



USAID

DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

INDUSTRIA Y MEJORES PRÁCTICAS
SOCIALES Y AMBIENTALES EN LA AMAZONÍA

GUÍA DE CONSULTA DE MEJORES PRÁCTICAS | Volumen 3

GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, LOS CUERPOS DE AGUA Y LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA



Foto: Jkraft5/Adobe Stock

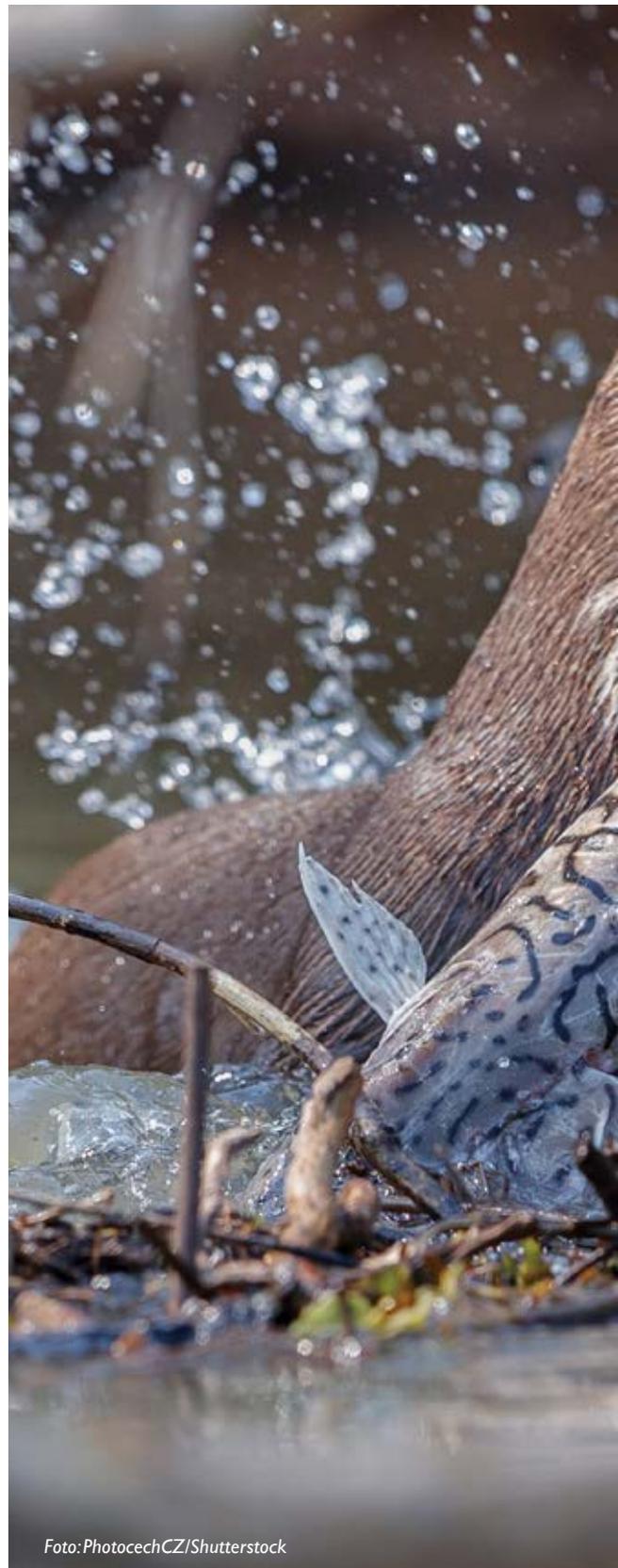


Foto: PhotocechCZ/Shutterstock



Foto: ChristianVinces/Shutterstock

Redacción y edición: Alexey Duarte, Jessica Hidalgo, Roberto Gómez y Kjeld Nielsen

Corrección de estilo: Jorge Cornejo

Diseño y diagramación: Calambur S.A.C.

Equipo técnico:

Mariano Castro, Karina Livschitz y Kena Vásquez, con contribuciones del equipo extendido de DT Global.

Elaborado con insumos de un Inventario de Mejores Prácticas Socioambientales en la Amazonía, realizado por DT Global y McKinsey & Company.

© 2020

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) estableció el Proyecto Ambiental Regional de la Amazonía para reducir los impactos negativos de los proyectos de infraestructura, las actividades extractivas y el estrés climático en los bosques, recursos hídricos y pueblos de la región. En ese marco, el proyecto de USAID, Amazonía Mejores Prácticas Socioambientales, se enfoca en la promoción de mejores prácticas industriales a través de la generación de condiciones óptimas para su adopción, como la creación de incentivos y el fortalecimiento institucional, a fin de reducir la pérdida de bosques, la fragmentación de ecosistemas y la contaminación de los sistemas hídricos, y de optimizar la relación con poblaciones locales, para contribuir así al desarrollo sostenible y al bienestar de sus habitantes.

Este documento es posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de Norteamérica a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este material es responsabilidad exclusiva de DT Global, Inc. y no refleja necesariamente las opiniones de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

INDUSTRIA Y MEJORES PRÁCTICAS
SOCIALES Y AMBIENTALES EN LA AMAZONÍA

GUÍA DE CONSULTA DE MEJORES PRÁCTICAS | Volumen 3

GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO,
LOS CUERPOS DE AGUA Y LA
BIODIVERSIDAD ASOCIADA



CONTENIDO

Índice de recuadros informativos / 9

Índice de experiencias de mejores prácticas / 10

Siglas y acrónimos / 12

Presentación / 16

1. Introducción / 18

2. La Amazonía: oportunidades y retos / 20

- 2.1 Breve repaso a la situación de la región: amenazas a los bosques, agua y pueblos de la Amazonía
- 2.2 Petróleo, minería, hidroenergía e infraestructura de transporte

3. La oportunidad de impulsar mejores prácticas en la Amazonía / 28

- 3.1 Mejores prácticas, concepto clave
- 3.2 Hacia un primer inventario de mejores prácticas: metodología

4. Guía de mejores prácticas para la gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada / 34

- 4.1 Gestión de cuerpos de agua, el recurso hídrico y los recursos hidrobiológicos
- 4.2 Conservación de la biodiversidad acuática

5. Inventario de experiencias en mejores prácticas para la gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada / 48

- 5.1 Plantilla modelo de experiencias de mejores prácticas
- 5.2 Experiencias de mejores prácticas para la gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada
 - 5.2.1 Conservación, monitoreo y manejo sostenible de la biodiversidad acuática y los recursos hidrobiológicos
 - 5.2.2 Gestión sostenible y eficiente de los recursos hídricos
 - 5.2.3 Gestión eficiente de residuos y prevención y mitigación de la contaminación
 - 5.2.4 Soporte a la toma de decisiones informadas basadas en evidencia
 - 5.2.5 Restauración, compensación y manejo de pasivos ambientales

6. Reflexiones finales / 104

7. Referencias / 107



ÍNDICE DE RECUADROS INFORMATIVOS

- Un marco para las mejores prácticas #1 / 22
 - Un marco para las mejores prácticas #2: Una guía para implementar la jerarquía de la mitigación / 30
 - Un marco para las mejores prácticas #3: Derecho humano al agua y al saneamiento / 35
 - Un marco para las mejores prácticas #4: Instrumentos para orientar la gestión del agua en la industria petrolera / 40
 - Un marco para las mejores prácticas #5: Instrumentos del Consejo Internacional de Minería y Metales para la gestión del agua / 45
 - Un marco para las mejores prácticas #6: Instrumentos de la Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica / 54
 - Un marco para las mejores prácticas #7: Código Internacional para el Manejo de Cianuro / 61
 - Un marco para las mejores prácticas #8: *Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables* / 65
 - Un marco para las mejores prácticas #9: Principios del Ecuador / 69
-
- Dato de interés #A: Una ruta para potenciar los aportes de la minería al desarrollo sostenible / 26
 - Dato de interés #B: La importancia de la planificación integral / 27
 - Dato de interés #C: Prácticas que benefician a todos / 31
 - Dato de interés #D: Minería y agua: convertir la necesidad en oportunidad / 37
 - Dato de interés #E: Hidroenergía por diseño / 42
-
- Innovación tecnológica #1: Reducción de impactos de las actividades de exploración sísmica en la biodiversidad / 52
 - Innovación tecnológica #2: Sistemas de monitoreo remoto de la calidad de agua, en tiempo real / 58
 - Innovación tecnológica #3: Sistemas predictivos de fallas en oleoductos / 63
 - Innovación tecnológica #4: Biorremediación / 67

ÍNDICE DE EXPERIENCIAS DE MEJORES PRÁCTICAS

Conservación, monitoreo y manejo sostenible de la biodiversidad acuática y los recursos hidrobiológicos / 73

- Minimizando los impactos en ecosistemas subacuáticos sensibles
- Diseño y construcción innovadores de muelle para prevenir impactos en la biodiversidad
- Establecimiento de una línea de base y un programa de monitoreo riguroso para controlar y mitigar la erosión y afectaciones al ambiente
- Técnicas innovadoras para prevenir impactos de carreteras en ríos

Gestión sostenible y eficiente de los recursos hídricos / 79

- Uso de lechos de caña o juncos como filtro de agua natural
- Eficiencia en el uso de agua en fracturación hidráulica
- Cosecha de lluvia para reducir la captación de agua
- Establecimiento de una planta de tratamiento de aguas de minas para contribuir al abastecimiento de agua para las comunidades locales
- Restauración de la infraestructura de aguas grises para su utilización en operaciones mineras
- Optimización en el uso de agua mediante tecnología para relaves secos

Gestión eficiente de residuos y prevención y mitigación de la contaminación / 86

- Sistema de alerta temprana ante derrames petroleros
- Tratamiento de aguas mediante evaporación mecánica en sitio
- Implementación de un plan de manejo de agua
- Recuperación de agua mediante espesamiento de pasta (*paste thickening*) en minería
- Gestión de relaves a través de la clasificación de minerales a granel

- Uso de una planta de recuperación de cianuro
- Instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales con un sistema de formación de lodos de alta densidad
- Implementación de estrategias de manejo de sedimentos para asegurar operaciones
- Lubricación de turbinas con agua

Soporte a la toma de decisiones informadas basadas en evidencia / 97

- Empleo de sistemas predictivos para facilitar el mantenimiento de oleoductos
- Implementación de ejercicios simulados para mejorar respuesta ante emergencias en el transporte fluvial de combustibles

Restauración, compensación y manejo de pasivos ambientales / 100

- Integración del cierre de operaciones mineras con la generación de energías limpias
- Programa de compensación mediante la protección a perpetuidad de otro río con condiciones y servicios similares de la misma cuenca

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACM	Asociación Colombiana de Minería
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BOS	<i>Bulk ore sorting</i> / Clasificación de mineral de trituración primaria
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina
CCA	Colorado Contractors Association / Asociación de Contratistas de Colorado
CCSI	Columbian Center on Sustainable Investment / Centro de Columbia para la Inversión Sostenible
CPV	<i>Concentrator photovoltaics</i> / Energía solar fotovoltaica de concentración
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization / Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth
CTAC	Consorcio de Tecnologías Avanzadas de Colombia Ltda.
dB	Decibel
EHS	Environment, Health, and Safety / Medioambiente, Salud y Seguridad
EIA	Estudio de impacto ambiental
EPA	United States Environmental Protection Agency / Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
GNL	Gas natural licuado
HbD	Hydropower by Design / Hidroenergía por diseño
HEADS	Hydrocarbon Early Automatic Detection System / Sistema de detección temprana para hidrocarburos
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração / Cámara Minera de Brasil
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICMC	International Cyanide Management Code / Código Internacional para el Manejo del Cianuro
ICMI	International Cyanide Management Institute / Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro
ICMM	International Council on Mining and Metals / Consejo Internacional de Minería y Metales
IFC	International Finance Corporation / Corporación Financiera Internacional

IHA	International Hydropower Association / Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica
IIMP	Instituto de Ingenieros de Minas del Perú
IoT	<i>Internet of things</i> / Internet de las cosas
IPIECA	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association / Asociación Internacional para la Conservación del Medio Ambiente de la Industria del Petróleo
LACC	Latin America Conservation Council / Consejo de Conservación para América Latina
LGBTIQ	Lesbiana, gay, bisexual, transgénero, transexual, travesti, intersexual y queer
MD	<i>Medical doctor</i> / Doctor en medicina
MI	Megalitro
Mt	Megatonelada
OCENSA	Oleoducto Central S.A. (Colombia)
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OSRL	Oil Spill Response Limited
PBI	Producto bruto interno
PETRONOR	Petróleos del Norte S.A.
pH	Potencial de hidrógeno
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PS6	Performance Standard 6 / Norma de Desempeño 6
PWES	Produced Water EcoServices
RAISG	Rede Amazônica de Informação Socioambiental Georreferenciada / Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada
RHP	Reventazón Hydroelectric Project / Proyecto Hidroeléctrico Reventazón
ROM	<i>Run of mine</i> / Mineral de mina
SNMPE	Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
SWCCR	Southwest Calgary Ring Road / Carretera de circunvalación del sudoeste de Calgary
USAID	United States Agency for International Development / Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
USD	<i>United States dollar</i> / Dólar estadounidense
WWF	World Wildlife Fund

Bioma amazónico



OCÉANO
PACÍFICO

-  RÍO PRINCIPAL
-  LÍMITE INTERNACIONAL
-  AMAZONÍA





PRESENTACIÓN



Actualmente, la rentabilidad y la sostenibilidad van de la mano. La confluencia justa de los aspectos económico, social y ambiental es la mejor vía para asegurar el éxito empresarial en el largo plazo y, sobre todo, para garantizar un entorno natural sano, capaz de continuar sosteniendo el desarrollo y el bienestar humanos en su conjunto.

Los grandes proyectos de infraestructura, minería y energía tienen un rol fundamental en el crecimiento económico y, por tanto, en nuestro desarrollo. Nos conectan, generan trabajo y apalancan un sinnúmero de industrias y servicios que contribuyen de manera determinante en la generación de ingresos en los países. Pero, sin una planificación y una gestión adecuadas, pueden generar también serios daños ambientales y conflictos sociales (con efectos particularmente severos en grupos vulnerables como los pueblos indígenas y las mujeres) y comprometer su viabilidad e incluso el futuro de sus sectores, sobre todo en regiones de alto valor natural y cultural como la Amazonía.

A nivel mundial, las compañías líderes apuestan cada vez más por impulsar mejores prácticas, a fin de que sus operaciones no solo minimicen impactos ambientales, sociales y económicos negativos, sino que aseguren impactos positivos en el marco de una visión empresarial de generación de valor compartido entre industria, entorno y población.

En regiones particularmente diversas y frágiles, como la Amazonía, las mejores prácticas son una necesidad y una oportunidad impostergables. Por ello, **con la intención de contribuir a construir un futuro de prosperidad económica, equidad social y cuidado ambiental en el que personas y biodiversidad convivan en armonía**, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) trabaja de la mano con la población local, líderes empresariales, gremios, Gobiernos, sociedad civil y otros actores clave, a través del Proyecto Amazonía Mejores Prácticas Socioambientales, para promover la adopción de mejores prácticas empresariales.

La presente guía es el resultado de un amplio proceso de consulta, análisis y sistematización de experiencias de implementación de dichas prácticas alrededor del mundo, entendidas como aquellas que minimizan los impactos ambientales, sociales y económicos negativos, y que están por encima de los estándares regulatorios. Estas prácticas han sido luego analizadas y seleccionadas a partir de su pertinencia y aplicabilidad en la Amazonía.

Esta guía sobre la Gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada es parte de un conjunto de herramientas (guías de consulta de mejores prácticas, volúmenes 1, 2 y 3) **que apuntan a contribuir a la adopción de mejores prácticas y, consecuentemente, a un futuro sostenible para la Amazonía y sus habitantes.**

I. INTRODUCCIÓN

La relación entre desarrollo sostenible y prosperidad en los negocios es cada vez más evidente. Gradualmente, las empresas están adaptando sus estrategias a fin de contribuir con mejores entornos socioambientales y, con ello, procurar, también, contextos más estables para sus operaciones.

La Amazonía comprende el bosque tropical y la cuenca hidrográfica más grandes del mundo. Es la región más diversa en términos culturales y naturales. En ella habitan más de 30 millones de hombres y mujeres, y más de 350 grupos étnicos; y provee servicios invaluable, como el resguardo de la mayor reserva de agua dulce y la regulación del clima global¹.

Los proyectos de infraestructura, minería y energía hacen una importante contribución al crecimiento económico y al desarrollo en los países. Sin embargo, escenarios como el amazónico plantean el gran desafío de minimizar sus impactos negativos y

potenciar los beneficios para el entorno y para las poblaciones locales.

En ese contexto, este documento **es una contribución de USAID para la identificación y la promoción de la adopción de mejores prácticas empresariales en cuatro sectores productivos específicos: minería, hidrocarburos, hidroenergía e infraestructura de transporte.** Propone conceptos y lineamientos básicos para identificar mejores prácticas y, sobre todo, presenta un compendio de experiencias con resultados comprobados en la implementación de estas prácticas en distintas regiones del planeta.

Las prácticas aquí seleccionadas cubren distintos aspectos y etapas de los proyectos, desde la planificación y el diseño, hasta el cierre, con el objetivo de contribuir a reducir los impactos negativos en los bosques, aguas y pueblos de la Amazonía. De manera específica, apuntan

¹ Flores, M., Lopes Da Silva Jr., U., Malone, H., Panuncio, M., Riveros, J. C., Rodrigues, S., Silva, R., Valenzuela, S., Arancibia, D., Bara-Neto, P., & Symington, M. (2010). *WWF's Living Amazon Initiative: A comprehensive approach to conserving the largest rainforest and river system on Earth*. Lima: WWF. Recuperado de: https://wwf.panda.org/wwf_news/?196095



a reducir la pérdida de biodiversidad, la deforestación y fragmentación de bosques, y la pérdida de integridad y calidad de los sistemas hídricos, y a procurar el bienestar de la población local frente a potenciales afectaciones a sus territorios, salud, cultura, economía, entre otros.

Esta selección de experiencias es el resultado de un arduo proceso de consulta y recopilación con reconocidos expertos, organizaciones especializadas, empresas líderes, autoridades y población local, que permitió sistematizar casos de mejores prácticas implementadas con éxito en diversas regiones y realidades. Esta herramienta está dirigida a especialistas y tomadores de decisiones de los ámbitos privado y público, así como de la sociedad civil y población en general con interés en promover y adoptar mejores prácticas empresariales en la Amazonía.

Las prácticas presentadas han sido seleccionadas en función de criterios técnicos, como sus estándares por encima de los requerimientos regulatorios, su potencial de adopción en la Amazonía y, sobre todo, sus resultados demostrados en términos de beneficios ambientales, sociales y económicos, en estricto respeto

de la población local. No obstante, **esta selección no pretende ser completa ni invalida la existencia de muchas otras experiencias igualmente valiosas. Tampoco implica certificación alguna sobre el desempeño de las empresas y demás actores mencionados, ni el respaldo o rechazo a las industrias involucradas o a sus proyectos.**

En su primera sección, el documento presenta un breve recuento de la situación en la Amazonía, la presencia de la industria en la región y los retos planteados. La segunda sección introduce las mejores prácticas y sus características generales, con énfasis en las prácticas para la gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada. La tercera sección presenta un recuento de experiencias de implementación de mejores prácticas ambientales con potencial para su adopción en la Amazonía, organizadas según criterios que faciliten su caracterización y referencia. Por último, se plantean recomendaciones para continuar con el proceso de identificación, propuesta y promoción de mejores prácticas industriales, con miras a un desarrollo sostenible en la Amazonía y más allá.

2.

LA AMAZONÍA: OPORTUNIDADES Y RETOS

Con más de 6,7 millones de km² de extensión, la Amazonía es la mayor selva tropical y representa cerca de una quinta parte de los bosques en el planeta. El río Amazonas, el más caudaloso del mundo, recorre más de 6.600 km desde su nacimiento en los Andes hasta su desembocadura en el océano Atlántico y es el eje de la mayor red hidrográfica en la Tierra y sostén de este bioma, que alberga al menos a una de cada 10 especies

terrestres y a más de 30 millones de personas en nueve países/territorios².

Además de ser la región más diversa en términos culturales y naturales, la Amazonía provee servicios invaluableles —como alimento, agua, medicinas, madera, insumos industriales diversos y la regulación de ciclos hídricos y del clima global— de los cuales depende toda la humanidad.

2.1 BREVE REPASO A LA SITUACIÓN DE LA REGIÓN: AMENAZAS A LOS BOSQUES, AGUA Y PUEBLOS DE LA AMAZONÍA

BOSQUES

Pese a su evidente importancia y a su aparente inmensidad, en décadas recientes la Amazonía ha perdido alrededor del 20% de sus bosques, y se calcula que en el año 2030 esta cifra podría superar el 25%. Se estima que alrededor del 90% de la deforestación actual corresponde a la ganadería y la agricultura, legal e ilegal, y que es impulsada por las redes de caminos, las cuales favorecen y se favorecen de actividades como la minería y la tala ilegales, con impactos negativos adicionales directos en los bosques, aguas y pueblos de la Amazonía³.

AGUA

Aunque los efectos en ríos, quebradas y lagos no siempre son tan visibles como en los bosques, la integridad del sistema hidrográfico es vital para el funcionamiento de la Amazonía en su conjunto. Los impactos en un punto determinado pueden tener serios efectos en áreas mucho mayores o incluso comprometer a todo el bioma.

Los ríos de la Amazonía son cada vez más afectados en términos de sobreexplotación de sus recursos, contaminación y fragmentación (es decir, pérdida

2 Flores, M., Lopes Da Silva Jr., U., Malone, H., Panuncio, M., Riveros, J. C., Rodrigues, S., Silva, R., Valenzuela, S., Arancibia, D., Bara-Neto, P., & Symington, M. (2010). *WWF's Living Amazon Initiative: A comprehensive approach to conserving the largest rainforest and river system on Earth*. Lima: WWF. Recuperado de: https://wwf.panda.org/wwf_news/?196095

3 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

de continuidad de sus flujos y ciclos). Actualmente, se calcula que, cada año, más de 200 toneladas de metales pesados contaminan los ríos⁴, y miles de barriles de petróleo contaminan ríos y quebradas, producto de prácticas inadecuadas. En paralelo, la construcción de carreteras y otra infraestructura puede generar

contaminación de fuentes de agua, erosión de suelos y fragmentación de hábitats. Por ejemplo, los proyectos de hidroenergía con frecuencia generan sedimentación y fragmentación de los ríos, con efectos en diversas especies (migración y ciclos reproductivos), así como en las poblaciones humanas aguas abajo.

Un marco para las mejores prácticas



Existen valiosas herramientas que promueven y orientan la propuesta, el diseño y la implementación de mejores prácticas empresariales alrededor del mundo. Desde los principales gremios empresariales hasta la mayor organización internacional (la ONU), pasando por las organizaciones líderes de la banca privada y la banca multilateral, una diversidad de empresas, asociaciones y organismos han generado compromisos, principios, directrices y declaraciones no vinculantes para guiar las actividades de las empresas en torno a la gestión de cuerpos de agua, el recurso hídrico y la biodiversidad asociada.

Al abordar el tema de las mejores prácticas aplicables a los sectores extractivos y de infraestructura en la Amazonía, es importante, entonces, reconocer y aprovechar el marco generado por los esfuerzos mencionados —algunos de los cuales se presentarán a lo largo del presente documento—, a fin de destacar sus lineamientos y recomendaciones más relevantes en materia de gestión de cuerpos de agua, el recurso hídrico y la biodiversidad asociada. Estos incluyen, entre otros, los siguientes (*):

- Pacto Mundial de las Naciones Unidas (2000)⁵.
- Principios del Ecuador (2003)⁶.

4 Dalberg Advisors. (2018). *Healthy rivers, healthy people. Addressing the mercury crisis in the Amazon*. WWF Report 2018. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?338470%2FToxic-mercury-poisoning-the-Amazon>

5 United Nations Global Compact. (2018). *Pacto Mundial de Naciones Unidas. Una llamada a la acción para empresa sostenibles*. Recuperado de: https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2018/02/Flyer-New-Strategy-GC-2018_20180126.pdf

6 The Equator Principles. (2020). *The Equator Principles, July 2020. A financial industry benchmark for determining, assessing and managing environmental and social risk in projects*. Recuperado de: <https://equator-principles.com/wp-content/uploads/2020/01/The-Equator-Principles-July-2020.pdf>

- Instrumentos del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM)(2003)⁷ ⁸.
- Reconocimiento del derecho humano al agua y al saneamiento de la ONU (2010).
- Instrumentos de la Asociación Internacional para la Conservación del Medio Ambiente de la Industria del Petróleo (IPIECA) (2012)⁹.
- Código Internacional para el Manejo del Cianuro (ICMC) (2014).
- *Guía intersectorial para la implementación de la jerarquía de la mitigación* (2015).
- Instrumentos de la Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica (IHA) (2018)¹⁰.

(*) Las fechas entre paréntesis corresponden a la primera versión del documento.



Foto: Christian Yinces/Shutterstock

-
- 7 International Council on Mining and Metals (ICMM). (2003). *Mining principles*. Londres: ICMM. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/mining-principles/factsheet_investment-community.pdf
- 8 International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f.). *Los Principios Mineros del ICMM definen los requisitos ambientales, sociales y de gobernanza de buenas prácticas para la industria minera y de metales*. Recuperado de: <https://www.icmm.com/es>
- 9 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (s. f.). *Resources*. Recuperado de: <http://www.iecea.org/resources/>
- 10 International Hydropower Association (IHA). (2018). *Hydropower sustainability guidelines on good international industry practice*. Recuperado de: https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/hydropower_sustainability_guidelines_on_good_international_industry_practice.pdf

PUEBLOS

Como se señala líneas arriba, la Amazonía abarca parte de ocho países y un territorio de ultramar (Guayana Francesa), y es hogar de más de 30 millones de personas; de ellas, más de 1,5 millones son indígenas pertenecientes a más de 350 grupos étnicos, de los cuales alrededor de 60 se encuentran en algún grado de aislamiento voluntario. Las presiones crecientes por aprovechar los recursos y facilitar el acceso a la región generan una serie de desafíos para las diversas culturas y medios de vidas locales. Estos incluyen, potencialmente, conflictos territoriales, problemas de acceso a los recursos de los que dependen, cambios culturales, desplazamiento de comunidades, falta de acceso a las nuevas oportunidades generadas, entre otros.

En este contexto complejo y retador —y si bien no son las principales fuentes de presión a la Amazonía—, las industrias minera, hidrocarburífera, energética y de infraestructura tienen un rol clave en procurar la sostenibilidad de la región, su biodiversidad y el bienestar de sus habitantes, ya que sus actividades pueden exacerbar seriamente los efectos de otras amenazas; por ejemplo, al facilitar el acceso a zonas remotas o generar impactos directos en las fuentes de agua o en las dinámicas sociales y culturales locales.

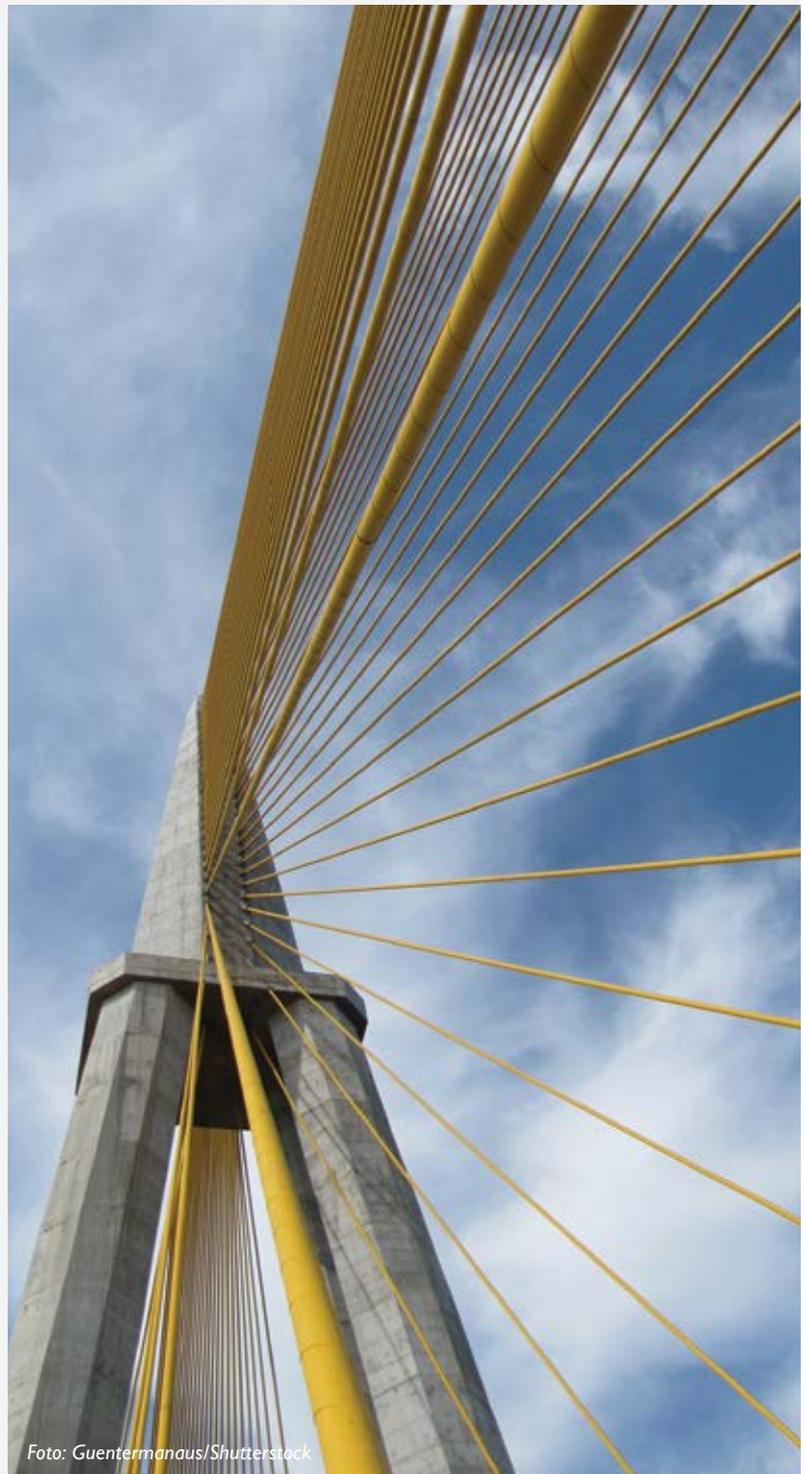


Foto: Guentermanaus/Shutterstock

2.2 PETRÓLEO, MINERÍA, HIDROENERGÍA E INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

Varios de los países que comparten la Amazonía han liderado los índices de crecimiento económico en el continente y el mundo en años recientes. En buena cuenta, esto se sustenta en sectores como la minería, la energía y las grandes obras de infraestructura.

En países como Colombia y Perú, la participación de la minería y el petróleo en las exportaciones totales representa el 50%, y dichos sectores generan el 4% y el 8,5% del PBI nacional en cada caso¹¹. Aunque estos valores son nacionales y no se refieren solo al territorio amazónico, evidencian la relevancia de dichas actividades para la economía de los países que tienen sus principales yacimientos hidrocarburíferos en la Amazonía, como es el caso de Perú.

Con respecto a hidroenergía, existen actualmente más de 150 represas en la Amazonía, y más de 270 adicionales están en construcción o planificadas¹². Del mismo modo, si bien existen cerca de 420¹³ proyectos

mineros legales en la Amazonía, hay alrededor de 6.800 solicitudes para nuevas operaciones (15 veces más).

Por último, a manera de ejemplos en lo que se refiere a infraestructura de transporte, en Colombia, desde la firma del acuerdo de paz (2016), se han generado o planificado cerca de 3.700 km de nuevas carreteras, sobre todo terciarias, en la región amazónica¹⁴; y, en Brasil, un solo proyecto ferroviario (Ferrogrão) tendrá cerca de 1.000 km de extensión. Por su parte, en Perú, se planea facilitar las vías fluviales para comercio en más de 2.600 km de ríos amazónicos, y existen iniciativas similares en Colombia y otros países de la región. Cabe anotar que, según estudios realizados en la Amazonía brasileña, por cada kilómetro de vía terrestre formal se generan en promedio 8 km de vías informales de penetración al bosque¹⁵, que favorecen la colonización de nuevas tierras y la extracción informal de recursos, lo que denota la dimensión de los impactos potenciales derivados de obras de infraestructura sin planificación adecuada.

11 Datos extraídos de <http://data.worldbank.org>

12 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

13 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

14 RAISG (Rede Ambiental de Informação Sociambiental Georreferenciada) & Infoamazonia. (2019). *Amazonia en la encrucijada*. Recuperado de: <https://encrucijada.amazoniasocioambiental.org/story/caminos-selva-adentro>

15 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

Dato de interés #A



Una ruta para potenciar los aportes de la minería al desarrollo sostenible

Las Naciones Unidas, a través de su plataforma de desarrollo sostenible, reconoce la importancia de la minería en el contexto social y ambiental¹⁶. Entre otros, reconoce los siguientes puntos como prioritarios para un desarrollo sostenible:

- La minería es una actividad económica esencial en la vida moderna, que, bien hecha, cataliza las economías de muchos países, y en particular de aquellos en desarrollo, contribuyendo a la reducción de la pobreza y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- Los países son soberanos en el desarrollo de sus recursos naturales, maximizando los beneficios sociales y económicos, y reduciendo los impactos negativos en las comunidades y el ambiente.
- Los Gobiernos requieren fortalecimiento de capacidades para gestionar y regular las actividades mineras, en el interés del desarrollo sostenible. Esto sugiere la importancia de políticas y prácticas efectivas que salvaguarden los beneficios económicos y sociales y protejan el ambiente, y contribuyan a conservar la biodiversidad y sus ecosistemas.
- Se requiere promover la participación de comunidades locales y mujeres.
- Es importante proveer incentivos financieros y desarrollar capacidades técnicas para un adecuado procesamiento, disposición y rehabilitación de los recursos, de acuerdo con los más recientes avances tecnológicos.

¹⁶ Sustainable Development Goals Knowledge Platform. (s.f.). Decisions by topic: Mining. Recuperado de: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1259>



Dato de interés #B



La importancia de la planificación integral

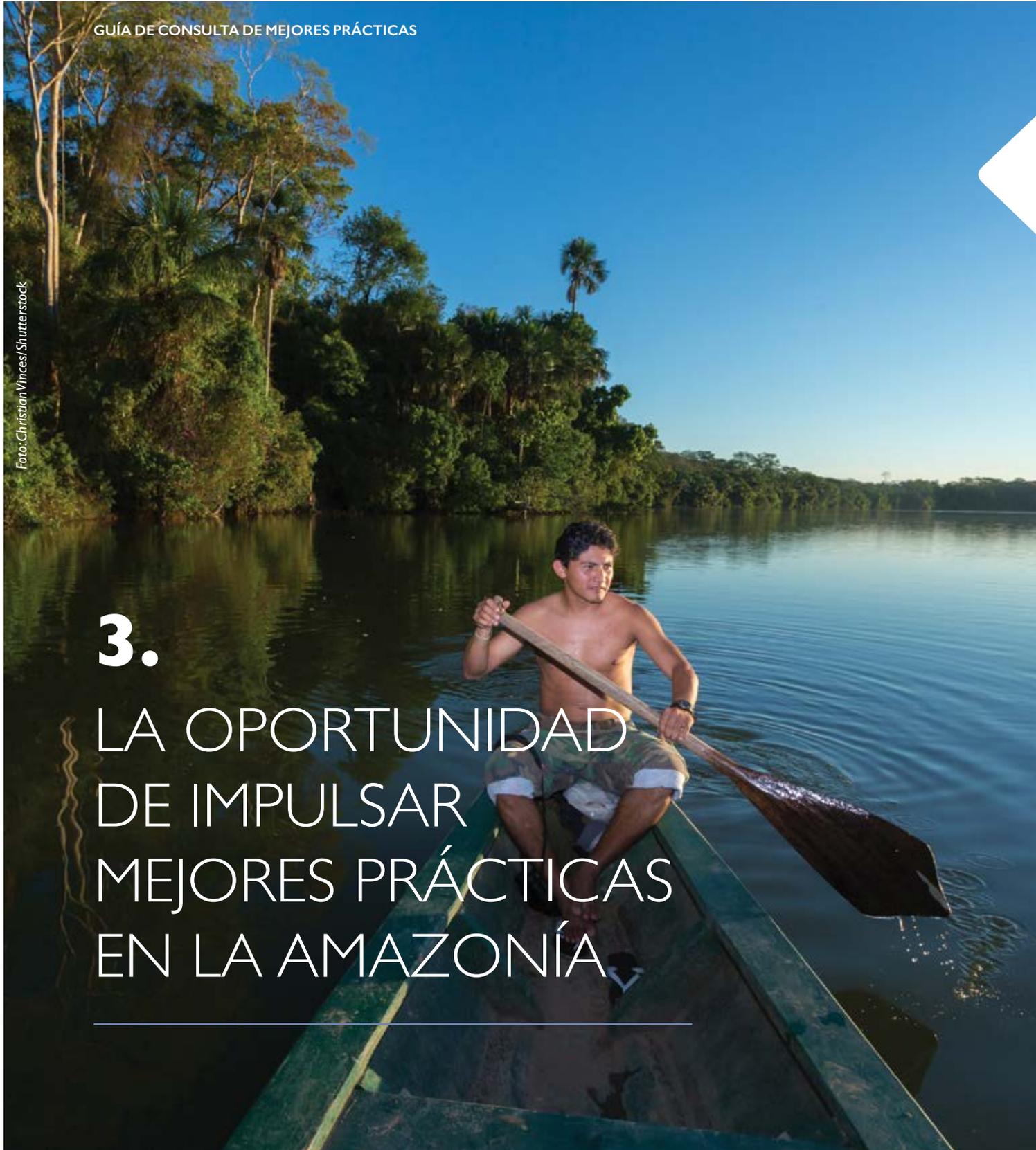
Las grandes obras y proyectos de infraestructura y las industrias extractivas deben priorizar una gestión integral y rigurosa desde su etapa de planificación. De otro modo, los impactos sociales, ambientales y económicos negativos reducirán severamente sus aportes, limitarán su sostenibilidad a largo plazo y, peor aún, afectarán seriamente el entorno natural y a la sociedad, comprometiendo directamente su operación actual y futura.

De acuerdo con un estudio del Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales¹⁷, entre los años 2000 y 2015, los países latinoamericanos han implementado una serie de grandes proyectos de infraestructura que, en el largo plazo, se han asociado con incrementos en la degradación ambiental y conflictos sociales, y con frecuencia han incumplido las expectativas de desarrollo planteadas originalmente. Más aún, según señala el estudio, los grandes proyectos de energía, minería y carreteras en la Amazonía han beneficiado sobre todo a las industrias internacionales, pero sin generar impactos significativos en el crecimiento económico nacional o local. Por todo ello, se debe replantear el enfoque de desarrollo para la Amazonía según los nuevos paradigmas aquí descritos y priorizando la implementación de mejores prácticas para asegurar un desarrollo sostenible genuinamente inclusivo.

17 Center for Strategic and International Studies (CSIS). (2020). Sustainable infrastructure in the Amazon. Documento de discusión.

3.

LA OPORTUNIDAD DE IMPULSAR MEJORES PRÁCTICAS EN LA AMAZONÍA



Este proceso de análisis e identificación de las mejores prácticas empresariales más relevantes para la región se realizó tomando en cuenta el contexto descrito, las contribuciones de las industrias señaladas (minería, hidrocarburos, hidroenergía

e infraestructura de transporte) al desarrollo nacional, así como el valor inigualable y las condiciones particulares de la Amazonía y, sobre todo, la impostergable necesidad de priorizar y garantizar la sostenibilidad de la región y el bienestar de sus poblaciones.

3.1 MEJORES PRÁCTICAS, CONCEPTO CLAVE

Las mejores prácticas son aquellas que minimizan los impactos ambientales, sociales y económicos negativos derivados de prácticas industriales tradicionales, y que están por encima de los estándares regulatorios. Es decir, que van más allá de lo exigido por la legislación.

Las mejores prácticas se pueden aplicar en todas las etapas a lo largo del ciclo de los proyectos, desde la planificación hasta el cierre, pasando por la ubicación, la factibilidad, el diseño, la construcción y la operación, de acuerdo con la jerarquía de la mitigación (ver la Fig. 1). Tienen resultados demostrados en materias como la prevención, mitigación, restauración y compensación de dichos impactos, y en la mejora de la participación social.

En consecuencia, las mejores prácticas reducen los riesgos y los costos de operación y optimizan la relación con las poblaciones locales, lo que genera beneficios para el entorno y para la empresa. Además, están dirigidas —y de manera prioritaria— a atender las necesidades, intereses y prioridades de grupos locales

en condiciones de exclusión y vulnerabilidad, como los pueblos indígenas, las mujeres y la población LGBTIQ (lesbiana, gay, bisexual, transgénero, transexual, travesti, intersexual y *queer*), entre otros.

Fig. 1.- Ciclo del proyecto y jerarquía de la mitigación



Un marco
para las
mejores
prácticas
#2

Una guía para implementar la jerarquía de la mitigación¹⁸

La *Guía intersectorial para la implementación de la jerarquía de la mitigación* es un instrumento de orientación para las industrias extractivas que abarca la gestión de los proyectos desde su diseño y planificación hasta el fin de su vida útil. Fue publicado en 2015 por The Biodiversity Consultancy Ltd para ICMM, IPIECA y los Principios del Ecuador; con el respaldo de la Corporación Financiera Internacional (IFC) en el marco de su Norma de Desempeño 6 sobre “Conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos naturales vivos” (PS6).

La jerarquía de mitigación es una herramienta diseñada para ayudar a las empresas a minimizar los potenciales impactos negativos de sus operaciones sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. En términos simples, se refiere a una secuencia de cuatro acciones: evitar, minimizar, restaurar y compensar impactos.

En ese sentido, la guía apunta a:

- Definir claramente la jerarquía de mitigación y su aplicación a proyectos extractivos.
- Ofrecer orientación práctica para la comprensión e implementación de cada paso de la jerarquía de mitigación a lo largo de la vida útil del proyecto extractivo.
- Describir cómo determinar y demostrar la pérdida o ganancia de biodiversidad y/o servicios ecosistémicos como resultado de la acción de mitigación.
- Ofrecer medidas prácticas para predecir y verificar resultados de conservación en el tiempo.
- Permitir aplicaciones flexibles, adaptables a sitios específicos, en los aspectos ambiental, operacional y regulatorio.
- Ser sistemáticamente aplicable en un rango de proyectos extractivos e industriales y entornos naturales.

¹⁸ Ekstrom, J., Bennum, L., & Mitchell, R. (2015). *A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy*. Cross Sector Biodiversity Initiative. Reino Unido: The Biodiversity Consultancy Ltd. Recuperado de: <http://www.csbi.org.uk/wp-content/uploads/2017/10/CSBI-Mitigation-Hierarchy-Guide.pdf>

Algunos principios básicos para las mejores prácticas son los siguientes:

- **Respeto a los derechos humanos.** Como la propia afirmación indica, implica un compromiso de estricto respeto a los derechos fundamentales de las personas que, de un modo u otro, se encuentren en el ámbito de influencia de la operación o empresa.

- **Responsabilidad legal.** Se refiere al reconocimiento y cumplimiento de los distintos deberes que conlleva la operación de la empresa, en el marco de las regulaciones nacionales y otras relevantes, así como a la necesidad de garantizar que las mejores prácticas propuestas, más allá de los objetivos positivos planteados, se ciñan a dicho marco y no lo contradigan.

- **Autorregulación.** Un rasgo característico de las mejores prácticas es la vocación empresarial por autorregular sus operaciones. Es decir, el compromiso por procurar el mejor desempeño posible, independientemente de mecanismos de control externos.

- **Participación.** Se refiere a la voluntad continua que debe primar por fomentar el clima y los mecanismos propicios para procurar la participación activa de las partes interesadas en los procesos de toma de decisión y operación de la empresa.

- **Transparencia.** En línea con el punto previo, se refiere a la implementación de políticas y sistemas que garanticen acceso a toda la información relacionada con la operación de la empresa, relevante para las partes interesadas.

- **Innovación.** Un rasgo inherente y distintivo de las mejores prácticas es la búsqueda constante de nuevas tecnologías, metodologías, enfoques y mecanismos para resolver problemas y retos complejos.

Dato de interés #C



Prácticas que benefician a todos

Las mejores prácticas empresariales permiten reducir la pérdida de bosques, la fragmentación de ecosistemas y la contaminación de los sistemas hídricos, y optimizan la relación con las poblaciones locales. Contribuyen así con las prioridades de desarrollo sostenible nacional y generan beneficios económicos, sociales y ambientales para la región amazónica y sus habitantes, así como para las empresas involucradas. Estos beneficios incluyen, entre otros, los siguientes:

- Optimización de recursos a largo plazo al reducir costos y riesgos y dar sostenibilidad a las inversiones.

- Reducción de impactos negativos al ambiente al asegurar el bien común y, además, proteger el capital natural a futuro.

- Minimización de repercusiones negativas a las comunidades locales y los pueblos indígenas al procurar la prosperidad local.

- Construcción de valor compartido (empresa, entorno, población) al generar un entorno favorable para el éxito de los proyectos y el desarrollo integral y sostenible.



Foto: AL'fred/Shutterstock

En términos sencillos, las mejores prácticas consideradas en el presente documento cumplen con criterios como los siguientes:

- Sostenibilidad ambiental, económica y social.
- Eficacia.
- Viabilidad técnica.
- Contribución a la reducción de impactos negativos de las operaciones industriales.
- Adaptabilidad.
- Ir más allá de los requisitos legales.

3.2 HACIA UN PRIMER INVENTARIO* DE MEJORES PRÁCTICAS: METODOLOGÍA

I. Como primer paso para la elaboración de estas **guías de consulta de mejores prácticas (volúmenes 1, 2 y 3)**, se hizo una evaluación

profunda y priorización de las principales amenazas a la Amazonía y sus pueblos. Se determinó que las grandes amenazas eran las siguientes:

* Elaborado con insumos del *Inventario de Mejores Prácticas Socioambientales en la Amazonía*, realizado por DT Global y McKinsey & Company.

- a. **la pérdida de bosques y su continua degradación,**
- b. **la pérdida de calidad y cantidad de fuentes de agua, y**
- c. **la falta de inclusión social e igualdad de género de las poblaciones locales.**

2. A continuación, se identificaron los grandes impulsores de estas amenazas (por ejemplo, la emisión de relaves en el caso de contaminación de cuerpos de agua, o el cambio de uso del suelo en el caso de la deforestación).

3. Luego, se estableció la correlación de estos impulsores con las actividades de las industrias mencionadas arriba. Así, fue posible determinar los tipos de mejores prácticas en los que se centraría el ejercicio de sistematización, cuya síntesis se presenta a continuación.

4. Una vez identificadas las amenazas, sus impulsores y la correlación de estos con las industrias priorizadas, se procedió a la caracterización preliminar y revisión posterior de cientos de experiencias de implementación de mejores prácticas tendientes a atender o mitigar dichos impulsores de amenazas. Para ello, se realizó un trabajo de consulta exhaustivo, que incluyó lo siguiente:

- a. revisión de fuentes secundarias,
- b. reuniones y sesiones de trabajo, y
- c. entrevistas con especialistas, miembros de la academia, organizaciones científicas, empresa y población local.

5. La información resultante fue sintetizada y organizada según elementos como los siguientes:

- a. la industria en que se aplicó cada práctica,
- b. el objetivo que atiende y
- c. el tipo de práctica, entre otros.

6. Por último, se elaboró un primer inventario con alrededor de 80 mejores prácticas potencialmente aplicables en la Amazonía. Estas, tras su calificación, fueron organizadas en tres grandes categorías y, respectivamente, en los volúmenes 1, 2 y 3 de estas guías:

- a. inclusión social e igualdad de género,
- b. gestión de los bosques y la biodiversidad, y
- c. gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada.

Cabe anotar que la selección de mejores prácticas resultante, y que se presenta más adelante, refleja una recopilación inicial, que puede —y debe— seguir expandiéndose a partir de las pautas y criterios señalados, a fin de continuar enriqueciendo la disponibilidad de prácticas que aseguren el mayor beneficio posible a la Amazonía y sus pueblos.

Muchos gremios o asociaciones empresariales o mixtas en la región están comprometidos con la promoción de la adopción de mejores prácticas y podrían continuar con esta tarea facilitando el acceso a mejores prácticas relevantes para la protección de los bosques y la biodiversidad asociada en la Amazonía.

4.

GUÍA DE MEJORES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, LOS CUERPOS DE AGUA Y LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA

Como ya se ha señalado, las mejores prácticas son aquellas que minimizan los impactos negativos e incrementan los beneficios ambientales, económicos y

sociales de las actividades empresariales. La presente guía se enfoca en aquellas prácticas que contribuyen a la gestión del recurso hídrico, los cuerpos de agua y la biodiversidad asociada.

Un marco para las mejores prácticas #3

Derecho humano al agua y al saneamiento

En 2010, la Asamblea General y el Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas reconocieron el derecho humano al agua y al saneamiento. Al respecto, la Relatoría Especial ha señalado criterios amplios, flexibles y adaptables a fin de procurar que se apliquen las medidas necesarias para garantizar dicho derecho en cada contexto¹⁹.

Dentro de dichos criterios, algunos de los más relevantes para las actividades empresariales son los siguientes²⁰:

- **No discriminación:** la prestación de servicios de agua y saneamiento debe realizarse sin discriminación alguna y debe dar especial atención a los grupos vulnerables y sin acceso seguro a estos. Una buena práctica es asegurar el acceso básico para todos, más que favorecer mejores condiciones para quienes ya acceden a dichos servicios.
- **Participación:** toda actividad que afecte el acceso de las personas a estos servicios debe facilitar la participación útil de los interesados y garantizar la transparencia y el acceso a la información.
- **Sostenibilidad:** la gestión del agua debe demostrar que se han destinado los recursos necesarios para el funcionamiento y el mantenimiento de los servicios a lo largo del tiempo; y, en el caso del saneamiento, es importante garantizar que la sostenibilidad implique cambios en el comportamiento y el

19 De Albuquerque, C. (Relatora Especial de Naciones Unidas para el Derecho Humano al Agua Potable y al Saneamiento). (2012). *Derechos hacia el final: buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento*. Lisboa. Recuperado de: https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_sp.pdf

20 De Albuquerque, C. (Relatora Especial de Naciones Unidas para el Derecho Humano al Agua Potable y al Saneamiento). (2012). *Derechos hacia el final: buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento*. Lisboa. Recuperado de: https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_sp.pdf

uso del servicio. Por tanto, la sostenibilidad (económica, social y ambiental) debe ser un elemento integral de la planificación.

- **Disponibilidad:** los Estados son responsables de establecer los sistemas y estructuras pertinentes para asegurar la disponibilidad de los servicios de agua y saneamiento. Además, deben priorizarse los usos personal y doméstico del agua y deben implementarse instalaciones de tratamiento de residuos para proteger la salud de las personas y del ambiente.
- **Calidad:** el agua no debe contener contaminantes perjudiciales para la salud.



Foto: Zaruba Ondrej/Shutterstock

La salud de los ecosistemas acuáticos se determina en función de la calidad y cantidad de agua, la conectividad y la biodiversidad²¹. Los proyectos deben incorporar consideraciones específicas sobre cada uno de estos aspectos desde el diseño de sus operaciones, con el fin de asegurar una operación eficiente, exitosa y, sobre

todo, sostenible en el tiempo, y evitar la generación de conflictos por el uso y la disponibilidad del recurso. Al respecto, se han identificado dos grandes campos de acción prioritarios y vinculados entre sí: la gestión de cuerpos de agua y sus recursos, y la conservación de la biodiversidad asociada.

21 WWF (World Wildlife Fund). (2018). Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto [M. Grooten & R.E.A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

Dato de interés #D

Minería y agua: convertir la necesidad en oportunidad

Un estudio realizado por el Centro de Columbia para la Inversión Sostenible (CCSI) destaca la importancia de la industria minera en la gestión del agua, que incluye el proveer acceso a agua limpia a las comunidades en las zonas de influencia donde esta opera²². Dicho estudio revela que las grandes empresas mineras han concentrado el 70% de sus operaciones en regiones donde el riesgo de acceso a fuentes hídricas es grande.

Esta situación, de alguna manera vista como riesgo, puede convertirse en una oportunidad. Por ejemplo, las empresas mineras localizadas a cientos de kilómetros de la costa ya han rediseñado sus procesos para utilizar agua de mar, ya sea tratada o directamente. Otras empresas han incluido plantas de tratamiento sofisticadas, que incluyen procesos de ósmosis inversa, para garantizar la calidad de los efluentes y evitar la contaminación de acuíferos.

Por otro lado, algunas mineras hacen inversiones para construir reservorios de agua, con el fin de asegurar el flujo constante a sus operaciones y brindar el recurso a las comunidades aledañas, lo cual les facilita obtener la llamada licencia social para operar.

En el año 2011, las inversiones del sector minero en infraestructura que garantice las necesidades operacionales y sociales fue de USD 7.700 millones. Australia invirtió USD 3.500 millones, mientras que Chile, Perú y Brasil invirtieron USD 817 millones, USD 794 millones y USD 476 millones respectivamente. Para el año 2014, según el estudio de CCSI, estas inversiones ya se estimaban en alrededor de USD 14.000 millones.

Uno de los ejemplos citados en el estudio es el de Vale en Brasil, que ha logrado reciclar más del 77% del agua que utiliza. Específicamente, en la planta de Sossego, en el estado de Pará, la operación recicla el 99,99% del agua utilizada, lo que reduce las necesidades de bombeo en 900.000 m³ por año, lo equivalente al consumo de 25.000 personas en seis meses.

22 Toledano, P., & Roorda, C. (2014). Leveraging mining investments in water infrastructure for broad economic development: Models, opportunities and challenges. CCSI Policy Paper. Columbia Center on Sustainable Investment. Recuperado de: <http://ccsi.columbia.edu/files/2014/05/CCSI-Policy-Paper-Leveraging-Mining-Related-Water-Infrastructure-for-Development-March-2014.pdf>

4.1 GESTIÓN DE CUERPOS DE AGUA, EL RECURSO HÍDRICO Y LOS RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS

Los cuerpos de agua dulce, y especialmente los ríos y los humedales asociados a ellos, son fundamentales para la vida en la Tierra. Aunque representan menos del 1% de la superficie terrestre²³, son —de manera directa o indirecta— la principal fuente de agua para la población humana. Además, constituyen algunos de los ecosistemas más productivos, diversos y resilientes del mundo, aunque están también entre los más amenazados por la actividad humana, que genera efectos como su sobreexplotación, degradación, contaminación y fragmentación.

Los ríos de flujo libre, es decir, aquellos que discurren sin interrupciones desde su nacimiento hasta su desembocadura, aseguran la productividad de humedales, deltas y estuarios, y estos ecosistemas son los principales centros de captura de pesca de agua dulce en el mundo. Cientos de millones de personas dependen de los alimentos generados por los ríos, y casi la mitad de las especies de peces en el mundo habitan en ellos. Entre peces y otras especies, la captura total anual en los sistemas fluviales alcanza entre 14 y 32 millones de toneladas, lo suficiente como para cubrir

la demanda proteica de entre 225 y 550 millones de personas. Además, los nutrientes cargados por los ríos son cruciales para la productividad en muchas de las zonas pesqueras marinas más productivas, que proveen alrededor del 16% de la captura marina global total. Todo ello, sin mencionar la dependencia de los ríos para la agricultura y la ganadería estacionales²⁴.

La gestión de la captación y el uso del agua empleada por las operaciones industriales debe ser concebida en este contexto mayor, en el que la prioridad debe ser garantizar la salud de las fuentes de agua desde el origen del recurso, pasando por su uso, hasta el desecho o devolución de las aguas ya utilizadas.

FRAGMENTACIÓN Y PÉRDIDA DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN LA AMAZONÍA

La Amazonía es el mayor sistema hídrico en el mundo. Tiene alrededor de un millón de kilómetros cuadrados

23 Opperman, J., Grill, G., & Hartmann, J. (2015). *The power of rivers: Finding balance between energy and conservation in hydropower development*. Washington D. C.: The Nature Conservancy. Recuperado de: <https://www.nature.org/media/freshwater/power-of-rivers-report.pdf>

24 Opperman, J., Grill, G., & Hartmann, J. (2015). *The power of rivers: Finding balance between energy and conservation in hydropower development*. Washington D. C.: The Nature Conservancy. Recuperado de: <https://www.nature.org/media/freshwater/power-of-rivers-report.pdf>

de ecosistemas de agua dulce en torno al río más largo del planeta (6.600 km), descarga 219.000 m³ de agua cada segundo al océano Atlántico y alberga entre el 17 y el 20% del agua dulce en la Tierra²⁵. Sin embargo, pese su gran magnitud, o tal vez debido a ella, con frecuencia los impactos de las intervenciones humanas en su sistema no son dimensionados en la escala real. Es decir, que, más allá de su impacto local, los proyectos de infraestructura o las actividades extractivas en ocasiones no consideran los impactos acumulativos en el sistema hídrico.

Por ello, es indispensable que los instrumentos de gestión ambiental de los proyectos de infraestructura o las actividades extractivas consideren, además de los impactos directos, aquellos impactos acumulativos sinérgicos, y otros, que pudieran generarse por la concurrencia con otras actividades o fuentes.

La red hidrográfica de la Amazonía suele ser descrita como un sistema vascular humano, lo que implica que los cambios locales pueden, a mediano plazo, terminar cortando los flujos naturales vitales de los que depende el bioma y, con ello, comprometer el funcionamiento del sistema en su conjunto, e incluso llevarlo a un colapso total. Ya sea debido a obras de infraestructura concebidas sin la planificación adecuada, que alteren su flujo o curso natural, o a su degradación por contaminación o pérdida significativa de biodiversidad, los ríos amazónicos están sometidos a una creciente presión. Ello pone en riesgo no solo a las especies de flora y fauna locales, sino los medios de vida de las poblaciones locales (indígenas, ribereñas), lo que vulnera sus derechos y compromete la viabilidad misma de los proyectos al invalidar, en muchos casos, su razón de ser, con las consecuentes pérdidas ambientales, sociales y económicas.



Foto: Evdoha/Adobe Stock

25 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

Un marco
para las
mejores
prácticas
#4

Instrumentos para orientar la gestión del agua en la industria petrolera

La industria petrolera, al igual que la minera, consume grandes cantidades de agua: sus procesos requieren importantes volúmenes tanto en las fases de exploración como en las de producción, e incluso en la de incremento de recobro del crudo. Las operaciones petroleras conllevan varios riesgos, que no solo incluyen el de su gran consumo de agua, sino también el de la contaminación potencialmente alta de las fuentes hídricas.

La Asociación Internacional para la Conservación del Medio Ambiente de la Industria del Petróleo (IPIECA) ha desarrollado, junto con las empresas del sector y organizaciones ambientales líderes, una serie de principios y guías²⁶ para la gestión del agua a lo largo del ciclo de vida de las operaciones de petróleo y gas.

Dichos principios buscan complementar, y no reemplazar, las leyes y regulaciones pertinentes, cuyo cumplimiento es considerado como un estándar mínimo de referencia²⁷.

Los principios se relacionan con administración del agua, gobernanza del agua, balance de agua, calidad del agua y áreas importantes (aspectos espaciales del agua en el sitio y dentro de la cuenca de drenaje más amplia).

Sobre la base de estos principios, y tras haber identificado los riesgos de las operaciones asociados al agua, IPIECA ha desarrollado un conjunto de documentos de orientación de buenas prácticas²⁸ para promover una gestión responsable del agua durante las actividades del sector, que abordan los siguientes temas:

-
- 26 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (s. f.). *Good practice for water management*. Recuperado de: <http://www.iecea.org/our-work/environment/water-management/good-practice-for-water-management/>
- 27 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (2014). *Identifying and assessing water sources. Guidance document for the onshore oil and gas industry*. Recuperado de: <https://www.iecea.org/news/new-guidance-on-identifying-and-assessing-water-sources/>
- 28 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (s. f.). *Good practice for water management*. Recuperado de: <http://www.iecea.org/our-work/environment/water-management/good-practice-for-water-management/>

- Abastecimiento de agua: guía para identificar y evaluar las fuentes de agua²⁹.
- Uso y eficiencia del agua³⁰: documento de orientación para la industria de petróleo y gas en tierra aguas arriba.
- Gestión del agua producida.
- Gestión de aguas residuales.

4.2 CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA

En términos sencillos, la biodiversidad —es decir, la variedad de los seres vivos en el planeta— es la base para nuestro bienestar y para el desarrollo, tanto humano como industrial, y se estima que los servicios y bienes generados cada año por la naturaleza tienen un valor cercano a los USD 125 billones. Lamentablemente, se calcula que, en las últimas cuatro décadas, las poblaciones de vertebrados se han reducido, en promedio, un 60% alrededor del mundo como resultado de las actividades humanas, lo que denota el deterioro del capital natural³¹.

Los ecosistemas de agua dulce son algunos de los más biodiversos del mundo en relación con su área y albergan a casi un tercio de todas las especies conocidas

de vertebrados. Sin embargo, según estudios realizados por WWF, es en ellos donde se han experimentado los mayores impactos a la biodiversidad, con reducciones promedio de más del 80% en las poblaciones de vertebrados³², lo que da cuenta del rápido menoscabo de la salud de los ríos y lagos, y de la necesidad urgente de revertir esta situación, entre otras, replanteando las actividades industriales de acuerdo con un marco de mejores prácticas. Sea previniendo impactos negativos o contribuyendo a generar impactos positivos —por ejemplo, mediante la conservación y restauración de ecosistemas en sus áreas de operación—, los sectores extractivos y de infraestructura tienen, como pocos otros, la oportunidad de contribuir a cambiar la tendencia de pérdida de biodiversidad acuática y general.

29 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (2014). *Identifying and assessing water sources. Guidance document for the onshore oil and gas industry*. Recuperado de: <https://www.ipieca.org/news/new-guidance-on-identifying-and-assessing-water-sources/>

30 IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (2014). *Efficiency in water use. Guidance document for the upstream onshore oil and gas industry*. Recuperado de: <https://www.ipieca.org/resources/good-practice/efficiency-in-water-use-guidance-document-for-the-upstream-onshore-oil-and-gas-industry/>

31 WWF (World Wildlife Fund). (2018). *Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto* [M. Grooten & R. E. A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

32 WWF (World Wildlife Fund). (2018). *Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto* [M. Grooten & R. E. A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

Dato de interés #E



Hydroenergía por diseño

Hydropower by Design (HbD)³³, o hidroenergía por diseño, es un enfoque impulsado por The Nature Conservancy que, a partir del empleo de una serie de herramientas y metodologías, busca promover una planificación y operación más sostenible de las represas hidroeléctricas.

HbD parte del principio de que la energía hidroeléctrica verdaderamente sostenible solo puede evaluarse e implementarse de manera integral en grandes áreas geográficas, como una importante cuenca fluvial o región.

Con este enfoque sistémico, se busca asegurar que la expansión de la energía hidroeléctrica se desarrolle de manera consistente con el aseguramiento de cuencas fluviales sanas. Para ello, HbD integra décadas de experiencia en planificación para la conservación y restauración de ríos, a fin de enfrentar este desafío y poder producir soluciones a gran escala, de modo que todo el sistema de planificación, desarrollo y operación de represas sea más sostenible³⁴.

Entre los aspectos prioritarios para la hidroenergía por diseño se incluyen los siguientes:

- Desarrollo de un plan de conservación o estándares de flujo ambiental para una gran área geográfica, como una región o cuenca fluvial.



33 Conservation Gateway. The Nature Conservancy. (s.f.). Hydro by design. Recuperado de: <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/WaterInfrastructure/HydrobyDesign/Pages/hydro-design.aspx>

34 Conservation Gateway. The Nature Conservancy. (s.f.). Hydropower by design. Recuperado de: <https://www.conservationgateway.org/Files/Pages/hydropower-design.aspx>



Foto: Arie Ukulele/Shutterstock

- Mejoras en el diseño y funcionamiento de represas existentes y planificadas.
- Integración de la información de los pasos anteriores en la planificación, revisión y concesión de licencias de represas nuevas y existentes.

Al respecto, el informe *The power of rivers: A business case*³⁵ analiza cómo optimizar la construcción de represas para aumentar la generación de energía con el menor impacto ambiental posible. En el informe, se hace referencia a HbD para describir un marco de mejores prácticas para la energía hidroeléctrica sostenible.

De acuerdo con este enfoque, se sugieren, a su vez, tres observaciones puntuales para abordar las limitaciones y obstáculos a nivel de las represas individuales:

- El diseño de la represa es de suma importancia para su desempeño ambiental y social. Las soluciones de diseño son, en la mayoría de los casos, mucho más asequibles durante el diseño original que como reacondicionamiento.
- La ubicación de una represa es uno de los aspectos más importantes y que más influyen en cómo esta afectará a los recursos ambientales y sociales.
- Avanzar hacia una escala de sistema puede revelar un conjunto más amplio de soluciones para superar las restricciones, lograr beneficios ambientales significativos y equilibrar objetivos como energía, gestión del agua y salud ambiental.

35 Opperman, J., Hartmann, J., Raepple, J., Angarita, H., Beames, P., Chapin, E., Geressu, R., Grill, G., Harou, J., Hurford, A., Kammen, D., Kelman, R., Martin, E., Martins, T., Peters, R., Rogéliz, C., & Shirley, R. (2017). *The power of rivers: A business case. How system-scale planning and management of hydropower can yield economic, financial and environmental benefits*. Washington D.C.: The Nature Conservancy.

PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD ACUÁTICA EN LA AMAZONÍA

La Amazonía no es solo el sistema hídrico más grande del mundo, sino también el más biodiverso. Además de nutrirse del río más largo del planeta, cuenta con otros 13 grandes tributarios, los cuales, en varios casos, representan también algunas de las cuencas más grandes del mundo y explican, en parte, la enorme biodiversidad acuática en la región.

Aunque a la fecha se han registrado cerca de 2.500 especies de peces en la Amazonía, solo entre 1999 y 2015 se describieron más de 460 nuevas especies

para la ciencia, y los científicos estiman que la cifra real podría estar entre las 6.000 y 8.000 especies de peces amazónicos³⁶.

En términos de mamíferos acuáticos, en 2017 se determinó la existencia de una nueva especie de delfín de río en la Amazonía (*Inia arauguaiensis*)³⁷; sin embargo, también se comprobó que la población de dicha especie ya está amenazada por diversas actividades humanas que afectan su hábitat, lo que demuestra cómo, pese a la intensa labor científica, aún es mucho lo que queda por conocer, pero también por hacer, en términos de contribuir a la conservación de la biodiversidad local.



Foto: Vera Larina/Shutterstock

36 WWF (World Wildlife Fund). (2018). Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto [M. Grooten & R.E.A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

37 WWF (World Wildlife Fund). (2018). Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto [M. Grooten & R.E.A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

Un marco
para las
mejores
prácticas
#5

Instrumentos del Consejo Internacional de Minería y Metales^{38 39} para la gestión del agua

El Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) fue fundado en 2001 para promover una industria minera y metalúrgica segura, justa y sostenible, y está comprometido con prácticas empresariales éticas que contribuyan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y del Acuerdo de París sobre el cambio climático. Reúne a más de 25 empresas líderes y a más de 30 asociaciones regionales, entre ellas, la Cámara Minera de Brasil (IBRAM), la Asociación Colombiana de Minería (ACM), el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP) y la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) del Perú.

En 2003, el ICMM desarrolló 10 Principios Mineros, que definen buenas prácticas ambientales, sociales y de gobernanza para la industria. Entre los principios relevantes para la gestión del agua, destacan los siguientes:

- 1. Negocios éticos:** promueve prácticas éticas, apoyadas por sistemas sólidos de gobernanza y transparencia corporativas para generar desarrollo sostenible, lo que incluye la protección del ambiente.
- 2. Desempeño ambiental:** prioriza temas como el plan de cierre, la administración del agua, la gestión de relaves, la prevención de la contaminación y sus impactos relacionados, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- 3. Conservación de la biodiversidad:** busca proteger las áreas declaradas patrimonio de la humanidad y las áreas designadas legalmente, así como la biodiversidad.
- 4. Producción responsable:** prioriza la reducción de los residuos y la gestión de materiales peligrosos.

38 International Council on Mining and Metals (ICMM). (2003). *Mining principles*. Londres: ICMM. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/mining-principles/factsheet_investment-community.pdf

39 International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f.). *Los Principios Mineros del ICMM definen los requisitos ambientales, sociales y de gobernanza de buenas prácticas para la industria minera y de metales*. Recuperado de: <https://www.icmm.com/es>

Otras herramientas del ICMM, que enmarcan los esfuerzos de la industria por reducir el consumo de agua, reutilizarla y captarla de fuentes alternativas que minimicen la afectación a la naturaleza, incluyen las siguientes:

1. Marco de gestión del agua del ICMM⁴⁰: proporciona orientación de alto nivel sobre cuatro elementos clave de la gestión responsable del agua:

- Compromiso proactivo e inclusivo con otros usuarios del agua para comprender sus necesidades y prioridades, compartir planes y colaborar en la gestión de riesgos.
- Informes públicos transparentes sobre el uso del agua, los riesgos materiales del agua y el rendimiento.
- Colaboración con otros usuarios del agua para mitigar los riesgos compartidos y apoyar el acceso equitativo.
- Aumento en la eficiencia del uso del agua (por ejemplo, maximizando el reciclaje y la reutilización del agua dentro de las operaciones mineras).

2. Guía práctica para la gestión del agua en áreas de captación para la industria minera y metalúrgica⁴¹: prioriza la necesidad de crear conciencia sobre los efectos en zonas de captación y entender que el manejo del agua es un riesgo del negocio que requiere estrategias, desarrollo tecnológico, planes de acción, desarrollo de herramientas y una clara gobernanza, acordados entre las partes interesadas a lo largo de todas las fases del proyecto, la prospección, la operación y el cierre.

40 International Council on Mining and Metals (ICMM). (s.f.). Water management. Recuperado de: <https://www.icmm.com/en-gb/environment/water/water-management>

41 International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f. [c]). Guía práctica para la gestión del agua en áreas de captación para la industria minera y metalúrgica. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/practical-guide-catchment-based-water-management_es

Si bien se reconoce el creciente esfuerzo de las empresas por minimizar sus impactos negativos, los efectos de las industrias extractivas y de infraestructura en los ecosistemas acuáticos amazónicos y su biodiversidad pueden ser diversos. Por ejemplo, en el caso de embalses de centrales hidroeléctricas sin las consideraciones adecuadas, se puede alterar el paisaje, el régimen hidrológico del río, la migración reproductiva de los peces, la temperatura y calidad de agua por presencia de sedimentos o contenido de sustancias provenientes de la descomposición de la biomasa⁴², e, incluso, incrementar las emisiones de metano, uno de los gases de efecto invernadero más relevantes. Del mismo modo, las operaciones de hidrocarburos pueden llegar a alterar la composición química y temperatura del agua mediante el vertimiento de aguas residuales, y afectar, e incluso exterminar, recursos hidrobiológicos claves para el sistema y las comunidades. Asimismo, la minería puede generar contaminación con tóxicos del agua subterránea y superficial, lo que puede causar la pérdida de biodiversidad, en especial hidrobiológica y ribereña⁴³. En ese contexto, las mejores prácticas son fundamentales para prevenir la pérdida de la biodiversidad y, en cambio, contribuir a su conservación, y generar valor compartido para la empresa y su entorno.

42 Dourojeanni, M., Barandiarán, A., & Dourojeanni, D. (2009). *Amazonía peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro?* Lima: ProNaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/amazonia-peruana-2021-explotacion-recursos-naturales-infraestructuras>

43 Dourojeanni, M., Barandiarán, A., & Dourojeanni, D. (2009). *Amazonía peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro?* Lima: ProNaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/amazonia-peruana-2021-explotacion-recursos-naturales-infraestructuras>



5.

INVENTARIO DE EXPERIENCIAS EN MEJORES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, LOS CUERPOS DE AGUA Y LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA

Como se señaló en puntos previos, la presente guía no pretende ser una evaluación del desempeño social o ambiental de industrias o empresas particulares. En cambio, el ejercicio de inventario al que se hace referencia a lo largo de este documento debe ser considerado como un punto de inicio para un proceso en marcha que, idealmente, deberá ser actualizado y enriquecido de manera permanente para incluir las mejores prácticas más recientes, generar

retroalimentación sobre su uso y efectividad y, así, atender otras necesidades que puedan surgir a lo largo del tiempo.

Esta compilación reúne mejores prácticas identificadas en fuentes especializadas, entrevistas con expertos y talleres con especialistas de los sectores priorizados, así como otras fuentes de información de libre acceso, pero no debe ser entendida como un respaldo a quienes las implementan.

ALGUNAS CATEGORÍAS REFERENCIALES PARA IDENTIFICAR MEJORES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, LOS CUERPOS DE AGUA Y LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA

A fin de facilitar la organización y acceso a experiencias de implementación de mejores prácticas, se han definido algunas categorías para agrupar dichas prácticas, considerando las amenazas o problemas que atienden.

Las categorías que se señalan a continuación abordan materias críticas asociadas a los cuerpos de agua, el recurso hídrico y la biodiversidad asociada, y de comprobada relevancia para el diseño, implementación y operación efectivos de proyectos industriales y de desarrollo. Más que excluir determinados temas, dichas categorías han sido definidas buscando integrar y organizar los casos identificados a partir de criterios comunes sobre la base de temas

considerados prioritarios según la bibliografía y la experiencia de los expertos consultados, tales como la conservación, el monitoreo y el manejo sostenible de la biodiversidad acuática y los recursos hidrobiológicos, y la restauración, compensación y manejo de pasivos ambientales, entre otros.

Por último, cabe anotar que las prácticas presentadas en las categorías señaladas a continuación pueden atender de manera simultánea objetivos en diversos ámbitos (forestal, acuático, social) y, por tanto, pueden ser igualmente relevantes para las experiencias presentadas en los distintos volúmenes de las guías de consulta de mejores prácticas que conforman esta colección.



Foto: Marcio Iense e Sá/Adobe Stock



Conservación, monitoreo y manejo sostenible de la biodiversidad acuática y los recursos hidrobiológicos

Como se ha visto, las diversas actividades y proyectos empresariales en la Amazonía pueden tener graves efectos en la biodiversidad acuática y en los recursos hidrobiológicos. Sin embargo, como ocurre cada vez con mayor frecuencia, pueden también generar grandes beneficios mediante iniciativas para su conservación. Para ello, es importante incorporar la conservación de la biodiversidad acuática como una prioridad en la formulación y a nivel de la operación, a fin de garantizar que se atiendan de manera transversal objetivos con metas concretas y medibles que generen finalmente valor para la propia empresa y para su entorno. Se pueden incorporar estas prácticas desde etapas previas al diseño detallado del proyecto, con el fin de alimentar la toma de decisiones y evaluar las mejores opciones para una intervención no invasiva y con impacto mínimo, hasta luego del cierre, como un legado del aporte empresarial a su entorno.

Algunas prácticas relevantes son las siguientes:

- Realización de inventarios biológicos e implementación de sistemas de monitoreo del estado de los cuerpos de agua y de los recursos hidrobiológicos.
- Planificación para la identificación, exclusión, conservación y gestión de áreas biológicamente sensibles.
- Desarrollo de ejercicios piloto de formulación de estrategias de manejo socioambiental para las nuevas áreas de exploración o producción en territorios ambiental o socialmente sensibles.

- Planes de conservación o aprovechamiento sostenible de especies prioritarias, con participación de la población local.
- Implementación de herramientas de manejo del paisaje para el mantenimiento de la conectividad (como mosaicos de conservación o aislamientos de cuerpos de agua), diseños apropiados (eliminación de sistemas de corte y terraplén en vías) e infraestructura verde (como escaleras para peces en represas, viaductos sobre humedales u otras estructuras de paso de fauna).
- Control de acceso, tránsito y velocidad de vehículos acuáticos en áreas biológicamente sensibles.
- Regulación interna para prohibición de caza y pesca, o extracción de especímenes de fauna o flora acuática.
- Implementación de mecanismos para prevención y control de especies exóticas e invasoras (por ejemplo, reducción de uso de fertilizantes nitrogenados o fosforados, control de narciso de agua en embalses).
- Mejoras en la ubicación de infraestructura (carreteras, puentes, oleoductos, puertos, líneas de transmisión).



Gestión sostenible y eficiente de los recursos hídricos

Una de las necesidades más básicas para cualquier operación —pero, a su vez, de las que suelen generar mayores conflictos e incluso la cancelación de proyectos— es el acceso, uso y disposición del agua para las operaciones industriales. En el contexto amazónico, dada su alta biodiversidad, así como su fragilidad y la dependencia del recurso hídrico por parte de la

población local, esto cobra una importancia aún mayor. En ese sentido, lejos de entenderse como un ejercicio de análisis de eficiencia, la gestión del recurso hídrico debe ser manejada, primordialmente, como un elemento estratégico que priorice su sostenibilidad, en términos del resguardo de las fuentes de agua, la optimización en el uso eficiente del recurso por parte de las operaciones —y, a la larga, el tratamiento y reúso— y su disposición final. Para ello, se deben contemplar desde las políticas necesarias hasta la implementación de sistemas y tecnologías que eliminen el riesgo de afectar tanto la calidad como la cantidad de agua disponible para el entorno.

Algunas prácticas relevantes son las siguientes:

- Implementación de políticas y normas corporativas y sistemas empresariales que prioricen la eficiencia y sostenibilidad en la gestión del recurso hídrico en la operación.
- Desarrollo y empleo de tecnologías y mecanismos que garanticen la eficiencia en la captación, uso y vertimiento del recurso hídrico, para fines industriales, domésticos y otros relacionados con la operación (inyección, micronebulización, entre otros).
- Ajustes en el diseño de represas y embalses para garantizar caudales ecológicos y sociales adecuados, aguas abajo de las instalaciones.
- Reducción de los puntos de captación de agua y uso de estructuras de bajo impacto en las actividades de campo.
- Implementación de tecnologías en seco para el manejo de vertimientos domésticos en las operaciones.
- Priorización de criterios de sostenibilidad en la elección de las fuentes de agua y en la definición de los procesos para su uso y desecho en la operación.

Innovación tecnológica* #1



REDUCCIÓN DE IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN SÍSMICA EN LA BIODIVERSIDAD

En los últimos años, se han desarrollado una serie de técnicas y tecnologías para reducir los impactos en la biodiversidad de las actividades de exploración sísmica implementadas por la industria petrolera, principalmente en operaciones costa afuera. Entre ellas, destacan las siguientes: definir zonas de amortiguamiento de al menos 15 km para evitar impactos en las especies de fauna presentes en la zona operativa; mantener dos observadores en las embarcaciones de exploración sísmica⁴⁴; grabar los sonidos de las especies animales y, mediante el uso de inteligencia artificial, hacer un reconocimiento de las especies presentes alrededor de las operaciones⁴⁵; y el arranque suave o *soft start* para alejar la fauna acuática que pueda ser sensible a las actividades sísmicas⁴⁶, para lo cual se emplean pistolas de aire con decibeles (dB) graduables.

Con relación al arranque suave, se recomienda iniciar la operación con una cantidad baja de dB e incrementar 6 dB por minuto hasta llegar al límite de impacto para especies marinas, de 180 dB. Esto permite a los animales adaptarse o retirarse de la zona de impacto. Algunos ejemplos específicos incluyen:

- Si se avistan tortugas durante el ejercicio, se debe bajar la intensidad a 160 dB, esperar el retiro de la especie y, después de 20 minutos, reiniciar operaciones.
- Si se avistan misticetos, por estar en peligro de extinción, se debe bajar la intensidad a 160 dB y reiniciar actividades 20 minutos después de que se hayan retirado a por lo menos 1.500 m de la operación.

* Las tecnologías presentadas en esta sección pueden aplicarse en diversos entornos naturales, con las adaptaciones que sean necesarias.

44 Motta, J. C., & Rodríguez, L. D. (2018). Análisis de los impactos ambientales significativos en los programas sísmicos de exploración costa afuera. [Tesis de licenciatura]. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/19323/1/172355.pdf>

45 JNCC (Joint Nature Conservation Committee). (2010). JNCC guidelines for minimizing the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. Recuperado de: http://www.utm.csic.es/sites/default/files/2018-01/JNCC_Guidelines_Seismic%20Guidelines_Aug%202010.pdf

46 Pass My Exams. (s.f.). Finding crude oil. Recuperado de: <http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/chemistry/finding-crude-oil.html>

- Para odontocetos y cetáceos, se debe suspender la actividad y reiniciarla de 30 a 60 minutos después del último avistamiento a una distancia de por lo menos 100 m⁴⁷.

Aunque esta práctica es común en operaciones costa afuera, no lo es en operaciones tierra adentro. En ese sentido, plantea una oportunidad para aprender, adaptar y reproducir estos procesos en los bosques y cuerpos de agua en la Amazonía.



Foto: Walter Silvera

47 Motta, J. C., & Rodríguez, L. D. (2018). Análisis de los impactos ambientales significativos en los programas sísmicos de exploración costa afuera. [Tesis de licenciatura]. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/19323/1/172355.pdf>

Un marco
para las
mejores
prácticas
#6

Instrumentos de la Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica⁴⁸

La energía hidroeléctrica desempeña un papel fundamental en la productividad y el crecimiento económico de las naciones. Sin embargo, es esencial garantizar que se desarrolle de manera sostenible, para lo cual la Asociación Internacional de la Energía Hidroeléctrica (IHA) ha impulsado una serie de instrumentos y lineamientos. Estos incluyen, entre otros, las Herramientas de Sostenibilidad Hidroeléctrica, el protocolo de evaluación de la sostenibilidad de la hidroelectricidad⁴⁹ y una herramienta de análisis de brechas de la hidroelectricidad⁵⁰ en materia de buenas prácticas.

En ese contexto, hay 26 directrices de sostenibilidad que determinan el desempeño esperado para el sector y presentan definiciones de los procesos y resultados relacionados con las buenas prácticas en las distintas etapas en el ciclo de vida de un proyecto hidroeléctrico. De ellas, las más relevantes para el tema de la gestión del recurso hídrico y la biodiversidad asociada son las siguientes⁵¹:

Recurso hídrico: aborda aspectos relacionados con la disponibilidad y confiabilidad de los recursos hídricos para los proyectos o instalaciones hidroeléctricas en funcionamiento, y con la planificación de operaciones basadas en estos flujos. Enfatiza que los problemas y factores que pueden afectar la disponibilidad y fiabilidad del agua deben ser identificados y cuantificados en la planificación. Estos incluyen, por ejemplo: operadores de energía hidroeléctrica (aguas arriba y aguas abajo) y usuarios de los recursos hídricos; desarrollo de usos futuros de recursos hídricos; desarrollo de usos futuros de la tierra que dependen del agua (por ejemplo: agricultura, industria, crecimiento de la población); condiciones de captación; cambio climático; y negociaciones sobre la

48 International Hydropower Association (IHA). (s. f.). Sustainability. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/sustainability-0>

49 International Hydropower Association (IHA). (2018b). Hydropower sustainability assessment protocol. Recuperado de: <https://www.hydrosustainability.org/assessment-protocol>

50 International Hydropower Association (IHA). (s. f.). ESG gap analysis tool. Recuperado de: <https://www.hydrosustainability.org/esg-tool>

51 International Hydropower Association (IHA). (2018). Hydropower sustainability guidelines on good international industry practice. Recuperado de: https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/hydropower_sustainability_guidelines_on_good_international_industry_practice.pdf

asignación del agua. Si el proyecto depende de recursos hídricos que se extienden más allá de los límites de su jurisdicción, las implicancias de esta necesidad deben ser plenamente consideradas.

Erosión y sedimentación: apunta a la gestión responsable de la erosión y sedimentación causadas por el proyecto o la operación de la instalación hidroeléctrica y, en consecuencia, a prevenir problemas respecto a los objetivos sociales, ambientales y económicos. Algunas oportunidades que pueden identificarse con relación a este tema son las siguientes: mejora de los problemas de erosión y sedimentación preexistentes en los alrededores del proyecto; mejora en la planificación del uso del suelo (por ejemplo: mantenimiento de la cobertura forestal); uso de nuevas tecnologías, tales como monitoreo, tratamiento de pendientes o rehabilitación; uso de nuevas prácticas para el uso del suelo, como rotación de cultivos, elección de cultivos o técnicas de arado; y asociaciones con grupos de protección comunitaria de captación de aguas o grupos de monitoreo de salud de vías navegables.

Gestión de embalses: aborda la planificación y gestión de actividades ambientales y sociales y cuestiones económicas dentro del área del embalse durante las etapas de planificación, implementación y operación de una planta hidroeléctrica. Las evaluaciones realizadas durante la etapa de implementación para la preparación de los embalses deben informar sobre el alcance y el enfoque requeridos para estas actividades y pueden incluir aspectos como los siguientes: planificación de reasentamiento; recuperación y protección adecuada de las especies vegetales reconocidas como de valor; gestión de lugares contaminados o de patrimonio cultural que se inundarían; trabajos de estabilización y tratamiento de taludes; construcción de rampas para botes; establecimiento de una zona de amortiguamiento vegetada; y la preparación de áreas para recibir la vida silvestre reubicada que vive en el área que será inundada.

Calidad del agua: busca que la calidad del agua en las proximidades del proyecto o la instalación hidroeléctrica en funcionamiento no se vea afectada negativamente por las actividades de este; que los asuntos relacionados con la calidad del agua en curso o emergentes se identifiquen, supervisen y aborden según sea necesario; y que se cumplan los compromisos para implementar

medidas para asegurar la calidad del agua. La guía señala, también, que las medidas de mitigación establecidas en los planes deben estar relacionadas directamente con todos los problemas y riesgos identificados en relación con la calidad del agua; eso ayudará a demostrar que dichos planes evitan, minimizan, mitigan y compensan los impactos negativos —en este aspecto— de las actividades del proyecto. La evaluación y la planificación sobre la calidad del agua deben contar con información de expertos adecuados, y la asignación de responsabilidades y recursos deben ser las apropiadas para las acciones planificadas.

Regímenes de flujo aguas abajo: señala que se deben considerar medidas que aborden los aspectos ambientales, sociales y económicos afectados por los flujos. Los estudios del régimen de flujo aguas abajo deben centrarse en compensaciones entre los objetivos ambientales, sociales y económicos, y optimizar resultados para lograr el mayor beneficio con el menor impacto. Ejemplos de objetivos de flujo ambientales incluyen los siguientes: aumento del hábitat disponible para especies prioritizadas (por ejemplo: áreas críticas de desove para las especies de peces); mejora de la población de una especie amenazada; y proporcionar flujos para desencadenar respuestas biológicas como la migración de peces. Ejemplos de objetivos de flujo sociales incluyen los siguientes: garantizar la seguridad del usuario del agua; gestión de los riesgos de inundación; apoyar las necesidades de navegación; y mantener los niveles de agua para las bombas de riego. Ejemplos de objetivos de flujo económicos incluyen los siguientes: proporcionar suficiente disponibilidad de agua para mantener la industria local (por ejemplo: riego, acuicultura, pesca deportiva, *rafting*); y maximizar la generación de electricidad.

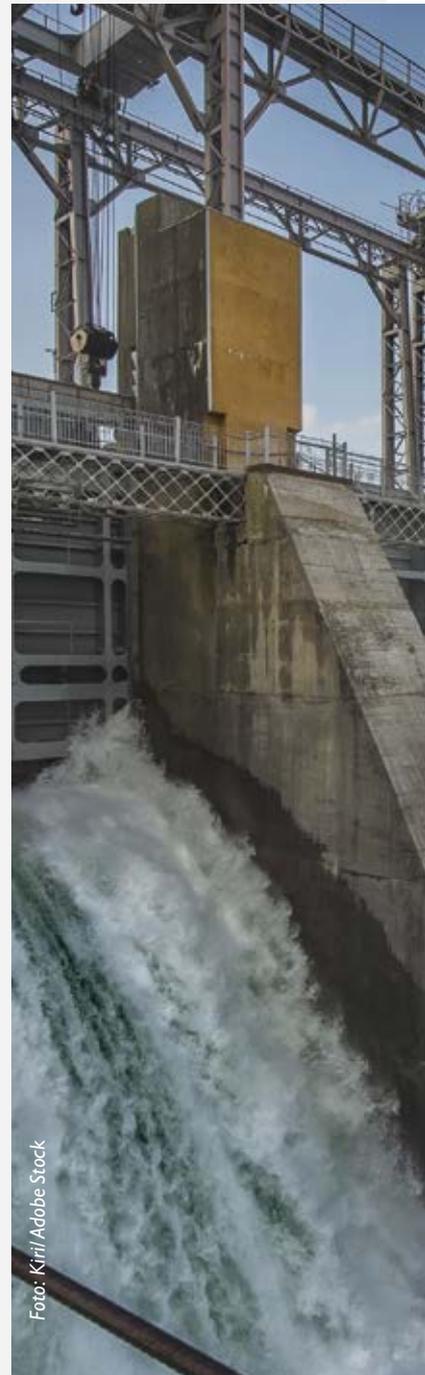


Foto: Kiril Adobe Stock



Gestión eficiente de residuos y prevención y mitigación de la contaminación

En términos prácticos, todas las industrias aquí abordadas generan residuos de diverso tipo desde la etapa de construcción, durante la operación y, a la larga, tras el cierre. Por tanto, las empresas a cargo de los proyectos deben asegurar, además de la correcta disposición de los residuos y otros materiales contaminantes resultantes, que se reduzca al mínimo su generación. Esto puede abarcar el empleo de materias primas menos contaminantes, el desarrollo de nuevas tecnologías más eficientes y limpias, o la implementación de sistemas de reúso que minimicen el desperdicio, entre otras medidas.

Aunque la generación de residuos y material contaminante es inevitable, dado que sus impactos en entornos sensibles como la Amazonía son particularmente graves, es fundamental priorizar la búsqueda de soluciones innovadoras, en especial de nuevas tecnologías, así como migrar, en la medida de lo posible, a un enfoque de economía circular: un modelo de producción y consumo que consiste en reducir los desperdicios al mínimo y procurar extender lo más posible la vida útil de los bienes y productos⁵².

52 *European Parliament. (10 de abril de 2018). Circular economy: Definition, importance and benefits. Recuperado de: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>*

Innovación tecnológica #2



SISTEMAS DE MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DE AGUA, EN TIEMPO REAL

Los sistemas satelitales de monitoreo remoto son muy útiles para cubrir áreas extensas en cuerpos de agua y otros ecosistemas, y así detectar y hacer seguimiento a eventos no deseados, como derrames y otros incidentes de contaminación. Los recientes desarrollos tecnológicos han convertido a estos sistemas de monitoreo en instrumentos cada vez más efectivos. Las distintas plataformas y sistemas tienen sus propias capacidades para mapear y monitorear la contaminación del agua, de distintos tipos, características y concentraciones⁵³.

Los métodos tradicionales de recolección de muestras *in situ* para su análisis en laboratorios son muy precisos, pero toman mucho tiempo, ya que requieren de embarcaciones, personal capacitado y laboratorios, y tienen limitaciones geográficas. Para superar estos problemas, la tecnología de monitoreo remoto permite mediciones espacialmente sinópticas y en tiempo casi real, que pueden ser usadas de manera efectiva para detectar, mapear y hacer seguimiento a contaminantes producto de derrames petroleros y químicos o de altas concentraciones de sólidos suspendidos.

Esto no solo permite hacer seguimiento a los contaminantes en el espacio y tiempo, sino que ayuda a recuperar aquellas zonas afectadas.

Más aún, al integrar estos sistemas de detección (por ejemplo, sensores de flúor láser, ultravioleta, ópticos o infrarrojo térmicos) con sistemas inteligentes, es posible generar alertas tempranas y minimizar los impactos por eventos no deseados en los sectores extractivos y de infraestructura⁵⁴.

53 Hafeez, S., Wong, M. S., Abbas, S., Kwok, C.Y.T., Nichol, J., Lee, K. H., Tang, D., & Pun, L. (2018). Detection and monitoring of marine pollution using remote sensing technologies. En H. B. Fouzia (Ed.), *Monitoring marine pollution*. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/monitoring-of-marine-pollution/detection-and-monitoring-of-marine-pollution-using-remote-sensing-technologies>

54 Geetha, S., & Gouthami, S. (2017). Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water*, 2(1). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318736646_Internet_of_things_enabled_real_time_water_quality_monitoring_system

Algunas tecnologías específicas incluyen las siguientes:

- Libelium ha desarrollado la plataforma inalámbrica Waspote Smart Water para simplificar el monitoreo remoto de la calidad de agua. Esta mide una docena de parámetros de calidad de agua y es apropiada para, por ejemplo, la detección de derrames de químicos en ríos⁵⁵.
- La línea de productos de Leakwise proporciona tecnología innovadora, probada y confiable para la detección temprana y el monitoreo de derrames de petróleo (Electromagnetic Energy Absorption Technology / Tecnología de Absorción de Energía Electromagnética). Los sensores de Leakwise pueden detectar de manera inmediata la presencia de volúmenes muy pequeños de hidrocarburos en el agua⁵⁶.
- NexSens Technology es una empresa especializada en el diseño y la fabricación de sistemas de medición ambiental en tiempo real, cuya información es transmitida a un centro de datos. Para el monitoreo de ríos, cuenta con sistemas como un transductor de presión que mide la etapa de flujo, una sonda de calidad del agua con sensores seleccionados y un registrador que ingresa los datos en la base de datos WQDataLIVE para ver en tiempo real las condiciones del río⁵⁷.
- La misma tecnología usada por CTAC para la exploración no invasiva de minerales, petróleo y agua, puede ser utilizada para detectar mercurio y petróleo en zonas remotas o de difícil acceso.

Existen, también, diversos estudios que proponen distintas alternativas de sistemas de monitoreo de la calidad del agua en tiempo real para lugares remotos y que aprovechan la tecnología del Internet de las cosas (IoT)^{58 59}.

55 Libelium. (24 de febrero de 2014). *Smart water sensors to monitor water quality in rivers, lakes and the sea*. Recuperado de: <http://www.libelium.com/smart-water-sensors-to-monitor-water-quality-in-rivers-lakes-and-the-sea/>

56 Leakwise. (s.f.). *Oil on water detection and monitoring*. Recuperado de: https://www.leakwise.com/?gclid=Cj0KCQjwjcFzBRCHARIsAO-I_OqI762UI7yWbWVRSnhzAwmnu7yEAA3X9FhcI1aZLL5cj0pV2rq3i0aAmKJELw_wcB

57 Nexsens Technology. (s.f.). *Stream and river monitoring*. Recuperado de: <https://www.nexsens.com/systems/stream-river-monitoring>

58 Demetillo, A.T., Japitana, M.V., & Taboada, E.B. (2019). *A system for monitoring water quality in a large aquatic area using wireless sensor network technology*. *Sustainable Environment Research*, 29. Recuperado de: <https://sustainenvironres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42834-019-0009-4>

59 Fondriest. (s.f.). *Stream and river monitoring*. Recuperado de: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/stream-and-river-monitoring/>

Algunas prácticas relevantes son las siguientes:

- Cambios en los diseños de represas y embalses para la reducción de problemas de eutrofización y generación de metano.
- Desarrollo o adopción de tecnologías más eficientes que optimicen el uso de recursos y reduzcan los vertimientos.
- Diseño de metodologías innovadoras para el tratamiento, transporte y disposición de vertimientos líquidos con menor impacto ambiental.
- Implementación de sistemas para el tratamiento y reutilización de las aguas servidas.
- Ajuste de procesos internos, políticas y regulaciones para reducir la generación de vertimientos industriales, domésticos u otros.
- Implementación de sistemas automatizados de monitoreo y alerta temprana de incidentes asociados a contaminación de cuerpos de agua.
- Diseño de planes integrales de contingencia y gestión de crisis para atención a incidentes de contaminación de cuerpos de agua.
- Implementación de metodologías y tecnologías para prevenir, minimizar y mitigar los posibles efectos de la erosión y sedimentación.



Un marco
para las
mejores
prácticas
#7

Código Internacional para el Manejo de Cianuro

El Código Internacional para el Manejo de Cianuro⁶⁰—conocido como el Código del Cianuro— es una iniciativa voluntaria para las industrias de la minería de oro y plata, así como para los productores y transportistas del cianuro que es utilizado en dicha minería. Su desarrollo fue promovido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el ICMM en el año 2000. Actualmente, lo administra el Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro (ICMI), y su última versión data de 2016.

El Código del Cianuro cubre la producción, el transporte, el almacenamiento y el uso del cianuro, así como el desmantelamiento de instalaciones de cianuro. Incluye también requerimientos relacionados con el aseguramiento financiero, la prevención de accidentes, la respuesta ante emergencias, la capacitación, la información pública, la participación de interesados y los procedimientos de verificación. Los productores y transportistas de cianuro están sujetos a aquellas secciones del Código del Cianuro que les corresponden, identificadas en sus respectivos protocolos de verificación.

Entre los principios y normas de procedimiento relacionados con los recursos hídricos destacan los siguientes:

Principio 4 sobre operaciones. Manejar adecuadamente las soluciones del proceso de cianuración y los flujos de desecho, para proteger la salud humana y el ambiente.

- Introducir sistemas operativos y de gestión para minimizar el uso de cianuro y, así, limitar la concentración de cianuro en los relaves de tratamiento.
- Implementar un programa integral de gestión del agua para evitar escapes accidentales.

60 Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro. (Diciembre de 2016). Código Internacional para el Manejo de Cianuro. Recuperado de: https://www.cyanidecode.org/sites/default/files/sppdf/01_SP_CyanideCode.pdf

- Implementar medidas para proteger los peces y la vida silvestre del vertido directo e indirecto de soluciones del proceso de cianuración al agua superficial.
- Implementar medidas diseñadas para manejar la filtración de las instalaciones de cianuro y así proteger los usos beneficiosos del agua subterránea.
- Proporcionar medidas de prevención y contención de derrames para tanques y tuberías del proceso.
- Implementar programas de monitoreo para evaluar los efectos del uso de cianuro en la vida silvestre y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Principio 5 sobre desmantelamiento. Proteger a las comunidades y al ambiente del cianuro, mediante el diseño y la implementación de planes de desmantelamiento de las instalaciones de cianuro.

- Planificar e implementar procedimientos para el desmantelamiento eficaz de las instalaciones de cianuro, con el fin de proteger la salud humana, la vida silvestre y el ganado.
- Establecer un mecanismo de aseguramiento que garantice la financiación completa de las actividades de desmantelamiento relacionadas con cianuro.

Las operaciones de los signatarios del Código del Cianuro son auditadas independientemente con el fin de comprobar que cumplen con las disposiciones del código y recibir la certificación ICMI. Por ejemplo, en 2018, la mina de oro Yanacocha de Newmont Mining Corporation fue recertificada por tercera vez consecutiva⁶¹. Entre las empresas firmantes del Código de Cianuro están AngloGold Ashanti, Barrick Gold, Newmont Corporation, Gold Fields Limited y PanAust⁶².

61 Revista Seguridad Minera. (11 de julio de 2018). Yanacocha recertifica por tercera vez en manejo de cianuro. Seguridad Minera. Recuperado de: <http://www.revistaseguridadminera.com/minas/yanacocha-recertifica-manejo-cianuro/>

62 International Cyanide Management Code. (s. f.). Directory of signatory companies. Recuperado de: <https://www.cyanidecode.org/signatory-companies/directory-of-signatory-companies>

Innovación tecnológica #3



SISTEMAS PREDICTIVOS DE FALLAS EN OLEODUCTOS

El análisis predictivo es utilizado para optimizar los procesos en las distintas etapas de la actividad petrolera, desde la exploración y la producción, pasando por el transporte y el almacenamiento, hasta la refinación y la comercialización. En la etapa de transporte, es utilizado, entre otros, para mejorar el proceso de evaluación de riesgo de los oleoductos⁶³.

En Colombia, empresas como OCENSA y Cenit utilizan métodos predictivos de fallas de los sistemas de transporte de hidrocarburos, incluyendo tuberías, bombas y tanques. Por ejemplo, OCENSA aplicó un modelo predictivo de interacción entre la tubería y el suelo marino para calcular el estrés en las paredes de la tubería y así poder definir los planes de mantenimiento para minimizar los riesgos a su integridad⁶⁴.

De igual manera, BP y AMOCO, con la colaboración de consultores especializados, desarrollaron en 1997 un modelo predictivo para el control de la corrosión ocasionada por CO₂, una de las mayores causas de fallas en oleoductos y tanques de almacenamiento⁶⁵.



Soporte a la toma de decisiones informadas basadas en evidencia

Un elemento recurrente en relación con la oportunidad de optimizar el desempeño de los proyectos en la Amazonía y en otras regiones, es procurar la claridad y objetividad en la toma de decisiones y los procesos

asociados a tales proyectos. Los gremios privados, las organizaciones que fungen de observadores desde la sociedad civil o la academia, los organismos reguladores, el propio Gobierno, la literatura y los expertos consultados coinciden en la necesidad de garantizar la primacía de criterios técnicos y de procesos transparentes en la toma de decisiones de todas las fases del ciclo de los proyectos, incluso desde su diseño.

63 PAT Research. (s.f.). Predictive analysis in oil and gas. Recuperado de: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/predictive-analytics-oil-gas/>

64 Marín, A. (2018). Applicability of dynamic behaviour studies on OCENSA's offshore pipeline over liquefied seabed. Recuperado de: https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-098%20TRA_COL_A_MARIN_CIMGA2018.pdf

65 McMahan, A. J., & Paisley, D. M. E. (1997). Corrosion predicting modelling. A guide to the use of corrosion prediction models for risk assessment in oil and gas production and transportation facilities. Recuperado de: <https://vdocuments.mx/a4382431pdf-bp-corrosion-modelling.html>

Esto, lejos de ser punto de controversia, plantea la oportunidad de conciliar el interés común y consultar los intereses particulares de los actores interesados, para asegurar los mejores resultados posibles de los proyectos en beneficio de todas las partes.

Algunas prácticas relevantes son las siguientes:

- Incorporación transversal del criterio de sostenibilidad en el diseño y gestión del proyecto, a partir de análisis, estudios técnicos y evidencias que otorguen el mismo peso a los tres aspectos: social, económico y ambiental.
- Implementación de mecanismos, plataformas y herramientas para auditorías independientes, rendición de cuentas e información transparente sobre la gestión ambiental del proyecto.
- Diseño e implementación de mecanismos y tecnologías innovadoras que faciliten información técnica para la toma de decisiones informadas de manera oportuna (por ejemplo, sistemas automatizados de monitoreo y alerta temprana).
- Análisis de impactos acumulativos y sinérgicos en cadenas de generación hidroeléctrica dentro de una misma cuenca o en cuencas vecinas.
- Empleo de tecnologías innovadoras para la planificación y ensayo de operaciones sin efectos en el entorno social y natural, tales como el modelamiento de escenarios y la simulación con realidad virtual.
- Prospección geológica utilizando tecnologías de punta, no invasivas.
- Participación activa en el mantenimiento y actualización de inventarios de mejores prácticas socioambientales de la industria, validando e incluyendo mejores prácticas y tecnologías desarrolladas por las empresas.



Un marco
para las
mejores
prácticas
#8

Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables⁶⁶

Latin America Conservation Council (LACC) es un grupo de líderes mundiales que trabaja con The Nature Conservancy para encontrar soluciones a tres de los mayores desafíos de América Latina: seguridad del agua, alimentación sostenible e infraestructura inteligente⁶⁷.

La *Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables* es un esfuerzo de LACC con el respaldo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), entre otros, que proporciona recomendaciones basadas en ciencia para procurar que la construcción de carreteras tenga un mínimo impacto en la naturaleza. Para ello, propone mejores prácticas ambientales para su incorporación en cada etapa del ciclo del proyecto.

Con relación a los impactos de las carreteras en los cuerpos de agua, la guía señala que pueden conducir a la modificación de los caudales de las aguas subterráneas o superficiales, así como a una degradación de la calidad del agua. Estos cambios en los caudales pueden afectar la hidrología y los hábitats de flora y fauna.

Se deben evitar las áreas sensibles, como los humedales y cuerpos de agua. Cuando esto no sea posible, se deben priorizar rutas alternativas con una alteración mínima para el ecosistema acuático. Algunas medidas especiales para proteger los cuerpos de agua son las siguientes⁶⁸:

- Evitar alineaciones que son susceptibles a la erosión, como aquellas que cruzan pendientes muy empinadas.

66 Quintero, J. D. (2017). *A guide to good practices for environmentally friendly roads*. Latin America Conservation Council (LACC) / The Nature Conservancy. Recuperado de: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/latin-america-conservation-council/resources/>

67 The Nature Conservancy (TNC). (s. f.). Latin America Conservation Council. Recuperado de: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/latin-america-conservation-council/>

68 Quintero, J. D. (2017). *Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables*. Latin America Conservation Council (LACC) / The Nature Conservancy. Recuperado de: http://fcds.org.co/site/wp-content/uploads/2018/09/carreteras-ambientalmente-amigables_WEB_02_2016-1.pdf

- Reducir al mínimo el número de cruces de cuerpos de agua siempre que sea posible.
- Utilizar solo materiales de relleno limpios alrededor de los cursos de agua, como roca de cantera que no contenga finos.
- Dejar zonas de amortiguación con vegetación inalterada (el ancho debe aumentar en proporción a la pendiente) entre la carretera y los cuerpos de agua.
- Pavimentar secciones de carreteras de tierra o grava que son propensas a la erosión cerca de cuerpos de agua para reducir la cantidad de sedimentos producida.
- Instalar y mantener controles temporales contra la erosión y la sedimentación a lo largo del derecho de vía donde las actividades de la construcción puedan perturbar los suelos cerca de los cursos de agua.
- Mantener el caudal de los cursos de agua mediante la instalación correcta de *culverts* del tamaño apropiado.
- Utilizar puentes con luces más largas y reducir o eliminar muelles para ayudar a limitar los efectos sobre los sistemas acuáticos.
- Diseñar puentes y *culverts* con características hidráulicas que permitan que los organismos acuáticos pasen a través de ellos en ambas direcciones, según sea apropiado para las diferentes etapas de su vida.



Restauración, compensación y manejo de pasivos ambientales

Si bien la premisa debe ser la de prevenir cualquier afectación a la naturaleza, es un hecho que las actividades humanas, y más aún las operaciones industriales a gran escala, generan impactos en el entorno. En ese marco, las acciones de restauración, las compensaciones ambientales y la gestión de los pasivos ambientales, que corresponden a las últimas etapas en la jerarquía de la mitigación, son parte integral de la operación de grandes proyectos y, como

tal, deben incorporar, también, mejores prácticas de gestión.

Una vez más, dada la complejidad y fragilidad del entorno natural amazónico, esto resulta particularmente retador en una región tan heterogénea; sin embargo, con las condiciones adecuadas, es posible recuperar los ecosistemas acuáticos amazónicos de los impactos industriales generados (por ejemplo, a través de la restauración ecológica de un área degradada) o, en su defecto, implementar mecanismos de compensación que permitan resguardar áreas de valores naturales similares o equivalentes a los de aquellas afectadas.

Innovación tecnológica #4



BIORREMEDIACIÓN

Los derrames de petróleo son tal vez el referente más comúnmente asociado a los impactos de las actividades hidrocarburíferas. Aunque nuevas tecnologías y procedimientos de producción y transporte del recurso los previenen, cuando estos ocurren, la mitigación de sus efectos es uno de los mayores retos para la industria, porque con frecuencia se dan en ecosistemas complejos y sensibles, como bosques, ríos o mares.

Aunque conocida desde hace algunas décadas, es en años recientes que la biorremediación ha sido aceptada como una alternativa prometedora para enfrentar este desafío. Como su nombre lo indica, la biorremediación es el empleo de agentes biológicos para atender, en este caso, los efectos nocivos de derrames de hidrocarburos en suelos, subsuelos y aguas. Consiste en la aceleración de los procesos naturales de biodegradación mediante el uso de bacterias u otros microorganismos, como plantas, algas y hongos, que convierten y metabolizan los hidrocarburos en otras sustancias como CO₂, agua, metano y fuentes de alimento para sustentar su crecimiento y reproducción^{69 70}. Su característica principal es que no genera impactos secundarios como los derivados de agentes limpiadores artificiales. Asimismo, permite atender el problema *in situ* (sin extraer/trasladar el material) y acelerar los procesos de recuperación a menor costo que otras opciones.

La biorremediación es aplicable en casos de contaminación por hidrocarburos, por ejemplo, en suelos afectados por un derrame accidental, ductos petroleros deteriorados, procesos de limpieza de equipos impregnados o recambio de tanques, entre otros, o por residuos aceitosos derivados de procesos industriales diversos⁷¹. Varias experiencias demuestran, también, la efectividad de la

69 Arrieta, O. M., Rivera, A. P., Arias, L., Rojando, B. A., Ruiz, O., & Cardona, S. A. (2012). Biorremediación de suelos con diésel mediante el uso de microorganismos autóctonos. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 27-40. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30815/39299>

70 Petro, P. E., & Mercado, G. D. C. (2014). Biorremediación de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos derivados del petróleo en Colombia. *Cartagena de Indias: Facultad de Ingeniería, Arquitectura, Artes y Diseño, Programa de Ingeniería Química, Diplomado en procesos químicos, Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena*. Recuperado de: https://www.academia.edu/14634884/BIORREMEDIACION_DE_SUELOS_CONTAMINADOS_POR_DERRAMES_DE_HIDROCARBUROS_DERIVADOS_DEL_PETROLEO_EN_COLOMBIA

71 Sánchez Ruiz, R. (2017). *Aplicación de la biotecnología ambiental. [Diapositivas]*. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/RodolfoSnchezRuizSan/biorremediacion-81346313>

biorremediación en ambientes marinos costeros, donde alcanza niveles de remoción de petróleo mayores del 90%⁷².

Además de la evaluación de las características *in situ* y la consecuente determinación de los principales productos para atender los efectos del derrame y su aplicación, la biorremediación contempla el desarrollo y gestión de soluciones como, por ejemplo, el aceleramiento de la reproducción de microorganismos para degradar los hidrocarburos en menos tiempo y el mantenimiento de sus poblaciones en tanto sea necesario, a partir del control de niveles de oxígeno, temperatura, humedad, pH, entre otros factores.

Algunas prácticas relevantes son las siguientes:

- Implementación de metodologías innovadoras para la restauración de cuerpos de agua degradados.
- Generación de mecanismos financieros por compensación, para apoyar objetivos e iniciativas de conservación de la biodiversidad y gestión sostenible de los recursos hídricos e hidrobiológicos.
- Incorporación de tecnologías para la renaturalización de cauces, por la remoción de estructuras de contención (represas, azudes, diques).
- Soporte financiero y técnico al Gobierno en ciencia, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para la gestión de impactos de la industria y otros.



Foto: Whitcomber/Adobe Stock

72 Núñez, R. R., Lorenzo, M., Ortiz, E., & Oramas, J. (2010). Biorremediación de la contaminación de petróleo en el mar. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 10(19). Recuperado de: <http://ama.redciencia.cl/articulos/19.02.pdf>

Un marco para las mejores prácticas #9

Principios del Ecuador⁷³

Los Principios del Ecuador son criterios que permiten al sector financiero determinar, evaluar y gestionar los riesgos ambientales y sociales asociados a la ejecución de los proyectos que financia. Si bien son voluntarios, a setiembre de 2019, son más de 100 entidades financieras en casi 40 países las que los han adoptado⁷⁴. La actividad de dichas entidades abarca la mayoría del financiamiento de proyectos en los países desarrollados y mercados emergentes. El objetivo es que los proyectos financiados sean socialmente responsables y reflejen la aplicación de prácticas rigurosas de gestión ambiental, a fin de evitar efectos negativos en los ecosistemas, las comunidades y el clima. En ese sentido, los firmantes no financiarán clientes que no cumplan con dichos principios.

Entre los principios relevantes para la gestión de cuerpos de agua, el recurso hídrico y la biodiversidad asociada, destacan los siguientes:

- **Principio 1:** sobre la revisión y la categorización, lo que permite determinar la dimensión de los riesgos ambientales y sociales y asegurar que la diligencia debida sea acorde con estos.
- **Principio 2:** sobre las evaluaciones ambientales y sociales requeridas, y las medidas que se adoptarán para minimizar, mitigar y compensar los impactos adversos.
- **Principio 3:** sobre la exigencia de cumplir con los permisos, reglas y leyes pertinentes del país anfitrión.
- **Principio 4:** sobre el requerimiento de desarrollar o mantener un sistema de gestión social y ambiental.
- **Principio 7:** sobre la necesidad de contar con una revisión independiente en el aspecto financiero y en el referido a los impactos sociales, ambientales y culturales.

73 The Equator Principles. (2020). *The Equator Principles, July 2020. A financial industry benchmark for determining, assessing and managing environmental and social risk in projects*. Recuperado de: <https://equator-principles.com/wp-content/uploads/2020/01/The-Equator-Principles-July-2020.pdf>

74 The Equator Principles. (s. f.). *The Equator Principles*. <https://equator-principles.com/about/>

5.1 PLANTILLA MODELO DE EXPERIENCIAS DE MEJORES PRÁCTICAS

Con la finalidad de facilitar el acceso a los casos de implementación de mejores prácticas registrados, estos son presentados a continuación a manera de fichas y han sido organizados según las categorías de mejores prácticas descritas en el punto anterior. A manera de referencia, se presenta debajo el esquema básico de las fichas empleadas, su estructura y contenidos.

Cabe señalar; además, que las fichas recogen experiencias de alrededor del mundo (sobre todo, fuera de la Amazonía) que, por sus características (ambientales, sociales, económicas) —y con la adaptación pertinente—, podrían ser aplicadas en el contexto amazónico.



CATEGORÍA

Sector/industria

Identifica en cuál de las industrias se ha implementado la experiencia descrita, aunque ello no implica exclusividad:



Hidrocarburos



Minería



Infraestructura

Título

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

País

País de implementación. Cabe señalar que se refiere al caso de la experiencia citada, pero no implica exclusividad de su implementación.

Fecha

Fecha de implementación

Ecosistema

Tipo de ecosistema en el que ocurre la práctica

Fase del ciclo de proyecto

Indica en cuál de las etapas del proyecto se implementó:

- Diseño
- Exploración
- Explotación/producción/construcción
- Cierre

Objetivo

Breve descripción de la finalidad de la mejor práctica presentada

Nombre de la compañía

Nombre comercial de la empresa implementadora de la experiencia

Otros participantes

Indica otros actores relevantes además de la compañía implementadora. Por ejemplo: pobladores locales, Gobierno, etc.

Breve descripción de la experiencia

Responde de manera escueta:

- ¿Qué es lo que se buscó cambiar y por qué?
- ¿Cómo se hizo?
- ¿Qué se ha logrado?

Fuente

Provee un dato o fuente de información, como documentos técnicos diversos, reportes de sostenibilidad de empresas, bases de datos de buenas prácticas industriales, etc.

Nota: en caso no haya sido posible obtener algún dato, se indicará con el símbolo "△".

5.2 EXPERIENCIAS DE MEJORES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, LOS CUERPOS DE AGUA Y LA BIODIVERSIDAD ASOCIADA





5.2.1 CONSERVACIÓN, MONITOREO Y MANEJO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA Y LOS RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS





Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	MINIMIZANDO LOS IMPACTOS EN ECOSISTEMAS SUBACUÁTICOS SENSIBLES
País	Yemen
Fecha de implementación	2005-2009
Ecosistema	Marino-costero tropical
Fase del ciclo de proyecto	Construcción y operación
Objetivo	Reducir impactos en ecosistemas subacuáticos
Nombre de la compañía	Total S.A.
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El sitio del proyecto de gas natural licuado (GNL) en Balhaf, Yemen, incluye áreas sensibles de arrecifes de coral con alta biodiversidad marina. Al abordar el proyecto, la empresa Total emprendió, como primer paso, un proceso de mapeo y monitoreo de áreas sensibles, lo que permitió prevenir una serie de impactos.

Sin embargo, no había alternativa para la ubicación del embarcadero de GNL y para la colocación de tuberías de agua de enfriamiento que cruzan algunas áreas de arrecifes. A fin de minimizar los impactos previstos en los ecosistemas subacuáticos, la empresa tomó dos medidas principales: la translocación de coral y una serie de prácticas de mitigación *in situ* para reducir los impactos de la sedimentación.

Para estas dos tareas, se realizó un amplio programa de trasplante de coral, que se inició con la identificación de las especies más sensibles; en este caso, las de crecimiento lento. Las agrupaciones de estas especies fueron cuidadosamente extraídas desde su base y trasladadas a áreas de refugio seleccionadas con condiciones ecológicas similares. Fue el proyecto de su tipo más grande jamás intentado, con costos (sin considerar los cambios de diseño) de alrededor de USD 5,3 millones en 14 años. Un alto porcentaje de las colonias de coral fueron transportadas con éxito a sitios protegidos. El monitoreo continuo de los corales trasplantados ha ratificado las altas tasas de éxito. Como acción complementaria, se desplegaron cortinas de limo entre los arrecifes y las obras de construcción, para reducir el depósito de sedimentos en este delicado ecosistema. Las cortinas, cuya eficiencia fue corroborada por el monitoreo, consisten en una barrera semipermeable de geomalla que se extiende desde la superficie hasta el fondo arenoso y permite el flujo del agua, pero retiene el sedimento. Aunque aplicada en el mar, las premisas de esta práctica pueden ser adaptadas y reproducidas en otros ecosistemas subacuáticos.

Fuente

- The Biodiversity Consultancy. (2015). *A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy*. [Autores principales: J. Ekstrom, L. Bennum & R. Mitchell]. Inglaterra: The Biodiversity Consultancy Ltd.



Sector / industria

HIDROCARBUROS

Título

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN INNOVADORES DE MUELLE PARA PREVENIR IMPACTOS EN LA BIODIVERSIDAD

País

Papúa Nueva Guinea

Fecha de implementación

△

Ecosistema

Marino-costero tropical

Fase del ciclo de proyecto

Construcción y operación

Objetivo

Reducir impactos en ecosistemas marinos costeros

Nombre de la compañía

Esso Highlands

Otros participantes

△

Breve descripción de la experiencia



El proyecto PNG LNG de gas natural licuado en Papúa Nueva Guinea, operado por Esso Highlands (una subsidiaria de ExxonMobil), reconoció que su diseño de embarcadero aprobado y la instalación de la tubería requerían de un significativo dragado del fondo marino, la excavación de zanjas y la construcción de una calzada, entre otras alteraciones al paisaje e impactos a la biodiversidad. La empresa buscó prevenir dichos impactos mediante un diseño y construcción innovadores del embarcadero.

Se utilizó un sistema de voladizo de última generación, con un equipo automático que construía el embarcadero por segmentos de manera incremental conforme se alejaba de la orilla hasta su límite. Esto permitió minimizar los impactos de la construcción en el medio marino y en los manglares. Además, se empleó una instalación de descarga marina preexistente, lo que eliminó la necesidad de más dragado o construcción de calzadas.

Estas innovaciones permitieron reducir en un 75% el área que iba a ser perturbada y además redujeron la sedimentación y los impactos en la ecología marina.

Con ello, se eliminó la necesidad de dragado de mantenimiento a largo plazo y, en consecuencia, se minimizó el monitoreo requerido para tales impactos evitados.

Fuente

- *The Biodiversity Consultancy. (2015). A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy. [Autores principales: J. Ekstrom, L. Bennum & R. Mitchell]. Inglaterra: The Biodiversity Consultancy Ltd.*



Sector / industria

INFRAESTRUCTURA

Título

ESTABLECIMIENTO DE UNA LÍNEA DE BASE Y UN PROGRAMA DE MONITOREO RIGUROSO PARA CONTROLAR Y MITIGAR LA EROSIÓN Y AFECTACIONES AL AMBIENTE

País

Canadá

Fecha de implementación

2014-2021

Ecosistema

De pradera

Fase del ciclo de proyecto

Licenciamiento y construcción

Objetivo

Reducir impactos en el punto de abastecimiento de agua

Nombre de la compañía

KGL, Alberta Transportation

Otros participantes

△

Breve descripción de la experiencia



El proyecto Carretera de Circunvalación del Sudoeste de Calgary (SWCRR) unirá la autopista 8 con la autopista 22X y su construcción debe terminar en 2021. Existe el riesgo de que esta carretera genere impactos en el punto de abastecimiento de agua Weaselhead en Calgary. Para efectos de la licencia ambiental, la empresa KGL, Alberta Transportation realizó una solicitud para intervenir de manera parcial o total en cerca de 24 humedales dentro del área del proyecto.

El método de construcción incluye lo siguiente:

- Para los humedales secos que fueron afectados parcialmente, se construyó una cerca arcillosa en la interfaz entre las partes afectadas y las no afectadas, que se extiende hasta la zona de amortiguamiento. Esta cerca se mantiene hasta revegetalizar el área, y de esta manera se evita el transporte de sedimentos hacia la zona no afectada.
- Para los humedales inundados que fueron afectados parcialmente, la primera fase de la construcción incluyó una barrera arcillosa que separaba la zona afectada de la no afectada. Esto se complementa con una berma no erosionable a lo largo de la cara afectada, con una elevación superior al nivel del agua. El agua de la zona afectada se bombea conforme a estándares de control de calidad del agua. Esta cerca se mantiene hasta revegetalizar el área, y de esta manera se evita el transporte de sedimentos hacia la zona no afectada.

Entre las medidas de mitigación se encuentran las siguientes:

- ✓ Áreas o zonas de amortiguamiento de 30 m.
- ✓ Todos los equipos se limpian de barro o cualquier material foráneo a la entrada y salida de las áreas de trabajo para evitar la contaminación cruzada.
- ✓ El bombeo de agua se hace desde la superficie para evitar esparcir sedimentos e incrementar la turbidez de las aguas no afectadas.



- ✓ La manipulación de combustibles y aceites se realiza a una distancia mínima de 100 m de cualquier cuerpo de agua.
- ✓ Se cuenta con equipos de control de derrames disponibles en caso de emergencia.
- ✓ El control de erosión y sedimentos incluye la identificación de zonas de amortiguamiento de vegetación cercanas a los puntos de agua, y de zonas que son monitoreadas visualmente y con instrumentación de tipo piezoeléctrico.
- ✓ Se mantiene la capa vegetal hasta que el movimiento de tierras haya sido programado.
- ✓ La maleza se retira de manera periódica para evitar la propagación y contaminación de zonas no alteradas.
- ✓ Se mantiene un amortiguamiento de vegetación no alterada entre la construcción y los cuerpos de agua para reducir la sedimentación.
- ✓ La revegetación se hace de manera expeditiva en cuanto es posible, y se utiliza mayoritariamente el material de los humedales o, cuando no está disponible, semillas y materiales nativos.
- ✓ Para evitar daños a la fauna silvestre, todos los residuos sólidos de comida se almacenan en basureros cerrados, y cualquier avistamiento de vida salvaje es reportado de inmediato.
- ✓ Se implementan medidas especiales para la recuperación de especies anfibias.
- ✓ Los trabajos se inician de manera gradual para que la vida salvaje de la zona se acostumbre y se movilice a otras zonas durante la construcción.
- ✓ Durante la noche, se trabaja con luces amarillas especiales para evitar atraer insectos que no estarían normalmente en la zona.
- ✓ En todo momento, hay un biólogo especialista que supervisa el avistamiento, recolección y movimiento de la fauna.

Todas las medidas y lecciones aprendidas de este proyecto son aplicables a cualquier infraestructura vial que se construya en zonas sensibles como la cuenca amazónica.

Fuentes

- Chernos, S. (9 de agosto de 2018). *Closing the loop: Builders of Calgary ring road moving rivers to stay on schedule*. On-Site. Recuperado de: <https://www.on-sitemag.com/features/closing-the-loop-builders-of-calgary-ring-road-moving-rivers-to-stay-on-schedule/>
- KGL Contractors. (2017). *Southwest Calgary Ring Road Remaining Wetland Protection Plan*. Report No. 00388473-R002. Recuperado de: http://www.yyccares.ca/wp-content/uploads/2018/02/00388473-R002_compressed.pdf
- Southwest Calgary Ring Road (SWCRR). (s. f.). *FAQ*. Environment. Recuperado de: <http://www.swcrrproject.com/frequently-asked-questions/faq-environment/>
- Southwest Calgary Ring Road (SWCRR). (2019). *Protecting the Beaver Pond (Wetland 6)*. Recuperado de: http://www.swcrrproject.com/wp-content/uploads/2019/03/Info-Session_GreenWall_Feb-2019_Final.pdf



Sector / industria	INFRAESTRUCTURA
Título	TÉCNICAS INNOVADORAS PARA PREVENIR IMPACTOS DE CARRETERAS EN RÍOS
País	Estados Unidos de América
Fecha de implementación	2013-2015
Ecosistema	Dulce-acuícola
Fase del ciclo de proyecto	△
Objetivo	Prevenir la fragmentación por construcción de carreteras
Nombre de la compañía	Departamento de Transporte de Colorado, Corporación Kiewit
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El proyecto de Reparaciones Permanentes de la autopista US 34 a través del cañón del río Big Thompson, en Colorado, recibió el Premio a la Excelencia Ambiental de la Asociación de Contratistas de Colorado (CCA). El premio se otorga a proyectos que exceden los requisitos ambientales o exhiben soluciones o controles ambientales innovadores. El equipo del proyecto enfrentó muchos desafíos, pues la US 34 corre adyacente al río Big Thompson y a través del Bosque Nacional Arapaho-Roosevelt y la Pradera Nacional Pawnee.

Una de las innovaciones fue la de extraer material desde el basamento y mezclarlo con concreto para estabilizar los taludes, creando secciones de 5 m de ancho de cimiento para evitar la erosión de la base. Esta técnica requirió de bastante coordinación para el transporte. El material extraído fue triturado, procesado y puesto en sitio sin que se hayan producido accidentes, en un proyecto que requirió 800.000 horas-persona.

Otra de las innovaciones fue la de hacer un corte profundo en el cañón para mover la carretera lo más lejos posible del río. Para ello, el puente se revistió con una armadura de rocas, instalando debajo de la superficie material previamente extraído y compactado en una extensión de 3,2 km de la carretera para crear una base sólida, con un mejor ancho de carretera, y en ocasiones se desvió ligeramente el curso del río. Adicionalmente, se utilizaron tuberías de 42 pulgadas en seis secciones para desviar el cauce del río y, donde fue posible, se instalaron represas de desviación.

Fuentes

- AGC ACE. (s. f.). *US 34 Flood Recovery Project*. Recuperado de: <http://agcace.com/wp-content/uploads/2018/09/Category-3-Kiewit-Infrastructure-US-34-Flood-Recovery-Project.pdf>
- Colorado. *The Official State Portal*. (2015). *Kiewit Infrastructure Co. selected to bring permanent repairs to US 34 in the Big Thompson canyon*. Recuperado de: <https://www.codot.gov/news/2015-news-releases/06-2015/kiewit-infrastructure-co-selected-to-bring-permanent-repairs-to-us-34-in-the-big-thompson-canyon>
- Kiewit. (2018). *Big Thompson team recognized for environmental excellence*. Recuperado de: <http://newsroom.kiewit.com/commitment/big-thompson-team-recognized-for-environmental-excellence/>
- Shaw, M. (7 de marzo de 2019). *Best of the Best Projects 2018. Project of the Year, Best Highway/Bridge: US 34 Permanent Repairs Project*. ENR. *Engineering News Record*. Recuperado de: <https://www.enr.com/articles/46455-project-of-the-year-best-highwaybridge-us-34-permanent-repairs-project>



5.2.2 GESTIÓN SOSTENIBLE Y EFICIENTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



Foto: PhotoSpirit/Adobe Stock



Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	USO DE LECHOS DE CAÑA O JUNCOS COMO FILTRO DE AGUA NATURAL
País	Omán
Fecha de implementación	2011
Ecosistema	Seco o desértico
Fase del ciclo de proyecto	Operación y remediación
Objetivo	Reducir la cantidad de agua requerida mediante la reutilización
Nombre de la compañía	Shell
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El campo petrolero Nimr genera como subproducto enormes volúmenes de agua, que debían ser reinyectados a acuíferos profundos con un uso intensivo de energía. Desde el año 2011, Shell implementa un método innovador de tratamiento de aguas basado en la instalación de lechos de caña construidos especialmente, que procesan 100.000 m³ de agua por día.

Primero, se aplica un tratamiento hidrociclónico con aceite pesado al agua, antes de permitir que esta fluya lentamente a través del lecho de caña de 360 hectáreas. Cualquier remanente de aceite en el agua se biodegrada ahí, lo que deja el agua tratada lista para ser utilizada en la perforación de nuevos pozos.

Fuentes

- Breuer, R. (2019). *Nimr Water Treatment Project, Oman*. Schrobenshausen, Alemania: Bauer Resources GmbH. Recuperado de: https://www.bauer.de/export/shared/documents/pdf/bre/roject_sheets/bre_nimrpaper_en.pdf
- Breuer, R. (s. f.). *Nimr Water Treatment Project. Commercial scale produced water treatment using wetlands – Reducing the environmental impact of oilfield operations*. Edelshausen, Alemania: Bauer Umwelt GmbH. Recuperado de: https://www.vetiver.org/USA_BAUERNimrOman_Article.pdf
- *Nimr Water Treatment Project*. (s. f.). *Nimr Water Treatment Project design, build, own, operate & transfer. Nimr Water Management & Energy Efficiency Strategy*. Recuperado de: https://www.ema-germany.org/media/DE/foren/WaFo/2012/MGB/praes/Al_Sharji_EMA_Wasserforum_2012.pdf
- Petroleum Development Oman (PDO). (s. f.). *Nimr reed beds*. Recuperado de: <https://www.pdo.co.om/en/technical-expertise/nimr-reed-beds/Pages/default.aspx>
- Shell. (s. f.). *A natural filter for water*. Recuperado de: <https://www.shell.com/sustainability/environment/water/a-natural-filter-for-water.html>



Sector / industria

HIDROCARBUROS

Título

EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA EN FRACTURACIÓN HIDRÁULICA

País

Estados Unidos de América

Fecha de implementación

2009

Ecosistema

Boscoso

Fase del ciclo de proyecto

Exploración

Objetivo

Reducir la presión de sus operaciones en la provisión local de agua

Nombre de la compañía

Range Resources

Otros participantes

△

Breve descripción de la experiencia



La empresa Range Resources, que dirige operaciones de fracturación hidráulica en la región de Marcellus Shale, en Pensilvania, enfrentaba el reto de reducir la presión de sus operaciones en la provisión local de agua. Por lo tanto, incrementó la reutilización de agua mediante el empleo de *flowback* (agua de retorno), producción de salmuera y agua de pozo de perforación.

En 2009, el 28% (por volumen) de los 158 millones de galones de fluido de fracturación hidráulica usados provino de agua recuperada de las perforaciones o de la fracturación hidráulica de los pozos anteriores. Adicionalmente, al reducir el uso de los recursos locales de agua, la compañía ahorró USD 3,2 millones gracias al recorte de la compra de agua, los costos de disposición de aguas residuales y los costos de transporte.

Fuente

- Range Resources. (s. f). *Hydraulic fracturing: Marcellus Shale*. Recuperado de: http://www.rangeresources.com/docs/default-source/factsheets/hf_fact-sheetb3aff883562b6a73ad41ff0000ad6957.pdf?sfvrsn=2



Sector / industria	MINERÍA
Título	COSECHA DE LLUVIA PARA REDUCIR LA CAPTACIÓN DE AGUA
País	Colombia
Fecha de implementación	2008
Ecosistema	△
Fase del ciclo de proyecto	Diseño y operación
Objetivo	Reducir la captación de agua de fuentes hídricas
Nombre de la compañía	Cerro Matoso y Cerrejón
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



La metodología de captura de agua de lluvia es una buena práctica de la industria minera para evitar captaciones de ríos y lagunas, con el objetivo de lograr un balance de agua cero.

La captura de agua también se hace mediante la recolección y filtración de aguas de escorrentía de las minas. Tal es el caso de la mina Cerro Matoso, donde el agua de lluvia es llevada a sedimentadores y luego a embalses con el objetivo de garantizar el flujo continuo de agua a la operación, minimizar la cantidad de agua captada de la quebrada de Uré y reducir a cero los efluentes.

En el caso de la mina Cerrejón, solo el 10% del agua es captada del río Ranchería: el 90% restante proviene de la actividad minera y de la captación de lluvias. En 2018, Cerrejón entregó más de 27 millones de litros de agua a las comunidades en la zona de influencia directa e indirecta de la operación.

Fuentes

- Cerrejón. (s. f). *Arturo y la profesora Aquática. Unidos haciendo uso responsable del agua*. Recuperado de: https://www.cerrejon.com/wp-content/uploads/2018/03/Cartilla_uso_responsableagua-compressed.pdf
- Cerrejón. (s. f). *Gestión integral del agua*. Recuperado de: <https://www.cerrejon.com/index.php/desarrollo-sostenible/medio-ambiente/gestion-integral-del-agua/>
- Ramírez, A. (24 de setiembre de 2019). *El agua, uno de los mayores compromisos de la industria minera*. Portafolio. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/contenido-patrocinado/el-agua-uno-de-los-mayores-compromisos-de-la-industria-minera-533847>



Sector / industria	MINERÍA
Título	ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE MINAS PARA CONTRIBUIR AL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS COMUNIDADES LOCALES
País	Sudáfrica
Fecha de implementación	2011
Ecosistema	Seco o desértico
Fase del ciclo de proyecto	Producción
Objetivo	Evitar la contaminación de aguas subterráneas y superficiales y contribuir al abastecimiento de agua para las comunidades
Nombre de la compañía	AngloAmerican y BHP Billiton
Otros participantes	CleanTeq

Breve descripción de la experiencia



Las minas de carbón de Witbank, en los alrededores de la ciudad de eMalahleni, incluyen operaciones en funcionamiento y otras que ya han cumplido su ciclo de vida. Los sitios de operación con carbón térmico de AngloAmerican contienen aproximadamente 140.000 megalitros (ML) de aguas subterráneas. Este volumen, según estimaciones, se incrementa en más de 25 ML por día (ML/d) lo que plantea importantes desafíos a las minas activas, pero más aún a las minas cerradas, en donde, sin el manejo adecuado, la infiltración puede causar la disolución de metales y sales, y la consecuente contaminación de aguas subterráneas y superficiales.

El modelamiento climático indica que la región, un área con escasez de agua, presentará aún mayor estrés hídrico en el largo plazo por la reducción de las lluvias anuales y la concentración de lluvias más intensas en periodos cortos, lo que generará riesgos de inundación. Por lo tanto, se requieren cambios en los sistemas de manejo del agua para asegurar un almacenaje y provisión adecuados durante la sequía, y la liberación necesaria durante eventos de lluvias intensas.

En 2007, AngloAmerican y BHP Billiton instalaron una planta de tratamiento de agua de mina. La planta trataba 30 ML/día, y proveía agua para operaciones de Anglo American y abastecía el 12% de los requerimientos de agua potable de la población de eMalahleni. Para finales de 2011, la planta había tratado más de 30.000 millones de litros de agua contaminada y entregado 22.000 millones de litros a la municipalidad. A mediados de ese año, se aprobó una segunda fase para incrementar el tratamiento de aguas contaminadas a 50 ML/d.

Fuente

- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2012). *Water management in mining: A selection of case studies. Report*. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/water-management-in-mining_case-studies



Sector / industria	MINERÍA
Título	RESTAURACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUAS GRISES PARA SU UTILIZACIÓN EN OPERACIONES MINERAS
País	México
Fecha de implementación	2010
Ecosistema	Boscoso
Fase del ciclo de proyecto	Exploración
Objetivo	Identificar fuentes alternativas de captación de agua para reducir la captación de pozos de agua tradicionales o de ríos cercanos
Nombre de la compañía	Fortuna Silver Mines Inc.
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



Cuando Fortuna Silver Mines comenzó a planificar la construcción de la mina San José, en Oaxaca, una región semiárida, el abastecimiento de agua para la operación subterránea, de 1.500 toneladas por día, presentó un desafío significativo. La compañía reconoció que el abastecimiento por medio de pozos tradicionales o del río Atoyac no era sostenible.

En 2008, identificó como fuente alternativa una planta de tratamiento de aguas grises en mal estado en la comunidad de Ocotlán de Morelos, a 15 km de la mina. Por la falta de inversión y mantenimiento, esta instalación había causado serios problemas ambientales y de salud pública en la comunidad y las áreas circundantes; sus aguas residuales contaminaron el río, el acuífero local y los campos de cultivo, y durante las lluvias inundó y contaminó la localidad y ciudades vecinas. En suma, se convirtió en fuente de ruido, olores, bacterias, moscas, roedores e inundaciones que, incluso, paralizaron las actividades educativas y deportivas en la ciudad.

En enero de 2010, Fortuna Silver Mines firmó un acuerdo de 15 años con el municipio de Ocotlán para renovar y operar la planta de aguas residuales a cambio de aguas grises para usar en la mina San José. La planta mejorada entró en funcionamiento en octubre de 2010 y proporciona el 20% del suministro de agua para la mina San José. El saldo proviene del agua de lluvia recolectada en la represa de relaves durante la temporada de lluvias y del agua reciclada de la operación “Cero Descarga”.

Fuente

- Fortuna Silver Mines Inc. (s. f.). *San Jose mine case study*. Recuperado de: <https://www.fortunasilver.com/sustainability/case-studies/san-jose-mine-case-study/>

Actualmente, la instalación sirve como una nueva fuente de empleo y contribuye a mejorar el paisaje circundante. Además, las aguas grises están totalmente contenidas y son tratadas de acuerdo con las normas internacionales, y se han eliminado las inundaciones. La planta ya no contamina el ambiente ni existen peligros para la salud. Los residentes de Ocotlán ahora pueden usar las instalaciones deportivas, asistir a la escuela y disfrutar de los jardines públicos que rodean la planta.



Sector / industria	MINERÍA
Título	OPTIMIZACIÓN EN EL USO DE AGUA MEDIANTE TECNOLOGÍA PARA RELAVES SECOS
País	Australia
Fecha de implementación	△
Ecosistema	Seco o desértico
Fase del ciclo de proyecto	Diseño, planificación, operación
Objetivo	Reducir la huella hídrica de la operación minera
Nombre de la compañía	Karara Mining Limited
Otros participantes	BIS y FLSmidth

Breve descripción de la experiencia



La mina de hierro de Karara Mining Limited se encuentra en la región del Medio Oeste de Australia Occidental, en un área con escasez de agua. Para almacenar sus relaves durante una vida útil estimada de 30 años, la operación habría requerido un estanque de cerca de 8 km², lo que hubiera implicado serios costos tanto para el ambiente como para la empresa.

Ante esta situación, la compañía implementó un sistema de relaves apilados / filtrados en seco, que permitió una recuperación y reutilización significativa de agua, con la consecuente reducción de costos e impactos, y circunscribió el área para estos a solo 4 km². Para ello, BIS trabajó con Karara y FLSmidth para construir, operar y mantener un transportador de apilamiento móvil único, utilizado normalmente en operaciones de minería de cobre a gran escala.

El optar por relaves de pila seca permitió estimar con mayor precisión el costo total de la propiedad a lo largo de la vida útil de la mina, y la reutilización y reciclaje del agua en el proceso de minería permitió una eficiencia de costos sustancial al minimizar la cantidad de agua necesaria para la operación minera. La tecnología implementada en la instalación de almacenamiento de relaves fue también un factor importante, ya que Karara buscó flexibilidad para actualizar de manera continua el equipo a medida que se iba haciendo disponible tecnología nueva y más eficiente.

La instalación de almacenamiento de relaves de pila seca de Karara continuará expandiéndose en las siguientes etapas de operación.

Fuente

- FLSmidth. (27 de marzo de 2020). Karara's dry stack tailing solution cuts water use, costs and environmental footprint. Recuperado de: https://www.flsmidth.com/en-gb/customer-stories/customer-stories-mining-2020/karara-dry-stack-tailings-solution?utm_term=Read%20more&utm_campaign=This%20issue:%20Karara%20takes%20lifecycle%20tailings%20approach%20%7C%20Reprise:%20COVID-19%20Q%26A%20%7C%20Could%20sustainability%20challenge%20attract%20new%20generation%20%26%20skills%20to%20mining&utm_content=email&utm_source=Act-On+Software&utm_medium=email&cm_mmc=Act-On%20Software_-_email_-_This%20issue:%20Karara%20takes%20lifecycle%20tailings%20approach%20%7C%20Reprise:%20COVID-19%20Q%26A%20%7C%20Could%20sustainability%20challenge%20attract%20new%20generation%20%26%20skills%20to%20mining_-_Read%20more

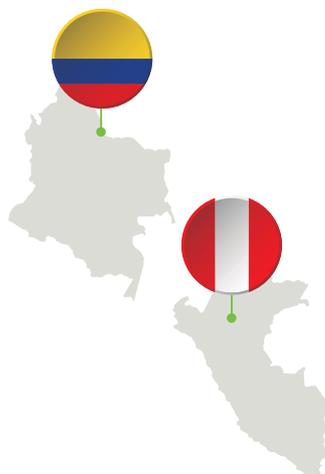
5.2.3 GESTIÓN EFICIENTE DE RESIDUOS Y PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN





Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE DERRAMES PETROLEROS
País	Colombia y Perú
Fecha de implementación	2013
Ecosistema	△
Fase del ciclo de proyecto	Exploración, producción, cierre
Objetivo	Mejorar los planes y protocolos ante derrames
Nombre de la compañía	Repsol
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



Repsol cuenta con políticas para el manejo de derrames y concentra sus esfuerzos en la prevención y la respuesta oportuna. La compañía utiliza el sistema de detección temprana para hidrocarburos (HEADS), tecnología pionera desarrollada por ellos para detectar de manera automática la presencia de hidrocarburos en el mar, con un tiempo de respuesta inferior a dos minutos.

Este protocolo puede ser adaptado a los acuíferos de la Amazonía. Se trata de una herramienta que, mediante radares y visión térmica, detecta derrames de hidrocarburos desde unos 20 litros. La compañía implementa esta tecnología en la plataforma de Casablanca, en el terminal marítimo de Tarragona, en la refinería de La Pampilla y en PETRONOR.

Adicionalmente, Repsol tiene acuerdos con empresas y proveedores especializados como Oil Spill Response Limited (OSRL) y Global Well Capping Consortium.

Fuentes

- Dirección General Marítima (DIMAR). (2015). *Procedimientos y normas internacionales aplicables en caso de accidentes de contaminación por derrames de hidrocarburos, en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos*. Recuperado de: https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/noticias/2._jurisdiccion_maritima.pdf
- Grupo Repsol. (2019). *Informe de gestión integrado*. Recuperado de: https://www.repsol.com/imagenes/global/es/Informe-gestion-integrado-informe-auditor-2019_tcm13-175429.pdf
- Repsol. (2016). *Gestión de los derrames*. En *Informe anual 2015*. Recuperado de: <https://informeanual.repsol.com/informe2015/es/informe-sostenibilidad/indicadores/desempeno-ambiental-seguridad/gestion-de-derrames>
- Repsol. (2018). *Agua, el tesoro del desierto*. [Video de YouTube]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=GG1A2yRScaM>
- Repsol. (s. f.). *Hacia la excelencia en la gestión sostenible del agua*. Recuperado de: <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/casos-de-exito/repsol-water-tool/index.cshmtl>
- Repsol. (s. f.). *Prevención de derrames. La mejor manera de evitar los derrames es la prevención*. Recuperado de: <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/medio-ambiente/prevencion-derrames/index.cshmtl>



Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	TRATAMIENTO DE AGUAS MEDIANTE EVAPORACIÓN MECÁNICA EN SITIO
País	Colombia
Fecha de implementación	2016
Ecosistema	Sabana tropical
Fase del ciclo de proyecto	Exploración
Objetivo	Evitar la disposición de aguas contaminadas a los ríos y los costos de transportar agua para su tratamiento o eliminación
Nombre de la compañía	ECOPETROL
Otros participantes	PWES y e3 Solutions

Breve descripción de la experiencia



La evaporación mecánica es una técnica de tratamiento de agua *in situ* para evitar la disposición de las aguas contaminadas al río o el costo de transportar el agua a otro lugar para su tratamiento o eliminación. Evapora el agua a una velocidad 14 veces más rápida que la evaporación normal a través de la micronebulización mecánica, sin el uso extensivo de calor. Es mejor para la fase de exploración, dada la falta de infraestructura para tratar el agua usada y la reducción del riesgo/costo frente a las alternativas.

ECOPETROL ha ejecutado esta tecnología con el apoyo de PWES en proyectos piloto durante 8-16 meses, y se ha evaporado más de 130.000 barriles de agua, hasta que se establezcan la viabilidad del sitio y una alternativa para tratar mayores volúmenes de producción. Esta actividad se desarrolló mediante un permiso otorgado por ANLA en Colombia en setiembre de 2016, en el que se autoriza a ECOPETROL y al operador de taladros el uso de la evaporación mecánica para el tratamiento de aguas residuales. La partícula de agua se convierte en una micropartícula mediante el uso de pulverizadores centrífugos, que no se tapan con los sólidos suspendidos ni los aceites presentes en las aguas contaminadas.

Esta tecnología se ha aplicado exitosamente en aguas industriales en Florida (EE. UU.) y en aguas aceitosas de una empresa de petróleo y gas en Wyoming (EE. UU.), entre otros lugares, por medio de otro proveedor: e3 Solutions. Recientemente, e3 Solutions firmó un acuerdo con Halliburton y Schlumberger para la Corporación Apache⁷⁵.

Fuentes

- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (1 de setiembre de 2016). Resolución 00956. Por la cual se modifica la Licencia Ambiental Global otorgada mediante Resolución 1199 del 06 de julio de 2007, y se dictan otras disposiciones. ANLA. Bogotá. Recuperado de: http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res_0956_01092016_d.pdf
- ECOPETROL. (2015). ECOPETROL no verterá aguas industriales al río Ariari. Recuperado de: https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/!ut/p/z/0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfijypNzrfIzU6wSDc1NUs3NDXXNUy0sdU3MLEx0E81S03STUIPNjc1STQ0T0wz0C7ldFQF7MQVu/
- E3 Solutions. (s. f). Forced evaporation – A water management tool. Recuperado de: <https://www.evaporationworks.com/hubfs/E3%20Solutions-PPT%202019%20Lite.pdf>

75 Información proporcionada por Kevin King, MD, e3 Solutions.



Sector / industria	MINERÍA
Título	IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO DE AGUA
País	Guyana
Fecha de implementación	2013
Ecosistema	Boscoso tropical
Fase del ciclo de proyecto	Producción
Objetivo	Conservar y proteger los recursos hídricos
Nombre de la compañía	Guyana Goldfields Inc.
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



En 2013, Guyana Goldfields desarrolló para su proyecto Aurora Gold un Plan de Manejo de Agua a fin de asegurarse de que los recursos hídricos fueran conservados y protegidos. Debido a las condiciones climáticas del área, el agua es uno de los aspectos más críticos en relación con impactos ambientales, mitigación y manejo.

De manera específica, y como se señala en el estudio de impacto ambiental (EIA), los objetivos de este plan incluyen: (i) desviar la mayor cantidad posible de agua del tajo abierto y del área de manejo de relaves; (ii) minimizar el uso de agua dulce y maximizar el reúso de agua del proceso; (iii) reducir la carga de sedimento en la escorrentía de residuos de roca almacenada por debajo de los límites de la Corporación Financiera Internacional (IFC) para sólidos totalmente suspendidos; (iv) mantener un acceso transitable al sitio durante las tormentas; y (v) mantener los valores de calidad de las aguas de descarga por debajo de los niveles establecidos por las guías de medio ambiente, salud y seguridad (EHS) de la IFC y los límites de descarga del Código Internacional para el Manejo del Cianuro (ICMC).

Fuentes

- Environ. (s. f). Appendix 7B: Management plans (Environ). Recuperado de: https://s21.q4cdn.com/896225004/files/doc_appendix/Appendix-7B-Final-Management-Plans-7-31-2013.pdf
- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2012). Water management in mining: A selection of case studies. Report. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/water-management-in-mining_case-studies
- International Finance Corporation (IFC). World Bank Group. (s. f). IFC project information and data portal. Aurora Gold. Recuperado de: <https://disclosures.ifc.org/#/projectDetail/ESRS/34228>



Sector / industria	MINERÍA
Título	RECUPERACIÓN DE AGUA MEDIANTE ESPESAMIENTO DE PASTA (PASTE THICKENING) EN MINERÍA
País	Sudáfrica
Fecha de implementación	2008
Ecosistema	Seco o desértico
Fase del ciclo de proyecto	Operación
Objetivo	Reducir costos y riesgos por la ruptura de relaveras, reducir tamaño de relaveras, y disminuir captación de agua
Nombre de la compañía	Yara International ASA y Assmang Proprietary Limited
Otros participantes	OUTOTEC y WESTECH Engineering

Breve descripción de la experiencia



Uno de los retos de la minería es la reducción en la calidad del mineral por procesar y, por lo tanto, el incremento en el volumen de relaves por almacenar. La selección del sistema de almacenamiento depende en gran medida de consideraciones geológicas y ambientales.

Al respecto, una de las mejores prácticas es el espesamiento de los relaves en una pasta (*paste thickening*), lo que reduce el área de almacenamiento requerida y los costos y riesgos de ruptura de las represas de relaves. El agua recuperada de los relaves se puede reutilizar en el proceso, lo que reduce la captación y los efluentes.

La mina Khumani Iron, operada por Assmang Proprietary Limited y localizada al norte de Ciudad del Cabo, inició operaciones en 2008 empleando un proceso de lavado, tamizaje y recuperación de finos mediante el uso de un sistema de ciclones. Este proceso requiere grandes volúmenes de agua, lo cual es crítico en ambientes áridos como el de la planta⁷⁶. En respuesta a las condiciones operacionales, Khumani Iron contrató los servicios de WESTECH Engineering para implementar un sistema de espesamiento.

Para la primera fase del proceso, se instalaron dos espesadores de alta tracción de 90 m cada uno, que devuelven el 90% del agua clarificada a la operación, lo que permitió incrementar la producción en un 100%. Para la segunda fase de espesamiento, se instalaron dos espesadores de 18 m de diámetro en línea con el incremento de la producción. Esta fase recupera entre el 75% y el 80% del agua remanente de la primera fase, con lo que se obtiene más de un 95% de agua recuperada. Esta operación resolvió un importante paso en el proceso de reutilización del agua, que redujo a solo un 5% o menos la captación de agua de fuentes hídricas y permitió lograr prácticamente cero descargas de efluentes al ambiente.

Fuentes

- Kajastie, N. (13 de mayo de 2019). *Outotec improves paste thickening technology*. Mining Magazine. Recuperado de: <https://www.miningmagazine.com/plant/news/1362853/outotec-improves-paste-thickening-technology>
- OUTOTEC. (2018). *Enhanced paste plant control with act thickener optimizer at Yara Siiljarvi*. Outotec SEAP Customer eNewsletter 1/2018. Recuperado de: https://www.outotec.com/globalassets/newsletters/output/2018-1/2.-yara-act-thickener-optimizer_case-study.pdf
- Schmitt, R. (30 de julio de 2015). *Case study: Paste thickening optimises tailings disposal and water recovery at iron ore mine*. Australian Mining. Recuperado de: <https://www.australianmining.com.au/features/case-study-paste-thickening-optimises-tailings-disposal-and-water-recovery-at-iron-ore-mine/>

⁷⁶ En ambientes muy húmedos, la situación es mucho peor, debido a que los volúmenes de agua de proceso en los relaves, unidos a las altas precipitaciones de lluvia, son un factor de riesgo muy grande para la estabilidad de las represas de relaves.



Sector / industria	MINERÍA
Título	GESTIÓN DE RELAVES A TRAVÉS DE LA CLASIFICACIÓN DE MINERALES A GRANEL
País	Laos y México
Fecha de implementación	2016
Ecosistema	△
Fase del ciclo de proyecto	Operación
Objetivo	Reducir los volúmenes de desechos, el uso de agua y la deforestación para relaveras
Nombre de la compañía	PanAust y Almaden Minerals
Otros participantes	Metso, CSIRO y Tomra

Breve descripción de la experiencia



En las operaciones mineras, mientras más bajo el grado del mineral, mayor el volumen de este que se requiere procesar, lo que implica, a su vez, el uso de grandes volúmenes de agua en los procesos asociados. Al respecto, una mejor práctica consiste en mejorar el grado de mineral por procesar mediante el rechazo de los minerales inertes o que no aportan a la metalurgia del proceso. Esto contribuye a reducir el consumo de agua, el tamaño de relaveras y los impactos en comunidades locales, además de mejorar el desempeño económico.

La tecnología de clasificación de mineral de trituración primaria o *bulk ore sorting* (BOS) ha ganado terreno y está siendo empleada, sobre todo, en las operaciones de cobre y oro. Consiste en la eliminación de material grueso de bajo grado detectado a través de sensores (rayos X, resonancia magnética), lo que reduce los volúmenes en la molienda y etapas posteriores de procesamiento. La mina de cobre Phu Kham de la empresa PanAust en la Provincia de Xaisombourn, en Laos, tiene reservas de 450 Mt de mineral con 0,54% Cu, 3,46 Moz Au y 3,02 Moz Ag. En 2016, implementó la tecnología BOS, que demostró su eficiencia en la remoción de material inerte, mejoró el grado de mineral por procesar, redujo los volúmenes de desechos y mejoró de manera significativa el flujo de caja de la empresa. Del mismo modo, Almaden Minerals, en su proyecto Ixtaca Gold-Silver en el estado de Puebla, en México, implementó esta misma tecnología con el apoyo de la empresa Tomra. Los resultados de sus pruebas demostraron un incremento del grado de Au y Ag del 39% y el 47% respectivamente, y un rechazo del 36% del mineral de mina (ROM) en la etapa de trituración, que de otra manera terminaría consumiendo agua y energía e incrementando el tamaño de la relavera.

Fuentes

- Almaden Minerals Ltd. (16 de julio de 2018). Almaden achieves 39% gold and 47% silver mill feed grade increase from bulk ore sort tests for Ixtaca. Recuperado de: <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/07/16/11537897/0/en/Almaden-Achieves-39-Gold-And-47-Silver-Mill-Feed-Grade-Increase-From-Bulk-Ore-Sort-Tests-for-Ixtaca.html>
- Duffy, K.A., Valery, W., Jankovic, A., & Holtham, P. (2015). Integrating bulk ore sorting into a mining operation to maximise profitability. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283119643_Integrating_Bulk_Ore
- International Mining. (28 de julio de 2017). Bulk ore sorting at Phu Kham copper mine, Laos. *International Mining*. Recuperado de: <https://im-mining.com/2017/07/28/bulk-ore-sorting-phu-kham-copper-mine-laos/>
- Metso. (2016). Bulk ore sorting improves profitability and sustainability. Recuperado de: <https://www.metso.com/showroom/mining/bulk-ore-sorting-improves-profitability-and-sustainability/>
- PanAust. (s. f.). Laos. Recuperado de: <https://panaust.com.au/laos>
- Reple, A., Chierigati, A. C., Prati, F., & Valery, W. (1 de abril de 2020). Bulk ore sorting cut-off estimation methodology: Phu Kham Mine case study. *Minerals Engineering*, 149. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687518303480>
- Tomra. (s. f.). Mining separation technology with sensor combinations for any type of ore. Recuperado de: <https://www.tomra.com/en-gb/sorting/mining/mining-technology>



Sector / industria	MINERÍA
Título	USO DE UNA PLANTA DE RECUPERACIÓN DE CIANURO
País	Argentina
Fecha de implementación	△
Ecosistema	Seco o desértico
Fase del ciclo de proyecto	Producción
Objetivo	Recuperar cianuro del agua de los relaves para su reutilización
Nombre de la compañía	AngloGold Ashanti
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



Cerro Vanguardia es la mina de oro y plata más grande en tamaño y producción de la región de la Patagonia de Argentina. Sus operaciones incluyen una instalación de almacenamiento de relaves donde los residuos de la mina se depositan continuamente en forma de lodo que contiene agua y relaves.

El lodo se separa en la instalación, y el agua, que tiene rastros de cianuro residual, se recupera de manera continua para reusarla en el proceso de recuperación de oro. La mina recicla y reusa hasta el 95% de su cianuro a través de la planta de reciclado de cianuro Cyanisorb, antes de ir a la instalación de almacenamiento, que está rodeada por una red de pozos de monitoreo de los cuales se obtienen y analizan muestras para comprobar su calidad y verificar si los relaves del proceso están afectando las aguas residuales.

Fuente

- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2012). Water management in mining: A selection of case studies. Report. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/water-management-in-mining_case-studies



Sector / industria	MINERÍA
Título	INSTALACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON UN SISTEMA DE FORMACIÓN DE LODOS DE ALTA DENSIDAD
País	Japón
Fecha de implementación	2008
Ecosistema	Boscoso
Fase del ciclo de proyecto	Cierre/remediación
Objetivo	Reducir la contaminación del agua
Nombre de la compañía	JX Nippon Mining and Metals
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



Las instalaciones de procesamiento de aguas residuales son alimentadas por dos plantas de tratamiento de efluentes construidas en la mina Toyoha. La primera comenzó a operar en octubre de 2008 para tratar las aguas residuales de la represa de relaves; la segunda comenzó a operar en octubre de 2011 para el agua de la mina subterránea. Se trata el agua con un sistema de formación de lodos de alta densidad que neutraliza la cal y que utiliza lodos reciclados.

Estas instalaciones fueron diseñadas y construidas en estrecha colaboración con el Departamento de Seguridad e Inspección Industrial del Gobierno de Hokkaido y la ciudad de Sapporo. Las características principales de estas instalaciones son las siguientes:

- Todas las instalaciones están ubicadas en interiores para que puedan operar durante todo el año, en particular durante los meses de invierno, cuando hay fuertes nevadas.
- Las tuberías entre las instalaciones de almacenamiento de relaves y la planta de tratamiento están contenidas dentro de una alcantarilla de concreto para evitar fugas de aguas residuales.
- Las dos plantas de tratamiento están equipadas con un generador de energía de reserva para garantizar la continuidad de la operación en caso de cortes de energía. También se proporcionan tanques de almacenamiento de aguas residuales de emergencia bajo tierra para garantizar la contención en caso de mal funcionamiento de la planta.
- En condiciones normales, solo una línea de tratamiento opera en cada planta. Sin embargo, ambas instalaciones están equipadas con una línea de tratamiento duplicada. Esto permite el tratamiento de aguas residuales adicionales cuando los flujos de volumen son altos y garantiza un funcionamiento continuo en caso de que una de las dos líneas de tratamiento no funcione correctamente.
- Durante una prueba de un año, la instalación de aguas residuales de la represa de relaves produjo agua procesada de alta calidad según las especificaciones establecidas por el control de contaminación ambiental de la ciudad de Sapporo. JX Nippon Mining & Metals monitorea de manera rutinaria la descarga de agua de acuerdo con las leyes, regulaciones y ordenanzas, así como los estándares voluntarios.

Fuente

- *International Council on Mining and Metals (ICMM). (2012). Water management in mining: A selection of case studies. Report. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/water-management-in-mining_case-studies*



Sector / industria	INFRAESTRUCTURA
Título	IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE SEDIMENTOS PARA ASEGURAR OPERACIONES
País	Brasil
Fecha de implementación	2013
Ecosistema	Boscoso tropical / dulce acuícola
Fase del ciclo de proyecto	Licencia/construcción
Objetivo	Reducción de contaminación del agua
Nombre de la compañía	Energia Sustentável do Brasil
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El proyecto hidroeléctrico de pasada del río Jirau sufrió una inundación histórica en 2014 —un año después de su puesta en funcionamiento—, que movilizó una gran cantidad de sedimentos y ocasionó cambios en el perfil topográfico del río, degradación cerca de las estructuras de toma de agua y el desgaste del equipo hidromecánico. Entre las medidas de gestión de sedimentos tomadas, se encuentran la modificación de la regla de operación, el dragado por hidrosucción para eliminar depósitos de sedimentos y el revestimiento resistente a la abrasión.

La degradación creó efectos de represión del agua a lo largo del río. La sedimentación cerca de las estructuras de concreto y las tomas de agua resultó en dificultades para mover las puertas de registro de parada de las plantas de energía. Las tuberías de la bomba, el drenaje y los pozos de alcantarillado sufrieron la acumulación de sedimentos, y los filtros de los sistemas de refrigeración experimentaron un bloqueo. El sedimento suspendido erosionó las bombas, el concreto en la entrada del vertedero y el equipo hidromecánico. Otros problemas menores incluyeron daños a los sensores de nivel de agua.

El río Madeira transporta cargas de sedimentos muy grandes que se originan principalmente en la subcuenca del Beni en Bolivia. Aproximadamente el 70% de la cuenca tributaria de la represa Jirau se encuentra fuera del territorio brasileño, lo que dificulta el monitoreo de los datos de sedimentos y la aplicación de estrategias de gestión de cuencas fuera del control del proyecto. Sin embargo, se ha implementado la plantación de árboles en las proximidades del embalse para minimizar la erosión y evitar el lavado durante las inundaciones.



Es de fundamental importancia que el transporte de sedimentos naturales se mantenga en el río Madeira sin causar impactos negativos en el entorno socioeconómico y biofísico, o en la infraestructura del proyecto y su potencial de generación. El transporte seguro de sedimentos, troncos, escombros, larvas, huevos y peces juveniles a través de la represa es necesario para garantizar el mantenimiento de los entornos biofísicos y, por lo tanto, cumplir con las regulaciones ambientales. El río Madeira contribuye con casi el 50% de los sedimentos de la cuenca del Amazonas, y su volumen de sedimentos varía entre 2 y 4 Mt por día.

Los problemas de sedimentación en la represa Jirau surgieron casi desde el primer año, causando grandes impactos al ambiente, los equipos y las personas. Las soluciones incluyeron cuatro programas de manejo de sedimentos: monitoreo, recuperación de áreas degradadas, plan de conservación y uso de los reservorios en el área de influencia, y un plan de monitoreo de bermas inestables y marginales.

- Este programa se convirtió en un requisito regulatorio para la conservación, recuperación y uso del suelo y aguas.
- Los modelos matemáticos contribuyeron al diseño de mejores taludes, canales y represas para la prevención de daños futuros.
- Las imágenes satelitales son compartidas con las autoridades brasileñas responsables del monitoreo socioambiental.
- Reemplazo de los materiales de fabricación de las turbinas.
- El sistema de monitoreo utiliza un modelo predictivo con un modelo de terrenos digital de alta resolución y seis estaciones remotas de monitoreo.
- Las mediciones de calidad del agua incluyen variables abióticas y bacteriológicas, parámetros limnológicos y especies acuáticas (fitoplancton, zooplancton, zoobentos), mercurio, metilmercurio y mediciones para calcular el índice trófico.

Fuente

- *International Hydropower Association (IHA). (s.f). Sediment management. Case study Jirau, Brazil. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/case-studies/brazil-jirau>*



Sector / industria	INFRAESTRUCTURA
Título	LUBRICACIÓN DE TURBINAS CON AGUA
País	Suecia
Fecha de implementación	2014
Ecosistema	Dulce-acuícola
Fase del ciclo de proyecto	Operación
Objetivo	Eliminar el riesgo de derrames durante la operación
Nombre de la compañía	UNIPER
Otros participantes	Kolbäcksan Vattenförbund y Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (Departamento de Ciencias y Evaluación Acuáticas)

Breve descripción de la experiencia



Durante la preparación del proyecto Semla IV, se evaluaron los potenciales riesgos de calidad del agua del río Kolbäcksan, con la información obtenida de un sistema de monitoreo de la calidad del agua en el que participan 53 municipios, organizaciones del sector público y empresas privadas autorizados a usar el agua del río o cuyas actividades tienen un impacto en él. Estas instituciones conforman una asociación desde 1986.

Con esta información disponible, la empresa sustituyó tres turbinas que usaban aceite como lubricante por una más grande lubricada con agua. Las turbinas lubricadas con agua eliminan el riesgo de derrames durante la operación.

Fuentes

- Smith, D. (2014). *Hydropower Sustainability Assessment Protocol. Official assessment on Semla IV*. Recuperado de: <https://static1.squarespace.com/static/5c1978d3ee1759dc44fbd8ba/t/5d711955c02f010001e7ebd7/1567693156464/Semla-IV+Assessment+Report+Jan+2015.pdf>
- World Bank. (2017). *Better hydro: Compendium of case studies 2017. Better understanding, better examples, better policies*. Washington D. C.: World Bank Group. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/247261519658051630/Better-hydro-compendium-of-case-studies-2017-better-understanding-better-examples-better-policies>



5.2.4 SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES INFORMADAS BASADAS EN EVIDENCIA



Foto: Deyan Georgiev/Adobe Stock



Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	EMPLEO DE SISTEMAS PREDICTIVOS PARA FACILITAR EL MANTENIMIENTO DE OLEODUCTOS
País	Colombia
Fecha de implementación	△
Ecosistema	Marino-costero tropical
Fase del ciclo de proyecto	Diseño y operación
Objetivo	Reducir la contaminación del agua derivada de fallas de mantenimiento de oleoductos
Nombre de la compañía	OCENSA
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El uso de sistemas predictivos facilita la toma de decisiones en las distintas etapas de los proyectos de hidrocarburos.

El Oleoducto Central de OCENSA, en Colombia, tiene un ducto de 12,5 km bajo el mar en el golfo de Morrosquillo, en el mar Caribe. Este oleoducto de 42 pulgadas transporta petróleo crudo desde las llanuras orientales de Colombia hasta el terminal marítimo de Coveñas, donde se almacena hasta ser cargado a los buques petroleros para su exportación.

OCENSA utiliza un modelo simplificado de interacción entre el ducto y los suelos para determinar el comportamiento dinámico del oleoducto una vez que pierde el soporte del fondo del mar debido a su licuefacción. Esta información permite identificar las condiciones críticas para la operación del oleoducto, definir los planes de mantenimiento con base en métodos racionales y minimizar el daño potencial a la integridad del oleoducto debido a la pérdida de apoyo del fondo del mar. Este mismo principio es aplicable a los oleoductos localizados en la Amazonía, debido a su constante interacción con corrientes e inundaciones.

Fuentes

- Marín, A. (s. f.). *Applicability of dynamic behaviour studies on OCENSA's offshore pipeline over liquefied seabed*. Bogotá. Recuperado de: https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-098%20TRA_COL_A_MARIN_CIMGA2018.pdf
- McMahon, A., & Paisley, D. M. E. (Noviembre de 1997). *Corrosion prediction modelling. A guide to the use of corrosion prediction models for risk assessment in oil and gas production and transportation facilities*. Sunbury Report ESR.96.ER.066. Recuperado de: <https://vdocuments.mx/a4382431pdf-bp-corrosion-modelling.html>
- PAT Research. (s. f.). *Predictive analytics in oil and gas*. Recuperado de: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/predictive-analytics-oil-gas/>



Sector / industria	HIDROCARBUROS
Título	IMPLEMENTACIÓN DE EJERCICIOS SIMULADOS PARA MEJORAR RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS EN EL TRANSPORTE FLUVIAL DE COMBUSTIBLES
País	△
Fecha de implementación	2018
Ecosistema	△
Fase del ciclo de proyecto	Transporte
Objetivo	Mejorar el desempeño del personal ante una emergencia durante el transporte de combustibles
Nombre de la compañía	Trafigura
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



Trafigura transporta combustible e insumos peligrosos en grandes volúmenes alrededor del mundo. Para ello, ha establecido protocolos de manejo de crisis muy detallados para incidentes graves, basados en las mejores prácticas internacionales.

En 2018, Trafigura unió esfuerzos con una empresa consultora especializada en manejo de crisis para el desarrollo de ejercicios de simulación multidimensional muy cercanos a la realidad, que ayudaran a su personal a desarrollar sus capacidades para responder de manera oportuna y precisa ante incidentes inesperados. Este entrenamiento incluyó simulaciones de derrames petroleros para probar la preparación de su equipo de respuesta a emergencias, en condiciones realistas. Así el equipo de Trafigura en localidades remotas asumió roles como coordinadores de respuesta regional y capitanes de nave. El equipo enfrentó escenarios retadores y dinámicos con serias consecuencias para las personas y el ambiente. Asimismo, la reputación, la situación legal, económica y social de la empresa y su relación con el Gobierno fueron consideradas en riesgo. El equipo respondió desde una sala situacional, siguiendo la guía de gestión de crisis y los planes de contingencia de la empresa hasta manejar la situación.

Los ensayos con estas simulaciones de “el peor escenario posible” han contribuido a mejorar las capacidades de respuesta de la empresa y son parte de un programa continuo que ha permitido, además, identificar y atender áreas de mejora.

Fuente

- Trafigura. (s. f.). *Enhancing crisis preparedness. Case study.* Recuperado de: <https://www.trafigura.com/responsibility/case-studies/enhancing-crisis-preparedness/>

5.2.5 RESTAURACIÓN, COMPENSACIÓN Y MANEJO DE PASIVOS AMBIENTALES





Sector / industria	MINERÍA
Título	INTEGRACIÓN DEL CIERRE DE OPERACIONES MINERAS CON LA GENERACIÓN DE ENERGÍAS LIMPIAS
País	Estados Unidos de América
Fecha de implementación	2011
Ecosistema	Boscoso
Fase del ciclo de proyecto	Cierre
Objetivo	Aprovechar las instalaciones en el cierre de minas
Nombre de la compañía	Chevron Mining
Otros participantes	Chevron Technology Ventures, SOITEC y EPA

Breve descripción de la experiencia



En la mina Questa de Chevron, ubicada en el condado de Taos, Nuevo México, opera una instalación de energía solar fotovoltaica de concentración (CPV) de 1 MW sobre 20 acres (8,09 hectáreas) de relaves mineros cubiertos, mientras se inician trabajos de remediación en otras áreas. Desde el inicio de sus operaciones, en 2011, la instalación ha vendido la electricidad generada a una empresa de servicio público local mediante un acuerdo de adquisición de energía.

La mejor práctica es la utilización de las instalaciones en la fase de cierre de actividades mineras aprovechando el área de los relaves, la cual de otra manera se convertiría en terrenos baldíos. Este proyecto se trabajó en conjunto entre Chevron Mining y EPA, con ingeniería y tecnología de SOITEC. Este es un caso pequeño (1 MW) que se puede repetir en un gran número de operaciones mineras alrededor del mundo, incluidas zonas dentro de la cuenca amazónica.

Fuentes

- Montoya, S. (19 de abril de 2011). *Chevron builds solar plant at New Mexico tailings site*. *The Durango Herald*. Recuperado de: <https://durangoherald.com/articles/22585>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (Setiembre de 2012). *Green remediation best management practices: Mining sites*. Recuperado de: https://clu-in.org/greenremediation/docs/GR_factsheet_miningsites.pdf
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *New energies: Utility-scale solar on a tailing disposal facility Chevron Questa mine superfund site in Questa, New Mexico*. Recuperado de: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/190025.pdf>



Sector / industria	INFRAESTRUCTURA
Título	PROGRAMA DE COMPENSACIÓN MEDIANTE LA PROTECCIÓN A PERPETUIDAD DE OTRO RÍO CON CONDICIONES Y SERVICIOS SIMILARES DE LA MISMA CUENCA
País	Costa Rica
Fecha de implementación	2012-2016
Ecosistema	Dulce-acuícola
Fase del ciclo de proyecto	Diseño
Objetivo	Compensar los impactos en las especies de peces migratorios, los hábitats críticos y la conectividad
Nombre de la compañía	Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)
Otros participantes	△

Breve descripción de la experiencia



El Instituto Costarricense de Electricidad, la compañía eléctrica nacional de Costa Rica, desarrolló el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (RHP) entre 2012 y 2016. RHP se construyó en el río Reventazón, en la provincia de Limón, con una represa de 130 m y un embalse de 8 km de largo. Los estudios del proyecto anticiparon que, en ausencia de estrategias de gestión ambiental, RHP tendría un impacto significativo en las especies de peces migratorios, los hábitats críticos y la conectividad.

ICE diseñó un programa de compensación que incluye proteger a perpetuidad el río Parismina, un río intacto que se une al Reventazón aguas abajo de la represa, en la llanura costera. Este es un ejemplo de cómo la planificación estratégica de la cuenca puede ayudar a desarrollar el potencial hidroeléctrico de un río mientras protege y evita el desarrollo en otros ríos de flujo libre en la misma cuenca. También demuestra cómo pueden usar mecanismos efectivos para compensar los impactos ambientales.

El programa de compensación debía implementarse en un tramo de río con condiciones y servicios ecológicos similares a los del río Reventazón. El río Parismina y su afluente, el río Dos Novillos, fueron seleccionados para la implementación (un tramo total de 105,5 km). El programa protege a perpetuidad un río que fluye libremente y ecosistemas intactos.

Este fue el primer programa de compensación de ríos de la región. ICE protegió rutas migratorias para tres especies de peces en el río Parismina. Un acuerdo de compensación garantizó la prohibición de modificaciones artificiales en los ríos o en el patrón de flujo natural, incluidas las represas y otras barreras para la migración de peces.



Todo ello implica un trabajo continuo entre ICE y los propietarios de tierras en las cuencas de los ríos Parismina y Reventazón para reducir la erosión, la sedimentación y la escorrentía de pesticidas.

La efectividad de las medidas de protección se verifica a través de un programa de monitoreo permanente de la calidad del agua, la biodiversidad y los hábitats clave. La evaluación *ex post* del proyecto, realizada en 2017 mediante una consultoría de Golder y el Banco Mundial, demuestra la efectividad de las medidas en términos ambientales, de biodiversidad y consideración con los actores locales.

Fuentes

- International Hydropower Association (IHA). (2017). Better hydro: Protecting biodiversity at Reventazón, Costa Rica. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/blog/better-hydro-protecting-biodiversity-at-reventaz%C3%B3n-costa-rica>
- Smith, D. (evaluador principal), Locher, H., Khalil, A., & Trias, M. (coevaluadores). (2018). Evaluación oficial: Proyecto Hidroeléctrico Reventazón Costa Rica. Instituto Costarricense de Electricidad. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3b4c145f-95eb-4a11-957a-e40c990c554e/Reventazon+Protocol.pdf?MOD=AJPERES&CVID=msNLBjL>
- The Biodiversity Consultancy. (s. f.). Proyectos. Recuperado de: <http://www.thebiodiversityconsultancy.com/es/projects/>
- Tiffer, R., Viquez, M., & Bermúdez, S. (s. f.). Evaluación del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón mediante el Protocolo de Sostenibilidad del IHA. Etapa implementación. Aplicado por primera vez en la región centroamericana. Instituto Costarricense de Electricidad. Recuperado de: https://ich.no/Opplastet/Dokumenter/Conference%202017/Documents/SesionesParalelasPresent/GoodPracticess/1%20BUENAS%20PRACTICAS_%20Sergio%20Bermudez_Evaluaci%C3%B3n%20del%20Proyecto%20Hidroel%C3%A9ctrico%20Reventaz%C3%B3n.pdf

6. REFLEXIONES FINALES

- ✓ **La diversidad natural constituye la base** del bienestar humano y de la generación de riqueza. Sin embargo, como resultado de las actividades humanas en su conjunto, esta diversidad natural y su capacidad de sostener nuestro bienestar y desarrollo se está deteriorando de manera acelerada. Al respecto, además de ser un compromiso moral ineludible para toda empresa responsable, la conservación de la naturaleza es, en realidad, una necesidad inherente para su éxito empresarial a largo plazo. Las mejores prácticas plantean una ruta para adoptar este modelo de intervención, reduciendo riesgos y priorizando la generación de valor compartido; dentro y fuera de la empresa.

- ✓ **El aporte de la actividad empresarial** y, en concreto, el de las industrias extractivas y de infraestructura **es fundamental para el crecimiento económico y el desarrollo** de diversas sociedades alrededor del mundo, incluidas las de los países latinoamericanos. Sin embargo, en un contexto altamente diverso, complejo y frágil como la Amazonía, resulta indispensable que toda intervención industrial asegure los menores impactos negativos posibles en el entorno, a fin de garantizar la continuidad de la provisión de bienes y servicios ambientales de los que dependen los más de 30 millones de personas que la habitan y la humanidad en su conjunto. Ante este desafío, las mejores prácticas plantean la oportunidad de contribuir desde la empresa con la gestión sostenible del recurso hídrico y la conservación de la biodiversidad asociada.

- ✓ **Es crucial abordar y evaluar, en términos sistémicos y acumulativos, todos los impactos de las actividades humanas** sobre la naturaleza en general, pero, en particular, sobre los ecosistemas acuáticos y, más aún, sobre aquellos tan extensos y complejos como los de la cuenca amazónica. Ello implica que, en el caso de las industrias aquí referidas, sus actividades y proyectos deben priorizar una visión integral y de paisaje, para anticipar sus impactos potenciales desde la etapa de concepción y diseño, que considere su interacción con otros actores, factores y actividades existentes y previstas en la región, y entienda las acciones a escala local como meros componentes de una sumatoria de efectos a una escala mayor.

- ✓ **Las mejores prácticas empresariales para la gestión** del recurso hídrico y la conservación de la biodiversidad asociada no solo permiten a las empresas mitigar potenciales impactos negativos, sino que son una vía para generar beneficios al entorno natural y social. En contextos como la Amazonía, esto plantea la oportunidad de un cambio de paradigma en el que la empresa, lejos de ser un agente disruptivo, puede ser un catalizador de esfuerzos de conservación que genere beneficios más allá de la operación misma y contribuya a recuperar, poner en valor o, incluso, incrementar

los valores naturales de su entorno en términos de servicios ambientales y biodiversidad. Para ello, la toma de decisiones debe priorizar criterios técnicos basados en evidencia que aborden de manera equilibrada los aspectos económico, social y ambiental, dando a este último el necesario peso en el análisis para garantizar el éxito de la operación en el largo plazo.

- ✓ **Hoy, como nunca, la humanidad cuenta con la ciencia, la tecnología y las capacidades** para hacer bien las cosas. En términos industriales, el acceso a la innovación, a los conocimientos de la comunidad científica internacional, a la información global en tiempo real, y a recursos como el internet de las cosas, la realidad virtual y la inteligencia artificial, plantea una oportunidad inédita para impulsar un desarrollo genuinamente sostenible a partir del diseño e implementación de mejores prácticas durante todas las fases del ciclo de los proyectos; desde el diseño hasta luego de su cierre.
-

- ✓ **Las mejores prácticas para la gestión del recurso hídrico y la conservación de la biodiversidad no plantean una solución sencilla** ni, mucho menos, automática a los diversos problemas y retos que los megaproyectos deben enfrentar en regiones como la Amazonía. Sin embargo, marcan una dirección clara y sustentada para propiciar un modelo de desarrollo más sostenible e inclusivo para la Amazonía y otras regiones. En ese sentido, la presente guía debe ser entendida como un aporte en un camino aún en construcción sobre el cual seguir sumando esfuerzos hacia una visión sostenible de la actividad empresarial.

7.

REFERENCIAS



AGC ACE. (s. f.). *US 34 Flood Recovery Project*. Recuperado de: <http://agcace.com/wp-content/uploads/2018/09/Category-3-Kiewit-Infrastructure-US-34-Flood-Recovery-Project.pdf>

Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (s. f.). *Ambiental y social. Programa en beneficio de las comunidades*. Recuperado de: <http://www.anh.gov.co/Seguridad-comunidades-y-medio-ambiente/Paginas/Programa-en-Beneficio-de-las-Comunidades.aspx>

Almaden Minerals Ltd. (16 de julio de 2018). *Almaden achieves 39% gold and 47% silver mill feed grade increase from bulk ore sort tests for Ixtaca*. Recuperado de: <https://www.globenewswire.com/news-release/2018/07/16/1537897/0/en/Almaden-Achieves-39-Gold-And-47-Silver-Mill-Feed-Grade-Increase-From-Bulk-Ore-Sort-Tests-for-Ixtaca.html>

Arrieta, O. M., Rivera, A. P., Arias, L., Rojando, B. A., Ruiz, O., & Cardona, S. A. (2012). Biorremediación de suelos con diésel mediante el uso de microorganismos autóctonos. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 27-40. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30815/39299>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (1 de setiembre de 2016). Resolución 00956. Por la cual se modifica la Licencia Ambiental Global otorgada mediante Resolución 1199 del 06 de julio de 2007, y se dictan otras disposiciones. ANLA. Bogotá. Recuperado de: http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res_0956_01092016_d.pdf

Breuer, R. (2019). *Nimr Water Treatment Project, Oman*. Schrobenuhausen, Alemania: Bauer Resources GmbH. Recuperado de: https://www.bauer.de/export/shared/documents/pdf/bre/project_sheets/bre_nimrpaper_en.pdf

Breuer, R. (s. f.). *Nimr Water Treatment Project. Commercial scale produced water treatment using wetlands – Reducing the environmental impact of oilfield operations*. Edelshausen, Alemania: Bauer Umwelt GmbH. Recuperado de: https://www.vetiver.org/USA_BAUERNimrOman_Article.pdf

Center for Strategic and International Studies (CSIS). (2020). *Sustainable infrastructure in the Amazon*. Documento de discusión.

Cerrejón. (s. f. [a]). *Arturo y la profesora Aquática. Unidos haciendo uso responsable del agua*. Recuperado de: https://www.cerrejon.com/wp-content/uploads/2018/03/Cartilla_uso_responsableagua-compressed.pdf

Cerrejón. (s. f. [b]). *Gestión integral del agua*. Recuperado de: <https://www.cerrejon.com/index.php/ desarrollo-sostenible/medio-ambiente/gestion-integral-del-agua/>

Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., & S. Stolton (Eds.). (2016). *Living Amazon Report 2016: A regional approach to conservation in the Amazon*. Brasilia y Quito: WWF Living Amazon Initiative. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?270437/Living-Amazon-Report-2016>

Chernos, S. (9 de agosto de 2018). Closing the loop: Builders of Calgary ring road moving rivers to stay on schedule. *On-Site*. Recuperado de: <https://www.on-sitemag.com/features/closing-the-loop-builders-of-calgary-ring-road-moving-rivers-to-stay-on-schedule/>

Colorado. The Official State Portal. (2015). *Kiewit Infrastructure Co. selected to bring permanent repairs to US 34 in the Big Thompson canyon*. Recuperado de: <https://www.codot.gov/news/2015-news-releases/06-2015/kiewit-infrastructure-co-selected-to-bring-permanent-repairs-to-us-34-in-the-big-thompson-canyon>

Conservation Gateway. The Nature Conservancy. (s. f.). *Hydro by design*. Recuperado de: <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/WaterInfrastructure/HydrobyDesign/Pages/hydro-design.aspx>

Dalberg Advisors. (2018). *Healthy rivers, healthy people. Addressing the mercury crisis in the Amazon. WWF Report 2018*. Recuperado de: <https://wwf.panda.org/?338470%2FToxic-mercury-poisoning-the-Amazon>

De Albuquerque, C. (Relatora Especial de Naciones Unidas para el Derecho Humano al Agua Potable y al Saneamiento). (2012). *Derechos hacia el final: buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento*. Lisboa. Recuperado de: https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/BookonGoodPractices_sp.pdf

Demetillo, A. T., Japitana, M. V., & Taboada, E. B. (2019). A system for monitoring water quality in a large aquatic area using wireless sensor network technology. *Sustainable Environment Research*, 29. Recuperado de: <https://sustainvironres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42834-019-0009-4>

Dirección General Marítima (DIMAR). (2015). *Procedimientos y normas internacionales aplicables en caso de accidentes de contaminación por derrames de hidrocarburos, en los espacios marítimos jurisdiccionales colombianos*. Recuperado de: https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/noticias/2_jurisdiccion_maritima.pdf

Dourojeanni, M., Barandiarán, A., & Dourojeanni, D. (2009). *Amazonía peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras: ¿qué está pasando? ¿Qué es lo que significan para el futuro?* Lima: ProNaturaleza – Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/amazonia-peruana-2021-explotacion-recursos-naturales-infraestructuras>

Duffy, K.A., Valery, W., Jankovic, A., & Holtham, P. (2015). *Integrating bulk ore sorting into a mining operation to maximise profitability*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/283119643_Integrating_Bulk_Ore

E3 Solutions. (s. f.). *Forced evaporation – A water management tool*. Recuperado de: <https://www.evaporationworks.com/hubfs/E3%20Solutions-PPT%202019%20Lite.pdf>

ECOPETROL. (2015). *ECOPETROL no verterá aguas industriales al río Ariari*. Recuperado de: https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/lut/p/z0/04_Sj9CPyky0xPLMnMz0vMAfljypNzrfzU6wSDc1NU3NDXXNUy0sdU3MLEx0E8IS03STUIPNjcISTQ0T0wz0C7ldFQF7MQVu/

Ekstrom, J., Bennum, L., & Mitchell, R. (2015). *A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy*. Cross Sector Biodiversity Initiative. Reino Unido: The Biodiversity Consultancy Ltd. Recuperado de: <http://www.csbi.org.uk/wp-content/uploads/2017/10/CSBI-Mitigation-Hierarchy-Guide.pdf>

Environ. (s. f.). *Appendix 7B: Management plans (Environ)*. Recuperado de: https://s21.q4cdn.com/896225004/files/doc_appendix/Appendix-7B-Final-Management-Plans-7-31-2013.pdf

ERM Perú. (2011). *Pluspetrol Perú Corporation S.A. Estudio de impacto ambiental para la ampliación del programa de exploración y desarrollo en la locación San Martín Este del lote 88*. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/EIA%20PLUSPETROL%20AMP%20DEL%20PROGRAMA%20LOCACION%20SAN%20MARTIN%20LOTE%2088/Cap%3ADtulo%20II%20-%20Descripci%C3%B3n%20de%20Proyecto.pdf>

European Parliament. (10 de abril de 2018). *Circular economy: Definition, importance and benefits*. Recuperado de: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

Flores, M., Lopes Da Silva Jr, U., Malone, H., Panuncio, M., Riveros, J. C., Rodrigues, S., Silva, R., Valenzuela, S., Arancibia, D., Bara-Neto, P., & Symington, M. (2010). *WWF's Living Amazon Initiative: A comprehensive approach to conserving the largest rainforest and river system on Earth*. Lima: WWF. Recuperado de: https://wwf.panda.org/wwf_news/?196095

FlSmidth. (27 de marzo de 2020). *Karara's dry stack tailing solution cuts water use, costs and environmental footprint*. Recuperado de: https://www.flsmidth.com/en-gb/customer-stories/customer-stories-mining-2020/karara-dry-stack-tailings-solution?utm_term=Read%20more&utm_campaign=This%20issue:%20Karara%20takes%20lifecycle%20tailings%20approach%20%7C%20Reprise:%20COVID-19%20Q%26A%20%7C%20Could%20sustainability%20challenge%20attract%20new%20generation%20%26%20skills%20to%20mining&utm_content=email&utm_source=Act-On+Software&utm_medium=email&cm_mmc=Act-On%20Software-_-email-_-This%20issue:%20Karara%20takes%20lifecycle%20tailings%20approach%20%7C%20Reprise:%20COVID-19%20Q%26A%20%7C%20Could%20sustainability%20challenge%20attract%20new%20generation%20%26%20skills%20to%20mining-_-Read%20more

Fondriest. (s.f.). *Stream and river monitoring*. Recuperado de: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/environmental-monitoring-applications/stream-and-river-monitoring/>

Fortuna Silver Mines Inc. (s.f.). *San Jose mine case study*. Recuperado de: <https://www.fortunasilver.com/sustainability/case-studies/san-jose-mine-case-study/>

Geetha, S., & Gouthami, S. (2017). Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water*, 2(1). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/318736646_Internet_of_things_enabled_real_time_water_quality_monitoring_system

Grupo Repsol. (2019). *Informe de gestión integrado*. Recuperado de: https://www.repsol.com/imagenes/global/es/Informe-gestion-integrado-informe-auditor-2019_tcm13-175429.pdf

Hafeez, S., Wong, M. S., Abbas, S., Kwok, C. Y. T., Nichol, J., Lee, K. H., Tang, D., & Pun, L. (2018). Detection and monitoring of marine pollution using remote sensing technologies. En H. B. Fouzia (Ed.), *Monitoring marine pollution*. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/monitoring-of-marine-pollution/detection-and-monitoring-of-marine-pollution-using-remote-sensing-technologies>

Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro. (Diciembre de 2016). *Código Internacional para el Manejo de Cianuro*. Recuperado de: https://www.cyanidecode.org/sites/default/files/sppdf/01_SP_CyanideCode.pdf

GUÍA DE CONSULTA DE MEJORES PRÁCTICAS

International Council on Mining and Metals (ICMM). (2003). *Mining principles*. Londres: ICMM. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/mining-principles/factsheet_investment-community.pdf

International Council on Mining and Metals (ICMM). (2012). *Water management in mining: A selection of case studies*. Report. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/water-management-in-mining_case-studies

International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f. [a]). *Los Principios Mineros del ICMM definen los requisitos ambientales, sociales y de gobernanza de buenas prácticas para la industria minera y de metales*. Recuperado de: <https://www.icmm.com/es>

International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f. [b]). *Water management*. Recuperado de: <https://www.icmm.com/en-gb/environment/water/water-management>

International Council on Mining and Metals (ICMM). (s. f. [c]). *Guía práctica para la gestión del agua en áreas de captación para la industria minera y metalúrgica*. Recuperado de: https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/water/practical-guide-catchment-based-water-management_es

International Cyanide Management Code. (s. f.). *Directory of signatory companies*. Recuperado de: <https://www.cyanidecode.org/signatory-companies/directory-of-signatory-companies>

International Finance Corporation (IFC). World Bank Group. (s. f.). *IFC project information and data portal. Aurora Gold*. Recuperado de: <https://disclosures.ifc.org/#/projectDetail/ESRS/34228>

International Hydropower Association (IHA). (2017). *Better hydro: Protecting biodiversity at Reventazón, Costa Rica*. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/blog/better-hydro-protecting-biodiversity-at-reventaz%C3%B3n-costa-rica>

International Hydropower Association (IHA). (2018a). *Hydropower sustainability guidelines on good international industry practice*. Recuperado de: https://www.hydropower.org/sites/default/files/publications-docs/hydropower_sustainability_guidelines_on_good_international_industry_practice.pdf

International Hydropower Association (IHA). (2018b). *Hydropower sustainability assessment protocol*. Recuperado de: <https://www.hydrosustainability.org/assessment-protocol>

International Hydropower Association (IHA). (s. f. [a]). *Sustainability*. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/sustainability-0>

International Hydropower Association (IHA). (s. f. [b]). *ESG gap analysis tool*. Recuperado de: <https://www.hydrosustainability.org/esg-tool>

International Hydropower Association (IHA). (s. f. [c]). *Sediment management*. Case study Jirau, Brazil. Recuperado de: <https://www.hydropower.org/case-studies/brazil-jirau>

International Mining. (28 de julio de 2017). Bulk ore sorting at Phu Kham copper mine, Laos. *International Mining*. Recuperado de: <https://im-mining.com/2017/07/28/bulk-ore-sorting-phu-kham-copper-mine-laos/>

IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (s. f. [a]). *Resources*. Recuperado de: <http://www.ipieca.org/resources/>

IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (s. f. [b]). *Good practice for water management*. Recuperado de: <http://www.ipieca.org/our-work/environment/water-management/good-practice-for-water-management/>

IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (2014a). *Identifying and assessing water sources. Guidance document for the onshore oil and gas industry*. Recuperado de: <https://www.ipieca.org/news/new-guidance-on-identifying-and-assessing-water-sources/>

IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association). (2014b). *Efficiency in water use. Guidance document for the upstream onshore oil and gas industry*. Recuperado de: <https://www.ipieca.org/resources/good-practice/efficiency-in-water-use-guidance-document-for-the-upstream-onshore-oil-and-gas-industry/>

JNCC (Joint Nature Conservation Committee). (2010). *JNCC guidelines for minimizing the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys*. Recuperado de: http://www.utm.csic.es/sites/default/files/2018-01/JNCC_Guidelines_Seismic%20Guidelines_Aug%202010.pdf

Kajastie, N. (13 de mayo de 2019). Outotec improves paste thickening technology. *Mining Magazine*. Recuperado de: <https://www.miningmagazine.com/plant/news/1362853/outotec-improves-paste-thickening-technology>

KGL Contractors. (2017). *Southwest Calgary Ring Road Remaining Wetland Protection Plan*. Report No. 00388473-R002. Recuperado de: http://www.yyccares.ca/wp-content/uploads/2018/02/00388473-R002_compressed.pdf

Kiewit. (2018). *Big Thompson team recognized for environmental excellence*. Recuperado de: <http://newsroom.kiewit.com/commitment/big-thompson-team-recognized-for-environmental-excellence/>

Leakwise. (s. f.). *Oil on water detection and monitoring*. Recuperado de: https://www.leakwise.com/?gclid=Cj0KCQjwjcfzBRCHARIsAO-I_Oql762UI7yWbWvVRSnhzAwmnu7yEAA3X9FhcIlaZLL5cj0pV2rq3i0aAmKJEALw_wcB

Libelium. (24 de febrero de 2014). *Smart water sensors to monitor water quality in rivers, lakes and the sea*. Recuperado de: <http://www.libelium.com/smart-water-sensors-to-monitor-water-quality-in-rivers-lakes-and-the-sea/>

Marín, A. (2018). *Applicability of dynamic behaviour studies on OCENSA's offshore pipeline over liquefied seabed*. Recuperado de: https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-098%20TRA_COL_A_MARIN_CIMGA2018.pdf

McMahon, A. J., & Paisley, D. M. E. (1997). *Corrosion predicting modelling. A guide to the use of corrosion prediction models for risk assessment in oil and gas production and transportation facilities*. Recuperado de: <https://vdocuments.mx/a4382431pdf-bp-corrosion-modelling.html>

McMahon, A., & Paisley, D. M. E. (Noviembre de 1997). *Corrosion prediction modelling. A guide to the use of corrosion prediction models for risk assessment in oil and gas production and transportation facilities*. Sunbury Report ESR.96.ER.066. Recuperado de: <https://vdocuments.mx/a4382431pdf-bp-corrosion-modelling.html>

Metso. (2016). *Bulk ore sorting improves profitability and sustainability*. Recuperado de: <https://www.metso.com/showroom/mining/bulk-ore-sorting-improves-profitability-and-sustainability/>

Mining Press. (15 de junio de 2016). *Petroperú y nativos: acuerdo*. Mining Press. Recuperado de: <http://miningpress.com/club/298594/petroperu-y-nativos-acuerdo>

Montoya, S. (19 de abril de 2011). *Chevron builds solar plant at New Mexico tailings site*. *The Durango Herald*. Recuperado de: <https://durangoherald.com/articles/22585>

Motta, J. C., & Rodríguez, L. D. (2018). *Análisis de los impactos ambientales significativos en los programas sísmicos de exploración costa afuera*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/19323/1/172355.pdf>

Nexsens Technology. (s. f.). Stream and river monitoring. Recuperado de: <https://www.nexsens.com/systems/stream-river-monitoring>

NimrWaterTreatment Project. (s.f.). *NimrWaterTreatment Project design, build, own, operate & transfer. NimrWater Management & Energy Efficiency Strategy*. Recuperado de: https://www.ema-germany.org/media/DE/foren/WaFo/2012/MGB/praes/AI_Sharji_EMA_Wasserforum_2012.pdf

Núñez, R. R., Lorenzo, M., Ortiz, E., & Oramas, J. (2010). Biorremediación de la contaminación de petróleo en el mar. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 10(19). Recuperado de: <http://ama.redciencia.cu/articulos/19.02.pdf>

Opperman, J., Grill, G., & Hartmann, J. (2015). *The power of rivers: Finding balance between energy and conservation in hydropower development*. Washington D. C.:The Nature Conservancy. Recuperado de: <https://www.nature.org/media/freshwater/power-of-rivers-report.pdf>

Opperman, J., Hartmann, J., Raepple, J., Angarita, H., Beames, P., Chapin, E., Geressu, R., Grill, G., Harou, J., Hurford, A., Kammen, D., Kelman, R., Martin, E., Martins, T., Peters, R., Rogéliz, C., & Shirley, R. (2017). *The power of rivers: A business case. How system-scale planning and management of hydropower can yield economic, financial and environmental benefits*. Washington D. C.:The Nature Conservancy.

OUTOTEC. (2018). *Enhanced paste plant control with act thickener optimizer at Yara Siiljarvi*. OUTOTEC SEAP Customer eNewsletter 1/2018. Recuperado de: https://www.outotec.com/globalassets/newsletters/output/2018-1/2.-yara-act-thickener-optimizer_case-study.pdf

PanAust. (s. f.). Laos. Recuperado de: <https://panaust.com.au/laos>

Pass My Exams. (s. f.). *Finding crude oil*. Recuperado de: <http://www.passmyexams.co.uk/GCSE/chemistry/finding-crude-oil.html>

PAT Research. (s. f.). *Predictive analytics in oil and gas*. Recuperado de: <https://www.predictiveanalyticstoday.com/predictive-analytics-oil-gas/>

Petro, P. E., & Mercado, G. D. C. (2014). *Biorremediación de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos derivados del petróleo en Colombia*. Cartagena de Indias: Facultad de Ingeniería, Arquitectura, Artes y Diseño, Programa de Ingeniería Química, Diplomado en Procesos Químicos, Universidad de San Buenaventura seccional Cartagena. Recuperado de: https://www.academia.edu/14634884/BIORREMEIACI%C3%93N_DE_SUELOS_CONTAMINADOS_POR_DERRAMES_DE_HIDROCARBUROS_DERIVADOS_DEL_PETR%C3%93LEO_EN_COLOMBIA

GUÍA DE CONSULTA DE MEJORES PRÁCTICAS

Petroleum Development Oman (PDO). (s. f.). *Nimr reed beds*. Recuperado de: <https://www.pdo.co.om/en/technical-expertise/nimr-reed-beds/Pages/default.aspx>

Quintero, J. D. (2017a). *A guide to good practices for environmentally friendly roads*. Latin America Conservation Council (LACC) /The Nature Conservancy. Recuperado de: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/latin-america-conservation-council/resources/>

Quintero, J. D. (2017b). *Guía de buenas prácticas para carreteras ambientalmente amigables*. Latin America Conservation Council (LACC) /The Nature Conservancy. Recuperado de: http://fcds.org.co/site/wp-content/uploads/2018/09/carreteras-ambientalmente-amigables_WEB_02_2016-1.pdf

RAISG (Rede Ambiental de Informação Sociambiental Georreferenciada) & Infoamazonía. (2019). *Amazonía en la encrucijada*. Recuperado de: <https://encrucijada.amazoniasocioambiental.org/story/caminos-selva-adentro>

Ramírez, A. (24 de setiembre de 2019). El agua, uno de los mayores compromisos de la industria minera. *Portafolio*. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/contenido-patrocinado/el-agua-uno-de-los-mayores-compromisos-de-la-industria-minera-533847>

Range Resources. (s. f.). *Hydraulic fracturing: Marcellus Shale*. Recuperado de: http://www.rangeresources.com/docs/default-source/factsheets/hf_fact-sheetb3aff883562b6a73ad41ff0000ad6957.pdf?sfvrsn=2

Reple, A., Chierigati, A. C., Prati, F., & Valery, W. (1 de abril de 2020). Bulk ore sorting cut-off estimation methodology: Phu Kham Mine case study. *Minerals Engineering*, 149. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687518303480>

Repsol. (2016). Gestión de los derrames. En *Informe anual 2015*. Recuperado de: <https://informeanual.repsol.com/informe2015/es/informe-sostenibilidad/indicadores/desempeno-ambiental-seguridad/gestion-de-derrames>

Repsol. (2018). *Agua, el tesoro del desierto*. [Video de YouTube]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=GGIA2yRScaM>

Repsol. (s. f. [a]). *Hacia la excelencia en la gestión sostenible del agua*. Recuperado de: <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/casos-de-exito/repsol-water-tool/index.cshtml>

Repsol. (s.f. [b]). *Prevención de derrames*. La mejor manera de evitar los derrames es la prevención. Recuperado de: <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/medio-ambiente/prevencion-derrames/index.cshtml>

Revista *Seguridad Minera*. (11 de julio de 2018). Yanacocha recertifica por tercera vez en manejo de cianuro. *Seguridad Minera*. Recuperado de: <http://www.revistaseguridadminera.com/minas/yanacocha-recertifica-manejo-cianuro/>

Sánchez Ruiz, R. (2017). *Aplicación de la biotecnología ambiental*. [Diapositivas]. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/RodolfoSnchezRuizSan/biorremediacion-81346313>

Schmitt, R. (30 de julio de 2015). Case study: Paste thickening optimises tailings disposal and water recovery at iron ore mine. *Australian Mining*. Recuperado de: <https://www.australianmining.com.au/features/case-study-paste-thickening-optimises-tailings-disposal-and-water-recovery-at-iron-ore-mine/>

Shaw, M. (7 de marzo de 2019). Best of the Best Projects 2018. Project of the Year, Best Highway/Bridge: US 34 Permanent Repairs Project. *ENR. Engineering News Record*. Recuperado de: <https://www.enr.com/articles/46455-project-of-the-year-best-highwaybridge-us-34-permanent-repairs-project>

Shell. (s.f.). *A natural filter for water*. Recuperado de: <https://www.shell.com/sustainability/environment/water/a-natural-filter-for-water.html>

Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres & ECOPETROL. (2017). *Cartilla instructiva sobre atención primaria de derrames: implementación del Plan Nacional de Contingencias contra Derrame de Hidrocarburos Derivados de Sustancias Nocivas – PNC – sector de hidrocarburos y derivados*. Bogotá: SNPAD, ECOPETROL. Recuperado de: https://acp.com.co/web2017/images/pdf/buenaspracticas/gestionambiental/guias/cartilla_atencion_derrames.pdf

Smith, D. (2014). *Hydropower Sustainability Assessment Protocol. Official assessment on Semla IV*. Recuperado de: <https://static1.squarespace.com/static/5c1978d3ee1759dc44fbd8ba/t/5d711955c02f010001e7ebd7/1567693156464/Semla-IV+Assessment+Report+Jan+2015.pdf>

Smith, D. (evaluador principal), Locher, H., Khalil, A., & Trias, M. (coevaluadores). (2018). *Evaluación oficial: Proyecto Hidroeléctrico Reventazón Costa Rica*. Instituto Costarricense de Electricidad. Recuperado de: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/3b4c145f-95eb-4a11-957a-e40c990c554e/Reventazon+Protocol.pdf?MOD=AJPERES&CVID=msNLBjL>

Southwest Calgary Ring Road (SWCRR). (2019). *Protecting the Beaver Pond (Wetland 6)*. Recuperado de: http://www.swcrrproject.com/wp-content/uploads/2019/03/Info-Session_GreenWall_Feb-2019_Final.pdf

Southwest Calgary Ring Road (SWCRR). (s. f.). FAQ. *Environment*. Recuperado de: <http://www.swcrrproject.com/frequently-asked-questions/faq-environment/>

Sustainable Development Goals Knowledge Platform. (s. f.). *Decisions by topic: Mining*. Recuperado de: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1259>

The Biodiversity Consultancy. (2015). *A cross-sector guide for implementing the mitigation hierarchy*. [Autores principales:]. Ekstrom, L. Bennum & R. Mitchell]. Inglaterra: The Biodiversity Consultancy Ltd.

The Biodiversity Consultancy. (s. f.). *Proyectos*. Recuperado de: <http://www.thebiodiversityconsultancy.com/es/projects/>

The Equator Principles. (2020). *The Equator Principles, July 2020. A financial industry benchmark for determining, assessing and managing environmental and social risk in projects*. Recuperado de: <https://equator-principles.com/wp-content/uploads/2020/01/The-Equator-Principles-July-2020.pdf>

The Equator Principles. (s. f.). *The Equator Principles*. <https://equator-principles.com/about/>

The Nature Conservancy (TNC). (s. f.). *Latin America Conservation Council*. Recuperado de: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/latin-america-conservation-council/>

Tiffer, R., Viquez, M., & Bermúdez, S. (s. f.). *Evaluación del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón mediante el Protocolo de Sostenibilidad del IHA. Etapa implementación. Aplicado por primera vez en la región centroamericana*. Instituto Costarricense de Electricidad. Recuperado de: https://ich.no/Opplastet/Dokumenter/Conference%202017/Documents/SesionesParalelasPresent/GoodPractices/1%20BUENAS%20PRACTICAS_%20Sergio%20Bermudez_Evaluaci%C3%B3n%20del%20Proyecto%20Hidroel%C3%A9ctrico%20Reventaz%C3%B3n.pdf

Toledano, P., & Roorda, C. (2014). *Leveraging mining investments in water infrastructure for broad economic development: Models, opportunities and challenges*. CCSI Policy Paper. Columbia Center on Sustainable Investment. Recuperado de: <http://ccsi.columbia.edu/files/2014/05/CCSI-Policy-Paper-Leveraging-Mining-Related-Water-Infrastructure-for-Development-March-2014.pdf>

Tomra. (s. f.). *Mining separation technology with sensor combinations for any type of ore*. Recuperado de: <https://www.tomra.com/en-gb/sorting/mining/mining-technology>

Trafigura. (s. f.). *Enhancing crisis preparedness. Case study*. Recuperado de: <https://www.trafigura.com/responsibility/case-studies/enhancing-crisis-preparedness/>

United Nations Global Compact. (2018). *Pacto Mundial de Naciones Unidas. Una llamada a la acción para empresa sostenibles*. Recuperado de: https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2018/02/Flyer-New-Strategy-GC-2018_20180126.pdf

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2013). *New energies: Utility-scale solar on a tailing disposal facility Chevron Questa mine superfund site in Questa, New Mexico*. Recuperado de: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/190025.pdf>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (Setiembre de 2012). *Green remediation best management practices: Mining sites*. Recuperado de: https://clu-in.org/greenremediation/docs/GR_factsheet_miningsites.pdf

World Bank. (2017). *Better hydro: Compendium of case studies 2017. Better understanding, better examples, better policies*. Washington D. C.: World Bank Group. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/247261519658051630/Better-hydro-compendium-of-case-studies-2017-better-understanding-better-examples-better-policies>

WWF (World Wildlife Fund). (2018). *Informe planeta vivo 2018: apuntando más alto* [M. Grooten & R. E.A. Almond (Eds.)]. Gland, Suiza: WWF. Recuperado de: https://www.wwf.org.pe/informate/publicaciones_new/?uNewsID=337493

Zandi, C., & Nava, R. (29 de abril de 2019). Rethinking water management in oil and gas. *Bain & Company*. Recuperado de: <https://www.bain.com/insights/rethinking-water-management-in-oil-and-gas/>

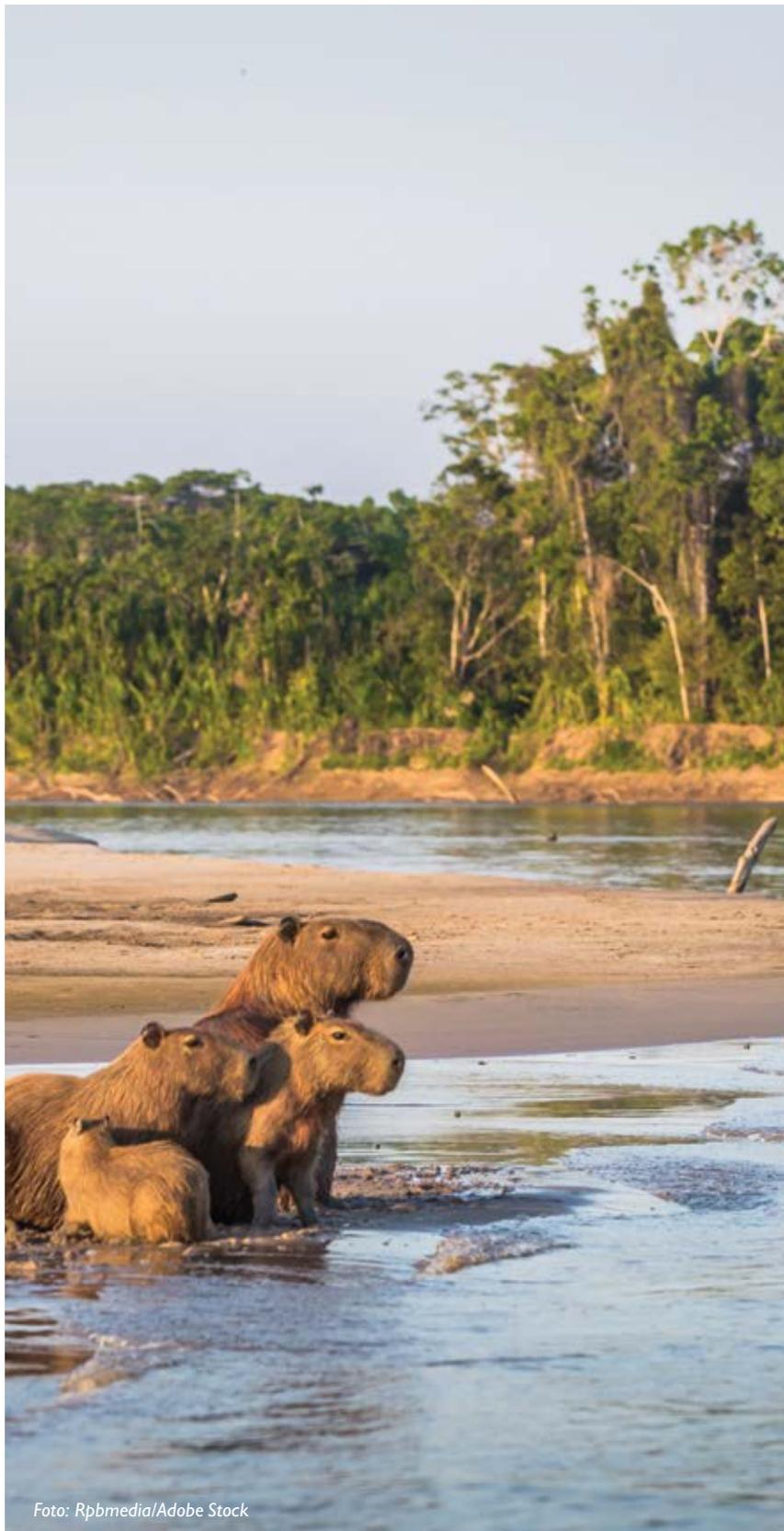


Foto: Rpbmedia/Adobe Stock

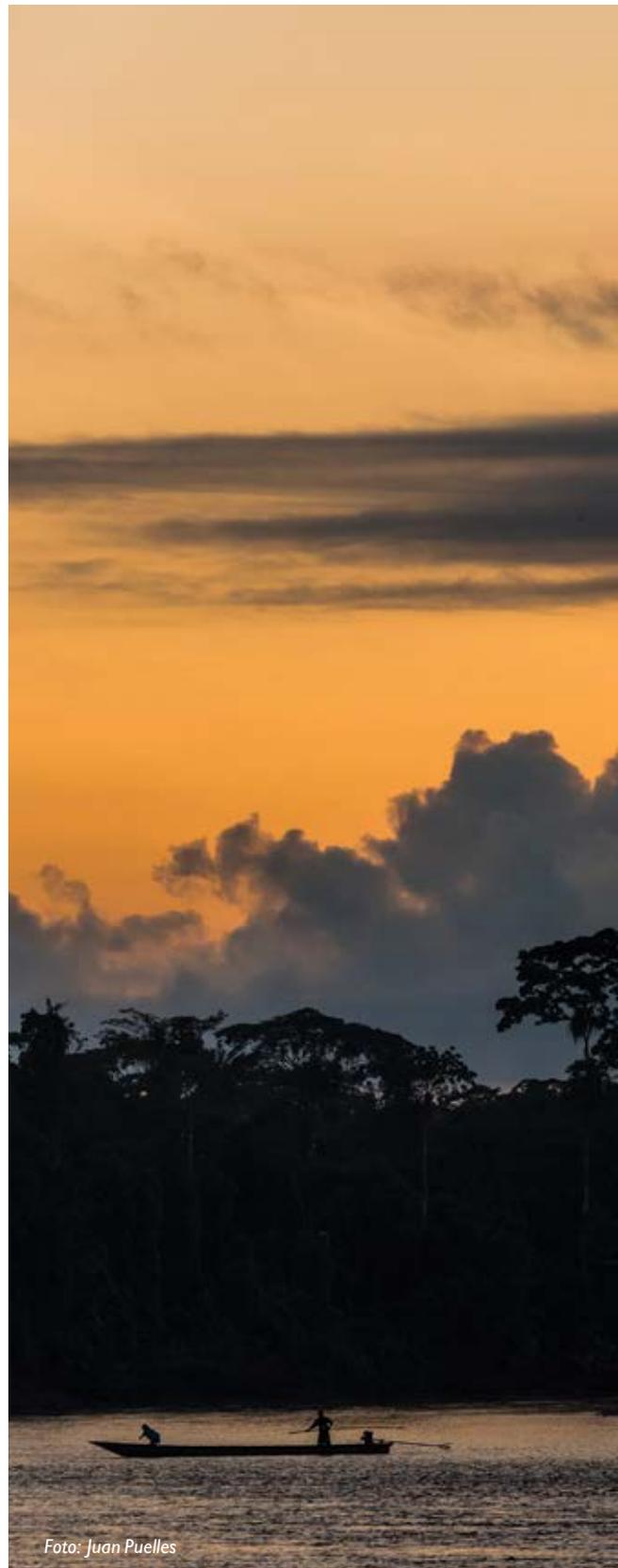


Foto: Juan Puelles

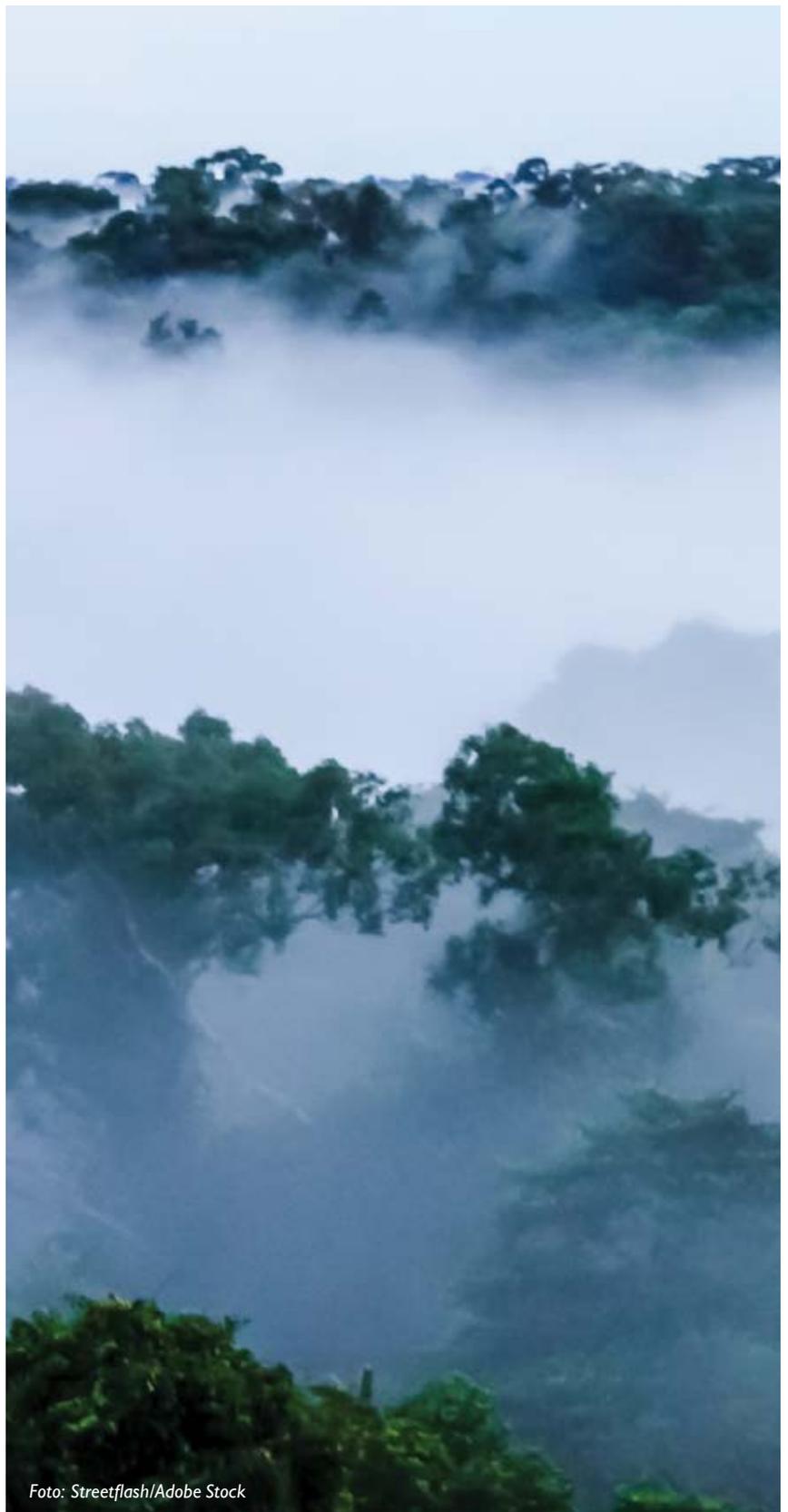


Foto: Streetflash/Adobe Stock



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

DT Global
1625 I St. N.W. Suite 200
Washington, D.C., 20006
USA
dt-global.com

Contactos:
Jessica Hidalgo, Directora de Proyecto
Jessica.hidalgo@amazoniamp.com
Kena Vásquez, Gerente de Programas y Sostenibilidad
kena.vasquez@dt-global.com

