos y otros materiales de construcción.

Aunque actualmente el sector de la construcción responde a un modelo lineal como el de la Figura 3,

el potencial para avanzar hacia un modelo de economía circular es enorme. La Figura 4 representa dicho modelo, en el que la fase de producción, planificación y diseño deben trabajar de forma conjunta para preparar la ejecución, fomentando el traspaso de conocimiento entre las tres fases principales. Debe asegurarse así un largo periodo de uso a través del mantenimiento, la rehabilitación parcial o total de la infraestructura. En la fase de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) debe ser posible la deconstrucción o demolición selectiva, con el retorno máximo posible de los materiales a fases anteriores del proyecto.

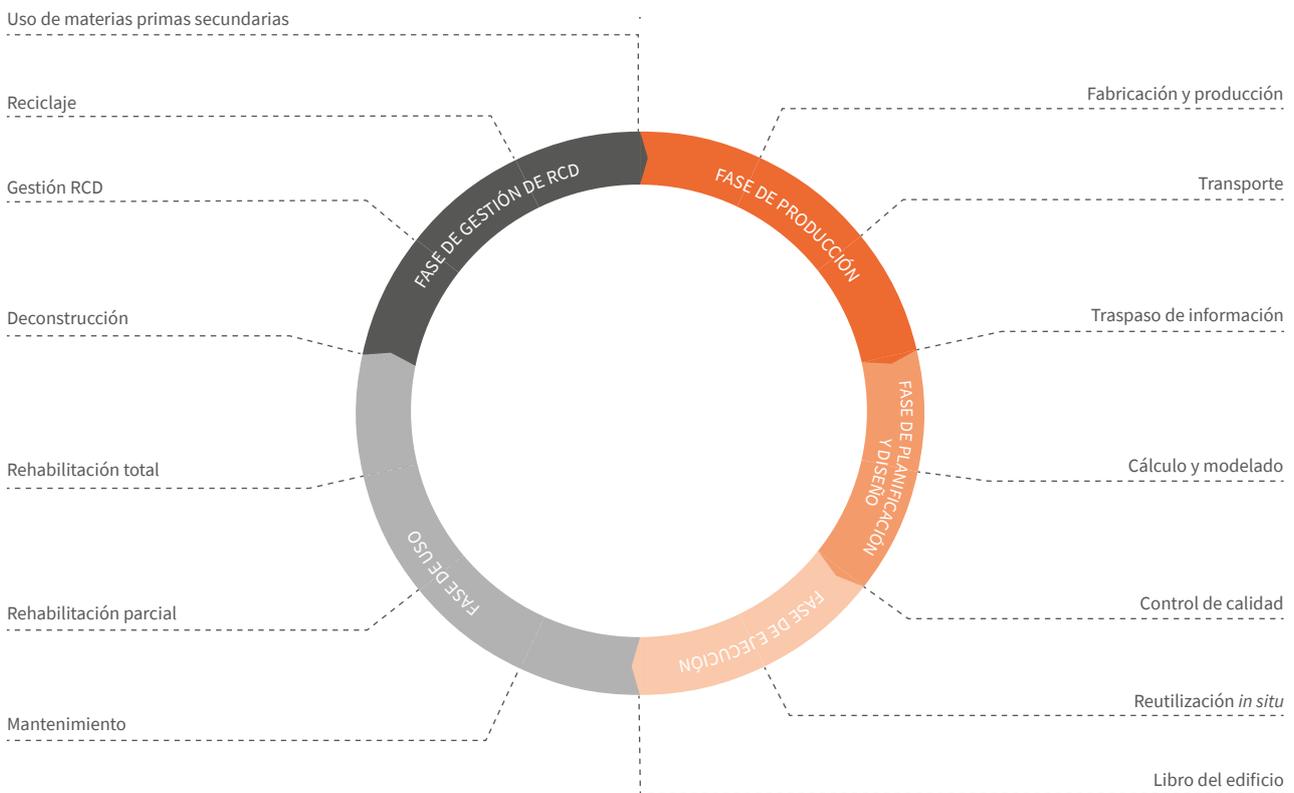


Figura 4. Posible modelo circular del sector de la construcción. Fuente: CONAMA (2018).

Análisis del Ciclo de Vida en proyectos de caminos

La importancia del diseño sostenible en las infraestructuras de transporte se explica por dos motivos: por un lado, porque se trata del sector con mayor consumo de energía final en España (en torno al 41%) y, por otro lado, por su fuerte dependencia a los combustibles fósiles.

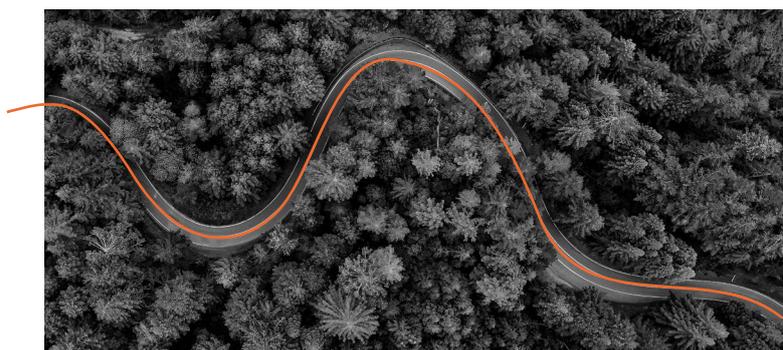
En un momento en el que el desarrollo de la sociedad exige un crecimiento de la infraestructura de transporte, los/as profesionales tienen la responsabilidad de minimizar el impacto ambiental de estos proyectos en cuanto a recursos, energía, emisiones de Gases de Efecto Invernadero, etc.

Así nacen herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Según la fundación *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, el ACV se define como “un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno, para determinar su impacto en el medioambiente y para evaluar y poner en práctica estrategias de mejora ambiental”.

La metodología adoptada por la ISO 14040 establece cuatro fases fundamentales para desarrollar un estudio de ACV: fase de definición del objetivo y alcance, fase de análisis del inventario, fase de evaluación del impacto ambiental y finalmente la fase de interpretación.

En cuanto al **objetivo y alcance**, se debe definir el producto estudiado y sus limitaciones, incorporando las suposiciones consideradas. Se incluyen los procesos de los materiales, productos implicados, etc.

En la fase de **análisis del inventario** se incluyen los materiales y flujos de energía necesarios para el desarrollo del sistema a lo largo de su vida. A través de un proceso iterativo, se definen las entradas (energía, materias primas, etc.) y salidas (emisiones, vertidos, energía consumida, etc.) del sistema.



La fase de **evaluación del impacto** se centra en analizar cada impacto ambiental en función de los resultados de la fase de inventario. Se deberá definir las categorías de impacto, los indicadores a emplear y los modelos de caracterización.

La última fase, la de **interpretación**, recopila los resultados de todas las fases y expone una conclusión.

El caso concreto de análisis para carreteras es particular. Por un lado, por la singularidad de cada proyecto de carretera y la complejidad de cada una de sus fases. Por otro lado, supone una alta ocupación del territorio, con impactos ambientales, sociales y económicos que afectan a zonas amplias.

Es por ello que la mayoría de los estudios se centran en alguna de las fases en concreto. En general, suele analizarse la fase de producción de materiales (extracción de materias primas, su transporte, etc.), la de construcción (fabricación, puesta en obra) y la de mantenimiento/conservación.

Actualmente existe una gran variedad de softwares que permiten calcular el **Análisis de Ciclo de Vida** de materiales de la construcción, de modo que se puede analizar cuáles son los productos más rentables y menos contaminantes. Un ejemplo sería el software de código abierto openLCA. Se trata de un programa que permite calcular distintos indicadores dentro del ACV a través de 15 categorías diferentes, desde impactos sociales hasta impactos económicos. El software openLCA puede encontrarse en el siguiente enlace: <https://www.openlca.org/>

Bibliografía

Para ampliar la información sobre **Economía Circular en la construcción de caminos**, se puede emplear el material:

- › Fundación Conama (2018). *Economía circular en el sector de la construcción. Congreso Nacional de Medio Ambiente 2018. Capítulo 5: Importancia del sector de la construcción en la economía circular, pp. 8-9; Capítulo 6: Esquema conceptual de la economía circular en el sector de la construcción, pp. 10-12.* Disponible en: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf
- › Troncoso López, P. (2018). *Gestión de la Economía Circular en la producción de mezcla asfáltica en Chile.* Universidad Politécnica de Valencia. **Capítulo 1: Conceptos, pp. 16-17.** Disponible en: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106485/TFM%20Pablo%20Troncoso%20MAP-GIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Para ampliar la información sobre **Análisis de Ciclo de Vida en el sector de la construcción**, se puede emplear el material:

- › Perelli, M., Parra Ruiz, L. (2017). Aproximación del análisis del ciclo de vida y del coste de vida al caso particular de los firmes de carretera. *Ingeniería Civil, 186.* Disponible en: <http://ingenieria-civil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/25/19>
- › Espinoza Alfaro, M. (2019). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en carreteras.* Boletín Técnico PI-TRA-LanammeUCR. Volumen 10, n° 11. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1794/Boletin%2011%20%20An%C3%A1lisis%20del%20ciclo%20de%20vida%20%28ACV%29%20en%20carreteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Material audiovisual

Para profundizar sobre la economía circular y la gestión de residuos en el sector de la construcción, se propone visualizar los siguientes vídeos creados por el programa Construye 2025, que busca transformar el sector de la construcción de Chile desde la productividad y la sustentabilidad, con el objetivo de alcanzar un desarrollo nacional con impacto positivo en el ámbito social, económico y medioambiental.

- › Economía circular y construcción: <https://www.youtube.com/watch?v=0Qxwrhx-2bl&t=10s>
- › Directrices para un plan de gestión de residuos de la construcción (RCD): <https://www.youtube.com/watch?v=u0aB-6MtWwQ>

ANEXO III. Medidas para minimizar los residuos

Una vez que se ha intentado minimizar el uso de materiales y reducir los residuos al mínimo en el proyecto de construcción durante el diseño y la planificación, se establecen otras medidas complementarias para fomentar la sostenibilidad de la actuación y reducir los RCDs durante la ejecución del proyecto. El presente anexo recoge tanto procedimientos generales para minimizar los residuos en construcción, como un caso concreto para los caminos: los firmes reciclados.

Procedimientos para minimizar los residuos en construcción y demolición

Entre otras actuaciones posibles, a continuación se destacan tres procedimientos: el control de materiales, la separación de residuos en origen y la demolición selectiva.

1. Control de materiales

Se refiere al conjunto de medidas destinadas a minimizar las pérdidas o daños en los materiales. Para ello no solo se realiza un buen diseño, sino que además deben mantenerse unas adecuadas condiciones de aprovisionamiento, embalaje, transporte, recepción o almacenamiento. Por ejemplo, evitando transportes innecesarios, haciendo coincidir los lugares de descarga con los de almacenamiento, etc. En cuanto al abastecimiento, existe por ejemplo la opción de realizarlo “just-in-time”, para evitar excedentes o deterioros de los materiales en el almacenamiento.

Para que sea efectivo, este control debe involucrar a todas las personas que participan en el proyecto de

construcción, incluyendo herramientas que faciliten la comunicación entre todos los actores, desde los proveedores a los trabajadores.

2. Separación en origen

Una correcta separación en origen permite un mayor aprovechamiento de los RCDs, pues el nivel de separación está directamente relacionado con el coste de tratamiento de los residuos y, sobre todo, con la calidad de los productos resultantes. De este modo, cuanto más efectiva sea la separación de los residuos, más fácil será el tratamiento de los mismos.

En el caso de España, el bajo grado de separación de residuos en origen supone una de las principales limitaciones en la reutilización y reciclado de RCDs. En gran parte, este rechazo se atribuye al espacio que ocupan los residuos y a los esfuerzos que hay que destinar a estos procesos.

Para fomentar estos procesos es necesario informar y concienciar a los distintos actores de la construcción de los beneficios medioambientales de esta actividad, así como del ahorro económico que podrían suponer algunas alternativas como la opción de recuperar los residuos en la misma obra donde se producen a través de plantas de reciclado móviles.

3. Demolición selectiva

La demolición selectiva o deconstrucción consiste en el desmontaje, clasificación y aprovechamiento de cualquier componente recuperable, previo a la demolición de la estructura. Pueden aprovecharse, por ejemplo, molduras no fijadas, puertas y ventanas, tejados o instalaciones de agua y electricidad. Este pro-

cedimiento previene la mezcla de materiales y evita la contaminación de elementos reciclables.

A diferencia de lo que ocurre en la demolición tradicional, la demolición selectiva busca cerrar el ciclo de vida de los materiales, de modo que se reincorporen al flujo de materiales útiles, frente al agotamiento de los recursos naturales y la creciente huella de carbono inherente a la producción de materiales de construcción. Además, este método permite obtener recursos de materiales reciclados de mayor calidad.

El 55% de los RCDs generados en España proceden de derribos intensivos, mientras que la cantidad de RCDs de derribos selectivos no llega al 5%. Se trata por tanto de una solución efectiva para mejorar la gestión de residuos en nuestro territorio.

Generalmente, el proceso de deconstrucción está definido por las siguientes fases:

- › Selección y contratación de la empresa.
- › Controles antes de la demolición, elaborando un estudio previo de la obra en el que se recoja información sobre posibles residuos a generar, elementos contaminados o identificación de las técnicas más eficientes de desmontaje y demolición.
- › Documentación para el derribo, a través de la elaboración de una memoria del proyecto de demolición selectiva en la que se recojan planos, pliego de condiciones, estudio de seguridad, etc.
- › Operaciones previas de seguridad en la demolición para el personal de la obra, viandantes y estructuras colindantes.
- › Ejecución de la demolición selectiva. Esta fase podría subdividirse a su vez en tres tareas: vaciado y desmontaje de materiales e instalaciones, demolición mecánica de la estructura y, por último, limpieza del solar.
- › Optimización de la gestión de residuos.



La demolición selectiva se conforma, por lo tanto, como una alternativa muy interesante en el sector de la construcción, con un importante enfoque medioambiental.

Firmes reciclados

El reciclado de firmes y pavimentos se basa en una serie de técnicas constructivas que buscan aprovechar al máximo los materiales en la rehabilitación estructural de firmes de carreteras. Para ello se reutilizan materiales que forman parte de alguna de las capas estructurales de pavimentos existentes que han cumplido su finalidad inicial. Junto con esos materiales envejecidos, se pueden añadir otros elementos para adaptarse a distintos usos. Esta alternativa permite obtener unos productos de alta calidad y homogeneidad. En el caso de los reciclados realizados *in situ*, se realiza a unos costes competitivos frente a las soluciones tradicionales.

A continuación, se presentan tres procedimientos ampliamente usados para el reciclado de firmes: reciclado *in situ* con emulsión de capas bituminosas, reciclado *in situ* con cemento de capas de firme y reciclado en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas.

1. Reciclado *in situ* con emulsión de capas bituminosas

Se trata de una mezcla homogénea del material resultante del fresado de una o más capas de mezcla bituminosa de un pavimento existente, una emulsión bituminosa, agua y, cuando proceda, aditivos. Esta técnica se ejecuta a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar, en un espesor entre 6 y 12 centímetros. Se incluyen las siguientes operaciones:

- › Estudio previo de los materiales.
- › Estudio de la mezcla y desarrollo de la fórmula de trabajo para cada tramo que comparta características homogéneas.
- › Fresado de la parte del pavimento a reciclarse.
- › Incorporación de la emulsión, agua y aditivos.
- › Mezclado y extensión.
- › Compactación del material resultante.
- › Curado y ejecución de un riego de protección si lo precisa.

2. Reciclado *in situ* con cemento de capas de firme

Se refiere a la mezcla homogénea del material granular procedente del fresado de una o varias capas de un firme existente (exceptuando las de pavimento de hormigón y de hormigón magro vibrado) con cemento, agua y, cuando proceda, aditivos y material de aportación. Esta técnica se ejecuta a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar, con un espesor resultante tras la compactación entre 20 y 35 centímetros. Se incluyen las siguientes operaciones:

- › Estudio previo de los materiales.
- › Estudio de la mezcla y desarrollo de la fórmula de trabajo.

- › Fresado de la parte del firme a reciclar.
- › Incorporación del cemento, agua, aditivos y material de aportación.
- › Mezclado y extensión.
- › Ejecución de juntas en fresco (prefisuración).
- › Compactación y terminación.
- › Curado y protección mediante la extensión de un árido de cobertura si lo precisa.

3. Reciclado en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas

Se entiende por material bituminoso a reciclar (RAP) el procedente de la disgregación de capas de mezclas bituminosas, obtenido mediante fresado o demolición, trituración cuando lo precise, tratamiento posterior y clasificación. El RAP debe contener áridos de buena calidad y con granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido.

Se define como reciclado en central de capas bituminosas la técnica basada en el uso del RAP con la aportación de un betún asfáltico, áridos, polvo mineral y aditivos si lo precisa, con lo que se obtiene una mezcla bituminosa. Se incluyen las siguientes operaciones:

- › Recolección del RAP procedente de firmes bituminosos envejecidos.
- › Tratamiento del RAP (trituración, eliminación de elementos metálicos contaminantes, clasificación, etc.).
- › Caracterización y acopio del RAP tratado.
- › Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.



Bibliografía

Para ampliar la información sobre medidas de **minimización de residuos**, se puede emplear el material:

- › Moliner, E., Sanfélix, J., Garraín, D., Vidal, R. (2010). *Nuevas estrategias en la gestión de residuos de construcción y demolición*. Universidad Jaume I y Universidad Politécnica de Cataluña. XIV International Congress on Project Engineering. Madrid. **Apartado 3.3. Estrategias para reducir la generación de residuos durante la ejecución del proyecto, pp. 1279-1281**. Disponible en: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/82786/Nuevas_estrategias_en_la_gestion_de_residuos_de_construccion_y_demolicion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- › Moreira A. S., Costa, D., Minto, M. (2019). *Directrices para la planificación de una demolición selectiva en edificios*. Universidad Federal de São Carlos y Universidade São Paulo. INTERAÇÕES, MS, v. 20, n. 2, pp. 487-507. Disponible en: <https://interacoesucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/1732/pdf>
- › Asociación de Constructores Promotores de Navarra (n.d.). Guía para promover la demolición selectiva en el sector de la construcción. **Capítulo 4: Proceso de demolición, pp. 16-18**.
- › Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento (2017). Orden Circular 40/2017 sobre Reciclado de firmes y pavimentos bituminosos. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/2AFDD98A-E7CE-43BE-907D-67436556AB81/145893/OC402017.pdf>

Material audiovisual

Para profundizar sobre la demolición selectiva y la separación en origen, se recomienda visualizar la primera sesión de las jornadas “Estímulo en la deconstrucción y la separación de residuos en obra” organizada por el Ihobe: Sociedad Pú-

blica de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco, disponible en el siguiente enlace:

https://www.youtube.com/watch?v=SKfhV_g1rbE

ANEXO IV. Identificación y evaluación de impactos ambientales

En los apartados anteriores se ha expuesto la necesidad de evaluar cómo va a influir un proyecto de construcción de carretera en el entorno durante todas las fases. Surgen así diferentes herramientas que permiten planificar y anticipar medidas para mitigar los impactos negativos sobre el medio, a la vez que potenciar aquellos que puedan resultar beneficiosos.

Para evaluar el impacto de nuestro proyecto, al igual que ocurre con el Análisis de Ciclo de Vida, el primer paso será identificar cuáles son los principales factores ambientales que van a estudiarse y las etapas de la obra que van a desarrollarse.

Una de las opciones es emplear la **Matriz de Leopold**. Se trata de un cuadro de doble entrada que representa las relaciones causa-efecto entre los factores ambientales (recogidos en las filas) y las acciones del proyecto (que se encuentran en las columnas). Realmente no consiste en un sistema de evaluación específicamente ambiental, sino un método de identificación, y para que resulte eficaz debe ir acompañado de un inventario ambiental y una propuesta de medidas correctoras.



Ejercicio práctico

Se propone aplicar la Matriz de Leopold (Figura 6) al proyecto que esté desarrollando cada estudiante. Para ello, hay que calificar cada acción del proyecto en relación a los factores ambientales en función de la magnitud y de la importancia. Por ejemplo, habrá que analizar cómo afecta al ecosistema la pavimentación, la tala de árboles o la gestión de los residuos.

La magnitud va a variar según el impacto entre 1 (débil) y 3 (impacto fuerte) y tendrá signo (+) cuando el

impacto sea positivo y (-) cuando sea negativo. Se coloca en la mitad superior izquierda del cuadrado. En cuanto a la importancia, varía del 1 (baja) al 3 (alta) y hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio. Se coloca en la mitad inferior derecha del cuadrado.

Una vez completada la matriz según los criterios de cada proyecto, se realiza el sumatorio por filas, por columnas y el cómputo global, para poder estudiar cuáles son las acciones que causan mayor efecto en el medio ambiente y los factores ambientales más perjudicados.

Algunas consideraciones para cada factor ambiental son:

- › **Suelo:** erosión del suelo, generación de residuos sólidos, vertido de residuos líquidos, compactación de suelos, etc.
- › **Aire:** calidad del aire, microclimas, etc.
- › **Agua:** calidad de cuerpos de agua cercanas, calidad de agua subterránea, calidad de agua superficial, calidad de agua potable, etc.
- › **Clima:** actividades con emisiones de CO₂, contribución a islas de calor, etc.
- › **Fauna:** biodiversidad, hábitat, especies amenazadas, etc.
- › **Flora:** biodiversidad, cultivos, plantas acuáticas, especies amenazadas, etc.
- › **Uso del suelo:** naturaleza y espacios abiertos, agricultura, residencial, comercial, etc.

- › **Demografía:** conexión entre poblaciones, facilidad de acceso a servicios, etc.
- › **Tráfico:** riesgo de accidentes de tráfico, señalización adecuada, etc.

El objetivo es analizar y concluir cuáles son los puntos más perjudiciales o negativos de cada caso de estudio y proponer mejoras o medidas correctoras para mejorar el impacto ambiental de los proyectos.

Imaginemos que nuestro proyecto consiste en la construcción de una carretera en una zona de tierra que estaba siendo usada como carretera secundaria en una zona rural, donde no hay vegetación.

En la modificación del suelo, no habrá por tanto impacto referente a expropiaciones (pues el camino de

tierra es propiedad del Estado) ni a la tala de árboles (el camino carece de vegetación). No obstante, sí habrá un impacto alto sobre la pavimentación y la extracción de tierras para la obra.

El impacto negativo sobre el aire, agua y clima de la zona vendrá dado también por la pavimentación y extracción de tierras. Por ejemplo, modificar un camino de tierra a una carretera de asfalto supondrá un gran cambio en el clima.

Al ser un camino sin vegetación, no tendrá un impacto significativo en la flora, aunque sí en la fauna debido a que unas pocas especies autóctonas cruzan esta zona. En lo referente al medio humano, destaca cómo va a mejorar en gran medida el tráfico.

	ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN				TOTAL
		Expropiaciones	Pavimentación	Extracción de tierras (desmontes y terraplenes)	Tala de árboles	
Medio físico	Suelo		-2 3	-2 3		-4 6
	Aire			-1 1		-1 1
	Agua		-2 2	-2 2		-4 4
	Clima		-1 2	-1 1		-2 3
Medio biótico	Fauna		-1 1	-1 2		-2 3
	Flora					
Medio humano	Uso del suelo		-1 1	-2 2		-3 3
	Demografía					
	Tráfico		+3 3			+3 3
TOTAL			-4 12	-9 11		-26 46

Figura 5. Ejemplo de Matriz de Leopold para la construcción de una carretera. Fuente: elaboración propia.

A través de la Matriz, se concluye cómo los primeros aspectos que habría que corregir del proyecto se refieren al uso de suelo y agua en la pavimentación y extracción de tierras; al ser los factores con peor puntuación en la Matriz.

A partir de los resultados obtenidos, se proponen mejoras para disminuir el impacto de los distintos factores. Por ejemplo, analizando los más graves, se puede proponer:

- › **Para el impacto sobre el suelo, referido a la extracción de tierras:** control de volúmenes de tierras extraídas y su reubicación, acopiar tierras en zonas con baja vulnerabilidad, reducir la superficie alterada, etc.
- › **Para el impacto sobre el agua, referido a la pavimentación:** concienciación al personal trabajador sobre el uso del agua, riego de caminos para disminuir la formación de polvo solo cuando sea estrictamente necesario, etc.

Con ello, se pretende poder diseñar proyectos más sostenibles y prevenir problemáticas ambientales desde las primeras fases de la obra.

Se puede emplear a modo de ejemplo y guía los documentos de la bibliografía, que recogen casos concretos de estudio.



Bibliografía

Para ampliar la información sobre la aplicación de la **Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental de una obra**, se puede emplear el material:

- › Barris Pea, N. (2011). *Estudio del impacto ambiental asociado a una posible rehabilitación de la carretera HU-341*. Universitat Politècnica de Catalunya. **Capítulo 3: Evaluación de los efectos previsibles**, pp. 39-49. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17365/Estudio%20del%20Impacto%20Ambiental%20carretera%20HU-341.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- › Cusi Bravo, D. (2012). *Estudio de impacto ambiental de la carretera Punamarca-Abra San Martín del Distrito de San Sebastián*. Universidad de Piura. **Capítulo 5: Identificación y evaluación de impactos ambientales**, pp. 32-48. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1851/MAS_GAA_013.pdf

ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN				UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES	GENERACIÓN DE RESÍDUOS			CAMBIO EN EL MEDIO	TOTAL
	Expropiaciones	Pavimentación	Extracción de tierras (desmontes y terraplenes)	Tala de árboles		Suelo	Polvo	Luz		
Suelo										
Aire										
Agua										
Clima										
Fauna										
Flora										
Uso del suelo										
Demografía										
Tráfico										
TOTAL										
	Medio físico					Medio biótico				
						Medio humano				

MAGNITUD (±):
1 Impacto débil
2 Impacto medio
3 Impacto fuerte

IMPORTANCIA:
1 Baja
2 Media
3 Alta

Figura 6. Matriz de Leopold. Fuente: Barris Pea, N. (2011) y Cusi Bravo, D. (2012). Elaboración propia.

Entidades sociales que trabajan las temáticas propuestas

A continuación, se recoge un listado de entidades que trabajan en torno a proyectos de construcción y caminos desde el enfoque del desarrollo sostenible. Pueden ser actores de apoyo para consulta de contenido o incluso entidades a involucrar en alguna de las sesiones en aula



ENTIDAD	CONTACTO	WEB
ONGAWA Ingeniería para el Desarrollo Humano	info@ongawa.org	https://ongawa.org/
Ingeniería Sin Fronteras Andalucía	info@andalucia.isf.es	https://andalucia.isf.es/
Asociación Taph-Taph	info@taphtaph.org	https://taphtaph.org/
Arquitectura Sin Fronteras	andalucia@asfes.org	http://asfes.org/
ONU Hábitat	spain@onuhabitat.org	https://unhabitat.org/



Ampliación de caminos y aeropuertos

| Índice

Introducción	31
Propuesta de temáticas	32
Anexo I. Derecho a infraestructuras de calidad	34
Anexo II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida	35
Anexo III. Identificación y evaluación de impactos ambientales	41
Anexo IV. Sistemas de información geográfica en proyectos de cooperación al desarrollo	45
Entidades sociales que trabajan las temáticas propuestas	50



| Introducción

Las Universidades son agentes claves en la consecución de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Tienen un papel fundamental para formar e informar a la comunidad universitaria en conocimientos, hábitos y herramientas para abordar los desafíos del desarrollo sostenible.

En concreto, la docencia en el campo de la ingeniería tiene un gran potencial para formar a profesionales sensibilizados y concienciados sobre la necesidad de incluir el enfoque de desarrollo sostenible en sus trabajos.

Para ello, se considera imprescindible transversalizar la Agenda 2030 y sus conceptos en las guías docentes de las asignaturas universitarias. En el caso de la Escuela Politécnica Superior de Belmez (EPSB) de la Universidad de Córdoba, se ha comenzado con cinco asignaturas impartidas en el Grado de Ingeniería Civil y el Grado de Ingeniería de la Energía y Recursos Minerales.

Esta iniciativa se enmarca en el proyecto “Fomento del compromiso de la EPS de Belmez de la Universidad de Córdoba con la Agenda 2030”, financiado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Dicho proyecto está liderado por el Área de Cooperación y Solidaridad de la Universidad de Córdoba y por el Equipo Directivo de la EPSB. El equipo técnico del Área de Cooperación y Solidaridad se ha encargado del desarrollo de la presente guía, con la colaboración de entidades expertas en las temáticas que se tratan y del profesorado que imparte las asignaturas.

A continuación, se recoge una propuesta para la asignatura de *Ampliación de Caminos y Aeropuertos*, impartida en el 4º curso del Grado de Ingeniería Civil. Se proponen distintas temáticas, bibliografía, recursos audiovisuales y casos prácticos a incorporar en la docencia.

| Propuesta de temáticas



El contenido de la asignatura se estructura del siguiente modo:

TEMA 1	Análisis topográfico mediante uso de Modelo Digitales de Elevaciones
TEMA 2	Diseño geométrico avanzado mediante programas integrales de diseño. Planta y Alzado
TEMA 3	Diseño geométrico avanzado mediante programas integrales de diseño. Obras lineales
TEMA 4	Diseño geométrico avanzado mediante programas integrales de diseño. Sección transversal
TEMA 5	Proyecto Técnico de Carreteras
TEMA 6	Geometría en enlaces, intersecciones y vías urbanas
TEMA 7	Infraestructuras de drenaje longitudinal y transversal
TEMA 8	Desmontes y terraplenes
TEMA 9	Diseño y cálculo analítico de firmes
TEMA 10	Auscultación, rehabilitación y conservación de carreteras y aeropuertos

En concreto, se proponen cuatro anexos con contenido a incorporar en la asignatura. Las temáticas a tratar en cada anexo y los temas o bloques donde podrían incorporarse se resumen en la siguiente tabla:

TEMA 5. Proyecto Técnico de Carreteras	Anexo I. Derecho a infraestructuras de calidad	Introducción como Derecho Humano
		Movilidad, acceso a infraestructuras y género
TEMA 6. Geometría en enlaces, intersecciones y vías urbanas	Anexo II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida	Economía circular en la construcción de caminos
		Análisis del Ciclo de Vida en proyectos de caminos
	Anexo III. Identificación y evaluación de impactos ambientales	Matriz de Leopold para evaluación ambiental de un proyecto
Ejercicio práctico		
TEMA 7. Infraestructura de drenaje longitudinal y transversal	Anexo IV. Sistemas de Información Geográfica en proyectos de cooperación al desarrollo	Los SIG como herramienta en proyectos de cooperación
		Caso de estudio: Proyecto de ESF Catalunya en El Salvador

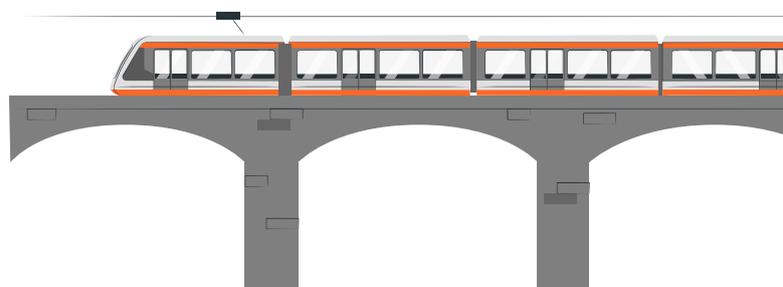
En cada uno de los anexos se recoge:

- › Contenido a incorporar en las sesiones en aula.
- › Bibliografía para ampliar el conocimientos. Se ha señalado por capítulos y páginas empleados para proponer el contenido.
- › Recursos audiovisuales.

Además, al final del documento se recoge un listado de entidades identificadas que podrían orientar o participar en la asignatura.

Cabe destacar cómo se han incorporado distintos matices y apartados a lo largo de los anexos para incluir la perspectiva de género en la enseñanza y mostrar los diferentes impactos sobre las mujeres.

Con todo ello, se pretende presentar un contenido que el profesorado pueda ir incorporando en sus sesiones de aula, pues se considera que son temáticas importantes que relacionan el diseño y construcción de caminos con el desarrollo humano y sostenible. Además, la bibliografía y recursos audiovisuales pueden emplearse en clase y servir al alumnado para ampliar su conocimiento en aquellas temáticas que se consideren más oportunas.



ANEXO I. Derecho a infraestructuras de calidad

La movilidad sostenible es uno de los grandes desafíos en la lucha contra el cambio climático y en la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En primer lugar, dado el hecho de que el sector transporte en España representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero. En segundo lugar, dado que la movilidad es un derecho humano fundamental.

Para poder garantizar este derecho, son necesarias infraestructuras de calidad, sostenibles y fiables a lo largo del territorio. Son una herramienta imprescindible para la economía, la calidad de vida o la creación de empleo y constituyen, además, una garantía de vertebración territorial, cohesión social e igualdad de oportunidades. No obstante, aún hoy en día, multitud de territorios no poseen infraestructuras básicas como carreteras, tecnologías de la información, saneamiento, energía eléctrica o agua.

En este sentido, uno de los retos actuales para avanzar en territorios más igualitarios será el diseño y construcción de infraestructuras de transporte que permitan un desarrollo humano sostenible. Estas infraestructuras deben reducir el impacto medioambiental en todas las fases del proyecto, desde su diseño, y responder a las necesidades de la población. Es decir, construcciones que conserven el potencial natural y el ecosistema; a la par que sean sostenibles y seguras. Por ejemplo, los recursos y materiales que se empleen y la gestión de los residuos son aspectos esenciales en cualquier proyecto de construcción, con gran potencial de mejora en cuanto a sostenibilidad.

Las infraestructuras y la Agenda 2030

El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción contra el cambio climático dependen en gran

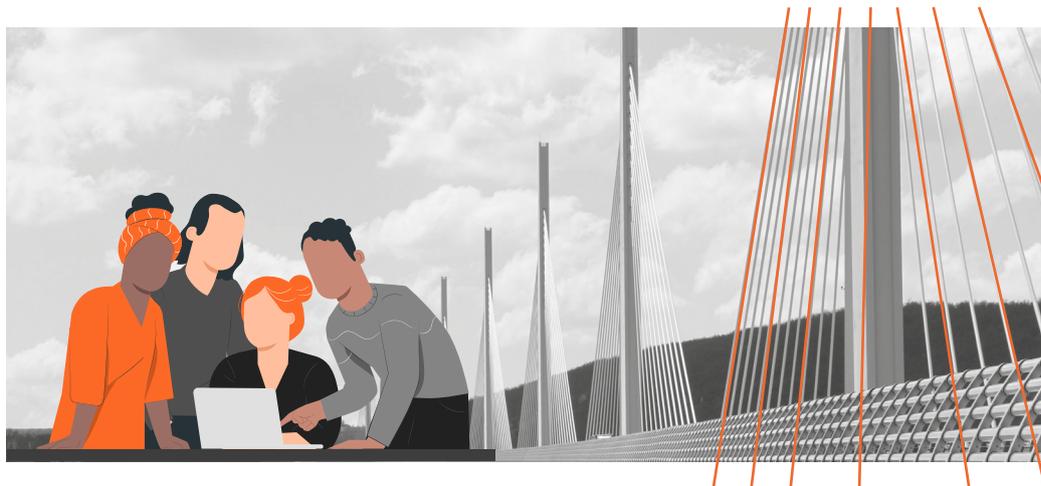
medida del avance y la inversión en infraestructuras resilientes y progreso tecnológico. Desde la ingeniería, la construcción y la industria se debe dar respuestas a estos desafíos actuales, teniendo siempre presente un enfoque ambiental y social.

En este sentido, la defensa por el acceso universal a infraestructuras sostenibles y de calidad se materializa en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas a través del Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. De este modo, se persigue el desarrollo de infraestructuras fiables, sostenibles y de calidad con un acceso asequible y equitativo.

A su vez, el desarrollo de las metas de este objetivo tendrá una repercusión directa sobre otros ODS, ya sea por el uso eficiente de recursos (relacionado, por ejemplo, con el ODS 6 sobre agua y saneamiento, 7 sobre energía no contaminante y 12 sobre producción y consumo responsable) o el acceso equitativo al servicio de movilidad (como los ODS 5 sobre igualdad de género o 10 sobre reducción de desigualdades). De este modo la infraestructura constituye un componente central de los ODS y se conforma como base para un desarrollo sostenible.

Para cumplir con estos objetivos, será necesario tener presente en los proyectos aspectos como la vulnerabilidad en las redes de infraestructura, los modelos de gobernanza que las financian, la capacidad y gestión de demandas o la necesidad de investigar en metodologías menos contaminantes.

El hecho de no mejorar las infraestructuras existentes ni apostar por la innovación tendría impactos significativos sobre la asistencia sanitaria, el sistema de saneamiento o el acceso limitado a la educación.



Movilidad, acceso a infraestructuras y género

La infraestructura, desde su diseño, hasta su construcción y administración, no es neutral en función del género. Existe una fuerte desigualdad y disparidad en el acceso a las mismas, así como en la consulta o incorporación de un enfoque de género en el proceso de diseño.

Parte de la relación con el género se centra en la posibilidad de crear oportunidades que permitan a las mujeres y niñas empoderarse mediante la promoción y modernización de la prestación de servicios de infraestructura. Por un lado, permitiendo un acceso equitativo y un diseño acorde a sus necesidades. Por otro lado, incidiendo en las infraestructuras que tradicionalmente se han asignado a las mujeres para sensibilizar sobre esta situación y para facilitarles las tareas. Es el caso, por ejemplo, de los territorios con caminos que no son seguros pero deben emplear para buscar agua, combustibles para cocinar u otros recursos.

En cuanto a las infraestructuras de transporte, destaca cómo la movilidad de las mujeres se ha construido en base a los dominios y jerarquías de género. De este modo, se han definido de un modo muy distinto sus actividades, usos del tiempo y territorios de sus desplazamientos. Por ejemplo, a nivel urbano la movilidad masculina se caracteriza por desplazamientos

de tipo “pendular”, con un origen y fin definidos, como de casa al trabajo, y con pocos viajes diarios. Mientras, la movilidad de las mujeres es de tipo “poligonal”, se caracteriza por múltiples viajes y trayectos, con personas a su cargo.

Es por ello que a la hora de diseñar vías, es fundamental considerar los diferentes usos que le dará la pluralidad de la población, construyendo de este modo espacios accesibles y seguros. Un ejemplo de buena práctica sería el proyecto que la Asociación Ingeniería Sin Fronteras Andalucía realizó junto con la Confederación Nacional de Mujeres del Campo (CONAMUCA) y la Dirección Nacional de Desarrollo Fronterizo en Elías Piña, República Dominicana.

Se trata un proyecto de rehabilitación de un camino que une a cuatro comunidades del territorio y cuyo estado deficitario limitaba el acceso a servicios sociales básicos y unas condiciones de habitabilidad dignas. No obstante, no se trata únicamente de un proyecto de construcción, pues la ciudadanía también trabajaba su fortalecimiento a través de las componentes de forestación, educación ambiental y economía de los cuidados.

Para conocer más sobre este proyecto, se propone leer el siguiente artículo de Ingeniería Sin Fronteras que resume el trabajo de una parte del camino rehabilitado: <https://andalucia.isf.es/blog/afirmado-camino-guanito-matadero/>



Bibliografía

Para ampliar la información sobre el **derecho a infraestructuras de calidad y su relación con la Agenda 2030**, pueden consultarse los siguientes documentos y webs:

- › Thacker, S., Adshead, D., Morgan, G., Crosskey, S., Bajpai, A., Ceppi, P., Hall, J.W. & O'Regan, N. (2018). *La infraestructura como base del desarrollo sostenible (Infrastructure: Underpinning Sustainable Development)*. UNOPS, Copenhague (Dinamarca). **Capítulo 3: La infraestructura y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pp. 3-5**. Disponible en: https://content.unops.org/publications/Infrastructure_underpinning_sustainable_development_ES.pdf
- › Naciones Unidas (2016). *Industria, Innovación e Infraestructura: Por qué es importante*. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/9_Spanish_Why_it_Matters.pdf
- › Dirección General de Políticas de Desarrollo Sostenible, Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (2018). *Plan de Acción para la implementación de la Agenda 2030. Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible*. **Capítulo 2: El estado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en España, pp. 42-44**. Disponible en: <https://transparencia.gob.es/transparencia/dam/jcr:6e0f06b9-a2e0-44c0-955a-dad1f66c11d7/PLAN%20DE%20ACCI%20C3%93N%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%20C3%93N%20DE%20LA%20AGENDA%202030.pdf>

Para ampliar la información sobre **acceso a infraestructuras y género**, puede consultarse el siguiente documento:

- › Pérez, G. (2019). *Políticas de movilidad y consideraciones de género en América Latina*. Serie Comercio Internacional, N° 152 (LC/TS.2019/108). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). **Capítulo 2: Los patrones de movilidad difieren según el género, pp. 15-20**. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45042/S1900968_es.pdf



Material audiovisual

Como se ha comentado anteriormente, las infraestructuras de calidad y sostenibles son una herramienta muy importante ante la actual crisis climática para favorecer la resiliencia de las comunidades. Permiten el acceso a servicios básicos y a la vez protegen el medio ambiente.

En este contexto, se propone leer el material y visualizar los vídeos sobre el proyecto “Vivir al

borde del agua: infraestructura resiliente para afrontar el cambio climático” que la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) ha desarrollado en el Estado insular de San Vicente y las Granadinas, en el mar Caribe, donde son necesarias la construcción de infraestructuras resistentes a condiciones meteorológicas extremas e irregulares: <https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/at-the-waters-edge-adapting-to-climate-change-through-resilient-infrastructure>

ANEXO II. Economía circular y Análisis de Ciclo de Vida

A la hora de desarrollar un proyecto de infraestructura de transporte entran en juego múltiples factores y recursos, desde los materiales hasta el consumo de agua y energía necesario. En concreto, el sector de la construcción es uno de los principales generadores de residuos y desechos a nivel mundial. No solo entra en juego la construcción en sí, también se incluye la extracción de recursos naturales para materiales o la fase de demolición.

El tratamiento de los desechos de construcción se ha convertido en una problemática ambiental, sobre todo en los países industrializados. En este sentido, es necesario planificar desde el diseño del proyecto cuál será la gestión de los residuos de la obra, para minimizar el impacto en la zona. Se pretende prevenir la generación de residuos, fomentar la reutilización y el reciclado.

Por ejemplo, en el año 2015 en España el 54% de los residuos de construcción y demolición fueron enviados a vertedero.

Una de las vías para mejorar la sostenibilidad de un proyecto de construcción es incorporar criterios de ecodiseño, el enfoque de la Economía Circular o un Análisis de Ciclo de Vida.

Economía circular en la construcción de caminos

Como se ha puesto de manifiesto, la economía circular aplicada al sector de la construcción no se limita únicamente a la gestión de residuos, sino que abarca todo el ciclo de vida del proyecto, iniciándose en el diseño para prever o planificar los impactos, optimizar el uso de productos, del consumo de agua, reutilización de productos, los recursos y energía para el mantenimiento, etc.

De este modo, la economía circular nace como un modelo que:

- › Emplea la mínima cantidad de recursos naturales.
- › Selecciona de manera inteligente los recursos, potenciando los renovables, reciclados, no contaminantes, etc.
- › Gestiona de forma eficiente los recursos, recirculándolos en el sistema y minimizando la generación de residuos.
- › Minimiza los impactos ambientales.



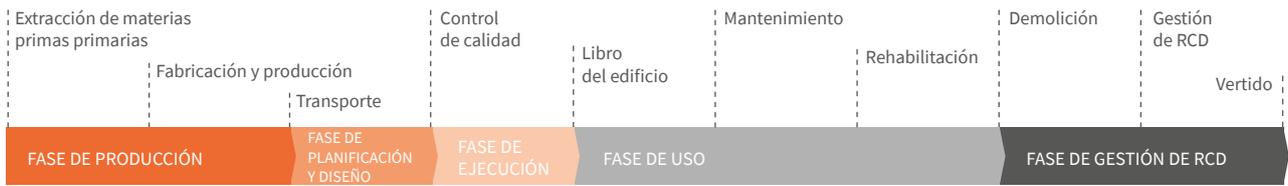


Figura 1. Modelo lineal del sector de la construcción en España. Fuente: CONAMA, 2018.

Actualmente, se realizan procesos de reutilización y reciclaje en la construcción de caminos, pero a menor escala. Por tanto, se precisan de políticas de gestión de residuos, intervención de nuevas técnicas de ingeniería y el apoyo del sector gubernamental y social.

Una de las medidas adoptadas desde la Unión Europea ha sido el aumento de costos de rellenos y de demolición. Esto ha derivado en un aumento de la tasa de reutilización y reciclaje de hormigón, maderas, asfaltos y otros materiales de construcción.

Aunque actualmente el sector de la construcción responda a un modelo lineal como el de la Figura 1,

el potencial para avanzar hacia un modelo de economía circular es enorme. La Figura 2 representa dicho modelo, en el que la fase de producción, planificación y diseño deben trabajar de forma conjunta para preparar la ejecución, fomentando el traspaso de conocimiento entre las tres fases principales. Debe asegurarse así un largo periodo de uso a través del mantenimiento, la rehabilitación parcial o total de la infraestructura. En la fase de gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) debe ser posible la deconstrucción o demolición selectiva, con el retorno máximo posible de los materiales a fases anteriores del proyecto.

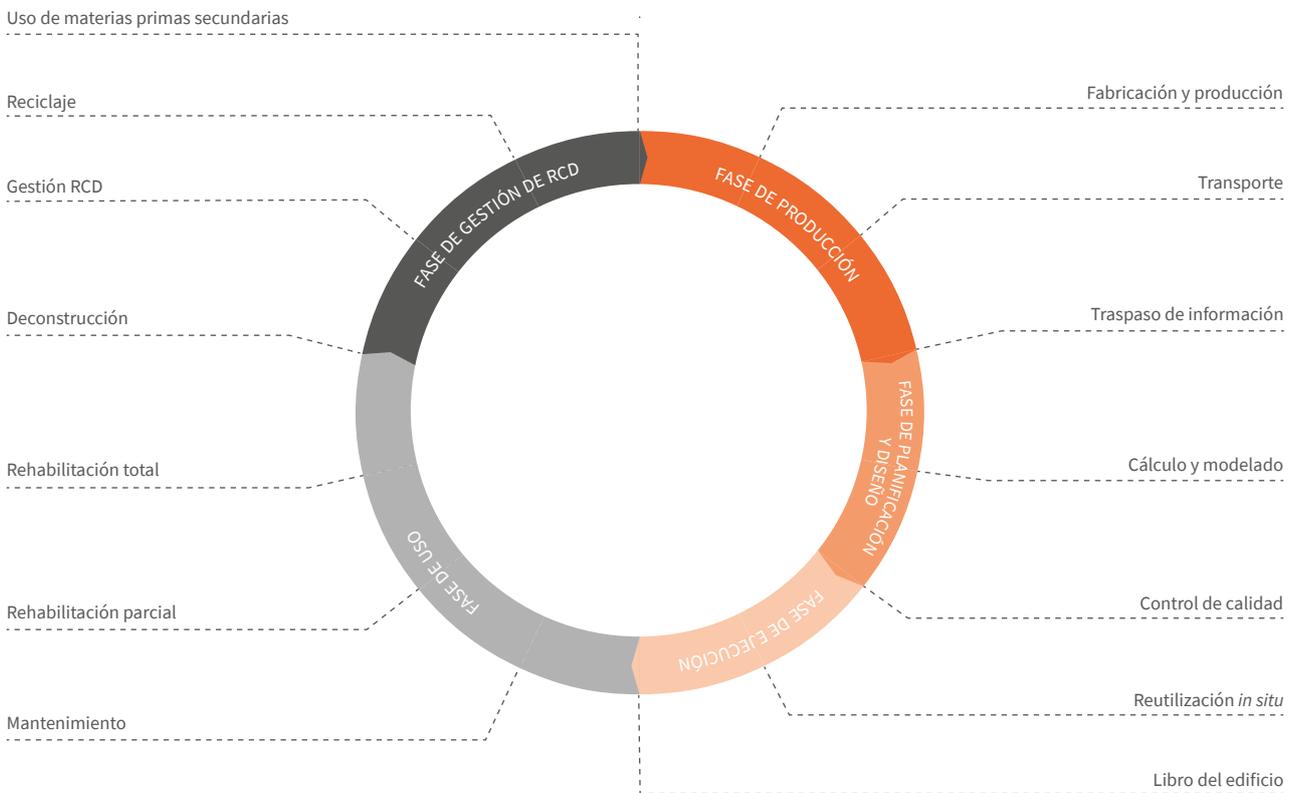


Figura 2. Posible modelo circular del sector de la construcción. Fuente: CONAMA, 2018.

Análisis del Ciclo de Vida en proyectos de caminos

La importancia del diseño sostenible en las infraestructuras de transporte se explica por dos motivos: por un lado, porque se trata del sector con mayor consumo de energía final en España (en torno al 41%) y, por otro lado, por su fuerte dependencia a los combustibles fósiles.

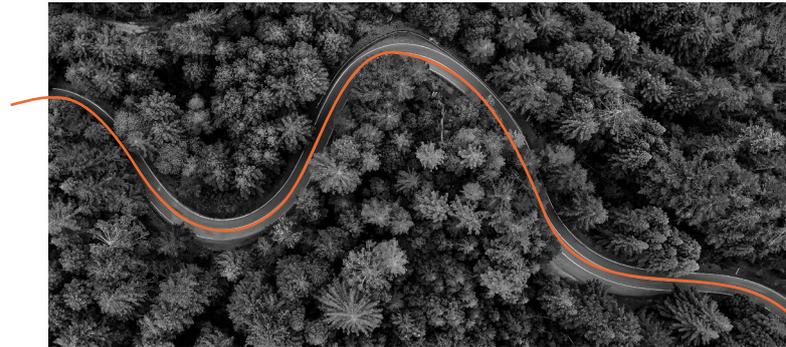
En un momento en el que el desarrollo de la sociedad exige un crecimiento de la infraestructura de transporte, los/as profesionales tienen la responsabilidad de minimizar el impacto ambiental de estos proyectos en cuanto a recursos, energía, emisiones de Gases de Efecto Invernadero, etc.

Así nacen herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Según la fundación *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, el ACV se define como “un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno, para determinar su impacto en el medioambiente y para evaluar y poner en práctica estrategias de mejora ambiental”.

La metodología adoptada por la ISO 14040 establece cuatro fases fundamentales para desarrollar un estudio de ACV: fase de definición del objetivo y alcance, fase de análisis del inventario, fase de evaluación del impacto ambiental y finalmente la fase de interpretación.

En cuanto al **objetivo y alcance**, se debe definir el producto estudiado y sus limitaciones, incorporando las suposiciones consideradas. Se incluyen los procesos de los materiales, productos implicados, etc.

En la fase de **análisis del inventario** se incluyen los materiales y flujos de energía necesarios para el desarrollo del sistema a lo largo de su vida. A través de un proceso iterativo, se definen las entradas (energía, materias primas, etc.) y salidas (emisiones, vertidos, energía consumida, etc.) del sistema.



La fase de **evaluación del impacto** se centra en analizar cada impacto ambiental en función de los resultados de la fase de inventario. Se deberá definir las categorías de impacto, los indicadores a emplear y los modelos de caracterización.

La última fase, la de **interpretación**, recopila los resultados de todas las fases y expone una conclusión.

El caso concreto de análisis para carreteras es particular. Por un lado, por la singularidad de cada proyecto de carretera y la complejidad de cada una de sus fases. Por otro lado, supone una alta ocupación del territorio, con impactos ambientales, sociales y económicos que afectan a zonas amplias.

Es por ello que la mayoría de los estudios se centran en alguna de las fases en concreto. En general, suele analizarse la fase de producción de materiales (extracción de materias primas, su transporte, etc.), la de construcción (fabricación, puesta en obra) y la de mantenimiento/conservación.

Actualmente existe una gran variedad de softwares que permiten calcular el **Análisis de Ciclo de Vida** de materiales de la construcción, de modo que se puede analizar cuáles son los productos más rentables y menos contaminantes. Un ejemplo sería el software de código abierto openLCA. Se trata de un programa que permite calcular distintos indicadores dentro del ACV a través de 15 categorías diferentes, desde impactos sociales hasta impactos económicos. El software openLCA puede encontrarse en el siguiente enlace: <https://www.openlca.org/>



Bibliografía

Para ampliar la información sobre **Economía Circular en la construcción de caminos**, se puede emplear el material:

- › Fundación Conama (2018). *Economía circular en el sector de la construcción. Congreso Nacional de Medio Ambiente 2018. Capítulo 5: Importancia del sector de la construcción en la economía circular, pp. 8-9; Capítulo 6: Esquema conceptual de la economía circular en el sector de la construcción, pp. 10-12.* Disponible en: http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf
- › Troncoso López, P. (2018). *Gestión de la Economía Circular en la producción de mezcla asfáltica en Chile.* Universidad Politécnica de Valencia. **Capítulo 1: Conceptos, pp. 16-17.** Disponible en: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106485/TFM%20Pablo%20Troncoso%20MAP-GIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Para ampliar la información sobre **Análisis de Ciclo de Vida en el sector de la construcción**, se puede emplear el material:

- › Perelli, M., Parra Ruiz, L. (2017). Aproximación del análisis del ciclo de vida y del coste de vida al caso particular de los firmes de carretera. *Ingeniería Civil, 186.* Disponible en: <http://ingenieria-civil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/25/19>
- › Espinoza Alfaro, M. (2019). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en carreteras.* Boletín Técnico PI-TRA-LanammeUCR. Volumen 10, nº 11. Disponible en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1794/Boletin%2011%20%20An%C3%A1lisis%20del%20ciclo%20de%20vida%20%28ACV%29%20en%20carreteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Material audiovisual

Para profundizar sobre la economía circular y la gestión de residuos en el sector de la construcción, se propone visualizar los siguientes videos creados por el programa Construye 2025, que busca transformar el sector de la construcción de Chile desde la productividad y la sustentabilidad, con el objetivo de alcanzar un desarrollo nacional con impacto positivo en el ámbito social, económico y medioambiental.

- › Economía circular y construcción: <https://www.youtube.com/watch?v=0Qxwrhx-2bl&t=10s>
- › Directrices para un plan de gestión de residuos de la construcción (RCD): <https://www.youtube.com/watch?v=u0aB-6MtWwQ>

ANEXO III. Identificación y evaluación de impactos ambientales

En los apartados anteriores se ha expuesto la necesidad de evaluar cómo va a influir un proyecto de construcción de carretera en el entorno durante todas las fases. Surgen así diferentes herramientas que permiten planificar y anticipar medidas para mitigar los impactos negativos sobre el medio, a la vez que potenciar aquellos que puedan resultar beneficiosos.

Para evaluar el impacto de nuestro proyecto, al igual que ocurre con el Análisis de Ciclo de Vida, el primer paso será identificar cuáles son los principales factores ambientales que van a estudiarse y las etapas de la obra que van a desarrollarse.

Una de las opciones es emplear la **Matriz de Leopold**. Se trata de un cuadro de doble entrada que representa las relaciones causa-efecto entre los factores ambientales (recogidos en las filas) y las acciones del proyecto (que se encuentran en las columnas). Realmente no consiste en un sistema de evaluación específicamente ambiental, sino un método de identificación, y para que resulte eficaz debe ir acompañado de un inventario ambiental y una propuesta de medidas correctoras.



Ejercicio práctico

Se propone aplicar la Matriz de Leopold (**Figura 4**) al proyecto que esté desarrollando cada estudiante. Para ello, hay que calificar cada acción del proyecto en relación a los factores ambientales en función de la magnitud y de la importancia. Por ejemplo, habrá que analizar cómo afecta al ecosistema la pavimentación, la tala de árboles o la gestión de los residuos.

La magnitud va a variar según el impacto entre 1 (débil) y 3 (impacto fuerte) y tendrá signo (+) cuando el

impacto sea positivo y (-) cuando sea negativo. Se coloca en la mitad superior izquierda del cuadrado. En cuanto a la importancia, varía del 1 (baja) al 3 (alta) y hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio. Se coloca en la mitad inferior derecha del cuadrado.

Una vez completada la Matriz según los criterios de cada proyecto, se realiza el sumatorio por filas, por columnas y el cómputo global, para poder estudiar cuáles son las acciones que causan mayor efecto en el medio ambiente y los factores ambientales más perjudicados.

Algunas consideraciones para cada factor ambiental son:

- › **Suelo:** erosión del suelo, generación de residuos sólidos, vertido de residuos líquidos, compactación de suelos, etc.
- › **Aire:** calidad del aire, microclimas, etc.
- › **Agua:** calidad de cuerpos de agua cercanas, calidad de agua subterránea, calidad de agua superficial, calidad de agua potable, etc.
- › **Clima:** actividades con emisiones de CO₂, contribución a islas de calor, etc.
- › **Fauna:** biodiversidad, hábitat, especies amenazadas, etc.
- › **Flora:** biodiversidad, cultivos, plantas acuáticas, especies amenazadas, etc.
- › **Uso del suelo:** naturaleza y espacios abiertos, agricultura, residencial, comercial, etc.

- › **Demografía:** conexión entre poblaciones, facilidad de acceso a servicios, etc.
- › **Tráfico:** riesgo de accidentes de tráfico, señalización adecuada, etc.

El objetivo es analizar y concluir cuáles son los puntos más perjudiciales o negativos de cada caso de estudio y proponer mejoras o medidas correctoras para mejorar el impacto ambiental de los proyectos.

Imaginemos que nuestro proyecto consiste en la construcción de una carretera en una zona de tierra que estaba siendo usada como carretera secundaria en una zona rural, donde no hay vegetación.

En la modificación del suelo, no habrá por tanto impacto referente a expropiaciones (pues el camino de

tierra es propiedad del Estado) ni a la tala de árboles (el camino carece de vegetación). No obstante, si habrá un impacto alto sobre la pavimentación y la extracción de tierras para la obra.

El impacto negativo sobre el aire, agua y clima de la zona vendrá dado también por la pavimentación y extracción de tierras. Por ejemplo, modificar un camino de tierra a una carretera de asfalto supondrá un gran cambio en el clima.

Al ser un camino sin vegetación, no tendrá un impacto significativo en la flora, aunque sí en la fauna debido a que unas pocas especies autóctonas cruzan esta zona. En lo referente al medio humano, destaca como va a mejorar en gran medida el tráfico.

	ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN				TOTAL
		Expropiaciones	Pavimentación	Extracción de tierras (desmontes y terraplenes)	Tala de árboles	
Medio físico	Suelo		-2 3	-2 3		-4 6
	Aire			-1 1		-1 1
	Agua		-2 2	-2 2		-4 4
	Clima		-1 2	-1 1		-2 3
Medio biótico	Fauna		-1 1	-1 2		-2 3
	Flora					
Medio humano	Uso del suelo		-1 1	-2 2		-3 3
	Demografía					
	Tráfico		+3 3			+3 3
TOTAL			-4 12	-9 11		-26 46

Figura 3. Ejemplo de Matriz de Leopold para la construcción de una carretera. Fuente: elaboración propia.

A través de la Matriz, se concluye cómo los primeros aspectos que habría que corregir del proyecto se refieren al uso de suelo y agua en la pavimentación y extracción de tierras; al ser los factores con peor puntuación en la Matriz.

A partir de los resultados obtenidos, se proponen mejoras para disminuir el impacto de los distintos factores. Por ejemplo, analizando los más graves, se puede proponer:

- › **Para el impacto sobre el suelo, referido a la extracción de tierras:** control de volúmenes de tierras extraídas y su reubicación, acopiar tierras en zonas con baja vulnerabilidad, reducir la superficie alterada, etc.
- › **Para el impacto sobre el agua, referido a la pavimentación:** concienciación al personal trabajador sobre el uso del agua, riego de caminos para disminuir la formación de polvo solo cuando sea estrictamente necesario, etc.

Con ello, se pretende poder diseñar proyectos más sostenibles y prevenir problemáticas ambientales desde las primeras fases de la obra.

Se puede emplear a modo de ejemplo y guía los documentos de la bibliografía, que recogen casos concretos de estudio.



Bibliografía

Para ampliar la información sobre la aplicación de la **Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental de una obra**, se puede emplear el material:

- › Barris Pea, N. (2011). *Estudio del impacto ambiental asociado a una posible rehabilitación de la carretera HU-341*. Universitat Politècnica de Catalunya. **Capítulo 3: Evaluación de los efectos previsibles**, pp. 39-49. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17365/Estudio%20del%20Impacto%20Ambiental%20carretera%20HU-341.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- › Cusi Bravo, D. (2012). *Estudio de impacto ambiental de la carretera Punamarca-Abra San Martín del Distrito de San Sebastián*. Universidad de Piura. **Capítulo 5: Identificación y evaluación de impactos ambientales**, pp. 32-48. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1851/MAS_GAA_013.pdf

ACCIONES DEL PROYECTO FACTORES AMBIENTALES	MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN			UTILIZACIÓN DE RECURSOS NATURALES	GENERACIÓN DE RESÍDUOS			CAMBIO EN EL MEDIO	TOTAL	
	Expropiaciones	Pavimentación	Extracción de tierras (desmontes y terraplenes)	Tala de árboles	Suelo	Polvo	Luz	Ruido		Saneamiento de los pasos inferiores
Suelo										
Aire										
Agua										
Clima										
Fauna										
Flora										
Uso del suelo										
Demografía										
Tráfico										
TOTAL										
	Medio físico			Medio biótico			Medio humano			

MAGNITUD (±):
1 Impacto débil
2 Impacto medio
3 Impacto fuerte

IMPORTANCIA:
1 Baja
2 Media
3 Alta

Figura 4. Matriz de Leopold. Fuente: Barris Pea, N. (2011) y Cusi Bravo, D. (2012). Elaboración propia.

ANEXO IV. Sistemas de información geográfica en proyectos de cooperación al desarrollo

Para poder avanzar en el desarrollo sostenible y justo de los territorios, es necesario crear espacios de transferencia de tecnología y conocimiento. Una tecnología de gran potencial son los Sistemas de Información Geográfica (SIGs). Gracias a su capacidad de gestionar y analizar la información espacial, son de gran utilidad en la gestión de problemas territoriales como el mantenimiento de infraestructuras, de sistemas de tuberías, gestión municipal, etc. De este modo, ayudan de forma eficiente a la toma de decisiones de proyectos pues se basan en criterios técnicos y objetivos.

En concreto, suponen una tecnología de gran importancia en los proyectos de Ayuda Humanitaria y de Cooperación al Desarrollo. Un proyecto de cooperación se puede definir como una intervención cuyo objetivo es la transformación de una realidad que presenta un problema o necesidad identificada. Se pretende repercutir en la realidad de las personas partícipes y en su entorno social, contribuyendo a un desarrollo humano sostenible. Se tratan de proyectos dinámicos, cuyos efectos deben perdurar en el tiempo.

En el contexto de la cooperación los SIG tienen un gran potencial, ya que permiten planificar las acciones de forma que maximicen los impactos deseados, en los lugares más desfavorecidos y evitando que se solapen actuaciones de varios actores. Además, ofrecen ventajas en todo el ciclo de proyecto: durante las fases iniciales (identificación y estudio de soluciones), en su desarrollo y en las fases posteriores a la propia implementación (seguimiento).

Los SIG permiten conocer determinadas situaciones territoriales (riesgos naturales, calidad del agua, fo-

cos epidémicos, acceso a servicios básicos...) que ayudan a concentrar la intervención e identificar los lugares o situaciones clave. En concreto, es interesante emplear un SIG en aquellos proyectos que incorporen muchas variables, que sean de larga duración, que requieran de una gran coordinación entre distintos actores, que sus situaciones sean muy cambiantes, etc.

No obstante, hay que cuidar que la tecnología que se desarrolle sea adecuada, de modo que preste especial atención a aspectos ambientales, éticos, culturales, sociales y económicos de la comunidad de estudio. Al tener presente estos aspectos, se puede desarrollar proyectos con menor demanda de recursos, que se sostengan más fácilmente en el tiempo y con un menor impacto medio ambiental.

Existe un grupo internacional que se dedica a georreferenciar toda la información posible de zonas en las que es necesario realizar acciones de emergencia o de ayuda humanitaria, ya sea por desastres naturales o por la acción del ser humano. Se trata del HOT, Humanitarian Openstreet Team. Este grupo hace un uso intensivo de datos de libre acceso de confianza y de herramientas de código abierto para que los equipos que trabajen en terreno tengan toda la información posible en un tiempo récord.

Algunos de los últimos proyectos en los que han trabajado son la recopilación y georreferenciación de datos relacionados con el seguimiento de los casos de COVID-19 en Kenia o con terrenos con pozos profundos en Bangladesh donde la contaminación por arsénico afecta a las fuentes de agua.

Caso de proyecto SIG de cooperación al desarrollo

Como ejemplo de proyecto o buena práctica en el ámbito de la cooperación internacional al desarrollo y el uso de SIG, se presenta el caso del trabajo llevado a cabo por Ingeniería Sin Fronteras Cataluña en El Salvador, en las zonas rurales del sur de La Libertad. En concreto, el proyecto se centraba en la planificación de actuaciones de abastecimiento y saneamiento de agua en zonas rurales a través de un Plan Director. Se trabajó junto con las organizaciones locales ACUA, Madre Cría y ADES.

» Contexto de la intervención

Ante la evidencia de grandes lagunas de información sobre el acceso al agua en las zonas rurales y la inexistencia de una gestión justa de los recursos hídricos, se decide realizar un estudio con una visión integral de la problemática en torno al agua. De este modo, la actuación se centraría en asegurar el abastecimiento de agua potable suficiente y de calidad, saneamiento de aguas grises y negras y fomentar la protección del recurso hídrico.

Para lograr este objetivo, se propone elaborar el Plan Director de Abastecimiento y Saneamiento de agua en las comunidades rurales del Sur del Departamento de La Libertad, con el objetivo de contribuir a una mejor calidad de vida de la población, fomentando una gestión sostenible que permita garantizar el abastecimiento de agua potable de calidad y el saneamiento adecuado. Entre los principales objetivos del Plan Director, se tiene:

- › Incrementar el porcentaje de acceso al agua y saneamiento de las comunidades rurales.
- › Mejorar las prácticas hidrosanitarias.
- › Proteger físicamente las zonas de recarga más sensibles en las microcuencas hidrográficas donde se interviene y crear una protección legal de esas zonas, como mínimo, a escala local.

- › Constituir sistemas autónomos de gestión a escala comunitaria y municipal, potenciando el control social participativo.
- › Reforzar la planificación hídrica local y la gestión del recurso hídricos.

» Metodología del Plan Director en El Salvador

El Plan Director es una herramienta que se organiza en tres fases: diagnóstico de la realidad en la que se va a intervenir, definición y aplicación de herramientas para tratamiento de la información recabada en el diagnóstico y, por último, análisis de los resultados y alternativas.

El Plan Director que se presenta tiene por objetivo reflejar la situación hídrica y social de la zona para proponer una serie de pautas de actuación. Concretamente, los SIG se utilizan en los procesos de levantamiento de información y procesamiento de datos; así como en la fase de difusión de resultados a través de mapas temáticos.

1. Levantamiento de información

Se trata de la primera etapa para la elaboración del Plan Director. En un primer nivel, se realiza una aproximación del contexto socioeconómico y biofísico de la zona, a través de información bibliográfica, cartográfica y experiencias previas.

A continuación, se establece el contacto con los actores locales que trabajan o están relacionados con el recurso hídrico (instituciones, gobiernos, organizaciones, etc.). En coordinación con estos agentes de desarrollo, se invita a representantes de las comunidades rurales a participar en un foro municipal. En estos foros se emplean herramientas de cartografía participativa y se generan de forma conjunta mapas con la localización de caseríos, características poblacionales y acceso.

Recabada toda esta información, se comienzan las visitas de campo. Por un lado, se realizan visitas sociales, en las que se trabaja mediante talleres participativos con la ciudadanía con el fin de recabar datos sobre: ubicación, datos poblacionales, infraestructuras, hábitos de consumo de agua, actividades económicas, etc. Por otro lado, se tienen las visitas

técnicas, donde se localizan los puntos identificados en las visitas sociales, básicos para el desarrollo del SIG. La toma de datos se realiza mediante dispositivos GPS y se localizan los edificios principales y los límites de la comunidad, los focos de contaminación, los sistemas de abastecimiento, etc.

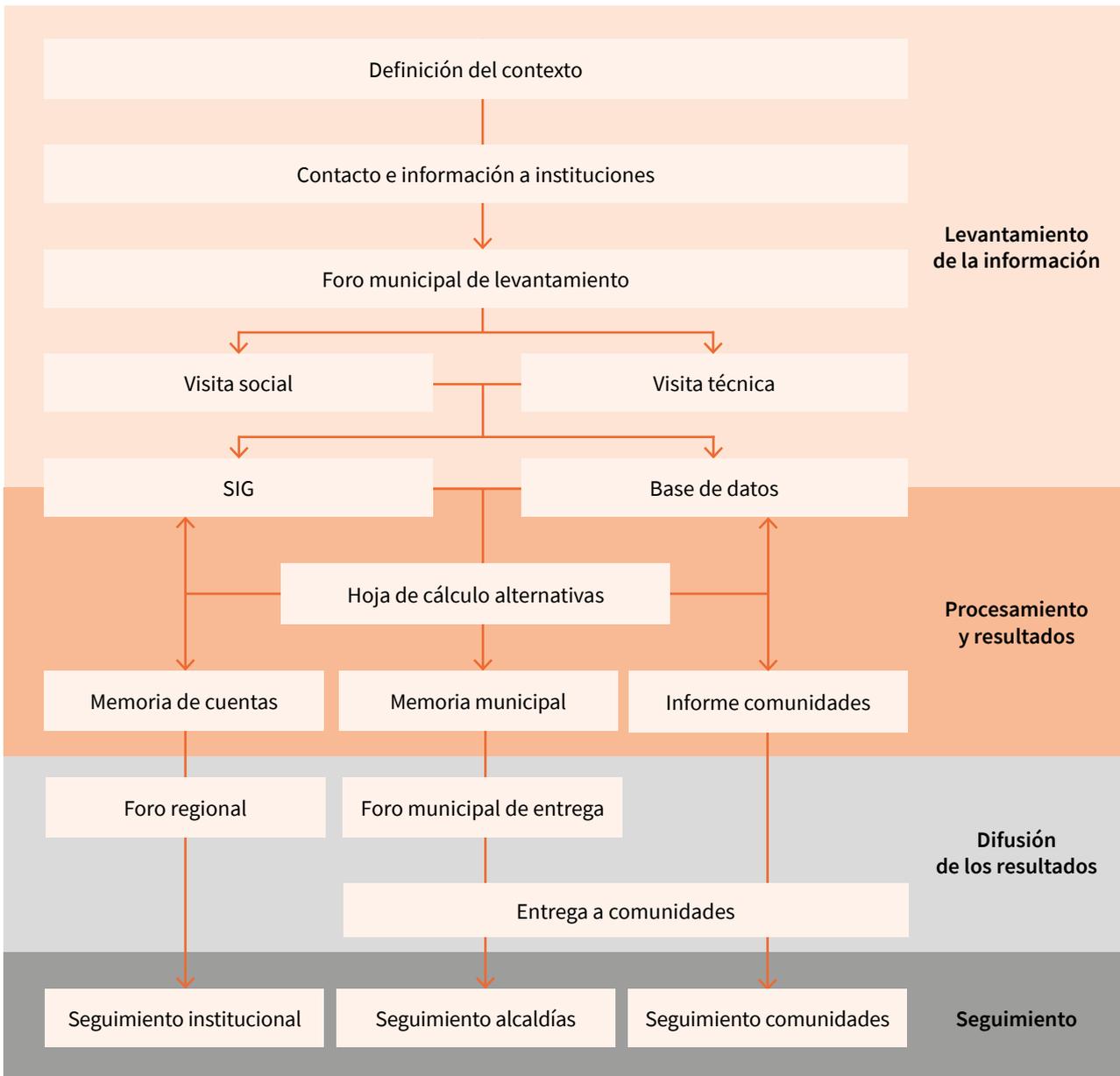


Figura 5. Fases del Plan Director en El Salvador. Fuente: Federación Española de Ingeniería Sin Fronteras (2015).

Referente a los sistemas de agua, se toman además datos sobre la calidad y cantidad del recurso. Se realizan mediciones de aforo y niveles de agua en pozos, para conocer el caudal mínimo disponible y su evolución temporal. Se mide el pH y la conductividad eléctrica y se toman muestras para un análisis microbiológico y fisicoquímico, con el objetivo de conocer la calidad microbiológica del agua que emplea la población.

Para organizar toda la información recabada, se emplea una estructura de BDD (ACCESS) y herramientas SIG (arcView-acrGIS).

2. Diseño de alternativas

A partir de las visitas y del SIG, se elabora una primera propuesta de agrupación en sistemas comunitarios y elección de los manantiales que podrían abastecerlos. Su diseño técnico y económico se realiza con la misma herramienta SIG (base de datos y cartografía), junto con una hoja de cálculo diseñada para el proyecto. Con dicha hoja de cálculo se estima la pobla-

ción futura a 20 años, la viabilidad de la alternativa y el dimensionado de los depósitos de captación, bombeo y distribución.

Si la alternativa es viable, es decir, el punto de agua de estudio tiene un caudal y calidad suficiente para abastecer a la población futura, se realiza un prediseño del recorrido de las tuberías desde la captación hasta las comunidades. Con ello, se puede calcular el sistema hidráulico: distancias, altitud, altura de bombeo, etc.

Con ello, se estudian diferentes alternativas para la comunidad y se establece un criterio de priorización en función de criterios de urgencia en el suministro, viabilidad de mantenimiento y sostenibilidad del futuro sistema de agua.

3. Memoria y difusión de resultados

Finalmente se generan las memorias y los informes de comunidad, que recogen toda la información recabada y procesada.

La transferencia de la información a las comunidades se realiza a través de foros comunitarios, donde se expone la situación y problemática en torno al agua; así como las alternativas de abastecimiento para dar cobertura a la población. Esta difusión a las comunidades rurales es uno de los hitos claves del proyecto, pues representa la devolución de la información que las propias comunidades facilitaron y trabajaron.

El Plan Director incluye además un proceso de acompañamiento posterior, ya sea de ámbito técnico para facilitar herramientas para una correcta gestión del agua, como de ámbito político para reforzar la planificación presupuestaria de abastecimiento o ámbito social para la organización y ejecución de las alternativas de abastecimiento y saneamiento diseñadas.

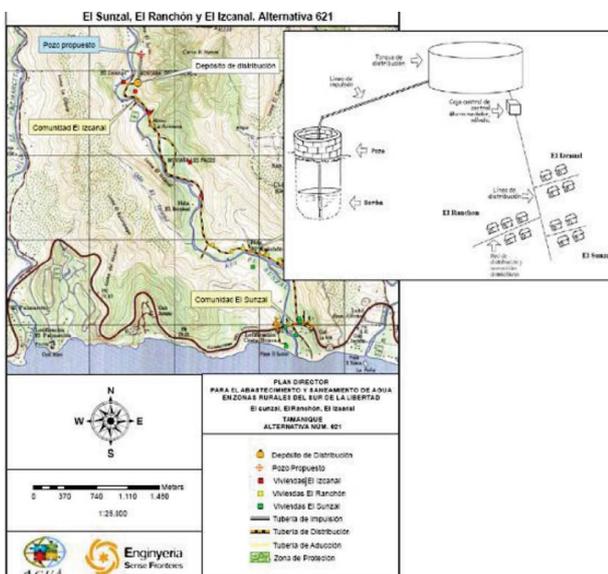


Figura 6. Ejemplo del mapeo de resultados para una de las alternativas diseñadas. Fuente: Federación Española de Ingeniería Sin Fronteras (2015).

 **Bibliografía**

Para ampliar la información sobre los **SIGs aplicados a proyectos de Cooperación al Desarrollo**, se puede emplear el material:

- › Humanitarias OpenStreetMap Team: <https://www.hotosm.org/>
- › Rueda, M. J., Arévalo, J., Puga, F., Martínez Crespo, G. (2016). *Introducción a los SIG aplicados a proyectos de desarrollo*. Federación Española de Ingeniería Sin Fronteras. **Módulo 1: Conceptos básicos e introducción**, pp. 57-58.
- › Pascual, D., Rueda, M. J., Molejón, C. (2015). *Introducción a los SIG aplicados a proyectos de desarrollo*. Federación Española de Ingeniería Sin Fronteras. **Módulo 6: Estudio de casos de proyectos SIG de cooperación al desarrollo**, pp. 37-56.

 **Material audiovisual**

Se propone visualizar el documental “Gestión comunitaria del agua y TICs en Perú” donde se narra parte de un proyecto que ONGAWA desarrolló en la zona andina del país para aplicar Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la mejora de la gestión comunitaria del agua en 3 comunidades en las que viven 8.000 personas.

Para ello se desarrolló un sistema en el que la comunidad enviaba SMS a la administración muni-

cipal con datos sobre calidad del agua, caudal y gestión de los sistemas comunitarios. Mediante un sistema que georreferencia los mensajes recibidos, se creaba una base de datos actualizados sobre la situación del recurso hídrico.

Para conocer más sobre el proyecto, puede visualizarse el documental en el siguiente enlace: https://ongawa.org/sms_aguarural/

Entidades sociales que trabajan las temáticas propuestas

A continuación, se recoge un listado de entidades que trabajan en torno a proyectos de construcción y caminos desde el enfoque del desarrollo sostenible. Pueden ser actores de apoyo para consulta de contenido o incluso entidades a involucrar en alguna de las sesiones en aula.



ENTIDAD	CONTACTO	WEB
ONGAWA Ingeniería para el Desarrollo Humano	info@ongawa.org	https://ongawa.org/
Ingeniería Sin Fronteras Andalucía	info@andalucia.isf.es	https://andalucia.isf.es/
Asociación Taph-Taph	info@taphtaph.org	https://taphtaph.org/
Arquitectura Sin Fronteras	andalucia@asfes.org	http://asfes.org/
ONU Hábitat	spain@unohabitat.org	https://unohabitat.org/





UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA

VICERRECTORADO DE IGUALDAD,
INCLUSIÓN Y COMPROMISO SOCIAL
Área de Cooperación
y Solidaridad



UCOPress
Editorial Universidad
de Córdoba



EPSB
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE BELMEZ
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



Junta
de Andalucía

Consejería de Inclusión
Social, Juventud, Familias
e Igualdad

Agencia Andaluza de
Cooperación Internacional
para el Desarrollo