

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Diseño de una herramienta para el uso de indicadores en procesos de Evaluación de
Impacto Ambiental”**

Emmanuel Campos Vargas

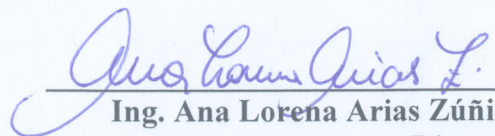
CARTAGO, ABRIL, 2015

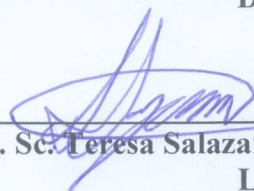
TEC | Tecnológico de Costa Rica
Ingeniería Ambiental

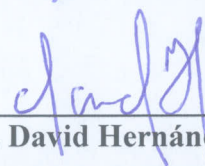
“Diseño de una herramienta para el uso de indicadores en procesos de Evaluación de Impacto Ambiental”

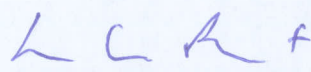
Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

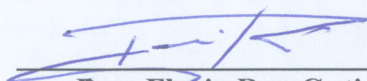
Miembros del tribunal

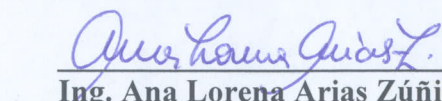

Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga
Director


M. Sc. Teresa Salazar Rojas
Lector 1


Ing. David Hernández Parra
Lector 2


Dr. Luis Guillermo Romero Esquivel
Coordinador COTRAFIG


Dra. Flórida Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química


Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga
Cordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

Dedicada a mis padres por su amor y apoyo incondicional.

Personas que me brindaron valores y principios.

A mis hermanos que siempre me han motivado a seguir y luchar por mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Ana Lorena Arias por su guía y consejos como tutora durante el desarrollo de mi trabajo final de graduación.

A los Ingenieros: Pablo Bermúdez y Eduardo Murillo por su apoyo y guía durante mi permanencia en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

A los representantes comisión plenaria por su apoyo técnico.

A todo el personal de la SETENA por sus consejos y cariño brindado.

A la Oficina Federal para el Ambiente de Suiza y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia por su apoyo durante las entrevistas.

A la empresa ECOIECO y DEHC por su apoyo durante la realización de visitas de campo.

A la Unidad de Gestión Ambiental del Ministerio de Obras Públicas y Transportes por el apoyo brindado.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	1
Abstracts	2
1 Introducción	3
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo general	4
1.1.2 Objetivos específicos	4
2 Revisión de literatura	6
2.1 Proceso de evaluación de impacto ambiental	6
2.1.1 Selección o screening	7
2.1.2 Focalización o scoping	7
2.1.3 Metodologías de valoración de impactos	8
2.1.4 Establecimiento de medidas ambientales	8
2.2 Proceso de evaluación de impacto ambiental en Costa Rica	10
2.3.1 Análisis de la legislación	10
2.3.2 Procedimientos ante la SETENA	11
2.3.2.1 Instructivo D2	13
2.3.2.2 Instructivo D1	13
2.3.3.2.1 Declaración jurada de compromisos ambientales	14
2.3.3.2.2 Pronóstico plan de gestión ambiental	14
2.3.3.2.3 Estudios de impacto ambiental	15
2.3.2.3 Estudios técnicos complementarios	16
2.3 Indicadores ambientales	17
2.3.1 Tipos de indicadores ambientales	17
2.3.2 Características de los indicadores	18
2.3.3 Metodologías para la elaboración de indicadores	20
2.4 Método Delphi	20

3 Metodología	21
3.1 Desarrollo de criterios para valorar medidas ambientales	21
3.1.1 Entrevistas a instituciones internacionales	21
3.1.2 Foro de discusión	21
3.2 Desarrollo de criterios para valorar indicadores ambientales	22
3.2.1 Metodología Delphi	23
3.3 Elaboración de un manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales	24
3.3.1 Visitas de campo	24
3.4 Elaboración de un procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores	26
3.5 Aplicación del manual y el procedimiento a proyectos reales	26
4 Resultados y discusión	29
4.1 Criterios para evaluar medidas ambientales	29
4.1.1 Entrevistas a instituciones encargadas de la gestión del proceso de evaluación de impacto ambiental	30
4.1.2 Foro de discusión	32
4.2 Criterios para la valorización de indicadores ambientales	33
4.2.1 Método Delphi	33
4.3 Manual para la construcción, valoración y selección de indicadores ambientales	40
4.3.1 Visitas de campo	40
4.3.2 Desarrollo del manual	41
4.3.3 Aplicación del manual	41
4.4 Procedimiento para el seguimiento ambiental y el uso de indicadores en proyectos de fase constructiva	43

4.4.1	Desarrollo del procedimiento	44
4.6.2	Aplicación del procedimiento	45
4.6.2.1	Puente sobre el río Corobicí	45
4.6.2.2	Paso a desnivel de Bagaces	47
5	Conclusiones	51
6	Recomendaciones	52
7	Referencias	53
	Apéndices	59
	Apéndice 1: Entrevista a instituciones internacionales que evalúan el proceso de EIA	59
	Apéndice 2: Cuestionario enviado a cada experto durante la aplicación del método Delphi	61
	Apéndice 3: Manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en planes de gestión	67
	Apéndice 4: Guía de visita a construcciones	86
	Apéndice 5: Valoración de impactos mediante la matriz de importancia de impactos ambientales	90
	Apéndice 6: Procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva	103
	Apéndice 7: Plan de gestión ambiental para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”	117
	Apéndice 8: Ficha técnica de indicadores para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”	123
	Apéndice 9: Criterios de significancia para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”.	128

Apéndice 10: Evidencias fotograficas del proyecto “Puente sobre el río Corobicí” y “Construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces”	132
Anexos	135
Anexo 1: Ejemplos de metodologías para la cuantificación y valoración del impacto ambiental.	139
Anexo 2: Ejemplo de legislación ambiental aplicable en Costa Rica	151
Anexo 3: Medidas Ambientales propuestas en expedientes para los proyectos: “Puente sobre el río Corobicí” y “Diseño y construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces”	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de presentación de expedientes en el departamento de Evaluación Ambiental.	12
Figura 2: Localización de proyectos visitados	25
Figura3: Ubicación del proyecto sobre la rotonda de Zapote.....	27
Figura 4: Ubicación de proyectos inspeccionados mediante la propuesta de seguimiento ambiental	28

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1: Revisión de criterios para la selección de indicadores ambientales.....	18
Cuadro 3.1: Resumen de criterios para valorar medidas ambientales de acuerdo a lo recopilado en la literatura.....	22
Cuadro 4.1: Aplicación de indicadores y medidas ambientales dentro del proceso de EIA en Suiza, Colombia y Costa Rica.....	30
Cuadro 4.2: Resumen de criterios para valorar medidas ambientales de acuerdo a lo propuesto por cada participante.....	32
Cuadro 4.3: Grado de importancia establecido por el grupo de expertos a criterios de valoración de indicadores ambientales.....	34
Cuadro 4.4: Escala cualitativa para criterios de valoración de indicadores.....	35
Cuadro 4.5: Porcentaje de aceptación y rechazo de un indicador a partir de la valoración de criterios en una escala.....	36
Cuadro 4.6: Porcentaje de aceptación y rechazo de un indicador a partir de la revaloración de criterios en una escala.....	37
Cuadro 4.7: Valoración por parte de una mayoría de expertos sobre la aceptación y rechazo de un indicador a partir de criterios en una escala.....	38
Cuadro 4.8: Matriz de valoración de indicadores ambientales.....	39
Cuadro 4.9: Resumen de medidas ambientales propuestas en los proyectos visitados.....	40
Cuadro 4.10: Resultados al aplicar el manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en el proyecto: Paso a desnivel por la rotonda de Zapote.....	43
Cuadro 4.11: Valoración del indicador “ <i>Cantidad de incidentes en velocidad</i> ” mediante la matriz de valoración.....	44
Cuadro 4.12: Análisis del cumplimiento de medidas ambientales para el puente sobre el río Corobicí.....	47
Cuadro 4.13: Análisis del cumplimiento de medidas ambientales para el Intercambiador de Bagaces.....	50

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo del índice de aceptación de indicadores ambientales.....	37
Ecuación 2: Cálculo del porcentaje de desempeño ambiental.....	46

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

DJCA: Declaración Jurada de Compromisos Ambientales

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

EsIA: Estudio de Impacto Ambiental

MIIA: Matriz de Importancia de Impactos Ambientales

PGA: Plan de Gestión Ambiental

P-PGA: Pronóstico Plan de Gestión Ambiental

SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental

RESUMEN

Un indicador ambiental se define como una variable que brinda información clave sobre las condiciones de ambiente y los efectos del desarrollo humano. En Costa Rica, se deben presentar estos indicadores para proyectos que requieran un plan de gestión ambiental (PGA) como parte del proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA). Sin embargo, no existe legislación ni literatura validada por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) que indique los criterios que deben seguirse para su creación y uso. Por lo que dicha institución ha detectado problemas como: subjetividad, inexactitud e inadecuada trazabilidad en los indicadores ambientales que analiza. Esta investigación propone una herramienta que permita la construcción, evaluación, selección y monitoreo de indicadores ambientales en planes de gestión. Para este fin se aplicaron entrevistas a instituciones encargadas del proceso de EIA en Suiza y Colombia, se usó el método Delphi y se visitaron proyectos en fase de regencia ambiental. Los resultados principales son: un “Manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en PGA” y un “Procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva”; ambos productos fueron aplicados a proyectos reales. Durante la aplicación del manual se logró obtener un mayor número de indicadores ambientales con mejores bases conceptuales en comparación con un PGA preexistente. Por otra parte, durante la aplicación del procedimiento se logró obtener una valoración del cumplimiento de compromisos ambientales mediante el cálculo del desempeño ambiental.

Palabras clave: Evaluación de impacto ambiental, Plan de gestión ambiental, Indicadores ambientales, Construcción de indicadores

ABSTRACT

An environmental indicator is defined as a variable that provides key information on environmental conditions and the effects of human development. In Costa Rica, these indicators must be submitted for projects that require an environmental management plan in order to complete an EIA process. However, there is no law or validated literature by the National Environmental Technical Secretariat that indicate criterion to follow for a successful indicator construction. Furthermore the institution has encountered problems such as subjectivity, inaccuracy and inadequate traceability in environmental indicators reviewed. This research propose a tool that allows the construction, evaluation, selection and monitoring of environmental indicators in environmental management plans (EMP). This study involves the application of interviews to institutions responsible EIA process in Colombia and Switzerland, using the Delphi method and visits to projects in environmental regency as a primary source of information. The main results of this research are: "Manual for the construction, evaluation and selection of environmental indicators in Environmental Management Plans" and "Procedure for environmental monitoring and use of indicators in constructions"; both products were applied to real projects. During the implementation of the manual greater number of environmental indicators with better conceptual bases were achieved in comparison to a previous EMP. Moreover, during the application of the procedure it was possible to obtain an assessment of compliance with environmental commitments by calculating the environmental performance.

Keywords: Environmental Impact Assessment, Environmental Management Plan, Environmental Indicators, Indicators construction

1 INTRODUCCIÓN

La evaluación de impacto ambiental (EIA) surge a nivel mundial a principios de los setentas y se considera un instrumento preventivo cuyo objetivo es velar por la compatibilidad entre una actividad proyectada y las condiciones medioambientales del territorio en el que se propone su ubicación (Cloquell, 2003). Sin embargo, en Costa Rica el tema nace formalmente a partir de la promulgación de la ley orgánica del ambiente en 1995 (Rodríguez, 2012). Posteriormente, se establece legislación para regular el proceso; de la cual, se desprenden los documentos ambientales D2 y D1 con sus respectivos instrumentos: declaración jurada de compromisos ambientales (DJCA), pronóstico plan de gestión ambiental (P-PGA) y estudio de impacto ambiental (EsIA).

Entre 2012 y 2013, la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) –institución encargada de la gestión de la EIA en Costa Rica- recibió 2178 documentos ambientales D1; de los cuales 159 correspondían a P-PGA y 163 EsIA (Bermúdez, 2012, 2013). Estos instrumentos poseen como característica común la necesidad de elaborar un plan de gestión ambiental que sirva como posterior instrumento de supervisión. Aspectos como: acciones del proyecto que generan impacto, el factor ambiental impactado, medidas ambientales son apartados necesarios cuando se elabora este instrumento para lo cual existe suficiente literatura de referencia. Por ejemplo, si se desea generar medidas ambientales se puede recurrir a: código de buenas prácticas ambientales, Arroyo (2007) y Alvarez (2013).

De acuerdo al decreto No. 32966 “*Manual de instrumentos técnicos para el proceso de EIA*” cuando se realizan planes de gestión se deben establecer Indicadores de desempeño para el control del cumplimiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2006). Sin embargo, no existe legislación ni literatura validada por SETENA que indique los criterios que deben seguirse para crear indicadores. A partir de esta situación, la Institución ha detectado problemas como: subjetividad, inexactitud e inadecuada trazabilidad en los indicadores ambientales propuestos por la mayoría de consultores (P. Bermúdez, comunicación personal). Esto posteriormente genera: atraso o rechazo de EIA, dificultad en el monitoreo y seguimiento ambiental y en general disminución de la calidad ambiental alrededor de sectores donde se desarrollaron EIA deficientes.

Existen metodologías para la elaboración de indicadores ambientales; Quiroga (2009) describe un método para el desarrollo de indicadores especialmente en América Latina y el Caribe; Harding et al. (2004) elabora una lista de indicadores para evaluar el desempeño ambiental y Luege et al. (2005) describe un procedimiento aplicado en México. No obstante, la ejecución de estos métodos está enfocada en el análisis de indicadores para conocer el desempeño ambiental de regiones o países y resulta poco aplicable al proceso de EIA. Por tanto, esta investigación pretende desarrollar una metodología para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales y un procedimiento para el seguimiento ambiental en el contexto de la EIA.

De acuerdo a Bermúdez (2012) y (2013); para estos años más del 55% de proyectos que ingresan a SETENA son relacionados exclusivamente al sector construcción. Esta cifra puede ser mayor si se considera que otros proyectos como: elaboración de productos alimenticios y suministro de servicios básicos requieren en muchos casos de una fase de construcción de edificaciones. El alcance de esta investigación es brindar una solución para el establecimiento de indicadores en proyectos que requieran de una fase constructiva. No obstante, el método desarrollado propone la aplicación de la matriz de selección de indicadores; la cual tiene un carácter genérico y puede ser aplicado para el establecimiento de cualquier tipo de indicador ambiental dentro del marco de referencia de la EIA.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Proponer una herramienta que permita la construcción, evaluación, selección y monitoreo de indicadores ambientales en los planes de gestión presentados ante la SETENA.

1.1.2 Objetivos específicos

1.1.2.1 Desarrollar criterios para evaluar medidas e indicadores ambientales.

1.1.2.2 Elaborar un manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales y aplicarlo a un caso de estudio práctico.

1.1.2.3 Brindar un procedimiento que permita mejorar el seguimiento ambiental por parte de SETENA mediante el uso de indicadores y aplicarlo a un caso de estudio práctico.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Proceso de evaluación de impacto ambiental

El proceso de evaluación de impacto ambiental (EIA) tiene sus orígenes en Estados Unidos de América cuando se promulga la ley del medio ambiente (NEPA, por sus siglas en inglés) (Garmedia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005; Gómez, 1999). Esta ley contempla aspectos de protección al medio ambiente y conservación de la naturaleza e indica el procedimiento que se debe realizar para la EIA (Garmedia et al., 2005). Posteriormente, esta iniciativa fue acogida por muchos países a nivel mundial como: Australia (1974), Tailandia (1975), Francia (1976), Filipinas (1978), Israel (1981) y Pakistán (1983) (Ministerio de Ambiente de Japón, s.f.). Además, instituciones financieras como el Banco Mundial exigían desde los años 70 este requerimiento para brindar créditos; de esta forma se introdujo el nuevo paradigma a países en vías de desarrollo cuya legislación ambiental era débil (Gómez, 1999).

La metodología de EIA se ha vuelto fundamental para el desarrollo de los pueblos, porque se ha demostrado que contribuye a prevenir la degradación ambiental y a regular actividades que produzcan potenciales daños (Alzina, 2001). Su objetivo es efectuar una evaluación de incidencia de un proyecto en particular sobre el ambiente; para así, a partir de estas y otras consideraciones llegar a determinar la factibilidad de la ejecución del mismo (A. Ramos, 2004). Por tanto, este procedimiento se realiza únicamente a proyectos que no hayan iniciado su ejecución.

Existen diferentes definiciones relacionadas con la doctrina de EIA. En general, se puede definir como un procedimiento de identificación y valorización de los efectos potencial de proyectos sobre componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del medio (Canter, 1998). Además se considera el proceso como sistemático y necesario para determinar los posibles impactos de un proyecto sobre el ambiente biofísico, la salud y bienestar social (Ecaat & Jacobsen, 2001; Tarek & Simoneit, 2005). En países de Latinoamérica y el Caribe se ha valorado como una herramienta para el control de calidad y análisis ambiental (Alzina, 2001) cuyo objetivo final es lograr conciencia y sostenibilidad ambiental (Chen, 2009).

El proceso de EIA en términos generales se puede dividir en las siguientes etapas: selección (conocido como *screening* en inglés), focalización (conocido como *scoping* en inglés), predicción y valorización de impactos, establecimiento de medidas ambientales y preparación del reporte final. (Canter, 1998; Dougherty & Wallingford, 1995; Shephard, 2005). Por considerarse una metodología sistemática (Ecaat & Jacobsen, 2001; Tarek & Simoneit, 2005), las deficiencias que puedan existir en las primeras etapas van a afectar consecuentemente todo el procedimiento. Un ejemplo de esto constituye por error, ignorar posibles impactos ambientales significativos; de ser así, posteriormente no se van a establecer medidas ambientales para disminuir el efecto de los mismos. A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de EIA.

2.1.1 Selección o *screening*

La primera etapa se conoce como “*screening*” y su objetivo es determinar si un proyecto tiene una incidencia significativa sobre el ambiente la cual deba ser sometida a EIA (Quioling, Yuanzhi, & Ari, 2007). A nivel gubernamental este proceso generalmente involucra una lista de chequeo donde se analizan componentes físicos, químicos, biológicos, económicos, sociales, culturales y paisajísticos (Shephard, 2005). Se consideran aspectos como la sensibilidad ambiental del sitio donde se va a localizar el proyecto y la carga de contaminantes que el entorno eventualmente podría recibir (Quioling et al., 2007). Por otra parte, en algunos países se han establecido listas donde se categoriza por tipo de actividad, magnitud y justificación de la presentación de una EIA (Dougherty & Wallingford, 1995).

2.1.2 Focalización o *scoping*

Cuando se finaliza la fase de “*screening*”, se recurre al “*scoping*” seguidamente. En este paso, se identifican los aspectos más importantes que deben ser considerados; generalmente es en este punto donde se establecen los términos de referencia (Barrettan et al., 2006). Se deben considerar aspectos como: estudios y datos necesarios para la posterior toma de decisiones, establecimiento de la línea base, el contenido y alcance de la EIA (Bisset, Abaza, & Sadler, 2004). Según Shephard (2005), el proponente del proyecto debe generar en esta fase las alternativas que se obtienen considerando como mínimo: la no acción del proyecto y el peor escenario en caso de realizarse.

2.1.3 Metodologías de valoración de impactos ambientales

La identificación y valorización de impactos es una de los segmentos más importantes en un proceso de EIA; se debe realizar con una metodología que se encuentre legalmente aprobada y con un enfoque multidisciplinario (García, 2004). De acuerdo con Gómez (1999), esta fase se basa en reconocer las posibles acciones impactantes que un proyecto puede traer y analizar cada uno de los factores del medio que podrían ser afectados.

No existe una estrategia universal que permita el uso de una herramienta para cualquier caso; sino, depende de la experiencia del equipo encargado del estudio, la selección del procedimiento más adecuado para el caso que se aplique (Canter, 1998). Algunas metodologías que se pueden encontrar en la literatura son: procedimientos matriciales, método de Battelle y cuantificación mediante lógica difusa. En el anexo 1, se describe el uso de estas metodologías.

2.1.4 Establecimiento de medidas ambientales

Una vez que se han definido las condiciones ambientales del sitio y se han identificado los posibles impactos ambientales, se deben establecer medidas para prevenir o remediar los impactos adversos. En términos generales; minimizar y prevenir impactos antes de que ocurran, rehabilitar y restaurar el ambiente, compensar la pérdida del algún recurso ambiental y optimizar beneficios del proyecto mediante acciones se consideran medidas ambientales (Bisset et al., 2004). Aún no existe consenso respecto de las características y condiciones que deben seguirse al establecer medidas ambientales; sin embargo algunos autores consideran lo siguiente:

- Eficacia: toma en cuenta la capacidad de la medida para cubrir los objetivos (Garmedia et al., 2005).
- Eficiencia: indica la relación entre los objetivos que se persiguen y los medios que se requieren para ello. Para esto es necesario preguntarse si se van a lograr los objetivos a un bajo costo (European Environment Agency, 1999).
- El estudio de costos: es necesario conocer si es viable la implantación de la medida; tanto en la relación de costos y beneficios, como evaluando el proceso de la obra -viabilidad técnica- (Canter, 1998; Garmedia et al., 2005).

- Realismo: indica la posibilidad de implementar, mantener y controlar la medida (Garmedia et al., 2005).
- Participación ciudadana: se debe informar sobre los posibles impactos que el proyecto va a traer a la comunidad y consultar a la población su percepción respecto de las medidas ambientales que se van a aplicar (Canter, 1998).

De acuerdo al objetivo que se desee alcanzar, las medidas ambientales se pueden clasificar en: preventivas, de mitigación, corrección y compensación. Las medidas preventivas buscan prevenir un impacto negativo. Por otra parte, las de mitigación pretenden eliminar o reducir el impacto antes de ser generado. Las medidas de corrección son acciones dirigidas a restaurar el ambiente que ya ha sido impactado. Por último, las de compensación buscan retribuir a la comunidad la pérdida de un recurso ambiental y se utiliza generalmente cuando hay efectos irreversibles (Arboleda, 2008; Ministerio de Fomento Español, 2009).

Según la forma de manejo, las medidas se pueden clasificar en: de ingeniería, de proceso y de políticas, normas y procedimientos. Las medidas de ingeniería comprenden aquellas acciones donde se construyen o instalan equipos para la reducción o eliminación del impacto; un ejemplo de esto consiste en la instalación de precipitadores electrostáticos en una chimenea para reducir la emisión de partículas. Las medidas de proceso van orientadas al control operacional para disminuir el impacto; por ejemplo, prohibir el uso de maquinaria que genere ruido por la noche. Por último; las medidas de políticas, normas y procedimientos son de carácter administrativo y pretenden la prohibición de acciones que causan impactos como podría ser el establecimiento de una velocidad límite de tránsito de vehículos dentro del área del proyecto para evitar la generación de polvo (Weitzenfeld, 1996).

2.2 Proceso de evaluación de impacto ambiental en Costa Rica

En Costa Rica, las primeras medidas proteccionistas se remontan al comienzo de vida independiente (1828), cuando se atribuía a las municipalidades velar por la conservación (Morera, Romero, Zúñiga, & Avendaño, 2008). Sin embargo, las primeras exigencias de un proceso de EIA se generan con la promulgación del código de minería en 1982 - Ley No. 6797- (Aguilar, Iza, & Cedeño, 2006). Posteriormente en 1995 se consolida la EIA cuando se publica la ley orgánica del ambiente y se crea la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

2.2.1 Análisis de la legislación

La legislación ambiental en este país es amplia y abarca diferentes componentes como: el agua, aire, suelo, biodiversidad, recursos arqueológicos y bienestar social. En el anexo 2, se categorizan más de noventa leyes, decretos y convenciones relacionados con la protección ambiental. Debido a la existencia de numerosa legislación, su aplicación puede resultar compleja para las autoridades.

En la aplicación de la EIA existe normativa vigente que regula tanto la fase inicial, como la regencia y el cierre. La principal normativa aplicable se describe a continuación:

1. Ley orgánica del ambiente: se considera de carácter general y regula distintas preocupaciones en la temática ambiental. En esta ley se promulga criterios básicos para la aplicación de EIA en proyectos, se crea a la SETENA, se exige un monto de garantía ambiental y un proceso abierto a la ciudadanía (Asamblea Legislativa República de Costa Rica, 1992).
2. Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental: establece los diferentes documentos ambientales (D1 y D2; en la sección 2.2.2.1 y 2.2.2.2 se brinda una descripción) para la EIA mediante la categorización actividades por su impacto ambiental potencial. Además, dicta los procedimientos generales que deben realizarse en cualquier EIA (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004b).
3. Guía para la elaboración de instrumentos de EIA: especifica las formas de realizar una EIA al categorizar el proyecto en diferentes instrumentos mediante la aplicación del documento D1. Por otra parte, se establecen los estudios técnicos básicos en una EIA (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2006).
4. Reglamento de Organización de la Estructura Interna de Funcionamiento de la SETENA (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2013).
5. Reglamento de fijación de tarifas de servicios brindados por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2008).
6. Código de Buenas Prácticas Ambientales: establece medidas ambientales básicas para disminuir el impacto ambiental (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004a).

7. Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo: este convenio dicta la obligación de un procedimiento de EIA para proyectos que puedan producir impactos fuera del país de origen y promulga obligaciones referentes al tema en los países signatarios (Naciones Unidas, 1994).

A continuación se describe los procedimientos que deben seguirse en la SETENA tomando en consideración aspectos promulgados por la legislación nacional.

2.2.2 Procedimientos ante la SETENA

La SETENA fue creada el 13 de noviembre de 1995 (Rodríguez, 2012) y es el órgano técnico encargado de la gestión del proceso de EIA en Costa Rica. Analizar las EIA, realizar inspecciones y actividades de seguimiento ambiental, atender e investigar denuncias y fijar el monto de garantías son las principales labores que realiza la institución. Para esto, la Secretaría cuenta actualmente con los siguientes departamentos: Evaluación Ambiental, Auditoría y Seguimiento, Evaluación Ambiental Estratégica, Asesoría Jurídica, Educación Ambiental y Administrativo (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2013).

El decreto N° 32966, Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental y N° 31849 Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental describen de manera detallada el proceso para generar evaluaciones de impacto ambiental (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004b, 2006). El objetivo de este apartado es resumir el procedimiento que se sigue en SETENA a partir de los mencionados decretos.

Como primera acción la SETENA puede fijar los términos de referencia, esto significa que se establece en un documento oficial la ruta que debe seguir para realizar la evaluación (ver Figura 1); para lo cual, se requiere que el desarrollador brinde una descripción del proyecto que pretende realizar. Caso contrario, el desarrollador puede presentar toda la documentación por la categoría que considere necesario. Sin embargo, posteriormente la SETENA puede cuestionar lo aportado y solicitar la presentación de otra categoría. Además en esta fase se establecen los estudios técnicos complementarios que se deben presentar.

Para determinar el tipo EIA, se revisa el anexo del decreto N° 31849, el cual categoriza las actividades por el impacto ambiental potencial. También, se analiza la descripción del proyecto brindada y se argumenta con aspectos encontrados en ambos decretos. Dependiendo de valoración que se haya realizado, se obtiene la ruta de evaluación (D1 con alguno de sus instrumentos o D2).

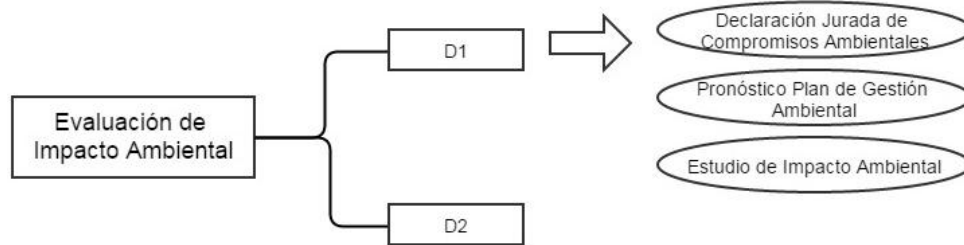


Figura 1: Esquema de presentación de expedientes en departamento de Evaluación Ambiental.

Posteriormente, un técnico del departamento de Evaluación Ambiental revisa la información presentada por el desarrollador. En caso de cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa, se envía el proyecto a la comisión plenaria y el departamento recomienda obtener la viabilidad ambiental. De lo contrario, se emite una solicitud de información complementaria.

Una vez obtenida la viabilidad ambiental y es depositado el monto de la garantía ambiental, el proyecto se puede ejecutar y entra en fase de regencia ambiental. Para la regencia es necesario que se abra una bitácora ambiental y que el desarrollador nombre un regente ambiental. El departamento de Auditoría y Seguimiento se encarga de gestión del proyecto en su fase de construcción, operación y cierre.

2.2.2.1 Documento de Evaluación Ambiental D2

Este documento fue publicado mediante el Decreto N° 31849 (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004b) y se utiliza para evaluar actividades, obras o proyectos que se encuentren en la categoría de B2 (Moderado-bajo significancia de impacto ambiental potencial) que planeen desarrollarse en lugares con planes reguladores que cuenten con la variable ambiental aprobada por SETENA; o bien categoría C (Baja significancia de impacto ambiental

potencial). En estos casos, con sólo la entrega del documento D2 ante la Institución, el proyecto recibe la automáticamente la viabilidad ambiental (Jiménez & Jiménez, 2008).

El D2 contiene una serie de preguntas que se deben responder considerando las características del proyecto y puede ser presentado por el desarrollador del proyecto sin necesidad de contratar a un consultor ambiental. Este trámite es mucho más sencillo y menos costoso que la presentación del documento D1.

2.2.2.2 Documento de Evaluación Ambiental D1

Según lo establecido en el artículo 2 del Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de evaluación de Impacto ambiental-Parte II decreto N° 32712, *“el D1 tiene como objetivo fundamental servir de instrumento técnico para la ejecución de la (...) Evaluación Ambiental Inicial, cuya finalidad es determinar si la actividad, obra o proyecto planteado es viable desde el punto de vista ambiental y, si requiere o no de una profundización del análisis ambiental por medio de un instrumento de Evaluación ambiental más detallado”* (Jiménez & Jiménez, 2008). Este documento consta de una matriz la cual debe completarse de acuerdo a las características del proyecto que se pretenda plantear. Como resultado final se obtiene la Significancia de Impacto Ambiental Final (SIA) la cual indica el tipo de instrumento que se debe presentar.

Para la presentación del D1 es necesaria la contratación de un consultor ambiental que cuente con el registro vigente en SETENA. El consultor como resultado de aplicar la matriz y obtener el SIA debe presentar alguno de los siguientes procedimientos: declaración jurada de compromisos ambientales (DJCA), pronóstico plan de gestión ambiental (P-PGA) o estudio de impacto ambiental (EsIA). Además, algunos estudios técnicos complementarios son obligatorios. A continuación se detallan los procedimientos que se pueden seguir como resultado del D1.

2.2.2.2.1 Declaración Jurada de Compromisos Ambientales (DJCA)

Este procedimiento se aplica a proyectos que se encuentre clasificados según el anexo dos del decreto No. 31849 como actividades impacto ambiental potencial B2 y que se encuentren en un municipio que no cuente con plan regulador con componente ambiental aprobado por SETENA. Además, se utiliza cuando al aplicar la matriz del D1 se obtenga como resultado un

valor de significancia de impacto ambiental (SIA) ajustado inferior a 300. El SIA indica la importancia que tiene el proyecto en causar impacto ambiental y presenta valores entre cero y dos mil trescientos.

El principal requisito de este instrumento es una declaración jurada de compromisos ambientales. La cuál en su redacción debe incluir el compromiso de cumplir con la regulación ambiental vigente en el país, el Código de Buenas Prácticas Ambientales, los protocolos ambientales incluidos como parte del D1 y debe indicarse con claridad que se conocen las sanciones que por incumplimiento de los compromisos ambientales establece la legislación.

2.2.2.2.2 Pronóstico plan de gestión ambiental (P-PGA)

De acuerdo al decreto N° 31849 un pronóstico plan de gestión ambiental se define como: *“Instrumento técnico de la Evaluación de Impacto Ambiental y es un documento, de formato preestablecido, que además de realizar un pronóstico general de los aspectos e impactos ambientales más relevantes que generará la actividad, obra o proyecto a desarrollar, incluye: las medidas ambientales, sus posibles costos, plazos, responsables de aplicación, destinadas a prevenir, mitigar, corregir, compensar o restaurar impactos ambientales que se producirían”*. La principal diferencia que posee con la DJCA es que se debe presentar el plan de gestión ambiental que sirve como posterior instrumento de supervisión.

La aplicación de este instrumento se realiza para actividades que se encuentren en categoría de impacto ambiental potencial B1 según el anexo dos del decreto N° 31849 o cuando al aplicar la matriz del D1 se obtiene como resultado un valor de SIA ajustado entre 300 y 1000. El P-PGA presenta gran parte de los requerimientos necesarios para la DJCA y otros adicionales.

2.2.2.2.3 Estudios de Impacto Ambiental (EsIA)

El Estudio de impacto ambiental es un documento de naturaleza u orden técnico y de carácter interdisciplinario y constituye un instrumento de evaluación ambiental; que debe presentar el desarrollador de una actividad, obra o proyecto, de previo a su realización. Está destinado a predecir, identificar, valorar, y corregir los impactos ambientales que determinadas

acciones puedan causar sobre el ambiente y a definir la viabilidad -licencia- ambiental del proyecto; esto, de acuerdo a lo establecido en el decreto N° 31849.

Este documento se utiliza para actividades que se encuentren en la categoría de impacto ambiental potencial alto o cuando al aplicar la matriz del D1, se obtenga como resultado un valor de SIA ajustado superior a 1000. El EsIA presenta gran parte de los requerimientos necesarios para la DJCA y el P-PGA pero resulta un instrumento superior. Además, aspectos como: la presentación de una declaración de impacto ambiental, la descripción del ambiente físico y biológico, el diagnóstico ambiental y la evaluación de impactos y medidas correctivas son considerados al aplicar este instrumento.

2.2.2.3 Estudios técnicos complementarios

Además de aplicar algún procedimiento de los anteriores; es necesaria la realización de distintos estudios técnicos y protocolos. Estos, se establecen en el decreto No.32712: estudio de ingeniería básica, estudio de geología básica, estudio arqueológico rápido y el estudio biológico. Dependiendo del tipo de actividad se exige la presentación de alguno de los mencionados protocolos. Sin embargo, se puede presentar la justificación de no realizar alguno de los estudios mencionados por fundamentos técnicos.

2.3 Indicadores ambientales

Los indicadores son objeto de aplicación en casi todas disciplinas en actividades que involucren la toma de decisiones. De acuerdo Luege et al (2005) un indicador busca dar información clave que usamos frecuente para tomar una decisión. Por ejemplo, observar la coloración y textura de las frutas cuando realizamos compras en el supermercado es un indicador de su grado de maduración.

La razón principal para utilizar indicadores en el proceso de EIA radica en su capacidad para brindar información sobre el ambiente y las actividades humanas (T. Ramos, Caeiro, & de Melo, 2004). Por otra parte, permite la agrupación de información y facilita la redacción de informes ambientales (Méndez, 2013). En términos generales, un indicador ambiental se puede definir como una variable o dato que provee información sobre la condición ambiental de zona específica (Elizabeth & Silva, 2009; Herrera, 2014; Liga & Dagnija, 2011; T. Ramos et al., 2004;

Walz, 2000). Sin embargo, no existe una definición única del concepto ya que existen variaciones dependiendo de cada organización y sus objetivos (Luege et al., 2005).

El concepto de indicador e índice ambiental en ocasiones, se puede confundir por sinónimos. Los indicadores se refieren a medidas simples o derivadas de los factores ambientales; mientras que los índices integran la información recogida por indicadores mediante algún algoritmo (Cloquell, 2003).

La legislación nacional exige el uso de indicadores ambientales en PGA ya que se creen de vital importancia para el proceso de regencia ambiental. Su uso debe considerarse como una herramienta y no como un fin mismo (Luege et al., 2005). Esto, quiere decir que las variables o datos deben ser valorados; caso contrario, se pierde su importancia.

2.3.1 Tipos de indicadores ambientales

En la literatura se establecen muchas definiciones y categorías relacionadas a los indicadores ambientales; tanto así, que no existe un consenso respecto a su clasificación. Sin embargo, el modelo clasificación más reconocido es el establecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en Inglés) denominado “Presión-Estado-Respuesta”. En este se definen los indicadores de presión como aquellos que describen la presión que ejercen las actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales. Por otra parte, los indicadores de estado se relacionan a la calidad ambiental y disponibilidad de recursos naturales. Los indicadores de respuestas son los que presentan la respuesta de la sociedad e instituciones con el fin de reducir la degradación ambiental (OECD, 2003).

Cabe destacar que la clasificación “Presión-Estado-Respuesta” está orientada en la generación y aplicación de indicadores por parte de instituciones gubernamentales para conocer su desempeño ambiental. Esto significa que su aplicación posee un carácter macro que se enfoca en regiones y países. No obstante, la EIA se realiza a proyectos específicos y la aplicación de este modelo puede resultar confusa. Empero, existen otras clasificaciones de indicadores ambientales contextualizadas al proceso de EIA realizadas por otros autores.

Garmendia et al (2005) expone la existencia de los siguientes indicadores: riesgo, gestión y realización. Los indicadores de riesgo son definidos como aquellos donde se evalúa la

probabilidad de que se genere un determinado impacto. Asimismo, los indicadores de gestión estiman la eficacia de una medida con el grado de cumplimiento de los objetivos, usualmente se usan mediante un porcentaje. Los indicadores de realización señalan si las medidas se han practicado de forma convenida.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) establece una clasificación de indicadores para organizaciones que buscan obtener una certificación en gestión ambiental mediante la publicación ISO: 14031. En esta, se definen indicadores de: condición ambiental y desempeño ambiental el cual se subdivide en indicadores de desempeño de la gestión e indicadores del desempeño operacional. Los indicadores de condición ambiental son definidos como una expresión específica que brinda información sobre la condición local, regional, nacional o global del medio ambiente. Por otra parte, los indicadores de desempeño ambiental son considerados como expresiones que proporcionan información sobre el desempeño ambiental de una organización. A su vez, los indicadores de desempeño de la gestión proporcionan información sobre el esfuerzo de la dirección por mejorar su competencia ambiental y los indicadores del desempeño de operacional proporcionan información del desempeño ambiental de las operaciones de la organización (Organización Internacional de Estandarización, 1999).

2.3.2 Características de los indicadores

Existe abundante literatura sobre criterios que deben seguirse para la selección de indicadores ambientales, en el Cuadro 2.1 se definen algunos. Actualmente, existe consenso en criterios como “sencillez”, “relevancia” y “pertinencia con el factor ambiental” cuando se pretenden formular y seleccionar indicadores. Sin embargo, para otros casos no existe consenso. Por ejemplo, Niemeijer & de Groot (2008) considera que se deben establecer indicadores universales que brinden información de distintos factores ambientales; por otra parte, Guttman et al (2004) considera que se deben establecer indicadores específicos para cada factor.

Cuadro 2.1: Revisión de criterios para la selección de indicadores ambientales.

Criterio	Definición	Autores de referencia
Sencillez	Se refiere a la facilidad de medición, interpretación y relación con las propiedades del ecosistema	(Aguirre, 2001; Canter, 1998; Elizabeth & Silva, 2009; Garmedia et al., 2005; Harding et al., 2004; Liga & Dagnija, 2011; Luege et al., 2005; Niemeijer & de Groot, 2008; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004)
Pertinencia con el factor ambiental	Establece al grado de relación existente entre la propiedad que se mide u observa con el factor o medida ambiental	(Aguirre, 2001; Garmedia et al., 2005; Guttman, Zorro, Cuervo, & Ramírez, 2004; Harding et al., 2004; Luege et al., 2005; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004; Walz, 2000)
Limitados en número	Se refiere a la escogencia de cierta cantidad de indicadores evitando la duplicación	(Aguirre, 2001; Garmedia et al., 2005; Gómez, 1999; Harding et al., 2004; Liga & Dagnija, 2011)
Sensitivos al cambio	Debe ser capaz de responder a cambios que se realicen en el ambiente en relación con las actividades humanas	(Elizabeth & Silva, 2009; Liga & Dagnija, 2011; Luege et al., 2005; Niemeijer & de Groot, 2008; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004)
Relevantes	Indica el grado de importancia que tiene la información que el indicador genera en una determinada escala	(Aguirre, 2001; Harding et al., 2004; Liga & Dagnija, 2011; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004; Walz, 2000)
Comparable a escalas	Representa la existencia de escalas preestablecidas con las cuales ser comparadas y que indiquen circunstancias bajo las cuales se deban tomar acciones	(Guttman et al., 2004; Harding et al., 2004; OCDE, 1993)
Estar teórica y científicamente bien fundamentados.	Debe existir referencias que justifiquen la aplicación del indicador	(Luege et al., 2005; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004)
Viabiles	Se refiere a la viabilidad técnica y económica de utilizar el indicador en un contexto dado	(Aguirre, 2001; Harding et al., 2004)
Predictivo	Es la capacidad de ver tendencias para tomar acciones	(Aguirre, 2001; Elizabeth & Silva, 2009; Harding et al., 2004; T. Ramos et al., 2004)
Menor impacto en el muestreo	Se debe tomar en cuenta que el monitoreo en sí no debe generar impactos negativos	(T. Ramos et al., 2004)
Ser específicos	Deben ser dirigidos claramente a un punto de análisis	(Guttman et al., 2004)
Ser unívocos	Su interpretación debe ser única y que no se preste a ambigüedades	(Guttman et al., 2004)
Universales	Debe ser aplicable en varias áreas o factores ambientales	(Niemeijer & de Groot, 2008)
Representativos	Deben mostrar una imagen fiable de las condiciones ambientales	(Aguirre, 2001; Harding et al., 2004; OCDE, 1993; T. Ramos et al., 2004)

2.3.3 Metodologías para la elaboración de indicadores

La elaboración de indicadores ambientales es necesaria para el adecuado seguimiento y evaluación del desempeño. Pese a que es exigido por nuestra legislación, existe poca bibliografía relacionada con el desarrollo de métodos para su elaboración y la existente se descontextualiza de la EIA. Quiroga (2009) describe una metodología para el desarrollo de indicadores especialmente en América Latina y el Caribe. Este procedimiento se basa en las siguientes acciones: formación del equipo, capacitación, revisión del contexto institucional, revisión de marcos conceptuales, elaboración de un listado de potenciales indicadores, revisión de fuentes y disponibilidad de información para construir indicadores, desarrollo de hoja metodológica para cada indicador, selección de indicadores definitivos, diseño de una ficha de divulgación, elaboración de un producto definitivo de divulgación, elaboración de ficha de transmisión de datos, elaboración de bitácora estadística y lanzamiento.

El Ministerio de Ambiente de Nicaragua elaboró una lista de indicadores para evaluar el desempeño ambiental de su país. Para esto, realizó un procedimiento basado en: conformación de equipos de trabajo, capacitación de técnicos, revisión de la información ambiental existente, elaboración de una ficha metodológica y formulación de los indicadores ambientales. La elaboración de una ficha metodológica consiste en el formato que se pretende seguir para la formulación y presentación de los indicadores; generalmente, esta sección se basa en la descripción del indicador, su justificación, descripción de unidades, cobertura y frecuencia de mediciones, etc. Por otra parte, en la fase de formulación de indicadores se procede a la redacción y valorización de indicadores de acuerdo con criterios establecidos como los de la sección 2.4.2. (Harding et al., 2004)

2.4 Método Delphi

Este método fue desarrollado en los años 50 por el Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, y se usa frecuentemente como un sistema para obtener información (Astigarraga, 2005). Liston y Turoff (citado por Cloquell 2003) lo definen como un proceso de comunicación que permite que un grupo de individuos se encargue de un problema. Se ha reconocido la aplicación de este procedimiento en temas

ambientales; por ejemplo, el gobierno de los Estados Unidos lo utilizó para generar el índice de calidad de agua (Canter, 1998).

De acuerdo con Martino (citado por Cloquell 2003) existen tres condiciones esenciales que caracterizan este procedimiento. La primer característica corresponde al el anonimato de los participantes. Además, debe existir un análisis estadístico de la distribución de los resultados. Por último, se debe brindar realimentación de las respuestas del grupo para una nueva evaluación de los resultados obtenidos.

Operativamente, el método funciona de la siguiente forma:

- Se debe elegir un grupo de expertos cuyas opiniones no sean influenciadas por el grupo y se recomienda escoger un grupo mayor a 25 participantes (Astigarraga, 2005).
- Se debe crear un cuestionario con preguntas categorizadas (Si/No; Mucho/Medio/Poco; muy de acuerdo/ De acuerdo/ Indiferente/ En desacuerdo/Muy en desacuerdo) y se envían por correo electrónico (Astigarraga, 2005).
- Se deben recibir respuestas en un plazo determinado y analizar los resultados en términos porcentuales (Astigarraga, 2005). Como mínimo se debe contar con la respuesta de siete expertos como aporte significativo de opiniones (Dalkey, Brown, & Cochran, 1969).
- Se reenvían los cuestionarios y se solicita una valoración del criterio de cada experto de acuerdo a la tendencia de la mayoría. Se debe seguir este paso hasta que haya convergencia en las respuestas (Astigarraga, 2005).

De acuerdo con Canter (1998) este método tiene la ventaja de permitir obtener la opinión de una mayoría de especialistas sin que el pensamiento de un participante persuada al grupo. No obstante, su utilización acarrea riesgos como: el consumo de mucho tiempo y la posibilidad de no llegar a un consenso (Cloquell, 2003).

3 METODOLOGÍA

3.1 Desarrollo de criterios para valorar medidas ambientales

Para generar criterios que permitan valorar la aceptación de medidas ambientales en planes de gestión ambiental se realizaron entrevistas a representantes de instituciones internacionales encargadas de la gestión del proceso de EIA y se realizó un foro de discusión con funcionarios de la SETENA.

3.1.1 Entrevistas a instituciones internacionales

Se confeccionó un cuestionario dirigido a instituciones internacionales encargadas de la gestión del proceso de EIA en su país. Se hicieron preguntas enfocadas en: la descripción del proceso de EIA, la gestión institucional y el uso de indicadores. A partir de esto se desarrollaron 17 preguntas visibles en el Apéndice 1.

Se coordinó vía correo electrónico con la Oficina Federal para el Ambiente de Suiza, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia, la Agencia para la Protección del Ambiente en Estados Unidos y la Subdirección General de Evaluación Ambiental de España. Posteriormente, se envió el cuestionario y se obtuvo una respuesta efectiva únicamente por parte de la institución suiza y colombiana.

El objetivo principal de estas entrevistas fue conocer la aplicación de indicadores ambientales en procesos de EIA de otros países. Se escogió entrevistar a un funcionario Suizo debido a que este país se encuentra en la primera posición en el índice de calidad ambiental. Por otra parte, se seleccionó Colombia por ser un país similar a Costa Rica en desarrollo económico y reconocido por sus esfuerzos en el tema de EIA.

3.1.2 Foro de discusión

Se realizó un foro de discusión con el objetivo de generar criterios consensuados respecto de las características que deben poseer las medidas ambientales para ser aceptadas en los procesos de EIA en Costa Rica. Se contó con la presencia de los miembros de la comisión plenaria, la cuál es el máximo órgano de decisión de la SETENA. Además, participó el Ing. Álvaro del departamento de Auditoría y Seguimiento Ambiental.

Como parte del foro se explicó los objetivos de este trabajo de investigación. Se discutió las características que debe poseer una medida ambiental y se realizó un análisis de lo establecido en la literatura al respecto (en el Cuadro 3.1 se observa lo recopilado de la literatura). Cada participante expuso su punto de vista sobre los criterios de valoración que consideraban necesarios y se discutió la aplicabilidad de lo establecido en la literatura para el proceso de EIA en Costa Rica. Por último cada participante escribió en un papel los criterios que consideraban debía seguirse para aceptar o rechazar una medida ambiental establecida en una EIA.

Cuadro 3.1 Resumen de criterios para valorar medidas ambientales de acuerdo a lo recopilado en la literatura

Criterio	Fuente
Eficacia: toma en cuenta la capacidad de la medida para cubrir los objetivos.	(Garmedia et al., 2005)
Eficiencia: indica la relación entre los objetivos que se persiguen y los medios que se requieren para ello. Para esto es necesario preguntarse si se van a lograr los objetivos a un bajo costo.	(European Environment Agency, 1999)
El estudio de costos: es necesario conocer si es viable la implantación de la medida; tanto en la relación de costos y beneficios.	(Canter, 1998; Garmedia et al., 2005)
Realismo: indica la posibilidad de ser implementadas.	(Garmedia et al., 2005)
Las medidas deben ser concretas y técnicamente viables.	(Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004a)
Todas las medidas deben plantearse como un compromiso y no como posibilidades o recomendaciones.	(Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004a)
En todos los casos esas medidas ambientales se sustentarán y complementarán las medidas requeridas de forma específica por el marco regulatorio vigente, incluyendo el Código de Buenas Prácticas Ambientales.	(Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004a)

3.2 Desarrollo de criterios para valorar indicadores ambientales

Para generar criterios que permitan valorar la aceptación de indicadores ambientales en planes de gestión ambiental se utilizó el Método Delphi.

3.2.1 Metodología Delphi

El objetivo de la aplicación de este método fue generar una escala consensuada para valorar criterios que se deben seguir en la selección de indicadores ambientales en PGA. Durante este proceso se realizaron las siguientes fases: selección del grupo de expertos a consultar, confección de un cuestionario y envío del cuestionario a los expertos.

Se seleccionó un grupo de 25 expertos en el área de EIA para lo cual se solicitó algunos contactos a la jefatura del departamento de Evaluación Ambiental de la SETENA. Además, se tomó como criterio para la aceptación de expertos, aquellos individuos con una licenciatura universitaria en alguna disciplina de las ciencias exactas o naturales, ingeniería o ciencias sociales; que además contará con al menos diez años de experiencia en la EIA. El 52% de los expertos escogidos eran nacionales y el 48% internacionales. Además, el 64 % de expertos formó parte de alguna institución de enseñanza superior y 36% fueron jefarcas de instituciones encargadas de la gestión del proceso de EIA.

Se confeccionó un cuestionario con tres secciones: una primera parte de información general y autoevaluación de conocimientos para el experto, una fase de valoración de criterios mediante puntajes de importancia y por último una etapa de valoración para cada criterio de acuerdo a una escala predeterminada (ver Apéndice 2). Durante la autoevaluación, se solicitó información como formación académica, experiencia y grado de conocimiento sobre el uso de indicadores en la EIA.

La escogencia de criterios se realizó a partir de un estudio bibliográfico sobre las propiedades que debe tener un indicador para ser seleccionado. Para ello, se analizó un total de veinte referencias y se escogió 7 criterios tomando en cuenta la frecuencia de aparición en la literatura (ver Cuadro 2.1). Además, se brindó libertad a cada experto de agregar criterios que considerara pertinente.

Se solicitó dos tipos de valoraciones por parte de los expertos. Primeramente, se instó a repartir un puntaje de 100 para cada criterio con el fin de discriminar de acuerdo a su importancia. Posteriormente, se brindó una escala cualitativa para cada criterio y se solicitó que considerara la aceptación o rechazo de un indicador que cumpliera esas características.

Se envió el cuestionario a 25 expertos para realizar la valoración. Se consideró un mínimo aceptable de respuestas de 7 expertos considerando lo publicado por Dalkey, Brown, & Cochran, 1969. Posterior al envío y recepción del cuestionario se analizó porcentualmente cada respuesta y se reenvió el cuestionario a cada experto para que analizaran si deseaban cambiar su opinión considerando la respuesta de la mayoría.

3.3 Elaboración de un manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales.

Se formuló un manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales con el objetivo de brindar una orientación metodológica a consultores ambientales para que logren generar adecuados indicadores ambientales en los PGA que deban presentar ante la SETENA. Para la construcción de indicadores (sección 3.3 del Apéndice 3) se utilizó lo referido por Harding et al. (2004) respecto del uso de una ficha metodológica en la generación de indicadores (en la sección 2.3.3 se detalla).

Se utilizaron los criterios desarrollados para valorar medidas ambientales en la sección 3.2 del manual (véase Apéndice 3). Además, se propusieron dos métodos de valoración de indicadores ambientales mediante la aplicación del método Delphi (sección 3.2); véase el inciso 4 del Apéndice 3.

A partir de visitas de campo, revisión de expedientes de proyectos en fase de regencia y siguiendo lo establecido por el manual se construyó una matriz de indicadores ambientales para proyectos en fase constructiva; véase la página 90. A continuación se describe la metodología seguida en las visitas.

3.3.1 Visitas de campo

Se visitó 5 proyectos en fase constructiva dentro de la gran área metropolitana, en la Figura 2 se identifican los puntos visitados. El objetivo estas visitas fue recopilar información respecto a: funcionamiento interno, procesos, medidas ambientales aplicadas y el uso de indicadores ambientales. Se siguió un formato de visita visible en el Apéndice 4.

Mapa de sitios visitados

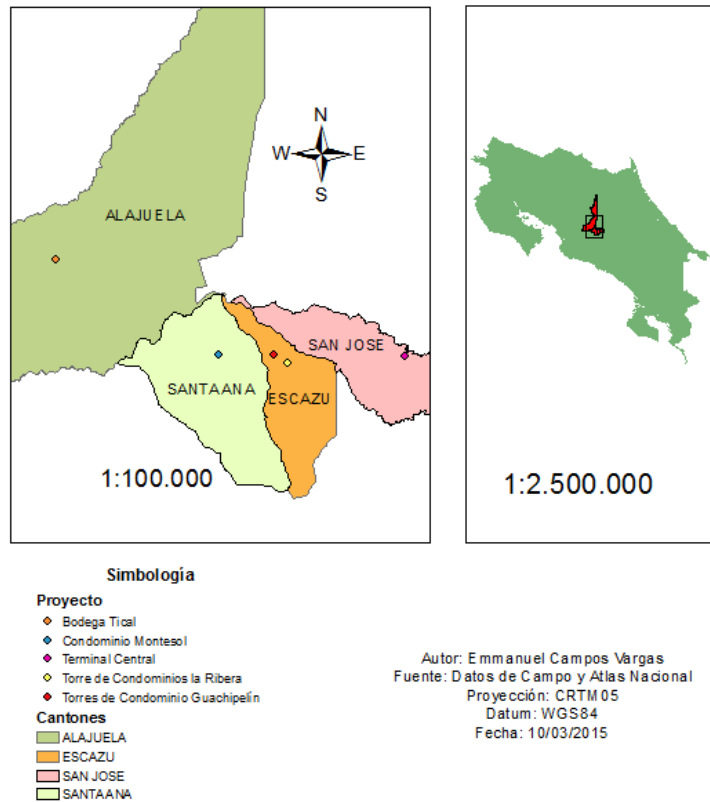


Figura 2. Localización de proyectos visitados

Las visitas se realizaron con el Ing. Jhony Poveda regente ambiental de la empresa ECOIECO y la Geogr. Rebeca Alfaro de la empresa DEHC. Se visitaron los siguientes proyectos:

- Construcción y operación de la bodega Tical expediente D1-003-2007-SETENA: Las obras comprendía 98257,6 m² divididas en cuatro naves principales, donde se almacenarán productos de importación y exportación. Además, se construían: servicios sanitarios, oficinas administrativas, cerramientos perimetrales, parques y comedores.
- Terminal Central expediente D1-9885-2013-SETENA: El proyecto consistía en la construcción y operación de una terminal de buses con un área constructiva de 18 040 m² distribuida en una infraestructura de 5 niveles y un sótano; donde se

edificaban: servicios sanitarios, oficinas administrativas, restaurantes y locales comerciales.

- Condominio Monte sol expediente D1-2072-2007-SETENA: El proyecto consistía en la construcción de 18 casas con una altura de edificaciones inferior a los 12,5 m y un área de construcción de 9 530 m², se planteó la construcción de caminos adoquinados, piscina, zonas verdes y un rancho.
- Torres de Condominio Guachipelín expediente D1-5044-2011-SETENA: El proyecto consistía en la construcción y operación de un condominio de carácter residencial y comercial, donde se construían 180 unidades habitacionales con área constructiva total de 34 645 m².
- Condominio Torres Ribera Laureles expediente D1-11082-2013-SETENA: El proyecto consistía en la construcción de 14 casas de habitación y 13 apartamentos en un edificio de tres niveles para un total de construcción de 5 887 m²; además, se construía una planta de tratamiento de aguas residuales, cuarto de bombeo y zonas verdes.

3.4 Elaboración de un procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores.

Para la elaboración de este procedimiento se utilizó como base el código de buenas prácticas ambientales y el reglamento general sobre los procedimientos de evaluación de impacto ambiental (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004b, 2013). Se analizaron las medidas ambientales obligatorias propuestas en esta legislación y construyó una propuesta conformada por 52 preguntas (véase el Apéndice 6).

3.5 Aplicación del manual y el procedimiento a proyectos reales.

Se aplicó el manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales (véase Apéndice 3) al proyecto: Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote, con expediente administrativo D1-6068-2011-SETENA. Este proyecto pretendía la construcción de un paso a desnivel con cuatro carriles que permita mejorar el tránsito de vehículos en la zona. Debido a cambios en el diseño del proyecto, la SETENA solicitó un conjunto de documentos dentro del cual se incluía un nuevo PGA. Esto

sirvió para poder comparar el PGA donde se aplicó el manual con su versión antigua. En la Figura 3, se muestra la ubicación geográfica de este proyecto.

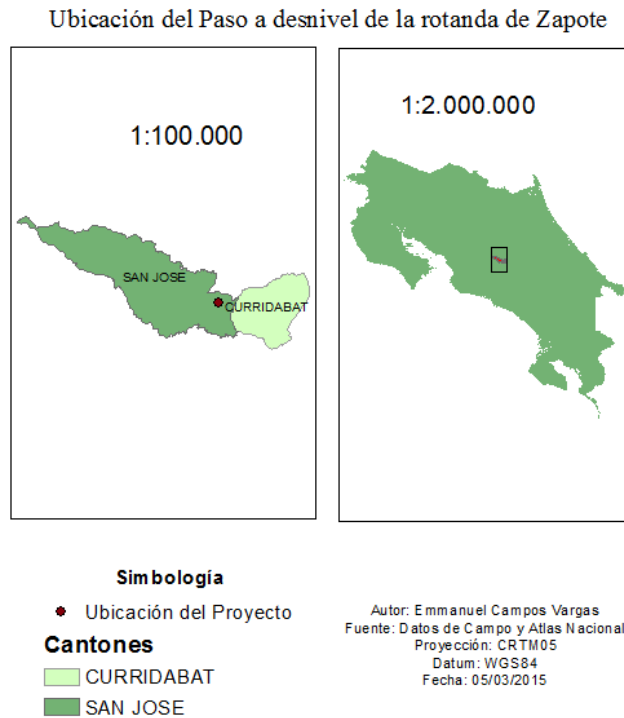


Figura 3. Ubicación del proyecto sobre la rotanda de Zapote.

Por otra parte, se aplicó el procedimiento para el seguimiento ambiental a dos proyectos: diseño y construcción del puente sobre el río Corobicí con expediente D1-923-2010-SETENA y el diseño y construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces con expediente D1-1591-2011-SETENA. En la Figura 4, se muestra la ubicación geográfica de los proyectos inspeccionados.

Mapa de proyectos donde se aplicó el Procedimiento de Seguimiento Ambiental.

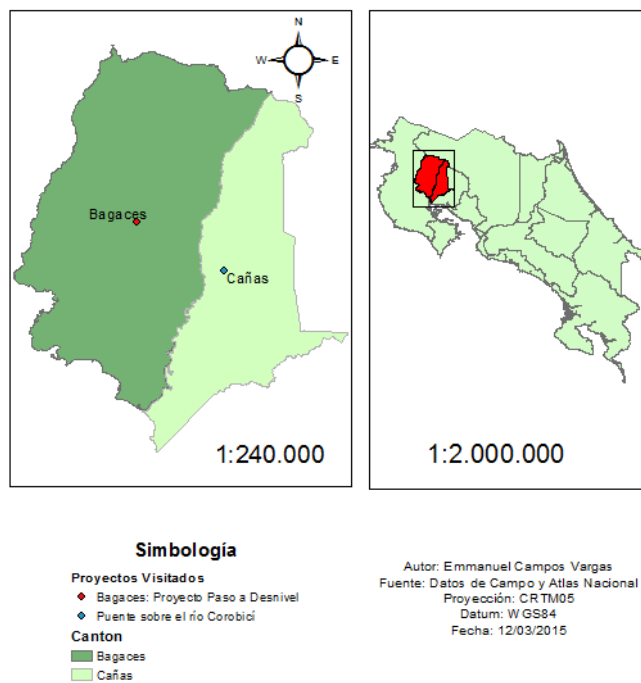


Figura 4. Ubicación de proyectos inspeccionados mediante la propuesta de seguimiento

El proyecto denominado “Puente sobre el río Corobicí” consistió en una ampliación del puente sobre este río en la ruta nacional N°1, la carretera interamericana norte. Se construyó una estructura con capacidad para dos carriles, con seis vigas principales de concreto post-tensado y una losa de concreto reforzado como superficie de rodamiento apoyado sobre dos bastiones y dos pilas de concreto reforzado. Además se contempló la construcción de un paso peatonal.

El proyecto denominado “Diseño y construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces” consistió en el diseño y la construcción de un paso a desnivel en la intersección de Bagaces con una rotonda en la parte inferior. Se construyó 2 vías de 2 carriles cada una con 3.5 m de ancho y espaldón de 1.80 m de ancho.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Criterios para la evaluación de medidas ambientales

4.1.1 Entrevista a instituciones encargadas del proceso de EIA en Suiza y Colombia

Se realizó una entrevista vía correo electrónico a un representante de la Oficina Federal para el Ambiente de Suiza y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia. El objetivo de la misma fue conocer: el uso de indicadores ambientales dentro del proceso de EIA realizado en estos países y criterios utilizados para valorar medidas ambientales. En el Cuadro 4.1 se resumen los principales resultados de la entrevista.

Cuadro 4.1 Aplicación de indicadores y medidas ambientales dentro del proceso de EIA en Suiza, Colombia y Costa Rica.

País	Cantidad de proyectos tramitados anualmente	Características que deben poseer las medidas ambientales	Uso de indicadores
Suiza	250	-Deben responder directamente a los impactos identificados.	-Se deben establecer indicadores orientados a: protección del aire, ruido, vibraciones, radiciones no ionizantes, aguas subterráneas, agua superficiales y ecosistemas acuáticos, evacuación de aguas, suelos, sitios contaminados, organismos peligrosos, protección contra catastrofes, bosques, flora, faunas, paisajes urbanos, monumentos históricos y sitios arqueológicos.
Colombia	437	-Deben estar orientados en prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales debidamente identificados.	- Se deben plantear indicadores que permitan hacer seguimiento al cumplimiento de las metas propuestas para cada objetivo. - La descripción de éstos debe incluir medidas de cantidad, calidad y tiempo de implementación, con el propósito de conocer si la medida está siendo efectiva para prevenir o mitigar los impactos a los que alude.
Costa Rica	2 411	-Deben ser concretas y técnicamente viables. -Deben plantearse como un compromiso y no como posibilidades o recomendaciones -Deben responder a los impactos identificados	- Se debe establecer un indicador de desempeño ambiental por cada medida propuesta para proyectos que requieran PGA.

El procedimiento de EIA en Suiza es más flexible si se compara con Colombia y Costa Rica. En el país europeo no hay requisitos específicos para obtener una viabilidad ambiental sino en la fase de screening y scooping se definen los estudios técnicos e impactos ambientales que deben incorporarse. Por otra parte en Colombia y Costa Rica existe normativa que enumera un conjunto de requisitos que deben presentarse para obtener una viabilidad ambiental.

Una gran diferencia que se encontró al comparar estos países fue el volumen de expedientes que se reciben en las instituciones. De acuerdo al Cuadro 4.1, la SETENA recibe nueve veces más cantidad de expedientes anualmente que la Oficina Federal para el Ambiente de Suiza y más de cinco veces que los recibidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia. Esto se debe principalmente a que la legislación ambiental costarricense es más rígida respecto al tipo de proyecto que debe someterse al proceso de EIA. Por ejemplo, de acuerdo a la legislación costarricense toda actividad de generación térmica de energía debe presentar un proceso de EIA mientras que en Suiza y Colombia únicamente lo hacen actividades de generación de energía térmica que generen más de 100 MW (Bundesamt für Umwelt der Schweiz, 1988; Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014; Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 2004b)

Considerando las características que deben poseer las medidas ambientales para ser aceptadas dentro de la EIA, Costa Rica es más rigurosa en comparación a Suiza y Colombia (ver Cuadro 4.1). En estos países lo único que se establece respecto de las medidas propuestas es su relación y atinencia a los impactos identificados. Por otra parte, en Costa Rica además se establece la necesidad de viabilidad técnica y se exige una redacción orientada a manera de compromiso.

La formulación de indicadores ambientales es obligatoria para la mayoría de procesos de EIA de estos países. Sin embargo, se puede distinguir un enfoque distinto respecto al uso de indicadores ambientales en Suiza al compararse con Colombia y Costa Rica. En estos países latinoamericanos se deben plantear indicadores que permitan conocer si las medidas ambientales se están implementando efectivamente. Por su parte, los indicadores ambientales en Suiza se establecen para conocer la calidad ambiental de los componentes ambientales del sitio donde se

desarrolla el proyecto y su principal objetivo es determinar y controlar los posibles cambios producidos por el proyecto.

La información recopilada durante las entrevistas fue analizada y se determinó poco relevante en el producto final de esta investigación. Únicamente, se utilizaron las características que deben poseer medidas ambientales en Colombia y Suiza (ver Cuadro 4.1) como criterios de valoración de medidas ambientales.

4.1.2 Foro de discusión

Para la confección de criterios de evaluación de medidas ambientales se organizó un foro de discusión con funcionarios de la SETENA. Los criterios para valorar medidas ambientales que más se repitieron entre los participantes fueron: la necesidad de responder a los impactos ambientales identificados y a la línea base del sitio, la obligatoriedad de ser comprobables mediante indicadores y la factibilidad técnica y económica. El Cuadro 4.3 resume lo contestado por cada participante.

Cuadro 4.2 Resumen de criterios para valorar medidas ambientales de acuerdo a lo propuesto por cada participante

Criterios propuestos	Frecuencia absoluta por participante
Deben responder a los impactos ambientales identificados y a la línea base del sitio.	6
Se deben proponer siguiendo el orden: 1° medidas integradas al diseño de sitio, 2° medidas de mitigación, 3° medidas de corrección y 4° medidas de compensación.	1
Deben plantearse en forma de compromiso	1
Deben ser establecidas por un grupo multidisciplinario	2
Deben ser factibles económicamente	3
Deben ser divulgadas a toda la organización	1
Deben ajustarse a la legislación nacional	1
Simples de comprobar en campo	1
Específica para el proyecto en cuestión	1
Deben ser capaces de asociarse a indicadores durante el seguimiento	2

Basado en lo establecido en la literatura (Cuadro 3.1), lo obtenido en las entrevistas a instituciones (Cuadro 4.1) y lo discutido durante el foro (Cuadro 4.2) se propone la valoración las medidas ambientales dentro del contexto de EIA en Costa Rica mediante las siguientes características:

- ✓ Todas las medidas deben plantearse como un compromiso y no como posibilidades o recomendaciones.
- ✓ Deben ser consecuente con los impactos identificados y el factor ambiental afectado.
- ✓ Deben ser eficaces: se requiere analizar la capacidad de la medida para cubrir los efectos del impacto.
- ✓ Poseer viabilidad legal, técnica y económica.
- ✓ Deben ser claramente verificables mediante un indicador.
- ✓ Deben ser consensuadas por el equipo multidisciplinario que realiza la EIA.
- ✓ Se deben respaldar y complementar a las medidas requeridas por la legislación vigente (de acuerdo al decreto N. 32966). El cumplimiento por sí mismo de una medida exigida por la legislación no es válido en un PGA. Sin embargo, una medida válida se puede basar en lo establecido por la legislación siempre y cuando haya algún elemento adicional de compromiso. Por ejemplo: cumplir con el reglamento de vertidos de aguas residuales no es una medida válida ya que esto se exige por la legislación. No obstante, monitorear la calidad del vertido de aguas residuales sí corresponde a una medida ambiental ya que se pueden analizar otros parámetros adicionales a lo que la legislación exige.

4.2 Criterios para la valorización de indicadores ambientales

4.2.1 Método Delphi

Se utilizó la metodología Delphi con el fin de generar una matriz para valorar indicadores ambientales. Del total de 25 expertos consultados solamente nueve respondieron correspondiendo al 36 %. Sin embargo, se eliminó la respuesta de un experto porque al realizar la autoevaluación de conocimientos, se detectó que desconocía el uso de indicadores ambientales. Por lo tanto, únicamente se consideró la respuesta del 32% de expertos.

En el Cuadro 4.3, se resumen los resultados sobre el grado de importancia que le confiere el grupo de expertos a cada criterio para la selección de indicadores. Para esta investigación se utilizó el promedio ponderado para asignar un peso a cada criterio.

Cuadro 4.3 Grado de importancia establecido por el grupo de expertos a criterios de valoración de indicadores ambientales

Criterio	Moda	Promedio Ponderado
Sencillez: se refiere al grado de complejidad en el proceso de medición, observación o interpretación del indicador. Se puede dividir en: complejidad de la medición u observación y complejidad de la interpretación.	10	20
Pertinencia con el factor o medida ambiental: se refiere al grado de relación existente entre la propiedad que se mide u observa y el factor o medida ambiental.	15	16
Grado de aplicación: se refiere a la capacidad intrínseca del indicador de dar información de uno o más factores o medidas ambientales.	10	13
Relevancia de la información transmitida: se refiere al grado de importancia que tiene la información que el indicador genera.	20	12
Grado de representatividad: Se refiere al grado de proporcionalidad de la medición u observación respecto del factor o medida ambiental.	10	15
Grado de interpretación: se define como la capacidad del indicador para ser interpretado en una escala o patrón de comparación. Para este caso no se evalúa al indicador como tal, sino su escala a ser comparada.	15	12
Factibilidad: se refiere a la viabilidad económica, técnica y legal que pueda poseer el indicador.	20	12
Total	100	100

Se estableció una escala cualitativa de valoración para cada criterio (ver Cuadro 4.4). A partir de esta, se le solicitó a cada experto que valorara la aceptación o rechazo de indicadores ambientales que cumplieran esas características. En el Cuadro 4.5, se resume el porcentaje de expertos que acepta o rechaza cada criterio de acuerdo a la escala establecida (véase el significado de la escala en el Cuadro 4.4). Se puede observar que para los criterios “Complejidad de medición” y “Factibilidad” en una escala valoración “Baja” no se consiguió consenso ya que el 50% de expertos consideró que se debía aceptar y 50% opinó lo contrario.

Cuadro 4.4 Escala cualitativa para criterios de valoración de indicadores

Criterio (C)/Escala (E)	Alto	Medio	Bajo
Complejidad de la medición u observación	Muchas variables interfieren con la calidad de los resultados por lo que estos <u>no</u> son confiables. O existe dificultad para llegar al punto donde se debe medir u observar	Hay variables que interfieren con la calidad de las mediciones u observaciones pero el proyecto cuenta con la persona adecuada para obtener resultados aceptables. Pese a la dificultad de llegar al punto de medición u observación es factible su realización	Pocas variables interfieren con la calidad de los resultados y un colaborador con previo entrenamiento puede realizar la medición u observación. Y llegar al sitio de medición o toma de muestra es sencillo
Complejidad de la interpretación	El resultado de la medición es difícil de interpretar ya que sólo un experto en esa área de estudio puede obtener conclusiones	Algunos trabajadores del proyecto debido a su formación profesional son capaces de interpretar los datos obtenidos y tomar decisiones	Trabajadores del proyecto con previa capacitación pueden interpretar fácilmente los resultados y tomar acciones inmediatas
Pertinencia con el factor o medida ambiental	Existe una relación directa entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i>	Existe una relación indirecta entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i> ¹	<u>No</u> hay relación entre el indicador y factor o medida ambiental. Además no se conoce ni puede establecerse la direccionalidad.
Grado de aplicación	Un indicador sirve para obtener información de 3 o más factores o medidas ambientales	Un indicador sirve para obtener información de 2 factores o medidas ambientales	Un indicador sirve para obtener información de 1 factor o medida ambiental
Relevancia de la información transmitida	La información que transmite el indicador genera que se deban tomar acciones inmediatas	La información transmitida genera que se deban tomar acciones en un plazo de tiempo	La información transmitida no es importante para emprender acciones de cambio
Grado de representatividad	Se utiliza un diseño experimental para la adecuada aplicación de estadística inferencial	Se utiliza un fundamento o justificación teórica para determinar el número mediciones, las zonas de medición y la frecuencia en el tiempo	<u>No</u> se establecen fundamentos relacionados con las mediciones u observaciones
Grado de interpretación	La escala se obtiene a partir de referencias donde se establece un valor con el cual ser comparado	La escala se fundamenta en le necesidad de llevar registros para observar tendencias según una línea base	La escala <u>no</u> permite observar tendencias según una línea base
Factibilidad	<u>No</u> existen limitaciones técnicas, económicas ni legales para la medición del indicador	Hay limitaciones técnicas o económicas que van a ser subsanadas, no hay limitaciones legales	Hay limitaciones legales en el indicador; las limitaciones técnicas o económicos hacen que <u>no</u> sea viable

Cuadro 4.5 Porcentaje de aceptación y rechazo de un indicador a partir de la valoración de criterios en una escala

Criterio (C)/Escala (E)	Alto		Medio		Bajo	
	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo
Complejidad de la medición u observación	12,5%	87,5%	50%	50%	62,5%	37,5%
Complejidad de la interpretación	12,5%	87,5%	62,5%	37,5%	50%	50%
Pertinencia con el factor o medida ambiental	75%	25%	75%	25%	37,5%	62,5%
Grado de aplicación	37,5%	62,5%	62,5%	37,5%	87,5%	12,5%
Relevancia de la información transmitida	87,5%	12,5%	100%	0%	25%	75%
Grado de representatividad	75%	25%	87,5%	12,5%	12,5%	87,5%
Grado de interpretación	87,5%	12,5%	75%	25%	12,5%	87,5%
Factibilidad	75%	25%	87,5%	12,5%	50%	50%

Se reenvió los cuestionarios a cada experto y se le solicitó que valorara su respuesta considerando la opinión de la mayoría. Se consiguió la revaloración de respuestas por parte del 87,5% de expertos que habían respondido al cuestionario. En el Cuadro 4.6, se resume la opinión de los expertos considerando los cambios inducidos por la revaloración. Para cada criterio se logró evidenciar una mayor tendencia respecto a la aceptación o rechazo de acuerdo a la escala. Para esta investigación se consideró como veraz la opinión de la mayoría (véase Cuadro 4.7).

Cuadro 4.6 Porcentaje de aceptación y rechazo de un indicador a partir de la revaloración de criterios en una escala

Criterio (C)/Escala (E)	Alto		Medio		Bajo	
	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo	Aceptación	Rechazo
Complejidad de la medición u observación	0%	100%	62,5%	37,5%	62,5%	37,5%
Complejidad de la interpretación	12,5%	87,5%	75%	25%	62,5%	37,5%
Pertinencia con el factor o medida ambiental	100%	0%	100%	0%	12,5%	87,5%
Grado de aplicación	25%	75%	62,5%	37,5%	87,5%	12,5%
Relevancia de la información transmitida	87,5%	12,5%	100%	0%	12,5%	87,5%
Grado de representatividad	75%	25%	87,5%	12,5%	12,5%	87,5%
Grado de interpretación	87,5%	12,5%	87,5%	12,5%	0%	100%
Factibilidad	75%	25%	87,5%	12,5%	25%	75%

A partir de los resultados visibles en el Cuadro 4.7 y 4.8 se proponen el uso de un índice que permita aceptar o rechazar un indicador de acuerdo a la valoración cada criterio en la escala preestablecida. Como algoritmo del índice se plantea la Ecuación 1, donde se debe multiplicar un valor preestablecido por criterio por otro valor de escala y realizar la sumatoria por cada criterio.

$$i_{ac} = \frac{C \times E}{100} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

i_{ac} = índice de aceptación

C = valor de criterio

E = valor de escala

Los valores fijados para criterio se colocaron de acuerdo al promedio ponderado de opinión de expertos visibles Cuadro 4.4. Por otra parte, los valores consignados a escala se atribuyeron de manera arbitraria pero considerando que al aplicar la ecuación 1 se cumpliera con las zonas de aceptación o rechazo del Cuadro 4.7. Por ejemplo, un indicador puede obtener la aceptación por 7 de los criterios pero si en uno de estos obtiene rechazo el valor del índice va establecer que el indicador deba ser rechazado.

Cuadro 4.7 Valoración por parte de una mayoría de expertos sobre la aceptación y rechazo de un indicador a partir de criterios en una escala

Criterio (C)/Escala (E)	Alto	Medio	Bajo
Complejidad de la medición u observación	Rechazado	Aceptado	Aceptado
Complejidad de la interpretación	Rechazado	Aceptado	Aceptado
Pertinencia con el factor o medida ambiental	Aceptado	Aceptado	Rechazado
Grado de aplicación	Rechazado	Aceptado	Aceptado
Relevancia de la información transmitida	Aceptado	Aceptado	Rechazado
Grado de representatividad	Aceptado	Aceptado	Rechazado
Grado de interpretación	Aceptado	Aceptado	Rechazado
Factibilidad	Aceptado	Aceptado	Rechazado

Considerando los valores del Cuadro 4.8, se obtiene que el valor mínimo que puede alcanzar el índice para ser aceptado corresponda a las calificaciones medias de la escala para cada criterio; aplicando la ecuación 1 con estos valores se obtiene que el mínimo resultado del índice deba ser 6,5. Aplicando la ecuación 1 utilizando los valores de rechazo para cada criterio se obtiene un valor de -25,37, el cual corresponde al mínimo valor que puede alcanzar el índice. El valor máximo que el índice puede alcanzar es 11 y se obtiene al aplicar la ecuación 1 utilizando valores máximos de escala para cada criterio.

Cuadro 4.8 Matriz de valoración de indicadores ambientales

Criterio (C)/Escala (E)	Alto	Medio	Bajo	Subíndice
Complejidad de la medición u observación	Muchas variables interfieren con la calidad de los resultados por lo que estos <u>no</u> son confiables. O existe dificultad para llegar al punto donde se debe medir u observar	Hay variables que interfieren con la calidad de las mediciones u observaciones pero el proyecto cuenta con la persona adecuada para obtener resultados aceptables. Pese a la dificultad de llegar al punto de medición u observación es factible su realización	Pocas variables interfieren con la calidad de los resultados y un colaborador con previo entrenamiento puede realizar la medición u observación. Y llegar al sitio de medición o toma de muestra es sencillo	$= C \times E$
10	-30	8	15	
Complejidad de la interpretación	El resultado de la medición es difícil de interpretar ya que sólo un experto en esa área de estudio puede obtener conclusiones	Algunos trabajadores del proyecto debido a su formación profesional son capaces de interpretar los datos obtenidos y tomar decisiones	Trabajadores del proyecto con previa capacitación pueden interpretar fácilmente los resultados y tomar acciones inmediatas	$= C \times E$
10	-30	8	15	
Pertinencia con el factor o medida ambiental	Existe una relación directa entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i> ¹	Existe una relación indirecta entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i> ¹	<u>No</u> hay relación entre el indicador y factor o medida ambiental. Además no se conoce ni puede establecerse la direccionalidad.	$= C \times E$
16	10	5	-19	
Grado de aplicación	Un indicador sirve para obtener información de 3 o más factores o medidas ambientales	Un indicador sirve para obtener información de 2 factores o medidas ambientales	Un indicador sirve para obtener información de 1 factor o medida ambiental	$= C \times E$
13	-25	8	10	
Relevancia de la información transmitida	La información que transmite el indicador genera que se deban tomar acciones inmediatas	La información transmitida genera que se deban tomar acciones en un plazo de tiempo	La información transmitida no es importante para emprender acciones de cambio	$= C \times E$
12	10	6	-28	
Grado de representatividad	Se utiliza un diseño experimental para la adecuada aplicación de estadística inferencial	Se utiliza un fundamento o justificación teórica para determinar el número mediciones, las zonas de medición y la frecuencia en el tiempo	<u>No</u> se establecen fundamentos relacionados con las mediciones u observaciones	$= C \times E$
15	10	5	-20	
Grado de interpretación	La escala se obtiene a partir de referencias donde se establece un valor con el cual ser comparado	La escala se fundamenta en le necesidad de llevar registros para observar tendencias según una línea base	La escala <u>no</u> permite observar tendencias según una línea base	$= C \times E$
12	10	7	-28	
Factibilidad	<u>No</u> existen limitaciones técnicas, económicas ni legales para la medición del indicador	Hay limitaciones técnicas o económicas que van a ser subsanadas, no hay limitaciones legales	Hay limitaciones legales en el indicador; las limitaciones técnicas o económicos hacen que <u>no</u> sea viable	$= C \times E$
12	10	7	-28	
Índice de aceptación				$= \frac{C \times E}{100}$

¹La direccionalidad se refiere al efecto positivo o negativo que se produce con el cambio en las unidades de un indicad

4.3 Manual para la construcción, valoración y selección de indicadores ambientales

A partir de la información recopilada en las secciones 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.1 se elaboró un manual para la construcción, valoración y selección de indicadores ambientales en PGA, el cual se muestra en el Apéndice 3. Además, este manual fue aplicado a un proyecto que poseía viabilidad ambiental de la SETENA pero por algunas modificaciones en su diseño debía presentar nuevamente un PGA.

4.3.1 Visitas de campo

Se realizaron visitas de campo guiadas por un regente ambiental para 5 proyectos en fase constructiva. En Cuadro 4.9, se resumen las medidas ambientales que se propusieron en los proyectos visitados.

Cuadro 4.9 Resumen de medidas ambientales propuestas en los proyectos visitados

Nombre de proyecto	Medidas ambientales observadas
Construcción y Operación de la Bodega Tical	<ul style="list-style-type: none">-Utilizar revegetación con plantas nativas- Comprobar el estado de equipos; marchamos, revisión técnica y seguros-Mantener materiales absorbentes para tratar derrames-Mantener baterías para la separación de desechos sólidos ordinarios-Establecer una barrera visual en los lindero de la propiedad
Terminal Central	<ul style="list-style-type: none">-Utilizar riego por aspersión para evitar la generación de polvo-Brindar protección personal auditivo a trabajadores expuestos a ruido.-Capacitar a los trabajadores sobre el uso de equipos de protección contra el ruido-Generar montículos de tierra menores a 1,5 m durante las excavaciones
Condominio Monte Sol	<ul style="list-style-type: none">- Utilizar cabinas sanitarias- Establecer zonas impermeabilizadas para el mantenimiento de la maquinaria- Capacitar a trabajadores sobre primeros auxilios y riesgos de trabajo
Torres de Condominio Guachipelín	<ul style="list-style-type: none">-Construir gavetas sedimentadoras-Realizar labores de mantenimiento de maquinaria fuera del AP-Contar con una cabina sanitaria para cada 20 trabajadores-Definir zonas dentro del AP destinadas a la reforestación
Condominio Torres Ribera Laureles	<ul style="list-style-type: none">-Promover en los trabajadores el uso racional del agua-Promover el uso racional de la energía-Reutilizar las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales para riego de césped-Prohibir el uso de alarmas o sirenas

A partir de estas medidas ambientales se definieron indicadores dentro del manual para la construcción, valoración y selección de indicadores ambientales (véase el Apéndice 3, página 90). Este listado de indicadores resulta un ejemplo de la aplicación del manual para proyectos que involucren la construcción de infraestructura.

4.3.2 Desarrollo del manual

El manual se formula con el objetivo de brindar una orientación metodológica a consultores ambientales para que logren generar adecuados indicadores ambientales en los PGA que deban presentar ante la SETENA. En este se promulga los siguientes pasos para construir indicadores: revisar impactos ambientales, revisar medidas ambientales, crear una ficha metodológica, formular indicadores y proponer una escala comparativa para cada indicador.

La revisión de impactos se realiza con el objetivo de incluir únicamente aquellos que sean significativos y generen un efecto negativo. A partir de estos impactos se deben establecer medidas ambientales las cuales deben valorarse mediante los criterios visibles en el inciso 3.2 del Apéndice 3. Posteriormente, se deben formular indicadores utilizando el formato de la ficha metodológica propuesta (en el inciso 3.3 del Apéndice 3, se explican los componentes que debe poseer). Una vez creados los indicadores, se debe proponer una escala de valores con criterios de aceptación.

Posterior a la construcción, se debe valorar la factibilidad de utilizar los indicadores en el proyecto. El manual propone dos procedimientos de valoración: por criterio simple y mediante la matriz de valoración de indicadores ambientales. La valoración por criterio simple se realiza al aplicar cinco preguntas relacionadas al indicador las cuales deben ser respondidas positivamente (véase el inciso 4.1 del Apéndice 3). Por otra parte, la aplicación de la matriz es más compleja y obtiene como resultado el índice de aceptación de un indicador (véase el inciso 4.2 del Apéndice 3).

4.3.3 Aplicación del manual

Se aplicó el manual propuesto al proyecto: Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote, con expediente administrativo D1-6068-2011-SETENA. Debido a cambios en el diseño del proyecto, la SETENA solicitó un conjunto de

documentos dentro del cual se incluía un nuevo PGA. Esto sirvió para poder comparar el PGA donde se aplicó el manual con su versión antigua.

El primer aspecto que se consideró fue la revisión de los impactos ambientales. Se analizó la metodología de valoración de impactos ambientales utilizada en un principio y se identificó errores teóricos y metodológicos en la misma. El principal error identificado corresponde a una confusión conceptual respecto al significado de “acción impactante” e “impacto ambiental” lo cual genera que se reduzca el número de impactos identificados. En el Cuadro 4.10 se puede observar que el número de impactos identificados aumenta al revalorarse la MIIA.

Adicionalmente, existe un error en la ecuación para calcular la importancia del impacto ambiental ecuación 3 (ver anexo 1, inciso 4.3), ya que el valor de intensidad debe multiplicarse por factor de tres y esto se ignora en un principio. Esto reduce el número impactos significativos que se identifican. En el Cuadro 4.10, se puede observar que el número de impactos ambientales significativos aumenta cuando se realiza esta corrección. En el Apéndice 5 se puede observar la nueva MIIA corregida.

Posteriormente, se valoró las medidas ambientales propuestas en el PGA y se determinó que 46 de 53 medidas en total -86%-, no cumplían con los criterios de aceptación propuestos en el manual. De las 46 medidas identificadas se debió rechazar 17 medidas porque no se podían reformular, las restantes 29 se reformularon con el objetivo de poder ser aceptadas. Además se crearon 5 nuevas medidas ambientales para complementar el PGA.

Las principales causas de rechazo de medidas ambientales fueron: incumplimiento por definición de medida ambiental, el establecimiento como medida de algo que debía cumplirse por ley y el planteamiento de la medida como posibilidad y no como un compromiso. Para el último caso se replantearon las medidas como compromiso y se solventó la aceptación. Sin embargo, el resto de medidas que presentaban otros incumplimientos debieron ser rechazadas.

Luego de obtener las medidas ambientales, se analizaron 11 indicadores ambientales propuestos en el antiguo PGA. De los cuales 10 fueron rechazados por no cumplir con la definición de indicador y el restante no cumplía con el criterio de relevancia al aplicar la

valoración por criterio simple (véase el inciso 4.1.2 del Apéndice 3). Por tanto, se debieron formular 41 indicadores correspondientes a las 41 medidas ambientales (ver Apéndice 7). La construcción de indicadores se ajustó a la ficha metodológica propuesta en el manual (ver inciso 3.3 del Apéndice 3) y además se elaboró una ficha técnica de indicadores y escala comparativa (ver Apéndices 8 y 9).

Se valoró 40 indicadores mediante criterio simple y se obtuvo la aceptación dentro PGA. Sin embargo para un indicador se utilizó la matriz con el fin de obtener una mejor valoración del indicador. El Cuadro 4.11 resume el resultado de la valoración para el indicador denominado “cantidad de incidentes en velocidad” se puede observar que al calcular índice mediante la ecuación 1 se obtiene un valor de 7,75. Por tanto, se acepta su uso ya que el valor es superior a 6,5 (criterio de aceptación prefijado en el inciso 4.1 del manual, ver Apéndice 3).

Cuadro 4.10 Resultados al aplicar el manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en el proyecto: Paso a desnivel por la rotonda de Zapote.

Tipo de PGA	Número de impactos identificados	Número de impactos significativos identificados	Número de medidas ambientales propuestas	Número de indicadores obtenidos
Sin aplicar el manual	27	11	53	11
Aplicando el manual	38	29	41	41

Cuadro 4.11 Valoración del indicador “Cantidad de incidentes en velocidad” mediante la matriz de valoración.

Criterio	Alto	Medio	Bajo	Subíndice
Complejidad de la medición u observación 10	-30	8	15	$\frac{= 10 \times 8}{100}$
Complejidad de la interpretación 10	-30	8	15	$\frac{= 10 \times 8}{100}$
Pertinencia con el factor o medida ambiental 16	10	5	-19	$\frac{= 16 \times 10}{100}$
Grado de aplicación 13	-25	8	10	$\frac{= 13 \times 10}{100}$
Relevancia de la información transmitida 12	10	6	-28	$\frac{= 12 \times 6}{100}$
Grado de representatividad 15	10	5	-20	$\frac{= 17 \times 5}{100}$
Grado de interpretación 12	10	7	-28	$\frac{= 12 \times 7}{100}$
Factibilidad 12	10	7	-28	$\frac{= 12 \times 7}{100}$
Índice				7,75

4.4 Procedimiento para el seguimiento ambiental y el uso de indicadores en proyectos de fase constructiva

A partir de las visitas de campo realizadas (ver inciso 4.3.1) y un análisis del Código de Buenas Prácticas Ambientales decreto N° 32079, se planteó la propuesta de un procedimiento para el seguimiento ambiental y el uso de indicadores en proyectos de fase constructiva (ver Apéndice 6). Además, este procedimiento se aplicó a dos proyectos que encontraban en fase constructiva.

4.4.1 Desarrollo del procedimiento

El uso del procedimiento tiene como objetivo orientar sobre las actividades necesarias para realizar un adecuado seguimiento ambiental de los proyectos. Como fases fundamentales del seguimiento se proponen las siguientes: el establecimiento de un formato de seguimiento, la valoración ambiental del proyecto y el análisis y comunicación de resultados.

El establecimiento de un formato resulta fundamental para determinar información crítica que permita analizar el cumplimiento de los compromisos ambientales. Se plantea una propuesta conformada por 52 preguntas que deben corroborarse tanto en campo como en el expediente administrativo (véase el Apéndice 6). A partir de este se puede iniciar con la fase de valoración.

La valoración ambiental se debe realizar en el expediente y a nivel de campo. Cuando se valora el expediente se busca examinar y tomar nota sobre la información relevante que debe ser comprobada en el campo. Generalmente aspectos como: la descripción del proyecto, diseño de sitio, monto de garantía ambiental, nombramiento de regente ambiental, conclusiones y recomendaciones de protocolos técnicos y medidas ambientales se deben valorar en esta etapa. Durante la valoración de campo se busca evaluar el cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos por el desarrollador del proyecto.

Posteriormente, se debe realizar un análisis de resultados del proceso de valoración. Para esto se debe examinar si la descripción del proyecto establecida en el expediente coincide con la realidad. Además, se propone el cálculo del desempeño ambiental del proyecto mediante la Ecuación 2 considerando que el cumplimiento de medidas va a depender de la fase en la que se encuentre proyecto. Por ejemplo: si aún no se está realizando movimiento de tierras, no tiene sentido corroborar las medidas asociadas a esa acción impactante.

$$\%DA = \frac{m_c}{m_t} \times 100 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

%DA: Porcentaje de desempeño ambiental.

m_c : Medidas ambientales cumplidas.

m_t : Total de medidas ambientales establecidas por la legislación y el expediente.

Finalmente, tras realizar el análisis de resultados se deben comunicar a las partes interesadas: el desarrollador y el regente. El procedimiento recomienda que se realice una comunicación formal e informal. La comunicación informal resulta cuando de manera verbal se comunica aspectos que se deben mejorar y que no se están cumpliendo. Por otra parte, la comunicación formal se realiza mediante el informe que debe constar en el expediente.

4.4.2 Aplicación del procedimiento

4.4.2.1 Puente sobre el río Corobicí

Este proyecto consiste en la ampliación del puente sobre el río Corobicí en la ruta nacional N°1, la carretera interamericana norte. Se construye una estructura con capacidad para dos carriles, con seis vigas principales de concreto post-tensado y una losa de concreto reforzado como superficie de rodamiento apoyado sobre dos bastiones y dos pilas de concreto reforzado. Además se contempla la construcción de un paso peatonal.

Se realizó un análisis del expediente y se determinó que el desarrollador se comprometía a cumplir con las medidas establecidas en el Anexo 3. Durante el análisis en campo de las medidas ambientales sólo se seleccionaron aquellas que cumplieran con los criterios de valoración establecidos al final de la sección 4.2 de este capítulo. Durante la visita se siguió formato visible en el inciso 3.1 del Apéndice 6, al cual además se incorporó: la descripción de proyecto.

En la visita se observó que el proyecto cumplía con la descripción establecida en el expediente administrativo. Además se corroboró por medio de una inspección visual y entrevistando a la regente ambiental del proyecto y trabajadores el cumplimiento de medidas ambientales. En el Cuadro 4.12, se observa las medidas ambientales que se analizaron durante la visita.

Cuadro 4.12 Análisis del cumplimiento de medidas ambientales para el puente sobre el río Corobicí

Medida ambiental	Fuente	Estado de cumplimiento	Evidencias (Ver Apéndice 10)
Aplicar un plan de uso racional de energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Generar criterios sobre el uso racional de energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Realizar capacitaciones sobre uso racional de la energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Contar con sitio para la separación de desechos	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Fotografía 2
Contar con cabinas sanitarias	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Comprobación en sitio
Capacitar a trabajadores sobre políticas de manejo de aguas residuales	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
Los camiones deben contar carpas que recubren la parte superior	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
El almacenaje de los residuos sólidos se encuentra en condiciones adecuadas	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Fotografía 3
Se realiza una adecuada separación de los residuos sólidos	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Fotografía 3
Se cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Revisión en el expediente administrativo
Se monitorean ruidos y vibraciones	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
Se cuenta con materiales absorbentes en caso de derrames	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Fotografía 4
Contar con un botiquín para casos de emergencias	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Fotografía 7
Instalar vallas de sedimentos	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 1
Abrir canales temporales corta corriente, de modo que se disminuya la velocidad y capacidad de arrastre del flujo de escorrentía.	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 5
Crear sistemas de drenaje para desviar el agua en la corona de los taludes	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 1
Regular la velocidad de las vagonetas en las área de trabajo	Expediente administrativo	Sin cumplir	Entrevista a regente

Continuación del cuadro 4.12

Medida ambiental	Fuente	Estado de cumplimiento	Evidencias	
Aplicar riego periódicamente de acuerdo a las condiciones del viento y la radiación solar.	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Cubrir con plástico apilamientos de tierra	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 6	
Identificar y señalar zonas de riesgo tales como zanjas, huecos mediante cintas alusivas	Expediente administrativo	Cumple	Comprobación en sitio	
Se prohibirá lavado de maquinaria en cursos de agua	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Se prohibirá actividades de reparación dentro del AP	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Contar con permisos de corta del SINAC	Ley Forestal	Cumple	Entrevista regente	a
Prohibir la quema de residuos	Ley para la gestión integral de residuos sólidos	Cumple	Entrevista regente	a
Prohibir la extracción de especies de la zona	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Exigir maquinaria con la revisión técnica vigente	Ley de tránsito por vías públicas terrestres	Cumple	Entrevista regente	a
Brindar mantenimiento periódico a la cabinas sanitaria	Reglamento de seguridad e higiene del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a
Brindar equipo de protección a trabajadores	Reglamento de seguridad e higiene del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a
Mantener a colaboradores con póliza de riesgos de trabajo	Ley de riegos del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a

A partir del Cuadro 4.12 se realizó el cálculo del desempeño ambiental del proyecto en términos del cumplimiento a los compromisos ambientales. Aplicando la ecuación 2 para 19 medidas cumplidas de un total de 29, se obtiene un desempeño ambiental del 66%. De acuerdo al procedimiento propuesto, el desempeño ambiental del proyecto se encuentra en categoría roja ya que el cumplimiento de las medidas es menor al 90%.

4.4.2.2 Diseño y construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces.

El proyecto pretende construir 2 vías de 2 carriles cada una y con 3.5 m de ancho y espaldón de 1.80 m de ancho. Esta obra constituye una necesidad ante el tránsito que frecuenta esa importante vía nacional.

En el Anexo 3 se establecen las medidas ambientales que este proyecto se comprometía a cumplir. Durante el análisis en campo de las medidas ambientales sólo se seleccionaron aquellas que cumplieran con los criterios de valoración establecidos al final de la sección 4.2 de este capítulo. Durante la visita se siguió formato visible en el inciso 3.1 del Apéndice 6, al cual además se incorporó: la descripción de proyecto.

Durante la visita, se observó el cumplimiento con la descripción del proyecto establecida en el expediente administrativo. Además se corroboró por medio de una inspección visual y entrevistando a la regente ambiental del proyecto y trabajadores, el cumplimiento de medidas ambientales. En el Cuadro 4.13, se observa las medidas ambientales que se analizaron durante la visita.

Cuadro 4.13. Análisis del cumplimiento de medidas ambientales para el Intercambiador de Bagaces

Medida ambiental	Fuente	Estado de cumplimiento	Evidencias (Ver Apéndice 10)
Aplicar un plan de uso racional de energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Generar criterios sobre el uso racional de energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Realizar capacitaciones sobre uso racional de la energía	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Consulta a regente
Contar con sitio para la separación de desechos	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Fotografía 8
Contar con cabinas sanitarias	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Comprobación en sitio
Capacitar a trabajadores sobre políticas de manejo de aguas residuales	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
Los camiones deben contar carpas que recubren la parte superior	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
El almacenaje de los residuos sólidos se encuentra en condiciones adecuadas	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Fotografía 8
Se realiza una adecuada separación de los residuos sólidos	Código de buenas prácticas ambientales	Sin cumplir	Fotografía 9
Se cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Revisión en el expediente administrativo
Se monitorean ruidos y vibraciones	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Consulta a regente
Se cuenta con materiales absorbentes en caso de derrames	Código de buenas prácticas ambientales	Cumple	Comprobación en sitio
Contar con botiquín de emergencias	Código de buenas prácticas ambientales		Fotografía 14
Regular la velocidad de las vagonetas en las área de trabajo	Expediente administrativo	Sin cumplir	Entrevista a regente

Continuación del cuadro 4.13

Medida ambiental	Fuente	Estado de cumplimiento	Evidencias	
Aplicar riego periódicamente de acuerdo a las condiciones del viento y la radiación solar.	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Cubrir con plástico apilamientos de tierra	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 10	
Identificar y señalar zonas de riesgo tales como zanjas, huecos mediante cintas alusivas	Expediente administrativo	Sin cumplir	Fotografía 11	
Prohibir el lavado de maquinaria en cursos de agua	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Prohibir actividades de reparación dentro del AP	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Prohibir la extracción de especies de la zona	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Mantener áreas con recipientes dispuestos y clasificados para protección de generación de olores	Expediente administrativo	Incumple	Fotografía 12	
Establecer cunetas de protección al pie de la estructura, las que estarán dirigidos a una trampa de sedimentos	Expediente administrativo	Incumple	Fotografía 13	
Acondicionar un sitio para la acumulación de desechos y escombros típicos de la etapa de ejecución	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Realizar excavaciones y los rellenos únicamente dentro de los terrenos correspondientes al derecho de vía	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Formular estrategia de comunicación a través de las instituciones participantes: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Desarrollador (Consejo Nacional de Vialidad, CONAVI), Municipalidad de BAGACES, detallando beneficios y educando respecto al uso correcto de las estructuras para fines comerciales y turístico	Expediente administrativo	Incumple	Entrevista regente	a
Estimular al adjudicatario a la contratación de mano de obra local	Expediente administrativo	Incumple	Entrevista regente	a
Desarrollar Plan Vial para el manejo de tránsito durante la fase constructiva	Expediente administrativo	Cumple	Entrevista regente	a
Contar con permisos de corta del SINAC	Ley Forestal	Cumple	Entrevista regente	a
Prohibir la quema de residuos	Ley para la gestión integral de residuos sólidos	Cumple	Entrevista regente	a
Exigir maquinaria con la revisión técnica vigente	Ley de tránsito por vías públicas terrestres	Cumple	Entrevista regente	a
Brindar mantenimiento periódico a la cabinas sanitaria	Reglamento de seguridad e higiene del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a
Brindar equipo de protección a trabajadores	Reglamento de seguridad e higiene del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a
Mantener a colaboradores con póliza de riesgos de trabajo	Ley de riegos del trabajo	Cumple	Entrevista regente	a

A partir del Cuadro 4.13, se realizó el cálculo del desempeño ambiental del proyecto en términos del cumplimiento a los compromisos ambientales. Aplicando la ecuación 2 para 21 medidas cumplidas de un total de 32, se obtiene que el desempeño ambiental del proyecto es del

66%. De acuerdo al procedimiento propuesto, el desempeño ambiental del proyecto se encuentra en categoría roja ya que el cumplimiento de las medidas es menor al 90%.

5 Conclusiones

Se logró generar siete criterios para valorar medidas ambientales en PGA; cuando estos se aplicaron al proyecto sobre la rotonda de Zapote se determinó algún tipo incumplimiento en el 86% de las medidas.

Se generaron ocho criterios para valorar indicadores ambientales y al aplicarlos al proyecto sobre la rotonda de Zapote se evidenció que la totalidad de indicadores propuestos en el PGA incumplía estos criterios.

El método Delphi probó ser un instrumento eficaz para la generación de una matriz de valoración de indicadores ambientales ya que permitió el consenso en un grupo de expertos respecto de criterios de aceptación y rechazo.

Se elaboró un manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en planes de gestión ambiental y se aplicó al proyecto sobre la rotonda de Zapote. Se compararon los resultados obtenidos con el antiguo PGA y se comprobó una mejora en la calidad de las medidas e indicadores propuestos. Además, se aumentó el número de indicadores de 11 a 41.

El manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en planes de gestión ambiental demostró ser una herramienta para combatir la arbitrariedad existente en el establecimiento de indicadores en procesos de EIA.

Se confeccionó un procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva; el cual al aplicarse a dos proyectos en ejecución permitió cuantificar el desempeño ambiental.

El procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva demostró ser un instrumento robusto para la valoración del desempeño ambiental de proyectos en ejecución.

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la SETENA la emisión de una resolución que obligue a consultores ambientales a seguir las pautas propuestas en el manual. Además, se debería capacitar al personal de los departamentos de Evaluación Ambiental y Auditoría y seguimiento sobre el uso de esta herramienta para que se exija en el cumplimiento de las EIA valoradas.

Se recomienda utilizar y mejorar el procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores mediante su aplicación en proyectos valorados por el departamento de Auditoría y Seguimiento. Se debería realizar una capacitación al personal sobre su aplicación dentro de las labores que desempeñan.

Durante el proceso investigativo, se detectó que existen deficiencias en algunos planes de gestión ambiental presentados ante la SETENA en componentes relacionados con: la conceptualización de acción impactante e impacto ambiental, la formulación de costos asociados a medidas ambientales y la definición del responsable de aplicar medidas ambientales. Además en la legislación únicamente se menciona que estos aspectos se deben formular en un PGA y no se establecen definiciones ni guías al respecto. Por tanto, se recomienda a la institución que indague y genere pronunciamientos sobre estos apartados.

Se aconseja a la institución la valoración de criterios sobre la obligatoriedad en proyectos para presentar EIA, ya que durante la investigación se detectó que la entidad recibe muchas más evaluaciones de impacto ambiental que su homóloga en Suiza y Colombia.

7 REFERENCIAS

- Agüero, W. (2007). *MODELO PARA LA EVALUACIÓN (FINANCIERA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL) DE PROYECTOS DE INVERSIÓN*. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA. Retrieved from http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2007/te_aguero_willian_2007.pdf
- Aguilar, G., Iza, A., & Cedeño, M. (2006). *Evaluación de Impacto Ambiental Transfronteriza en Centroamérica* (p. 104). San José, Costa Rica.
- Aguirre, M. (2001). Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente (pp. 1231–1256).
- Alvarez, L. (2013). *Guía para la inspección y control ambiental durante el proceso constructivo en la sede Rodrigo Facio*. Universidad de Costa Rica.
- Alzina, V. (2001). *Environmental impact assessment systems in developing countries: A study of success and failure in Latin America and Caribbean*. George Washington University.
- Arboleda, J. (2008). *MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES* (p. 144). Retrieved from http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1_Manual_EIA.pdf
- Arroyo, T. (2007). *Manual de práctica ambientales y obras de mitigación en construcción de edificaciones dirigido a trabajadores*. universidad de Costa Rica.
- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. Ley Orgánica del Ambiente (1992). Retrieved from http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27738&nValor3=93505¶m2=1&strTipM=TC&lResultado=2&strSim=simp#ddown
- Astigarraga, E. (2005). EL MÉTODO DELPHI. Retrieved from http://www.prospectiva.eu/zaharra/Metodo_delphi.pdf
- Atencio, R. (2014). *Simulación lógica difusa de la biodegradación de residuos sólidos orgánicos en bioreactores piloto*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Barretan, B., Brady, G., Wood, S., Jimenez, D., Patron, L., Snook, J., ... Toukubo, K. (2006). Purpose of scoping. Retrieved from http://eia.unu.edu/course/index.html?page_id=140.html
- Bermúdez, P. Informe Operativo de Labores Anual 2012, Correspondiente al Departamento de Evaluación Ambiental (DEA). (2012).

- Bermúdez, P. (2013). *Informe Operativo de Labores Correspondiente al Año 2013, para el Departamento de Evaluación Ambiental (DEA)*.
- Bisset, R., Abaza, H., & Sadler, B. (2004). *Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach* (p. 147). Ginebra. Retrieved from <http://www.unep.ch/etb/publications/enviImpAsse.php>
- Bojórquez-Tapia, L. a, Juárez, L., & Cruz-Bello, G. (2002a). Integrating fuzzy logic, optimization, and GIS for ecological impact assessments. *Environmental Management*, 30(3), 418–33. <http://doi.org/10.1007/s00267-002-2655-1>
- Bojórquez-Tapia, L. a, Juárez, L., & Cruz-Bello, G. (2002b). Integrating fuzzy logic, optimization, and GIS for ecological impact assessments. *Environmental Management*, 30(3), 418–33. <http://doi.org/10.1007/s00267-002-2655-1>
- Bundesamt für Umwelt der Schweiz. Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (1988). Schweiz. Retrieved from <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19880226/index.html>
- Canter, L. (1998). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental* (p. 900).
- Chen, C. (2009). Environmental impact assessment framework by integrating scientific analysis and subjective perception, 6, 606–618.
- Cloquell, V. (2003). *Propuesta Metodológica para la Validación Previa de Indicadores y Funciones de Valor en el Problema Unificado de Localización y Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Dalkey, N., Brown, B., & Cochran, S. (1969). *Delphi Method, III: Use of self ratings to improve group estimates* (p. 21). Retrieved from http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2006/RM6115.pdf
- Dougherty, T., & Wallingford, H. (1995). *Impact Assessment of Irrigation and Drainage Projects FAO Irrigation and* (p. 98). Retrieved from ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/Morini/05_EIA.pdf
- Ecaat, J., & Jacobsen, U. (2001). *ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT Forum for Energy and Development* (p. 73). Retrieved from <http://www.inforse.org/doc/Final EIA Training Resource Manual %28a%29.pdf>
- Elizabeth, S., & Silva, D. (2009). *BEYOND INDICATORS AND REPORTING : NEEDS , LIMITATIONS AND APPLICABILITY OF ENVIRONMENTAL INDICATORS*. University of Toronto.

- European Environment Agency. (1999). *Towards a new EU framework for reporting on environmental policies and measures (Reporting on environmental measures - "REM")* (pp. 1–6). Retrieved from www.eea.europa.eu/publications/rem/defining.pdf
- García, L. A. (2004). *Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales* Luís Alberto García Leyton. Universidad Politécnica de Cataluña. Retrieved from <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/02Lagl02de09.pdf?sequence=2>
- Garmedia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental* (p. 416). Madrid: Pearson Educación, SA.
- Gómez, D. (1999). *Evaluación del impacto ambiental* (p. 701). Madrid: Editorial Agrícola Española.
- Guttman, E., Zorro, C., Cuervo, A., & Ramírez, J. (2004). *Diseño de un Sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogotá* (pp. 1–81).
- Harding, A., Somarriba, L., Santos, J., Icabalceta, M., Flores, M., Coronado, C., ... Cruz, Ó. (2004). *Indicadores Ambientales de Nicaragua*.
- Herrera, B. (2014). *Curso sobre Indicadores Ambientales* (pp. 1–52).
- Jiménez, J., & Jiménez, I. (2008). *El nuevo procedimiento para la Evaluación de Impacto Ambiental en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Ju, H.-C., & Yoo, S.-H. (2012a). Using the fuzzy set theory to developing an environmental impact assessment index for a thermal power plant. *Quality & Quantity*, 48(2), 673–680. <http://doi.org/10.1007/s11135-012-9794-0>
- Ju, H.-C., & Yoo, S.-H. (2012b). Using the fuzzy set theory to developing an environmental impact assessment index for a thermal power plant. *Quality & Quantity*, 48(2), 673–680. <http://doi.org/10.1007/s11135-012-9794-0>
- Liga, L., & Dagnija, B. (2011). USING OF INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN LATVIA AND NECESSITY FOR INDICATORS VALIDATION Liga Lieplapa, Dagnija Blumberga. *Environment. Technology. Resources*, 1, 139–145.
- López, M. (2001). *Evaluación de impacto ambiental: metodología y alcances - el método MEL-ENEL* (p. 163).
- Luege, J., Tudela, F., Sánchez, S., & Flores, A. (2005). *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México: 2005* (p. 336). Ciudad de México.
- Méndez, Á. (2013). *Elaboración y ejemplificación de un sistema para la evaluación de proyectos mediante indicadores socioambientales en la cuenca del Lago de Amatitlán, Guatemala*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

- Ministerio de Ambiente de Japón. (n.d.). History of EIA Systems and Measures taken around the World, 3–12. Retrieved from <http://www.env.go.jp/earth/coop/coop/document/10-eiae/10-eiae-2.pdf>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales (2014). Colombia. Retrieved from http://www.anla.gov.co/documentos/Normativa/DECRETO_LICENCIAS_AMBIENTALE S.pdf
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)- PARTE I (2004). Retrieved from <http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Decreto/Decretos- La Gaceta 217-5 NOV-2004.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (2004). Retrieved from http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=53029&nValor3=93264&strTipM=TC
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)- Parte IV (2006). Retrieved from <https://www.setena.go.cr/normativa.html>
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Reglamento de fijación de tarifas de servicios brindados por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (2008). Costa Rica. Retrieved from <https://www.setena.go.cr/normativa.html>
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. Reglamento de Organización de la Estructura Interna de Funcionamiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental -SETENA- (2013). Retrieved from http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_resultado_simple.aspx?param1=NER¶m2=1¶m3=FECHA¶m4=DESC¶m5=37803
- Ministerio de Fomento Español. (2009). *Propuesta de medidas preventivas, correctoras y compensatorias*. Retrieved from <http://www.puertasantander.es/DocSostenibilidad/preliminar/11-12-13 version preliminar plan director 2012-2022.pdf>
- Morera, C., Romero, M., Zúñiga, A., & Avendaño, D. (2008). EVALUACIÓN SOCIOAMBIENTAL DE UNA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO: CASO DEL PARQUE PIEDRAS BLANCAS Y LA RESERVA DE VIDA SILVESTRE GOLFITO, COSTA RICA. *Revista Geográfica de América Central*, 1(41), 153–171. Retrieved from http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:txA7NO3Q-0EJ:www.researchgate.net/profile/Daniel_Avendano_Leadem/publication/230773475_EVALUACION_SOCIOAMBIENTAL_DE_UNA_ZONA_DE_AMORTIGUAMIENTO_CASO_DEL_PARQUE_PIEDRAS_BLANCAS_Y_LA_RESERVA_DE_VIDA_SILVESTRE_GO

LFITO_COSTA_RICA/links/0fcfd50423e0ca6f0b000000.pdf+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=cr

- Naciones Unidas. (1994). CONVENIO SOBRE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN UN CONTEXTO TRANSFRONTERIZO. Retrieved from <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/legaltexts/conventiontextspanish.pdf>
- Niemeijer, D., & de Groot, R. S. (2008). A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8(1), 14–25. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012>
- OCDE. (1993). *OECD CORE SET OF INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL PERFORMANCE REVIEWS* (p. 39). Paris.
- OECD. (2003). *OECD Environmental Indicators Development, Measurement and Use* (Vol. 25, p. 37). Paris.
- Organización Internacional de Estandarización. (1999). *INTERNATIONAL STANDARD, 1999*.
- Quioling, C., Yuanzhi, Z., & Ari, E. (2007). Comparison of China's Environmental Impact Assessment (EIA) Law with the European Union (EU) EIA Directive, 132, 53–65. <http://doi.org/10.1007/s10661-006-9502-4>
- Quiroga, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe* (p. 97). Santiago.
- Ramos, A. (2004). *METODOLOGÍAS MATRICIALES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA PAISES EN DESARROLLO: MATRIZ DE LEOPOLD Y MÉTODO MEL-ENEL*. Universidad San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2469_C.pdf
- Ramos, T., Caeiro, S., & de Melo, J. J. (2004). Environmental indicator frameworks to design and assess environmental monitoring programs. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 22(1), 47–62. <http://doi.org/10.3152/147154604781766111>
- Rodríguez, C. (2012). *Evaluación de la Gestión Técnica de la Setena según la ley orgánica del ambiente (7554) y los reglamentos de la Setena*. Universidad de Costa Rica.
- Shephard, R. (2005). *Quantifying Environmental Impacts Using Fuzzy Logic* (p. 94). New York.
- Valente, T. M., Ferreira, M. J., & Gomes, C. L. (2010). Application of Fuzzy Logic to Qualify the Environmental Impact in Abandoned Mining Sites. *Water, Air, & Soil Pollution*, 217(1-4), 303–315. <http://doi.org/10.1007/s11270-010-0587-6>

- Velázquez, J. (2011). *Evaluación de Impacto Ambiental mediante la matriz de Leopold modificada a Fenoresinas*. Universidad Veracruzana. Retrieved from <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31124/1/VelazquezGomez.pdf>
- Wagh, C. H., & Gujar, M. G. (2014). The Environmental Impact Assessment by Using the Battelle Method, *3*(7), 82–86.
- Walz, R. (2000). Development of Environmental Indicator Systems: Experiences from Germany. *Environmental Management*, *25*(6), 613–623. <http://doi.org/10.1007/s002670010048>
- Weitzenfeld, H. (1996). *Manual básico sobre la evaluación del impacto sobre el ambiente y la salud*. Metepec, México. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaia/fulltext/basico/031171-01.pdf>
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets, *353*, 338–353.

APÉNDICES

Apéndice 1. Entrevista a instituciones internacionales que evalúan el proceso de EIA

Entrevista a instituciones internacionales que evalúan el proceso de EIA	
Esta entrevista está dirigida a especialistas encargados de la supervisión de procesos de EIA. El objetivo es conocer el proceso de EIA desarrollado en otros países, así como la gestión del departamento encargado de la revisión de instrumentos y el uso de indicadores ambientales.	
Elaborado por Emmanuel Campos Vargas	Versión 1.1
Fecha:	Abreviaciones: EIA (Evaluación de impacto ambiental), EsIA (Estudio de impacto ambiental).
Nombre del especialista entrevistado:	Lugar:
<p>1. Descripción del proceso de EIA.</p> <ul style="list-style-type: none">• ¿Qué requisitos debe cumplir el desarrollador de un proyecto para obtener la viabilidad ambiental?• ¿Qué partes debe tener un EsIA presentada en su institución?• ¿Cuáles son los estudios técnicos mínimos que se solicitan en el proceso de EIA?• ¿Qué grupo de profesionales deben participar en el proceso de EIA?• ¿Qué etapas (constructiva, operativa y cierre) del proyecto se deben considerar en una EIA?• ¿Qué metodologías aceptan para la identificación de impactos ambientales?• ¿Qué características debe tener una medida ambiental para ser aceptada en la institución?	
<p>2. Gestión del departamento que revisa el proceso de EIA.</p> <ul style="list-style-type: none">• ¿Qué instituciones están involucradas el proceso de otorgamiento de la viabilidad ambiental? (¿Se necesita el pronunciamiento de alguna otra institución?)• ¿Cuánto tiempo dura el proceso de EIA en su institución?• ¿Cuántos proyectos se revisan anualmente?• ¿Cuántos proyectos se aprueban y rechazan anualmente?• ¿Qué factores hacen que un proyecto deba ser rechazado?	

- ¿Qué profesional o grupo de profesionales realiza la revisión de los documentos presentados en su institución?
- ¿Quién realiza el proceso de seguimiento ambiental durante la ejecución del proyecto? (En caso de corresponder a su misma institución debe indicar cómo se realiza el proceso)

3. Uso de indicadores ambientales

- ¿Considera necesario el uso de indicadores ambientales en el proceso de EIA? (Justifique su respuesta)
- ¿En los EsIA revisados en su institución es necesario establecer indicadores ambientales?
- ¿Qué indicadores analiza su institución para la revisión del cumplimiento de las medidas ambientales?

Apéndice 2. Cuestionario enviado a cada experto durante la aplicación del método Delphi.

Metodología Delphi.

La metodología Delphi consiste en una forma de consulta a expertos para la definición de criterios en relación con un tema. Se establece un cuestionario con preguntas cerradas las cuales se envían por correo electrónico a cada experto. Posterior al envío de este cuestionario se establece un período de 1 mes para la recepción de respuestas. Luego, se analiza los resultados y se envía copia de ellos a cada experto para la reconsideración de las respuestas.

Información general	
Nombre del experto:	
Lugar de trabajo:	
Puesto:	
Número de años con experiencia en procesos de evaluación de impacto ambiental:	
Profesión:	
Autoevaluación de conocimientos y competencias	
Conozco sobre la aplicación de los indicadores ambientales en procesos de evaluación de impacto ambiental	Si: _____ No: _____
Conozco criterios que deben seguirse para seleccionar un indicador ambiental	Si: _____ No: _____

A continuación se presenta un conjunto de criterios previamente establecidos para seleccionar un indicador ambiental, deberá indicar la importancia de cada criterio, para ello usted contará con 100 puntos y deberá repartir este valor a cada criterio. En observaciones puede indicar si existe algún otro criterio que considere necesario incorporar. Si usted considera que un criterio no tiene importancia alguna, puede asignar un puntaje de cero.

Criterio	Puntaje de importancia
Sencillez: se refiere al grado de complejidad en el proceso de medición, observación o interpretación del indicador.	
Pertinencia con el factor o medida ambiental: se refiere al grado de relación existente entre la propiedad que se mide u observa y el factor o medida ambiental.	
Grado de aplicabilidad: se refiere a la capacidad intrínseca del indicador de dar información de uno o más factores o medidas ambientales.	

Relevancia: se refiere al grado de importancia que tiene la información que el indicador genera.	
Grado de representatividad: Se refiere al grado de proporcionalidad de la medición u observación respecto del factor o medida ambiental.	
Grado de referenciación: se define como la capacidad del indicador para ser interpretado en una escala o patrón de comparación. Para este caso no se evalúa al indicador como tal, sino su escala a ser comparada.	
Grado de operabilidad: se refiere a la viabilidad económica, técnica y legal que pueda poseer el indicador.	
Nota: La suma de puntaje asignado para los criterios no debe ser superior a 100.	

A continuación se presenta una escala para cada criterio del cuestionario 1. A la par de cada unidad de la escala deberá establecer si un indicador con esa característica se debe aceptar o rechazar. En observaciones puede referirse a la escala establecida.

Sencillez		
Análisis del grado de complejidad de la medición.		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Extremo:</i> hay muchas variables que interfieren con la calidad de los resultados por lo que estos no son confiables. Existe dificultad para llegar al punto donde se debe medir.	Acceptado	Rechazado
<i>Medio:</i> hay variables que interfieren con la calidad de la medición pero el proyecto cuenta con una persona que conoce estas variables y las puede controlar para obtener resultados aceptables. Pese a que es difícil llegar al punto de medición o toma de muestra es factible su realización	Acceptado	Rechazado
<i>Bajo:</i> Existen pocas variables que interfieren con la calidad de los resultados y por tanto cualquier persona con previa explicación puede realizar la medición o toma de muestra. Llegar al sitio de medición o toma de muestra es sencillo	Acceptado	Rechazado
Análisis del grado de complejidad de la interpretación.		

<i>Extremo:</i> el resultado de la medición es difícil de interpretar ya que sólo un experto en esa área de estudio puede obtener conclusiones al respecto	Aceptado	Rechazado
<i>Medio:</i> existe una persona que labora en el proyecto y debido a su formación puede interpretar los datos obtenidos de manera sencilla y tomar decisiones	Aceptado	Rechazado
<i>Bajo:</i> cualquiera de los colaboradores que trabaja en el proyecto con previa capacitación del regente puede interpretar fácilmente los resultados y tomar acciones inmediatas.	Aceptado	Rechazado
Observaciones:		

Pertinencia con el factor o medida ambiental		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Alta:</i> existe una relación directa entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la direccionalidad. <i>Nota:</i> La direccionalidad se refiere al efecto positivo o negativo que se produce con el cambio en las unidades de un indicador.	Aceptado	Rechazado
<i>Media:</i> Existe una relación indirecta entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la direccionalidad.	Aceptado	Rechazado
<i>Baja:</i> No hay relación entre el indicador y factor o medida ambiental. Además no se conoce ni puede establecerse.	Aceptado	Rechazado
Observaciones:		

Grado de aplicación		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Alto:</i> un indicador me sirve para obtener información de 3 o más factores o medidas ambientales.	Aceptado	Rechazado
<i>Medio:</i> Un indicador me sirve para obtener información de 2 factores o medidas ambientales.	Aceptado	Rechazado
<i>Bajo:</i> Un indicador me sirve para obtener información de 1 factor o medida ambiental.	Aceptado	Rechazado
Observaciones:		

Relevancia		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Alta:</i> La información que transmite el indicador genera que se deban tomar acciones inmediatas.	Aceptado	Rechazado
<i>Media:</i> La información transmitida genera que se deban tomar acciones en un plazo de tiempo.	Aceptado	Rechazado
<i>Baja:</i> La información transmitida no es importante para emprender acciones de cambio.	Aceptado	Rechazado
Observaciones:		

Grado de representatividad		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Alto:</i> Se utiliza un diseño experimental para la adecuada aplicación de estadística inferencial.	Aceptado	Rechazado
<i>Media:</i> Se utiliza un fundamento o justificación teórico para determinar el número mediciones, las zonas de medición y la frecuencia en el tiempo.	Aceptado	Rechazado
<i>Bajo:</i> No se establecen fundamentos relacionados con las mediciones u observaciones.	Aceptado	Rechazado

Observaciones:

Grado de referenciación		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Muy alta:</i> Existe legislación nacional donde se establece un valor con el cual ser comparado.	Acceptado	Rechazado
<i>Alta:</i> Existe un valor guía a nivel internacional con el cual ser comparado.	Acceptado	Rechazado
<i>Media:</i> Existe un valor en publicaciones científicas o guías ambientales con el cual ser comparado.	Acceptado	Rechazado
<i>Baja:</i> El valor de comparación se establece a criterio del consultor ambiental, se compara el valor con registros pasados para observar tendencias.	Acceptado	Rechazado
<i>Nula:</i> No existe un valor con el cual ser comparado ni sirve para observar tendencias.	Acceptado	Rechazado
Observaciones:		

Grado de operabilidad		
Escala	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
<i>Alto:</i> No existen limitaciones técnicas, económicas ni legales para la medición del indicador.	Acceptado	Rechazado
<i>Medio:</i> Hay limitaciones técnicas o económicas que pueden ser subsanadas, no hay limitaciones legales.	Acceptado	Rechazado
<i>Baja:</i> Hay limitaciones legales en la medición del indicador o las limitaciones técnicas o económicos hacen que no sea viable la utilización del indicador.	Acceptado	Rechazado
Observaciones:		

En caso de aportar un criterio que deba tomarse en consideración para seleccionar indicadores ambientales en procesos de EIA, siga el siguiente formato.

Nombre del criterio: Explique en consiste el criterio		
Escala (debe definirla)	Aceptación del indicador en el proceso de EIA (coloque una equis)	
	Aceptado	Rechazado
	Aceptado	Rechazado
	Aceptado	Rechazado
Observaciones:		

Apéndice 3. Manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en planes de gestión

Manual para la construcción, evaluación y selección de indicadores ambientales en Planes de Gestión Ambiental

Emmanuel Campos Vargas

2015

“Mide las cosas que puedas medir, y las que no, hazlas medibles”

Galileo Galilei

Índice	
Prólogo	73
1 Introducción	74
1.1 Objeto y campo de aplicación	74
2 Términos y definiciones	74
3 Construcción de indicadores	77
3.1 Revisión de impactos ambientales	77
3.2 Revisión de medidas ambientales	77
3.3 Elaboración de una ficha metodológica	78
3.4 Formulación de indicadores	79
3.5 Confección de una escala comparativa	80
4 Evaluación y selección de indicadores	81
4.1 Evaluación mediante criterio simple	81
4.2 Matriz de valoración de indicadores ambientales	82
Apéndices	85
Apéndice 1: Ejemplo de indicadores básicos para proyectos de fase constructiva	85

Prólogo

De acuerdo a datos de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, en Costa Rica cada año se realizan más de dos mil evaluaciones de impacto ambiental (EIA) de las cuales al menos mil requieren algún tipo de seguimiento. La legislación promulga que proyectos donde se genere un impacto significativo en el ambiente necesitan la confección de un plan de gestión ambiental (PGA) donde se contempla el establecimiento de indicadores ambientales. Recientemente, personal de la SETENA ha detectado deficiencias en la formulación de indicadores y por ende el seguimiento ambiental ha venido en detrimento.

Este manual pretende ser una herramienta metodológica para que consultores ambientales puedan construir, evaluar y seleccionar los indicadores que deben establecer sus EIA. El manual se fundamenta en una exhaustiva investigación donde se aplicaron los principios básicos del método científico. Como parte de su desarrollo se realizó: la revisión de aproximadamente cien recursos bibliográficos, entrevistas a funcionarios del Ministerio de Ambiente Suizo, la aplicación del método Delphi y visitas de campo.

A diferencia de otras publicaciones orientadas a la construcción de indicadores ambientales, esta obra está contextualizada en el proceso de EIA realizado en Costa Rica. Además cuenta con la revisión de profesionales de distintas áreas y funcionarios de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). Por tanto, su aplicación posee un punto de vista multidisciplinario y orientado a la realidad nacional. Sin embargo, no se descarta su posible uso en procedimientos de EIA de otros países.

1. Introducción

La EIA es un proceso preventivo que se utiliza para analizar los cambios en el ambiente que un proyecto va a generar en una zona específica. En esta se contemplan una serie de medidas que se deben implementar en las etapas de construcción, operación y cierre; las cuales demandan un posterior seguimiento. Las evaluaciones que requieren presentar un PGA deben definir indicadores ambientales para control de cada medida. Una adecuada selección de indicadores puede garantizar un exitoso monitoreo y control de las medidas e impactos valorados.

1.1 Objeto y campo de aplicación

Este manual proporciona orientación sobre la construcción, valoración y selección de indicadores ambientales para actividades que requieran una EIA. Esto es aplicable a proyectos que necesiten de un PGA independientemente de su tipo, tamaño, ubicación y complejidad.

Se pretende brindar una herramienta conceptual y teórica, la cual debe ser aplicada por un equipo interdisciplinario de acuerdo a las condiciones específicas de cada proyecto. En el apéndice, con el fin de mejorar la comprensión de esta guía; se dispone de un listado de posibles indicadores aplicables a actividades que requieran la construcción de infraestructura y su uso debe ser valorado.

2 Términos y definiciones

Para efectos de este manual se aplican los siguientes términos y definiciones:

2.1 Evaluación de impacto ambiental (EIA)

Procedimiento administrativo científico-técnico que permite predecir efectos que una actividad ejercerá sobre el ambiente y la toma de decisiones.

2.2 Plan de gestión ambiental (PGA)

Instrumento técnico de EIA de formato establecido en la legislación costarricense que resume aspectos importantes para el seguimiento ambiental.

2.3 Estudio de impacto ambiental (EsIA)

Es un documento técnico y de carácter interdisciplinario destinado a predecir, identificar, valorar y corregir impactos ambientales que determinadas acciones puedan causar sobre el ambiente.

2.4 Impacto ambiental

Efecto potencial negativo o positivo sobre el ambiente generado por una acción producida por el ser humano.

2.5 Medida ambiental

Acción concreta y específica destinada al mejoramiento ambiental.

2.5.1 Medida de mitigación

Acción destinada a disminuir los impactos ambientales y sociales negativos ocasionados por la ejecución de un proyecto.

2.5.2 Medida de corrección

Acción destinada a propiciar la recuperación de los recursos naturales, ecosistemas y hábitats alterados a partir de la realización de un proyecto.

2.5.3 Medida de compensación

Acción destinada a compensar, todo aquello que fuere dañado en forma irreversible.

2.5 Indicador ambiental

Variable o dato que provee información sobre: una condición ambiental o el cumplimiento de una medida ambiental.

2.6 Indicador de impacto ambiental

Variable que se mide u observa para obtener información sobre cambios en el entorno de un proyecto producidos por la actividad desarrollada.

2.6.1 Indicadores de efecto

Variable que se observa o mide porque tiene un impacto negativo o positivo en la calidad de factores ambientales asociados a un sitio en estudio.

2.6.2 Indicador riesgo o alarma

Parámetro que se mide u observa por su capacidad de predecir las condiciones donde se aumenta la probabilidad de que un efecto negativo se produzca.

2.7 Indicador de gestión ambiental

Parámetro que permite analizar el cumplimiento de las medidas ambientales que se establecieron en el pronóstico plan de gestión ambiental.

2.7.1 Indicador de cumplimiento

Variable que permite dar a conocer si una medida ambiental se está implementando de manera adecuada.

2.7.2 Indicador de respuesta

Variable destinada a mostrar el efecto en el medio cuando se ejecuta una medida ambiental.

2.7.3 Indicador de sostenibilidad

Parámetro que se mide para llevar un registro del consumo y disponibilidad de recursos naturales en un proyecto.

2.8 Desempeño ambiental

Resultados de la gestión de un proyecto sobre sus impactos y medidas ambientales.

2.9 Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA)

Institución encargada de la gestión del proceso de EIA en Costa Rica.

3. Construcción de indicadores

El enfoque de construcción de indicadores propuesto en este manual es considerado como un proceso sistemático y ordenado. Por tanto, no es válido ignorar aspectos metodológicos iniciales ya que puede deteriorar la calidad del resultado final. En esta guía se definen claramente las siguientes fases: revisión de impactos y medidas ambientales, elaboración de una ficha metodológica, formulación de indicadores y confección de escala comparativa.

3.1 Revisión de impactos ambientales

La cuantificación y valoración de impactos ambientales constituye una de las primeras fases dentro de una EIA. Antes de establecer medidas ambientales e indicadores es necesario realizar una revisión y corroborar que en la lista se encuentren todos los impactos significativos. Es necesario ser exhaustivo en esta fase ya que si se ignoran impactos potencialmente significativos, posiblemente no se van a establecer medidas al respecto y tampoco se va a monitorear mediante indicadores. Además es irrelevante formular indicadores asociados a impactos que no son importantes.

3.2 Revisión de medidas ambientales

Las medidas ambientales constituyen una de las partes más importantes dentro del contexto de EIA. Se debe seguir un orden lógico en su formulación. Como primera opción se debe implantar cambios en el diseño del proyecto con el fin de evitar el impacto ambiental negativo y potenciar el positivo. Para aquellos impactos donde no se pueden incorporar medidas en el diseño es necesario crear medidas de mitigación. Si no se puede mitigar y se afecta el entorno; se recurre a medidas de corrección. Por último, si hay impactos imposibles de reducir y corregir se formulan medidas de compensación. Generalmente, las medidas ambientales se deben ejecutar en el área del proyecto o en la zona influencia.

Es necesario valorar las medidas ambientales propuestas antes de considerar la creación de los indicadores consecuentes. Si una medida ambiental no cumple los criterios mínimos aceptables

puede ser rechazada por la SETENA y consiguientemente el indicador pierde su razón de ser. Por tanto es necesario que el consultor valore sus medidas mediante los siguientes criterios:

- ✓ Todas las medidas deben plantearse como un compromiso y no como posibilidades o recomendaciones. Así lo establece el decreto Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)- Parte IV N°32966.
- ✓ Deben ser consecuente con los impactos identificados y el factor ambiental afectado.
- ✓ Deben ser eficaces: se requiere analizar la capacidad de la medida para cubrir los efectos del impacto.
- ✓ Poseer viabilidad legal, técnica y económica.
- ✓ Deben ser claramente verificables mediante un indicador.
- ✓ Deben ser consensuadas por el equipo multidisciplinario que realiza la EIA.
- ✓ Se deben respaldar y complementar a las medidas requeridas por la legislación vigente (de acuerdo al decreto N. 32966). El cumplimiento por sí mismo de una medida exigida por la legislación no es válido en un PGA. Sin embargo, una medida válida se puede basar en lo establecido por la legislación siempre y cuando haya algún elemento adicional de compromiso. Por ejemplo: cumplir con el reglamento de vertidos de aguas residuales no es una medida válida ya que esto se exige por la legislación. No obstante, monitorear la calidad del vertido de aguas residuales sí corresponde a una medida ambiental ya que se pueden analizar otros parámetros adicionales a lo que la legislación exige.

3.3 Elaboración de una ficha metodológica

Este aspecto es de suma importancia ya que garantiza el éxito y grado de comunicación que se pretende con los indicadores. Esta fase consiste en hacer uso de un formato de presentación del contenido del indicador para garantizar su claridad y eficacia. La construcción de esta ficha metodológica puede ser incorporada como un elemento de apoyo al PGA. Se recomienda seguir el siguiente formato:

- Nombre del indicador: se debe escribir un nombre preferiblemente corto y que sea fácil de reconocer.
- Descripción: debe explicar en qué consiste el indicador relacionándolo con la medida o impacto ambiental a la cual se asocia.

- Tipo de indicador: debe clasificar el indicador según lo formulado en la Figura 1.
- Fórmula de cálculo o método de medición: deberá describir la fórmula de cálculo para los indicadores que apliquen, ya que no todos lo requieren. En otros casos deberá revelar la forma de monitoreo del indicador.
- Unidades: debe indicar el tipo de unidades que utiliza el indicador y se debe preferir lo establecido en el Sistema Internacional de Unidades.
- Cobertura: se debe justificar las zonas donde se van a realizar las observaciones o mediciones.
- Frecuencia: debe indicar el número de mediciones u observaciones por unidad de tiempo. Tanto la frecuencia como la cobertura son aspectos que se definen de acuerdo a las condiciones específicas de cada proyecto y le corresponde al equipo multidisciplinario establecerlo.

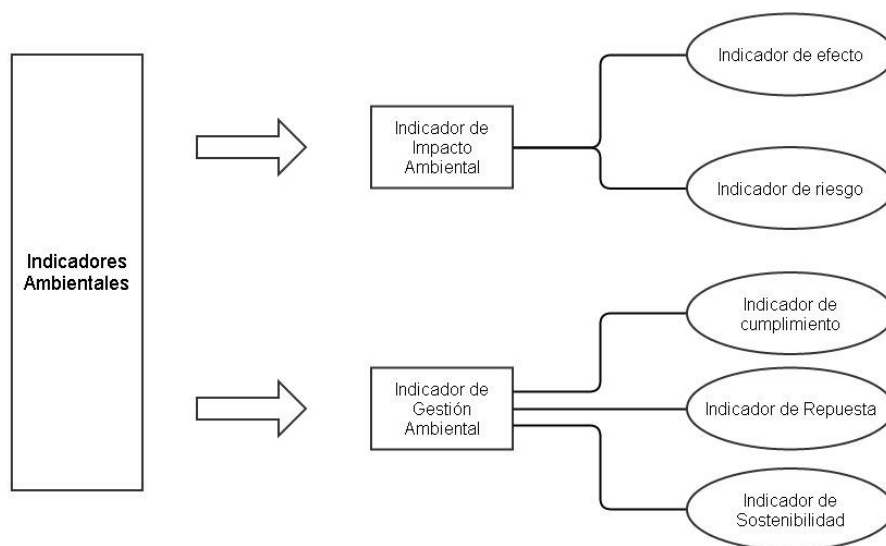


Figura 1. Clasificación de los indicadores

3.4 Formulación de indicadores

A partir de las medidas ambientales que se enunciaron se debe analizar qué variable o parámetro se puede asociar a estas para controlar aspectos como su cumplimiento y efectividad en la protección del medio. La legislación costarricense promulga la exigencia de atribuir un indicador

de desempeño por cada medida ambiental. Dentro de este contexto, este manual establece la necesidad de construir indicadores de gestión ambiental los cuales dependiendo de sus características se pueden clasificar como indicadores de cumplimiento, respuesta y sostenibilidad. En otras fuentes bibliográficas, se pueden encontrar diferentes definiciones dependiendo de su enfoque metodológico. Sin embargo, este guía se basa en la clasificación establecida en la Figura 1; la cual es más amplia y precisa a lo establecido en la normativa y literatura.

Tomando en cuenta la previa valoración de impactos ambientales, se debe analizar la pertinencia de establecer indicadores de impacto. Se recomienda formular indicadores al menos para aquellos impactos que puedan deteriorar significativamente el ambiente. Es importante resaltar que la legislación únicamente menciona la formulación de indicadores asociados a las medidas ambientales y por tanto sólo los indicadores de gestión ambiental se van a colocar en el PGA. Además, para la formulación de cualquier tipo de indicador se debe considerar todos los aspectos de la ficha técnica en su formulación.

Es recomendable realizar una valoración mediante criterio simple según la sección 4.1 de este manual anterior al llenado del indicador según la ficha metodológica. Dado que un indicador puede cumplir con el formato mínimo establecido y aún así ser rechazado dentro del proceso de EIA. Por tanto, su validez depende tanto del cumplimiento del criterio simple como el seguimiento de la ficha metodológica.

3.5 Confección de una escala comparativa

Un indicador es útil únicamente cuando se posee un criterio con el cuál pueda ser comparado y del cual obtener conclusiones. Por el principio de transparencia es necesario justificar estos criterios ya que de ellos depende la posterior evaluación del grado de cumplimiento de medidas y desempeño ambiental del proyecto. Este manual propone la confección de una escala de valoración considerando los siguientes aspectos:

- Nombre del indicador: corresponde al mismo utilizado en la ficha técnica.
- Criterio de aceptación: debe indicar las condiciones bajo las cuales se garantiza el cumplimiento de la medida ambiental o la ausencia de un impacto ambiental negativo.

Generalmente, el criterio corresponde a un rango de valores del indicador o la ausencia de alguna condición para indicadores que utilicen variables dicotómicas. Se debe considerar que para algunos indicadores la legislación ya establece parámetros y estos se deben cumplir; sin embargo, mayoritariamente corresponde al equipo de consultores definirlo. Por tanto, se aconseja precisar valores que sean técnicamente viables de cumplir y demuestren compromiso por la protección del ambiente.

4. Selección y evaluación de indicadores

Una vez finalizada la construcción de indicadores se necesita valorar si es viable la utilización de los indicadores, porque su monitoreo es trascendental en la etapa de regencia. Se establecen dos técnicas de valoración y selección: mediante criterio simple y aplicando la matriz de valoración de indicadores ambientales. El primer método es más simple y rápido que el segundo; no obstante, el resultado generado por la matriz es más certero. Por consiguiente, se recomienda realizar la valoración por criterio simple para todos los indicadores ambientales y para aquellos donde surjan dudas en su validez se recomienda la aplicación de la matriz.

4.1 Valoración por criterio simple

Este método se basa en el planteamiento de preguntas asociadas a los cinco criterios básicos para la valoración de indicadores. El consultor deberá responder afirmativamente a todas ellas para que el indicador sea válido en el PGA. En caso de que alguna pregunta sea respondida negativamente deberá reformular el indicador y valorarlo nuevamente. La valoración para indicadores de impacto es ligeramente diferente a indicadores de gestión; a continuación se plantea desde las dos perspectivas:

4.1.1 Indicadores de impacto

- Pertinencia: ¿El cambio en las unidades del indicador está relacionado con la magnitud del impacto ambiental?
- Relevancia: ¿La información que transmite el indicador es necesaria para emprender acciones de cambio?
- Representatividad: ¿La frecuencia y cobertura de mediciones u observaciones es representativa al impacto ambiental?

- Factibilidad: ¿La medición, observación e interpretación del indicador es viable desde el punto de vista técnico, económico y legal?
- Interpretación: ¿La escala elaborada se fundamenta en recursos bibliográficos o al menos funciona para comparar tendencias considerando la línea base del sitio?

4.1.2 Indicadores de gestión ambiental

- Pertinencia: ¿El cambio en las unidades del indicador está relacionado con el cumplimiento de la medida ambiental?
- Relevancia: ¿La información que transmite el indicador es suficiente para evaluar el desempeño y cumplimiento de la medida ambiental?
- Representatividad: ¿La frecuencia y cobertura de mediciones u observaciones es representativa a la medida ambiental?
- Factibilidad: ¿La medición, observación e interpretación del indicador es viable desde el punto de vista técnico, económico y legal?
- Interpretación: ¿La escala elaborada se fundamenta en recursos bibliográficos o al menos funciona para comparar tendencias considerando la línea base del sitio?

4.2 Matriz de valoración de indicadores ambientales

Esta matriz es una herramienta para analizar el grado de aceptación de un indicador en un PGA. Se caracteriza por ser un método riguroso y sistemático en cual se obtiene como resultado el índice de aceptación y rechazo. Al calcular este índice, se debe obtener un resultado mayor a 6,5 para que el indicador sea aceptado. Se pueden obtener valores en un rango entre -25,37 y 11; cuanto mayor es el resultado, mayor es el grado de aceptación del indicador. La matriz se basa en una valoración mediante una escala de los siguientes criterios:

- **Sencillez:** se refiere al grado de complejidad en el proceso de medición, observación o interpretación del indicador.
- **Pertinencia con el factor o medida ambiental:** indica el grado de relación existente entre la propiedad que se mide u observa y el factor o medida ambiental.
- **Grado de aplicación:** revela la capacidad intrínseca del indicador en dar información de uno o más factores o medidas ambientales.

- **Relevancia:** muestra el grado de importancia que tiene la información que el indicador genera.
- **Grado de representatividad:** indica la proporcionalidad de la medición u observación respecto del factor o medida ambiental.
- **Grado de interpretación:** se define como la capacidad del indicador para ser interpretado en una escala o patrón de comparación. Para este caso no se evalúa al indicador como tal, sino su escala a ser comparada.
- **Grado de factibilidad:** se refiere a la viabilidad económica, técnica y legal que pueda poseer el indicador.

Matriz de valoración de indicadores ambientales

criterio (C)/Escala (E)	Alto	Medio	Bajo	Subíndice
Complejidad de la medición u observación 10	Muchas variables interfieren con la calidad de los resultados por lo que estos <u>no</u> son confiables. O existe dificultad para llegar al punto donde se debe medir u observar -30	Hay variables que interfieren con la calidad de las mediciones u observaciones pero el proyecto cuenta con la persona adecuada para obtener resultados aceptables. Pese a la dificultad de llegar al punto de medición u observación es factible su realización 8	Pocas variables interfieren con la calidad de los resultados y un colaborador con previo entrenamiento puede realizar la medición u observación. Y llegar al sitio de medición o toma de muestra es sencillo 15	$= C \times E$
Complejidad de la interpretación 10	El resultado de la medición es difícil de interpretar ya que sólo un experto en esa área de estudio puede obtener conclusiones -30	Algunos trabajadores del proyecto debido a su formación profesional son capaces de interpretar los datos obtenidos y tomar decisiones 8	Trabajadores del proyecto con previa capacitación pueden interpretar fácilmente los resultados y tomar acciones inmediatas 15	$= C \times E$
Pertinencia con el factor o medida ambiental 16	Existe una relación directa entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i> ¹ 10	Existe una relación indirecta entre el indicador y el factor o medida ambiental en la que se conoce la <i>direccionalidad</i> ¹ 5	<u>No</u> hay relación entre el indicador y factor o medida ambiental. Además no se conoce ni puede establecerse la <i>direccionalidad</i> . -19	$= C \times E$
Grado de aplicación 13	Un indicador sirve para obtener información de 3 o más factores o medidas ambientales -25	Un indicador sirve para obtener información de 2 factores o medidas ambientales 8	Un indicador sirve para obtener información de 1 factor o medida ambiental 10	$= C \times E$
Relevancia de la información transmitida 12	La información que transmite el indicador genera que se deban tomar acciones inmediatas 10	La información transmitida genera que se deban tomar acciones en un plazo de tiempo 6	La información transmitida no es importante para emprender acciones de cambio -28	$= C \times E$
Grado de representatividad 15	Se utiliza un diseño experimental para la adecuada aplicación de estadística inferencial 10	Se utiliza un fundamento o justificación teórica para determinar el número mediciones, las zonas de medición y la frecuencia en el tiempo 5	<u>No</u> se establecen fundamentos relacionados con las mediciones u observaciones -20	$= C \times E$
Grado de interpretación 12	La escala se obtiene a partir de referencias donde se establece un valor con el cual ser comparado 10	La escala se fundamenta en le necesidad de llevar registros para observar tendencias según una línea base 7	La escala <u>no</u> permite observar tendencias según una línea base -28	$= C \times E$
Factibilidad 12	<u>No</u> existen limitaciones técnicas, económicas ni legales para la medición del indicador 10	Hay limitaciones técnicas o económicas que van a ser subsanadas, no hay limitaciones legales 7	Hay limitaciones legales en el indicador; las limitaciones técnicas o económicos hacen que <u>no</u> sea viable -28	$= C \times E$
Índice de aceptación				$= \frac{C \times E}{100}$

¹La direccionalidad se refiere al efecto positivo o negativo que se produce con el cambio en las unidades de un indicador

En la página 11 se muestra la matriz para realizar la valoración; el cálculo del índice se obtiene multiplicado el valor del criterio por el valor de la escala según se ajuste. Posteriormente, se debe realizar la sumatoria y dividir por 100. Una vez valorados los indicadores, se seleccionan aquellos que cumplan con el criterio de aceptación, el formato especificado y la escala comparativa.

Apéndice 1: Ejemplo de indicadores básicos para proyectos de fase constructiva

A continuación presenta una serie de indicadores ambientales bajo el nuevo paradigma propuesto en este manual.

Ficha técnica de indicadores

Acción Impactante	Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Eliminación de capa orgánica del suelo	Porcentaje de capa orgánica en el suelo	Consiste en una relación entre la cantidad de capa orgánica removida y la disponible en el AP ¹ .	Indicador de efecto	$\frac{A_{afectadas}}{A_{total}}$	%	Totalidad del AP	1 medición por mes
Contaminación de aguas superficiales por sedimentos	Concentración de sólidos sedimentables	Se relaciona el volumen de sedimentos con el caudal de escorrentía	Indicador de efecto	Medición mediante Cono Imhoff	ml/L	En puntos donde exista un caudal de escorrentía vertido al alcantarillado pluvial	1 medición después de precipitaciones de duración mayor a 20 minutos
Contaminación de aguas subterráneas por hidrocarburos	Concentración de hidrocarburos totales	La concentración de hidrocarburos en aguas subterráneas está relacionado con la contaminación	Indicador de efecto	Muestreo y análisis químico en piezómetros	µg/L	En un punto estratégico dentro del AP de acuerdo al movimiento del flujo de agua subterránea	1 medición por mes
Disponibilidad de recurso hídrico	Variación del nivel freático	El aumento o disminución en el nivel freático está relacionado con la disponibilidad de recurso hídrico en un proyecto que se abastece por medio de un pozo	Indicador de riesgo	Medición mediante pozos	m	En al menos un punto del AP o cercano	1 medición mensual
Aumento del ruido	Emisión de ruido	Se relaciona la emisión de ruido con el deterioro de la calidad ambiental	Indicador de efecto	Mediante sonómetro	dB	3 puntos dentro del AP y 3 puntos en la periferia del AP	1 medición quincenal cuando operen máquinas
Generación de polvo	Material particulado	Se relaciona la concentración de particulado con la calidad aire	Indicador de efecto	Equipo de muestreo especializado	µg/m ³	En dos puntos del AP	1 medición mensual
Afectación a la flora	Presencia de especies de importancia ecológica	La presencia de especies en peligro de extinción se relaciona con la importancia de la flora	Indicador de riesgo	Parcelas	$\frac{especies}{ha}$	Al menos 2 parcelas en el AP	1 medición mensual
Afectación a la Fauna	Cantidad de fauna	Se refiere al número de individuos que se pueda encontrar	Indicador de efecto	Observación	Número de especies observados	Áreas cercanas a la construcción de infraestructura	Diaria
Generación de empleo	Número de plazas generadas	Muestra el número de trabajadores que laboran en el AP	Indicador de efecto	Observación	Plazas/ mes	Trabajadores contratados directa o indirectamente	Mensual
Eliminación de cobertura arbórea	Número de árboles cortados	La disminución de la cobertura arbórea está relacionada con el aumento en corta de árboles	Indicador de efecto	Observación	Número de individuos/ha	Árboles con un DAP mayor 15 cm	Mensual

¹Ap: Se refiere al área donde se va a desarrollar el proyecto

Medida Ambiental	Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Generar montículos menores a 1,5m	Altura del montículo	Se asocia la altura del montículo al aumento de erosión	Indicador de respuesta	de Medición de longitud	m	Zonas cercanas al movimiento de tierras	Diaria
Construir zanjas de sedimentación alrededor de las excavaciones	Cantidad de zanjas construidas	Se asocia la construcción de zanjas a la disminución de la erosión	Indicador de cumplimiento	de Observación	Número de zanjas construidas	Zonas cercanas a las excavaciones	Mensual
Construcción de reductores de velocidad para canales que evacuen las aguas pluviales	Cantidad de reductores construidos	Se asocia la construcción de reductores de velocidad a la disminución de la erosión de canales	Indicador de cumplimiento	de Observación	Número de reductores construidos	Red agua pluvial	Mensual
Utilización de cabinas sanitarias	Cantidad de colaboradores por cabina sanitarias	La utilización de cabinas sanitarias está relacionada con su disponibilidad	Indicador de cumplimiento	de Observación	Número de colaboradores por cabina sanitarias	Totalidad del AP	Mensual
Establecimiento de zonas impermeabilizadas para el mantenimiento de la maquinaria	Área de la zona impermeabilizada	La presencia de un área impermeabilizada está relacionada con la disminución del riesgo de contaminación del suelo	Indicador de cumplimiento	de Observación	m ²	Totalidad del AP	Mensual
Utilizar riego por aspersión en zonas que generen polvo	Presencia de polvo en vegetación cercana	La presencia de polvo en la vegetación está relacionada con la efectividad de la medida propuesta	Indicador de respuesta	de Observación	Número de especies con polvo por m ²	Perímetro del AP	Semanal durante el movimiento de tierras
Brindar protección personal contra el ruido	Relación equipo colaboradores	La protección del personal contra el ruido está relacionada con la disponibilidad de estos	Indicador de cumplimiento	de $= \frac{\text{equipo}}{\text{trabajadores expuestos}}$	%	Totalidad del AP	Mensual

Medida Ambiental	Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Arborizar parte del AP	Cantidad de árboles sobrevivientes a los 3 años.	La cantidad de árboles está relacionada con el aumento de la cobertura arbórea	Indicador de cumplimiento	de Conteo	Número de árboles sobrevivientes a los 3 años	Área de reforestación	Mensual
Ofrecer una oficina de información para la atención de consultas	Cantidad de consultas atendidas por mes	El número de consultas recibido por una oficina está relacionado con la percepción social del proyecto	Indicador de cumplimiento	de Conteo	Número de consultas por mes	Todo el AP	Mensual
Colocar fichas técnicas de productos químicos utilizados	Porcentaje de etiquetas por cada producto químico	La presencia de etiquetas en productos químicos se relaciona con el adecuado manejo y disposición	Indicador de cumplimiento	$\frac{\text{etiquetas}}{\text{productos}}$	%	Bodega de productos	Mensual
Implementar barreras de geotextil	Porcentaje de talud cubierto	La presencia de barreras de geotextil se relaciona a la disminución de la erosión	Indicador de cumplimiento	$\frac{A_{\text{cubierta}}}{A_{\text{total}}}$	%	Áreas con presencia de taludes mayores a 5%	Mensual
Monitorear la separación de desechos	Número de colaboradores por batería de separación de desechos	La presencia de un adecuado número de baterías se relaciona con el uso	Indicador de cumplimiento	de Observación	$\frac{\text{Trabajadores}}{\text{Batería}}$	Áreas cercanas a la construcción de infraestructura	Mensual
Capacitar a trabajadores sobre primeros auxilios y riesgos de trabajo	Porcentaje de colaboradores capacitados	La capacitación de trabajadores está relacionada con el mejoramiento del bienestar social	Indicador de cumplimiento	$\frac{T_{\text{capacitados}}}{T}$	%	Total de población laboral	Mensual
Implementar barrera visual frente la construcción	Longitud y altura total de la barrera	Una adecuada longitud y altura de barrera visual está asociado a la disminución del impacto visual	Indicador de efecto	de Medición lineal	m	Perímetro del AP	Mensual
Circulación de vehículos a menos de 25 km/h para evitar generación de polvo	Presencia de señalización prohibitiva.	El respeto de señalización prohibitiva se relaciona con la disminución de polvo en el ambiente	Indicador de cumplimiento	de Observación	Número de señales / metro lineal de camino	Totalidad del AP	Mensual
Generación de empleo a locales	Porcentaje de trabajadores locales	El porcentaje de trabajadores locales relaciona la cantidad de de colaboradores locales respecto al total	Indicador de cumplimiento	$\frac{T_{\text{locales}}}{T}$	%	Totalidad del AP	Mensual

Apéndice 4. Guía de visita a construcciones.

Proyecto de Graduación: Diseño de una herramienta para el uso de indicadores en procesos de Evaluación de Impacto Ambiental		
Guía de visita a construcciones	Versión 1.2	
El objetivo de esta guía es contar con una herramienta que facilite la toma de información en las visitas de campo.		
Información General del Proyecto		Fecha de la visita:
Nombre de la empresa responsable del proyecto:	Nombre del proyecto:	Nombre del encargado de la regencia ambiental:
Nombre del lugar donde se encuentra el proyecto:	Código de referencia en GPS:	Nombre del encargado en recibir la visita:
Fase del proyecto:	Costo de inversión de acuerdo al Ingeniero del proyecto:	Costo de inversión de acuerdo al expediente:
Información sobre el Proyecto		
Número de trabajadores laborando:	Metros cuadrados dedicados a construcción:	Metros cuadrados del terreno adquirido:
Altura máxima de las edificaciones:	Tipo de construcción (Condominios, puentes etc.):	Fuente de agua:
Fuente de energía:	Fuente de materiales de construcción:	Aguas residuales:
Combustible:	Tipos de maquinaria utilizada:	Residuos peligrosos:

Observación de características del lugar:	
Materiales utilizados:	Residuos generados:
Observaciones del expediente administrativo:	

Descripción y fases del proyecto constructivo:

Entrevista al Regente Ambiental

Descripción del proceso de regencia:

Metodología de identificación de impactos aplicada:

Criterios utilizados para la definición de medidas ambientales:

Criterios utilizados para la selección de indicadores ambientales:

<p>Metodologías recurridas para verificar y monitorear indicadores propuestos:</p>	<p>Criterios de significancia desarrollados para cada indicador:</p>
<p>¿Con qué frecuencia monitorea los indicadores?</p>	<p>¿Qué considera una no conformidad?</p>
<p>Entrevista al Regente Ambiental</p>	
<p>¿A qué métodos recurre para verificar los indicadores propuestos?</p>	<p>¿Cómo realiza el monitoreo de esos indicadores?</p>

Apéndice 5. Valoración de impactos mediante la matriz de importancia de impactos ambientales

Matriz de identificación de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados					
Medio	Componente	Factor			
Físico	Aire	Calidad del Aire	Generación de polvo	Emisión de gases y partículas	Generación de olores
		Nivel de polvo		X	X
		Nivel de ruido	X		
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo			
		Erosión del suelo			
	Agua	Aguas subterráneas			
		Aguas superficiales			
		Acueducto publico			
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas	X		
	Calidad de vida	Percepción local			
		Economía local	X		X
		Salud ocupacional			
		Calidad de servicios			

Matriz de identificación de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Medio	Componente	Factor			
Físico	Aire	Calidad del Aire	Generación de ruido y vibraciones	Derrame de Sustancias peligrosas	Aumento de consumo
		Nivel de polvo			
		Nivel de ruido			
	Suelo	Relieve	X		
		Calidad del suelo			
		Erosión del suelo		X	
	Agua	Aguas subterráneas			
		Aguas superficiales		X	
		Acueducto publico		X	
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			X
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			X
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
	Calidad de vida	Percepción local			
		Economía local			X
		Salud ocupacional			
		Calidad de servicios	X		

Matriz de identificación de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados					
Medio	Componente	Factor	Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Físico	Aire	Calidad del Aire	Excavaciones	Generación de escombros y residuos ordinarios	Generación Empleo
		Nivel de polvo			
		Nivel de ruido			
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo	X		
		Erosión del suelo	X	X	
	Agua	Aguas subterráneas	X		
		Aguas superficiales			
		Acueducto publico	X		
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos	X		
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
	Calidad de vida	Percepción local		X	
		Economía local		X	X
		Salud ocupacional			X
		Calidad de servicios	X		

Matriz de identificación de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Medio	Componente	Factor			
Físico	Aire	Calidad del Aire	Eliminación de árboles	Aumento flujo tránsito en rutas aledañas	Generación de aguas residuales
		Nivel de polvo			
		Nivel de ruido			
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo			
		Erosión del suelo			X
	Agua	Aguas subterráneas			
		Aguas superficiales			X
		Acueducto publico			X
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas	X		
	Calidad de vida	Percepción local			
		Economía local			X
		Salud ocupacional			
		Calidad de servicios			

Matriz de identificación de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes		
Medio	Componente	Factor	fase de construcción	fase operativa	
Físico	Aire	Calidad del Aire	Reubicación de servicios públicos	Emisión de gases y partículas	Circulación de vehículos
		Nivel de polvo		X	
		Nivel de ruido			
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo			
		Erosión del suelo			
	Agua	Aguas subterráneas			
		Aguas superficiales			
		Acueducto publico			
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
	Calidad de vida	Percepción local			X
		Economía local	X		X
		Salud ocupacional			
		Calidad de servicios			

Cálculo de la importancia del impacto ambiental.

Se utiliza la ecuación 3: $I = \pm [3 IN + 2 EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + MC]$.

Fase	Acciones Impactantes	Factores Impactados	Sig.	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	I.
Constructiva	Generación de polvo	Nivel de polvo	-1	8	4	4	1	1	1	1	1	4	4	-49
		Cobertura vegetal	-1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21
		Percepción local	-1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	-19
		Calidad del Aire	-1	2	2	2	2	1	2	1	1	4	2	-25
	Emisión de gases y partículas	Calidad del Aire	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	4	2	-32
		Percepción local	-1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-21
	Generación de olores	Nivel de ruido	-1	8	2	8	1	1	1	4	1	4	2	-50
		Salud ocupacional	-1	8	2	8	1	1	1	4	1	4	2	-50
	Generación de ruido y vibraciones	Calidad del suelo	-1	8	2	4	2	2	4	1	1	4	2	-48
		Aguas subterráneas	-1	4	2	4	2	2	2	1	1	1	1	-30
	Derrame de Sustancias peligrosas	Aguas superficiales	-1	4	2	4	2	2	2	1	1	1	1	-30
		Salud ocupacional	-1	4	2	4	2	1	1	2	1	1	1	-29
		Acueducto publico	-1	8	2	4	2	2	2	2	1	4	2	-47
	Aumento de consumo se agua	Abastecimiento externo en quebradas y ríos	-1	2	2	2	2	1	2	2	1	4	2	-26
		Percepción local	-1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-16
		Calidad de servicios	-1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-18
		Relieve	-1	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	-23
	Excavaciones	Calidad del suelo	-1	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	-23
		Erosión del suelo	-1	8	4	4	2	1	4	1	4	4	2	-54
		Acueducto publico	-1	4	4	1	1	1	1	1	1	4	1	-31
Aguas superficiales		-1	8	4	4	2	1	4	1	4	4	2	-54	

Cálculo de la importancia del impacto ambiental.

Se utiliza la ecuación 3: $I = \pm [3 \text{ IN} + 2 \text{ EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{PV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC}]$.

Fase	Acciones Impactantes	Factores Impactados	Sig.	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	I.	
Constructiva	Generación de escombros y residuos ordinarios Generación Empleo	Calidad del suelo	-1	4	2	4	2	1	1	1	1	1	4	-31	
		Calidad de las vistas	-1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	2	-23	
		Percepción local	-1	8	2	4	2	1	1	1	1	1	4	-43	
		Percepción local	1	8	8	2	2	2	1	1	1	2	2	53	
		Economía local	1	8	8	2	2	2	1	1	1	2	2	53	
	Eliminación de árboles Aumento flujo tránsito en rutas aledañas	Cobertura vegetal	-1	4	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1	-27
		Percepción local	-1	8	4	4	4	1	2	1	1	4	2	-51	
	Generación de aguas residuales	Calidad de servicios	-1	8	4	2	2	1	1	1	1	4	2	-46	
		Calidad del suelo	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	
	Reubicación de servicios públicos	Aguas superficiales	-1	4	4	4	2	2	2	1	1	1	1	-34	
		Aguas subterráneas	-1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	-28	
		Percepción local	-1	4	2	2	2	1	2	1	1	1	1	-27	
		Calidad de servicios	-1	4	4	2	2	1	2	1	1	4	1	-34	
Operativa	Circulación de vehículos Emisión de gases y partículas	Calidad de las vistas	1	12	8	4	4	1	1	1	1	4	4	72	
		Percepción local	1	8	8	4	4	1	1	1	1	4	4	60	
		Calidad del Aire	1	12	8	4	4	4	1	1	4	4	4	78	

Matriz de importancia de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Medio	Componente	Factor			
			Generación de polvo	Emisión de gases y partículas	Generación de olores
Físico	Aire	Calidad del Aire		-25	-32
		Nivel de polvo	-49		
		Nivel de ruido			
		Total	-49	-25	-32
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo			
		Erosión del suelo			
		Total	0	0	0
	Agua	Aguas subterráneas			
		Aguas superficiales			
		Acueducto publico			
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			
		Total	0	0	0
	Biológico	Flora	Cobertura vegetal	-27	
Total			-27	0	0
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
		Total	0	0	0
	Calidad de vida	Percepción local	-19		-21
		Economía local			
		Salud ocupacional			
		Total	-19	0	-21

Matriz de importancia de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Medio	Componente	Factor	Generación de ruido y vibraciones	Derrame de Sustancias peligrosas	Aumento de consumo
Físico	Aire	Calidad del Aire			
		Nivel de polvo			
		Nivel de ruido	-50		
		Total	-50	0	0
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo		-48	
		Erosión del suelo			
		Total	0	-48	0
	Agua	Aguas subterráneas		-30	
		Aguas superficiales		-30	
		Acueducto publico			-47
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos		-60	-26
		Total	0	-108	-73
Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
		Total	0	0	0
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
		Total	0	0	0
	Calidad de vida	Percepción local			-16
		Economía local			
		Salud ocupacional	-50		
		Calidad de servicios			-18
Total	-50	0	-34		

Matriz de importancia de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción			
Medio	Componente	Factor	Excavaciones	Generación de escombros y residuos ordinarios	Generación Empleo	
Físico	Aire	Calidad del Aire				
		Nivel de polvo				
		Nivel de ruido				
		Total	0	0	0	
	Suelo	Relieve	-23			
		Calidad del suelo	-23	-31		
		Erosión del suelo	-54			
		Total	-100	-31	0	
	Agua	Aguas subterráneas				
		Aguas superficiales	-54			
		Acueducto publico	-31			
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos	-54			
		Total	-139	0	0	
Biológico	Flora	Cobertura vegetal				
		Total	0	0	0	
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas		-23		
		Total	0	-23	0	
	Calidad de vida	Percepción local			-43	53
		Economía local				53
		Salud ocupacional	-29			
		Calidad de servicios				
	Total	-29	-43	106		

Matriz de importancia de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción		
Medio	Componente	Factor	Eliminación de árboles	Aumento flujo tránsito en rutas aledañas	Generación de aguas residuales
Físico	Aire	Calidad del Aire			
		Nivel de polvo			
		Nivel de ruido			
		Total		0	0
	Suelo	Relieve			
		Calidad del suelo			-13
		Erosión del suelo			
		Total		0	-13
	Agua	Aguas subterráneas			-28
		Aguas superficiales			-34
		Acueducto publico			
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos			
		Total		0	-62
Biológico	Flora	Cobertura vegetal	-27		
		Total	-27	0	0
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			
		Total		0	0
	Calidad de vida	Percepción local		-51	
		Economía local			
		Salud ocupacional			
		Calidad de servicios		-46	
Total		-97	0		

Matriz de importancia de impactos ambientales

Factores Ambientales Impactados			Acciones Impactantes en la fase de construcción			
Medio	Componente	Factor	Reubicación de servicios públicos	Emisión de gases y partículas	Circulación de vehículos	
Físico	Aire	Calidad del Aire		72		
		Nivel de polvo				
		Nivel de ruido				
		Total	0	72	0	
	Suelo	Relieve				
		Calidad del suelo				
		Erosión del suelo				
		Total	0	0	0	
	Agua	Aguas subterráneas				
		Aguas superficiales				
		Acueducto publico				
		Abastecimiento externo en quebradas y ríos				
		Total	0	0	0	
	Biológico	Flora	Cobertura vegetal			
Total			0	0	0	
Socioeconómico	Paisaje	Calidad de las vistas			60	
		Total	0	0	60	
	Calidad de vida	Percepción local	-27			78
		Economía local				
		Salud ocupacional				
		Calidad de servicios	-34			
		Total	-61	0	78	

Apéndice 6. Procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva

Procedimiento para el seguimiento ambiental y uso de indicadores en proyectos de fase constructiva

Emmanuel Campos Vargas

2015

Índice

1 Introducción	109
1.1 Objeto y campo de aplicación	109
2 Aspectos organizacionales	109
2.1 Encargados del seguimiento ambiental	109
3 Proceso de seguimiento ambiental	110
3.1 Valoración ambiental	110
3.1.1 Valoración del expediente	110
3.1.2 Valoración de campo	110
3.2 Establecimiento de un formato de visita	114
3.3 Análisis de resultados	114
3.4 Comunicación de resultado	116
Apéndices	116
Apéndice 1: Ejemplo de indicadores básicos para proyectos de fase constructiva	116

1. Introducción

El proceso de seguimiento ambiental es trascendental para garantizar la protección del medio donde se concibe un proyecto. En la fase de evaluación de impacto ambiental (EIA), el desarrollador por medio de un consultor ambiental plantea un conjunto de medidas y compromisos las cuales deben ser implementadas y verificadas posteriormente. Por tanto, en el seguimiento se debe brindar a la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) elementos de prueba necesarios para demostrar el cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos. El uso de indicadores frecuentemente facilita este proceso pero no todas las evaluaciones presentan adecuados indicadores. Por esta razón, este procedimiento pretende servir de herramienta metodológica para mejorar el proceso de seguimiento dentro de este contexto.

1.1 Objeto y campo de aplicación

Este procedimiento pretende orientar aspectos necesarios para un adecuado seguimiento ambiental. Esto es aplicable a todos los proyectos independientemente de su tipo, tamaño, ubicación y complejidad. No obstante, esta guía puede ignorar algunos aspectos importantes que el profesional debe considerar para casos específicos.

2. Aspectos organizacionales

En la fase de EIA generalmente se definen los encargados de implementar medidas ambientales. El profesional a cargo del seguimiento institucional debe conocer al responsable de implementar cada medida. Para casos en los que de previo a una visita de campo no se conozcan responsables, se recomienda consultar con el regente ambiental.

2.1 Encargados del seguimiento ambiental

El principal encargado de realizar el seguimiento ambiental es el regente del proyecto ya que representa al desarrollador ante la SETENA. Sin embargo, el regente probablemente no va a estar presente todos los días en el proyecto fiscalizando que se estén implementando los compromisos. Generalmente, el personal que trabaja para el proyecto diariamente se encarga de implementar parte de los compromisos y el regente verifica los resultados de la implementación. Por esta razón, se recomienda que algún supervisor del proyecto acompañe al profesional de SETENA en su labor de seguimiento institucional. La labor principal de SETENA es evaluar el

desempeño del proyecto en la implementación de medidas y monitorear el cumplimiento de los compromisos ambientales.

3. Proceso de seguimiento ambiental

El seguimiento ambiental puede definirse como un conjunto de procedimientos administrativos y técnicos necesarios para garantizar la implementación de compromisos ambientales en un proyecto y determinar posibles impactos ambientales no previstos en la EIA. Para lograr un adecuado seguimiento se requiere: valoración ambiental (tanto en campo como expediente), establecimiento de un formato de visita, análisis y comunicación de los resultados.

3.1 Establecimiento de un formato

Es necesario elaborar un formato que sirva de guía para la obtención información crítica asociada al AP durante el seguimiento. Se recomienda seguir el siguiente formato:

Nombre del Proyecto:

Nº Expediente Administrativo:

Nombre del Desarrollador:

Nombre del Regente:

Ubicación:

Descripción del proyecto:

A. Valoración del expediente:

1. ¿Se compromete el desarrollador a seguir el código de buenas ambientales? ____ sí
____ no
2. ¿El AP se encuentra en alguna zona de protección o corredor biológico? ____ sí ____
no
3. ¿Existen pozos o nacientes dentro del AP o el área de directa? ____ sí ____ no
cuantos: _____
4. ¿Existen acuíferos cercanos al AP? ____ sí ____ no
5. ¿Qué sistema de tratamiento de aguas residuales se propone en el expediente?

6. ¿Existen medidas obligatorias por cumplir en los estudios técnicos? ¿Cuáles?

B. Valoración de campo:

Antes de realizar la valoración en campo se recomienda llevar copia del diseño de sitio y lista de medidas ambientales establecidas en el expediente administrativo.

Recursos energéticos

1. ¿Se realizan capacitaciones en ahorro energético y de recursos?
2. ¿Existen criterios de desempeño sobre el uso de recursos energéticos?
3. ¿Se cuenta con un plan de uso racional de la energía?

Aguas subterráneas

4. ¿Existen pozos o nacientes dentro del AP o área de influencia directa?
5. ¿Existen acuíferos cercanos al AP?
6. ¿Se están respetando las zonas de protección?

Aguas superficiales

7. ¿Las áreas de construcción del proyecto concuerdan con lo establecido en el expediente?
8. ¿Existen cauces dentro o cercanos al AP?
9. ¿Las aguas pluviales están conectadas al alcantarillado pluvial?
10. ¿Cuáles son las condiciones generales de la zona de desfogue de aguas pluviales?

Aguas residuales

11. ¿Cuántos colaboradores por cabina o servicio sanitario existen?
12. ¿Qué tratamiento se realiza para las aguas residuales ordinarias (debe coincidir con lo propuesto en el expediente)?
13. ¿Dónde se colocan las aguas residuales especiales provenientes del lavado de pinturas, solventes y equipos?

14. ¿Qué tratamiento se realiza para las aguas residuales especiales?
15. ¿Se capacita a los trabajadores sobre las políticas de manejo de aguas residuales?
16. ¿Se generan aguas con hidrocarburos? ¿Se cuenta con trampas de grasa?
17. ¿AR temporales cumplen con el reglamento de vertido?

Agua potable

18. ¿Se cuenta con disponibilidad de aguas potable?
19. ¿Existen quejas en la comunidad por carencia o deficiencia en la calidad del agua?

Suelos

20. ¿Existe evidencia de erosión?
21. ¿Se realiza remoción de cobertura vegetal?
22. ¿Se realiza movimiento de tierras?
23. ¿Se lleva registro del movimiento de tierras?
24. ¿Los camiones cuentan con carpas que recubren la tierra?
25. ¿Qué medidas se están implementando para disminuir la erosión?

Residuos sólidos

26. ¿Se cuenta con un sitio para la separación de desechos?
27. ¿Qué sistema de tratamiento se utiliza para la disposición de desechos sólidos?
28. ¿Existe una zona para el almacenaje de desechos peligrosos (fluorescentes quebrados, empaques de solventes)?
29. ¿El almacenaje de residuos sólidos se encuentra en las condiciones adecuadas (tapados, no expuesto a lluvia y vectores)?
30. ¿Se realizan capacitaciones respecto a la adecuada separación de desechos sólidos?
31. ¿Se cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos?
32. ¿Hay evidencias de residuos quemados?

Calidad del aire

33. ¿Se producen ruidos o vibraciones?
34. ¿Se monitorea y controla los ruidos o vibraciones? ¿Se llevan registros?
35. ¿Existe presencia de malos olores?
36. ¿Se cuenta con equipos de producción de energía eléctrica a partir de combustión?

37. ¿Los equipos cuentan con algún sistema de control de emisiones atmosféricas?
38. ¿Se realiza riego o alguna otra medida para evitar la generación de polvo?

Manejo de sustancias peligrosas

39. ¿Hay evidencia física dentro del AP de algún sitio contaminado?
40. ¿Se utilizan sustancias peligrosas (solventes, ácidos, soda caustica, pinturas, aceites)?
41. ¿El proyecto cuenta con materiales absorbente en caso de derrames?
42. ¿Se cuenta con un control y registro básico de los tipos, cantidades, localización y responsables del manejo de los productos peligrosos?
43. ¿Se cuenta con un sitio para el manejo y despacho de residuos peligrosos con un sistema de drenaje impermeable que facilite la recolección de cualquier derrame de una sustancia contaminante?
44. ¿Los combustibles almacenados en estañones, barriles, o tanques se localizan en sitios techados y con un muro de retención secundaria capaz de almacenar hasta el 110% del volumen de los recipientes de almacenamiento?
45. ¿Se cuenta con un protocolo para el transporte, acarreo, distribución y uso de productos peligrosos durante sus operaciones?

Protección contra catástrofes

46. ¿Se cuenta con protocolo para la atención de emergencias?
47. ¿Los trabajadores cuentan con equipo de protección?
48. ¿Se cuenta con botiquín de emergencias y personal capacitado en la atención de emergencias?

Recursos biológicos

49. ¿Se presenta señalización en caminos sobre el paso de vida silvestre?
50. ¿Se realizan capacitaciones de sensibilización a trabajadores sobre la importancia de proteger los recursos biológicos y de la biodiversidad del AP y su área de Influencia?

Recursos sociales

Se analiza únicamente según las medidas ambientales

Recursos Arqueológicos

51. ¿Existen evidencias de vestigios arqueológicos?

52. ¿Se están implementando medidas para el manejo de recurso arqueológico?

Es necesario realizar una corroboración en campo del diseño de sitio y las medidas ambientales que se establecieron en expediente. Por ejemplo, si el expediente establece que se debe de construir un tanque de retención para aguas pluviales; al realizar la visita se debe encontrar algún indicio de cumplimiento, especialmente si se ha iniciado el proceso de impermeabilización.

3.2 Valoración ambiental

El objetivo de una valoración es evaluar el desempeño ambiental en aspectos dictados por la legislación y los compromisos ambientales. Consta de un proceso administrativo como lo es la valoración del expediente y un proceso técnico que se realiza en la valoración de campo.

3.2.1 Valoración del expediente

Se debe examinar y tomar nota sobre la información relevante del expediente la cual se debe corroborar en campo. Se recomienda realizar una revisión sobre: descripción del proyecto, diseño de sitio, monto de garantía ambiental, nombramiento de regente ambiental, conclusiones y recomendaciones de cada uno de los protocolos técnicos y medidas ambientales establecidas. La valoración del expediente debe obedecer a los lineamientos establecidos en el formato.

3.2.2 Valoración en campo

Se debe coordinar la visita con el objetivo de valorar lo que se está realizando en el campo. Además, se debe evaluar el desempeño del regente ambiental y dar asesoría respecto al mejoramiento de la regencia ambiental. Además se recomienda la medición u observación de indicadores de impacto ambiental con el fin de determinar indicios de posibles incumplimientos en compromisos ambientales. La valoración en campo se debe basar en los lineamientos establecidos en el formato.

3.3 Análisis de resultados

Posterior a recopilar la información de campo es necesario un análisis crítico donde se determine el grado de cumplimiento de compromisos y posibles opciones de mejora. Esta sección es la base de un informe técnico. Si se usa el formato de visita establecido en este procedimiento, se recomienda realizar el siguiente análisis:

- A) Cumplimiento del diseño de la actividad: Se debe examinar si lo establecido en el expediente coincide con lo que el desarrollador está construyendo. En el proyecto pueden existir variaciones en las construcciones; sin embargo, el regente debe comunicar algún cambio en la bitácora e informe técnico.
- B) Cumplimiento de medidas: es necesario describir las medidas que no se están cumpliendo en el proyecto. Además, puede resultar beneficioso calcular el desempeño ambiental mediante el porcentaje de cumplimiento de medidas ($\% = \frac{\text{medidas sin cumplir}}{\text{medidas del expediente}} \times 100$). Se debe considerar que el cumplimiento de medidas va a depender de la fase en la que se encuentre proyecto. Por ejemplo: si aún no se está realizando movimiento de tierras, no tiene sentido corroborar las medidas asociadas a esa acción impactante. La evaluación del cumplimiento de los compromisos ambientales se puede evaluar en términos cualitativos como se establece en el artículo 50 del decreto 31849 “Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)” usando la categorización de verde, amarillo y rojo. Para proyectos que cumplen con el 100% de sus compromisos se le da la categoría de verde, para cumplimientos mayores al 90% pero menor al 100% se le da categoría amarilla y para proyectos con cumplimiento menor al 90% se categoriza como roja.
- C) Cumplimiento de la legislación: se debe conocer la legislación ambiental vigente y describir según lo observado si existen indicios en el incumpliendo de algún aspecto legal que deban ser posteriormente corroborados. Si se sigue el formato establecido anteriormente existe indicios de incumplimiento a la normativa (especialmente código de buenas prácticas agrícolas); en caso de responder negativamente a las preguntas: 1-3, 6, 9, 15-17, 23, 24, 26-32, 36-38 y 41-50.
- D) Uso de indicadores: de forma opcional y para mejorar el seguimiento ambiental el profesional de SETENA puede recomendar al desarrollador que se monitoreen indicadores. En el apéndice se establece un listado de indicadores que podrían resultar útiles.

3.4 Comunicación de resultados

La comunicación de resultados en el seguimiento es la fase más importante ya que sirve de base para la mejora continua. Los resultados se pueden anunciar de manera formal e informal y se recomienda que se realice de ambas maneras. La forma informal resulta al finalizar la visita cuando se comunica de manera verbal aspectos que se deben mejorar y que no se están cumpliendo. Por otra parte, la comunicación formal se realiza mediante el informe que debe constar en el expediente.

Apéndice 1: Ejemplo de indicadores básicos para proyectos de fase constructiva

Ficha técnica de indicadores

Impacto o medida ambiental	Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Eliminación de capa orgánica del suelo	Porcentaje de capa orgánica en el suelo	Consiste en una relación entre la cantidad de capa orgánica removida y la disponible en el AP.	Indicador de efecto	$\frac{A_{afectadas}}{A_{total}}$	%	Totalidad del AP	1 medición por mes
Contaminación de aguas superficiales por sedimentos	Concentración de sólidos sedimentables	Se relaciona el volumen de sedimentos con el caudal de escorrentía	Indicador de efecto	Medición mediante Cono Imnhoff	ml/L	En puntos donde exista un caudal de escorrentía vertido al alcantarillado pluvial	1 medición después de precipitaciones de duración mayor a 5 minutos
Contaminación de aguas subterráneas por hidrocarburos	Concentración de hidrocarburos totales	La concentración de hidrocarburos en aguas subterráneas está relacionado con la contaminación	Indicador de efecto	Muestreo y análisis químico en piezómetros	µg/L	En un punto estratégico dentro del AP de acuerdo al movimiento del flujo de agua subterránea	1 medición por mes
Disponibilidad de recurso hídrico	Variación del nivel freático	El aumento o disminución en el nivel freático está relacionado con la disponibilidad de recurso hídrico en un proyecto que se abastece por medio de un pozo	Indicador de riesgo	Medición mediante pozos	m	En al menos un punto del AP o cercano	1 medición mensual
Aumento del ruido	Emisión de ruido	Se relaciona la emisión de ruido con el deterioro de la calidad ambiental	Indicador de efecto	Mediante sonómetro	dB	3 puntos dentro del AP y 3 puntos en la periferia del AP	1 medición quincenal cuando operen máquinas
Generación de polvo	Material particulado	Se relaciona la concentración de particulado con la calidad aire	Indicador de efecto	Equipo de muestreo especializado	µg/m ³	En dos puntos del AP	1 medición mensual
Afectación a la flora	Presencia de especies de importancia ecológica	La presencia de especies en peligro de extinción se relaciona con la importancia de la flora	Indicador de riesgo	Parcelas	$\frac{especies}{ha}$	Al menos 2 parcelas en el AP	1 medición mensual
Afectación a la Fauna	Cantidad de fauna	Se refiere al número de individuos que se pueda encontrar	Indicador de efecto	Observación	Número de especies observados	Áreas cercanas a la construcción de infraestructura	Diaria
Generación de empleo	Número de plazas generadas	Muestra el número de trabajadores que laboran en el AP	Indicador de efecto	Observación	Plazas/mes	Trabajadores contratados directa o indirectamente	Mensual
Eliminación de cobertura boscosa	Número de árboles cortados	La disminución de la cobertura boscosa está relacionada con el aumento en corta de árboles	Indicador de efecto	Observación	Número de individuos/mes	Árboles con un DAP mayor 15 cm	Mensual

Impacto o medida ambiental	Nombre del indicador	del	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Generar montículos menores a 1,5 m	Altura del montículo	del	Se asocia la altura del montículo al aumento de erosión	Indicador de respuesta	Medición de longitud	m	Zonas cercanas al movimiento de tierras	Diaria
Construir zanjas de sedimentación alrededor de las excavaciones	Cantidad de zanjas construidas	de	Se asocia la construcción de zanjas a la disminución de la erosión	Indicador de cumplimiento	Observación	Número de zanjas construidas	Zonas cercanas a las excavaciones	Mensual
Construcción de reductores de velocidad para canales que evacuen las aguas pluviales	Cantidad de reductores construidos	de	Se asocia la construcción de reductores de velocidad a la disminución de la erosión de canales	Indicador de cumplimiento	Observación	Número de reductores construidas	Red agua pluvial	Mensual
Utilización de cabinas sanitarias	Cantidad de colaboradores por cabina sanitarias	de	La utilización de cabinas sanitarias está relacionada con su disponibilidad	Indicador de cumplimiento	Observación	Número de colaboradores por cabina sanitarias	Totalidad del AP	Mensual
Establecimiento de zonas impermeabilizadas para el mantenimiento de la maquinaria	Área de la zona impermeabilizada	de	La presencia de un área impermeabilizada está relacionada con la disminución del riesgo de contaminación del suelo	Indicador de cumplimiento	Observación	m ²	Totalidad del AP	Mensual
Utilizar riego por aspersión en zonas que generen polvo	Presencia de polvo en vegetación cercana	de	La presencia de polvo en la vegetación está relacionada con la efectividad de la medida propuesta	Indicador de respuesta	Observación	Número de especies con polvo por m ²	Perímetro del AP	Semanal
Brindar protección personal contra el ruido	Relación equipo colaboradores	de	La protección del personal contra el ruido está relacionada con la disponibilidad de estos	Indicador de cumplimiento	$= \frac{\text{equipo}}{\text{trabajadores expuestos}}$	%	Totalidad del AP	Mensual

Impacto o medida ambiental	Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
Arborizar parte del AP	Cantidad de árboles sobrevivientes a los 3 años.	La cantidad de árboles está relacionada con el aumento de la cobertura boscosa	Indicador de cumplimiento	Conteo	Número de árboles sobrevivientes a los 3 años	Área de reforestación	Mensual
Ofrecer una oficina de información para la atención de consultas	Cantidad de consultas atendidas por mes	El número de consultas recibido por una oficina está relacionado con la percepción social del proyecto	Indicador de cumplimiento	Conteo	Número de consultas por mes	Todo el AP	Mensual
Colocar fichas técnicas de productos químicos utilizados	Porcentaje de etiquetas por cada producto químico	La presencia de etiquetas en productos químicos se relaciona con el adecuado manejo y disposición	Indicador de cumplimiento	$\frac{\text{etiquetas}}{\text{productos}}$	%	Bodega de productos	Mensual
Implementar barreras de geotextil	Porcentaje de talud cubierto	La presencia de barreras de geotextil se relaciona a la disminución de la erosión	Indicador de cumplimiento	$\frac{A_{\text{cubierta}}}{A_{\text{total}}}$	%	Áreas con presencia de taludes mayores a 5%	Mensual
Monitorear la separación de desechos	Número de colaboradores por batería	La presencia de un adecuado número de baterías se relaciona con el uso	Indicador de cumplimiento	Observación	$\frac{\text{Trabajadores}}{\text{Batería}}$	Áreas cercanas a la construcción de infraestructura	Mensual
Capacitar a trabajadores sobre primeros auxilios y riesgos de trabajo	Porcentaje de colaboradores capacitados	La capacitación de trabajadores está relacionada con el mejoramiento del bienestar social	Indicador de cumplimiento	$\frac{T_{\text{capacitados}}}{T}$	%	Total de población laboral	Mensual
Implementar barrera visual frente a la construcción	Longitud y altura total de la barrera	Una adecuada longitud y altura de barrera visual está asociado a la disminución del impacto visual	Indicador de efecto	Medición lineal	m	Perímetro del AP	Mensual
Circulación de vehículos a menos de 25 km/h para evitar generación de polvo	Presencia de señalización prohibitiva.	El respeto de señalización prohibitiva se relaciona con la disminución de polvo en el ambiente	Indicador de cumplimiento	Observación	Número de señales / metro lineal de camino	Totalidad del AP	Mensual
Generación de empleo a locales	Porcentaje de trabajadores locales	El porcentaje de trabajadores locales relaciona la cantidad de de colaboradores locales respecto al total	Indicador de cumplimiento	$\frac{T_{\text{locales}}}{T}$	%	Totalidad del AP	Mensual

Apéndice 7. Plan de gestión ambiental para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”.

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Nivel de polvo	Generación de polvo	Aumento en la concentración de material particulado	Ley general de Salud No. 6430 De 1973	Aplicar riego periódicamente de acuerdo con las condiciones de viento y en horas adecuadas. Regular la velocidad de las vagonetas en las áreas de trabajo. Exigir la cobertura con manteados de las góndolas de camionetas.	Durante la construcción de las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	1. Presencia de polvo en vegetación cercana. 2. Cantidad de incidentes en velocidad. 3. Cantidad de incidentes en cobertura.	Evitar deterioro de la calidad de aire por la generación de polvo y por tanto, no dañar la salud de las personas.
Calidad del aire	Emisión de gases y partículas	Deterioro de la calidad del aire	Convenio Cambio Climático, Naciones Unidas de 1992. Conferencia Naciones Unidas en Durban, 2011.	Prohibir la entrada al área del proyecto de maquinaria y vehículos que incumpla el límite de emisiones atmosférica establecido en la revisión técnica. Compensar las emisiones atmosféricas mediante la compra de bonos de Carbono.				4. Cantidad de incidentes en maquinarias y equipos. 5. Cantidad de CO2 compensado.	Disminuir la contaminación atmosférica
Calidad del aire	Generación de olores	Deterioro de la calidad del aire	Ley general de Salud No. 6430 De 1973	Mantener recipientes para sustancias volátiles con tapas				6. Porcentaje de recipientes con tapas	Gestión adecuada de residuos en los respectivos recipientes
Nivel de ruido	Generación de ruido y vibración	Deterioro de la calidad acústica	Ley Orgánica del Ambiente y Decreto No.10541-TSS,1999 del Ministerio de Trabajo.	Mantener señalización prohibitiva sobre la velocidad máxima para las vagonetas en las áreas de trabajo. Definir horarios de trabajo que no alteren la tranquilidad pública, lo cual se aplicará tanto para la jornada laboral del personal como para los momentos de carga y descarga de materiales y desechos. Brindar protección al personal de la obra expuesto a ruidos altos respecto al parámetro establecido.				7. Cantidad de señalización dentro del AP. 8. Nivel de ruido 9. Cantidad de incidentes en incumplimiento de horario 10. Relación equipos de protección y colaboradores	Mantener los niveles de ruido y vibración dentro de los parámetros establecidos

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Aguas superficiales	Derrame de Sustancias peligrosas	Contaminación de cuerpos de agua por sustancias peligrosas	Ley Orgánica del Ambiente, de 1996. Ley de aguas de 1942; Ley General de agua potable 1953; Reglamento para la calidad de agua mayo de 1997.	Señalizar los sitios de almacenamiento, indicando los cuidados que deben tenerse en sus alrededores (p.ej. restricciones para el fumado). Mantener en el sitio la hoja de seguridad del producto, versión en español.	Durante la construcción de las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	11. Cantidad de incidentes por señalización 12. Relación hojas de seguridad- producto.	Evitar la contaminación de las aguas.
	Excavaciones	Aumento en el nivel de sedimentos en cuerpos receptores		Capacitar a los colaboradores sobre la importancia del control de sedimentos Construir canales temporales con trampa de sedimentos. Realizar excavaciones y rellenos únicamente dentro de los terrenos correspondientes al derecho de vía. El retiro de los materiales sobrantes deberá realizarse en forma coordinada con el avance de las excavaciones. Se aplicará de riegos asfálticos de imprimación, riegos de liga y estabilizadores de suelos únicamente en la superficie de la vía.				13. Porcentaje de colaboradores capacitados sobre importancia del control de sedimentos 14. Cantidad de trampas construidas 15. Cantidad de incidentes en excavaciones 16. Relación volumen de material excavado con volumen de material dispuesto adecuadamente 17. Superficie de suelo no correspondiente	Evitar la contaminación de las aguas por sedimentos.
Derrame de Sustancias peligrosas	Afectación de la calidad	Se prohibirá el lavado de maquinaria en el río u otros cursos de agua. Impermeabilizar zonas de almacenaje de sustancias peligrosas como bodegas y sitios de almacenamiento de combustible. Brindar una adecuada separación y tratamiento final para residuos líquidos peligrosos. Colocar sustancias peligrosas en un área impermeabilizada con un sistema de doble contención. Evitar el derrame de sustancias peligrosas		18. Cantidad de incidentes por lavado 19. Porcentaje de zonas impermeabilizadas 20. Relación volúmenes de residuos producidos-volúmenes dispuestos adecuadamente 21. Cantidad de productos almacenados fuera de la zona impermeabilizada 22. Cantidad de incidentes por derrame				Evitar la degradación del suelo y de la calidad de aguas	
Aguas subterráneas	Derrame de Sustancias peligrosas	Afectación de la calidad							

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Aguas subterráneas	Generación de aguas residuales	Afectación de la calidad	Ley Orgánica del Ambiente, de 1996. Ley de aguas de 1942; Ley General de agua potable 1953; Reglamento para la calidad de agua mayo de 1997.	Usar cabinas sanitarias para el manejo de las aguas residuales, así como su mantenimiento rutinario	Durante la construcción de las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	23. Cantidad de trabajadores por cabina	Evitar la degradación del suelo y de la calidad de aguas
Acueducto público	Consumo	Afectación de la calidad del servicio		Prohibir el uso de agua potable de acueducto para lavados, preparación de mezcla y riego. Contar con equipos que disminuyan el consumo de agua				24. Cantidad de incidentes por consumo de agua potable 25. Cantidad de equipos disponibles	Evitar el consumo innecesario de agua potable
	Excavaciones	Evitar la afectación a ductos de abastecimiento		Evitar la afectación a ductos de abastecimiento				26. Cantidad de incidentes en ductos	Evitar afectar el servicio de agua potable
Abastecimiento externo en cursos de agua	Consumo para el proceso constructivo	Afectación en caudal de ríos		Capacitar a los colaboradores sobre la importancia de disminuir el consumo de agua				27. Porcentaje de colaboradores capacitados en consumo de agua	Evitar consumo excesivo de agua.
Calidad del suelo	Derrame de Sustancias peligrosas	Alteración química del suelo	Reglamento a la Ley de uso, manejo y conservación de suelos de 2011.	No realizar labores de reparación ni mantenimiento de la maquinaria en el AP. Evitar el derrame de combustibles, aceites o productos químicos en general. Tener a disposición las herramientas y los materiales, incluido el material absorbente, las palas y las bolsas plásticas que se requieren para limpiar eventuales derrames.	28. Cantidad de incidentes por reparaciones Cantidad de incidentes en derrames 29. Cantidad de equipo disponible	Evitar la contaminación de las aguas y suelos.			

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Calidad del suelo	Generación de escombros y residuos ordinarios	Deterioro de las condiciones del suelo	Reglamento a la Ley de uso, manejo y conservación de Suelos de 1998. Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Capacitar a los trabajadores para seguir la siguiente jerarquía para el manejo de residuos sólidos: reducción de la generación, reutilización, reciclaje y disposición final. Colocar baterías para la separación de desechos. Mantener personal encargado del manejo de residuos sólidos.	Durante la construcción de las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	30. Porcentaje de trabajadores capacitados en manejo de residuos 31. Cantidad de trabajadores por batería 32. Cantidad de colaboradores encargados del manejo de residuos	Evitar el impacto de contaminación de suelos y aguas.
	Excavaciones	Erosión del suelo	Ley de uso, manejo y conservación de Suelos.	Plantar vegetación en las áreas descubiertas, utilizando vegetación autóctona y con características silviculturales y fenotípicas que eviten la erosión y que establezcan suelos inestables.				33. Porcentaje de áreas descubiertas	Evitar la pérdida de suelo por erosión
Flora	Eliminación de cobertura vegetal	Disminución de la Cobertura Vegetal	Ley General de Caminos Públicos Ley Forestal	Las trozas y madera aprovechable deben ser debidamente marcadas y inventariadas para entregarlas como dispone la legislación forestal vigente.				34. Relación madera inventariada- madera extraída	Disminuir la alteración del medio natural.
	Generación de polvo	Afectación en la vegetación		Aplicar riego periódicamente de acuerdo con las condiciones de viento y en horas adecuadas. Regular la velocidad de las vagonetas en las áreas de trabajo. Exigir la cobertura con manteados de las góndolas de camionetas.	Presencia de polvo en vegetación cercana. Cantidad de incidentes en velocidad. Cantidad de incidentes en cobertura.	Disminuir la afectación de la cobertura vegetal por el polvo.			

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Percepción	Generación de escombros y residuos ordinarios	Disminución de la calidad visual	Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Organizar reuniones comunales para conocer la percepción comunal sobre la generación de escombros y residuos	Durante la construcción de las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	35. Cantidad de reuniones comunales	Atender y aclarar las incertidumbres y de los afectados
	Aumento flujo tránsito en rutas aledañas	Afectación de rutas comunitarias	Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Organizar reuniones comunales para conocer la percepción comunal sobre la generación de escombros y residuos				Cantidad de reuniones comunales	Atender y aclarar las incertidumbres y de los afectados
	Reubicación de servicios públicos	Disminución de la calidad de los servicios	Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Organizar reuniones comunales para conocer la percepción comunal sobre la generación de escombros y residuos				Cantidad de reuniones comunales	Atender y aclarar las incertidumbres y de los afectados
Economía local	Generación de empleo	Aumento en la calidad de vida		Estimular al adjudicatario a la contratación de mano de obra local.				36. Porcentaje de trabajadores locales	Incentivar el empleo local
Salud ocupacional	Excavaciones	Potencial incidencia de accidentalidad y morbilidad ocupacional	Ley sobre Riesgos del Trabajo N° 6727 Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo	Identificar y señalar las zonas de riesgo tales como zanjas, huecos, mediante cintas alusivas. Asegurar que todos los empleados y visitantes en la obra utilicen el equipo de protección personal.				37. Porcentaje de zonas de riesgo señalizadas 38. Cantidad de equipos de protección personal para visitantes	Asegurar a los trabajadores las condiciones de salud ocupacional
	Generación de ruidos y vibraciones	Afectación en salud de los trabajadores		Brindar protección al personal de la obra expuesto a ruidos altos respecto al parámetro establecido.				Relación equipos de protección y colaboradores	

Factor ambiental impactado	Acción impactante	Impacto ambiental identificado	Regulación ambiental	Medida ambiental	Tiempo de aplicación	Costo de la medida ambiental	Responsables de aplicación	Indicador ambiental	Síntesis del compromiso
Calidad de servicios	Aumento flujo tránsito en rutas aledañas	Disminución en la calidad de las rutas aledañas	Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Reparar vías dañadas por la construcción del proyecto	Al finalizar las obras	Los costos serán incluidos en cada uno de los ítems del proyecto por parte del adjudicatario	CONAVI a través del adjudicatario o sea la Empresa ganadora de la Licitación	39. Porcentaje de vías reparadas	Reparar las vías dañadas a causa del proyecto
	Reubicación de servicios públicos	Disminución de la calidad de servicios públicos	Manual de instrumentos técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	Se deberán proteger las líneas de servicio público tales como ductos, líneas de transmisión (eléctrica tanto aéreo como subterráneo, fibra óptica, y otras) para prevenir eventuales daños y repararlos en forma inmediata si llegaran a darse. Se deberá restituir la infraestructura existente (si es modificada) a su condición actual, o a una más favorable, durante la ejecución del proyecto.	Una vez obtenida la viabilidad ambiental y antes de iniciar las obras de ampliación de la Ruta Nacional N°1.			40. Cantidad de incidentes en líneas de servicio 41. Relación infraestructura alterada-infraestructura restituida	Reubicación de servicios públicos si fuese necesario.

Apéndice 8. Ficha técnica de indicadores para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”.

Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
1.Presencia de polvo en vegetación cercana	La presencia de polvo en la vegetación está relacionada con la efectividad de la medida propuesta	Indicador de respuesta	Observación	especies con polvo por m ²	Perímetro del AP	Semanal durante el movimiento de tierras
2.Cantidad de incidentes en velocidad	Monitorear la cantidad de incidentes está relacionada con el compromiso del desarrollador en regular el cumplimiento de velocidad de las vagonetas	Indicador de cumplimiento	Medición del tiempo de la vagoneta en recorrer una distancia	incidentes por mes	En un punto del AP	Una muestra de 3 vagonetas al azar por semana
3. Cantidad de incidentes en cobertura	Monitorear la cantidad de incidentes está relacionada con el compromiso del desarrollador en regular el cumplimiento de cubrir las góndolas de las vagonetas	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	En la totalidad del AP	Diaria
4. Cantidad de incidentes en maquinaria y equipos	El monitoreo de la cantidad de incidentes está relacionada con el grado de cumplimiento en la prohibición de maquinaria y equipo que irrespete el límite de emisiones atmosféricas que establecido en la regulación	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	En la totalidad del AP	Mensual
5. Cantidad de CO2 compensado	La cantidad de CO2 compensado indica el compromiso del proyecto disminuir el impacto por emisiones	Indicador de cumplimiento	Observación del certificado	kg CO2	Totalidad del AP	Una única vez cuando se ejecute el proyecto
6.Porcentaje de recipientes con tapas	El porcentaje de recipientes con sustancias volátiles que se encuentren tapados en el AP está relacionado directamente con el cumplimiento de la medida	Indicador de cumplimiento	$\frac{\sum R_{tapados}}{\sum R}$	porcentuales	En zonas de almacenaje de productos	Semanal
7.Cantidad de señalización dentro del AP.	Mantener señalización prohibitiva en AP sobre la velocidad máxima funciona como advertencia para transitar a una baja velocidad y disminuir el impacto por ruidos y vibraciones	Indicador de cumplimiento	Conteo	número de señales	Totalidad del AP	Mensual
8. Nivel de ruido	Se relaciona la emisión de ruido con el deterioro de la calidad ambiental	Indicador de efecto	Mediante sonómetro	dB	3 puntos dentro del AP y 3 puntos en la periferia del AP	Mensual cuando opere maquinaria

Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
9. Cantidad de incidentes en incumplimiento de horario	Los incidentes en incumplimiento de horario se relacionan directamente sobre el acatamiento de la medida	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
10. Relación equipos de protección y colaboradores laborando	La protección del personal contra el ruido está relacionada con la disponibilidad de estos	Indicador de cumplimiento	de $= \frac{\sum \text{equipo}}{\sum \text{trabajadores expuestos}}$	porcentuales	Totalidad del AP	Mensual
11. Cantidad de incidentes por señalización	La cantidad de incidentes por señalización se relaciona con el compromiso de mantener señalizada los sitios de almacenamiento de sustancias peligrosas	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Mensual
12. Relación hojas de seguridad- producto	La relación hojas de seguridad- producto indica en términos porcentuales la cantidad de productos que presentan hojas de seguridad	Indicador de cumplimiento	$= \frac{\sum P_{\text{con hoja de seguridad}}}{\sum P}$	porcentuales	Zonas de almacenaje de sustancias peligrosas	Mensual
13. Porcentaje de colaboradores capacitados sobre importancia del control de sedimentos	La capacitación de trabajadores está relacionada con el mejoramiento en la prevención de contaminación por sedimentos	Indicador de cumplimiento	de $\frac{\sum T_{\text{capacitados}}}{\sum T}$	porcentuales	Total de población laboral	Mensual
14. Cantidad de trampas construidas	Se asocia la construcción de trampas a la disminución de la erosión	Indicador de cumplimiento	Observación	zanjas construidas	Zonas cercanas a las excavaciones	Mensual
15. Cantidad de incidentes por excavaciones	Los incidentes por excavaciones se relacionan con el incumplimiento de realizar excavaciones únicamente en los diseños de sitio	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
16. Relación volumen de material excavado con volumen de material dispuesto adecuadamente	La relación volumen de material excavado con volumen de material dispuesto adecuadamente se relaciona con el cumplimiento de la adecuada disposición de material	Indicador de cumplimiento	$= \frac{V_{\text{dispuesto}}}{V_{\text{producido}}}$	porcentuales	Zonas de excavación	Diaria

Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
17. Superficie de suelo no correspondiente	La superficie de suelo no correspondiente es una medida que indica el área de suelo que no se debió impregnar de riego asfáltico	Indicador de cumplimiento	Medición de área	m ²	En zonas cercana a la calzada	Mensual
18. Cantidad de incidentes por lavado	Los incidentes por lavado se relacionan directamente sobre el acatamiento a la no realización de lavados	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
19. Porcentaje de zonas impermeabilizadas	El porcentaje de zonas impermeabilizadas se relaciona con el cumplimiento de la medida	Indicador de cumplimiento	$= \frac{\sum A_{imp}}{\sum A_t}$	porcentuales	Zonas de almacenaje de productos químicos	Mensual
20. Relación volúmenes de residuos producidos-volúmenes dispuestos adecuadamente	La relación de volumen de residuos producidos y dispuestos se asocia al control sobre la disposición y separación de residuos líquidos contaminantes	Indicador de cumplimiento	$= \frac{V_{dispuesto}}{V_{producido}}$	porcentuales	Totalidad del AP	Semanal
21. Cantidad de productos almacenados fuera de la zona impermeabilizada	El número de productos almacenados fuera de la zona impermeabilizada se asocia con el riesgo a contaminación de suelo en casos de derrame	Indicador de cumplimiento	Conteo	productos almacenados por mes	Zonas de almacenamiento	Mensual
22. Cantidad de incidentes por derrames	Los incidentes por derrame se relacionan directamente sobre el impacto a aguas subterráneas	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
23. Cantidad de trabajadores por cabina	La utilización de cabinas sanitarias está relacionada con su disponibilidad	Indicador de cumplimiento	Observación	colaboradores por cabina sanitaria	Totalidad del AP	Mensual
24. Cantidad de incidentes por consumo de agua potable	La cantidad de incidentes por consumo de agua potable se relaciona con la prohibición en el uso de agua potable de acueducto para lavados, preparación de mezcla y riego.	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Mensual

Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
25. Cantidad de equipos disponibles	La cantidad de equipos disponibles ahorradores se relaciona con la capacidad para disminuir el consumo de agua	Indicador de cumplimiento	Conteo	equipos ahorradores	En zonas de utilización de agua	Mensual
26. Cantidad de incidentes en ductos	Los incidentes por daño en ductos se relacionan directamente sobre el acatamiento de evitar la afectación a los servicios públicos	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
27. Porcentaje de colaboradores capacitados en consumo de agua	La capacitación de trabajadores está relacionada con el mejoramiento en el consumo de agua	Indicador de cumplimiento	$\frac{\sum T_{capacitados}}{\sum T}$	porcentuales	Total de población laboral	Mensual
28. Cantidad de incidentes por reparación	Los incidentes por reparación se relacionan con el incumplimiento de realizar reparaciones dentro del AP	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes por mes	Totalidad del AP	Diaria
29. Cantidad de equipo disponible	La presencia de equipo para atender derrames está relacionado con su posible uso para una emergencia	Indicador de cumplimiento	Observación	equipos disponibles	Zonas de almacenaje de sustancias peligrosas	Mensual
30. Porcentaje de colaboradores capacitados sobre el manejo de desechos	La capacitación de trabajadores está relacionada con el posible acatamiento sobre el manejo de desechos sólidos	Indicador de cumplimiento	$\frac{\sum T_{capacitados}}{\sum T}$	porcentuales	Total de población laboral	Mensual
31. Cantidad de colaboradores por batería de separación de desechos	La disponibilidad de los trabajadores a las baterías de desechos está relacionada a la adecuada separación	Indicador de cumplimiento	Conteo	colaboradores /Batería	Total de población laboral	Mensual
32. Cantidad de colaboradores encargados del manejo de residuos	La cantidad de colaboradores se relaciona con el mejoramiento en la gestión de los residuos	Indicador de cumplimiento	Conteo	colaboradores por mes	Total de población laboral	Mensual

Nombre del indicador	Descripción	Clasificación	Fórmula de cálculo o método de medición	Unidades	Cobertura	Frecuencia
33. Porcentaje de áreas descubiertas	El porcentaje de áreas descubiertas se relaciona con el incumplimiento a plantar vegetación en zonas expuestas	Indicador de cumplimiento	$= \frac{A_{expuestas}}{A_{total}}$	porcentuales	Totalidad del AP	Únicamente al finalizar la construcción
34. Relación madera inventariada- madera extraída	El volumen de madera inventariada indica el cumplimiento en la gestión del recurso forestal	Indicador de cumplimiento	$= \frac{V_{inventariado}}{V_{extraído}}$	porcentuales	Totalidad del AP	Para los momentos donde exista corta de árboles
35. Cantidad de reuniones comunales	La cantidad de reuniones comunales se asocia al cumplimiento de una adecuada comunicación de las acciones del proyecto sobre la comunidad	Indicador de cumplimiento	Conteo	reuniones comunales /mes	En alguna zona cercana a la comunidad	Mensual
36. Porcentaje de trabajadores locales	El porcentaje de trabajadores locales indica el grado de compromiso en emplear mano de obra local	Indicador de cumplimiento	$\frac{\sum T_{locales}}{\sum T}$	porcentuales	Total de población laboral	Mensual
37. Porcentaje de zonas de riesgo señalizadas	Este indicador relaciona el total de zonas de riesgo identificadas con las zonas de riesgo que están señalizadas	Indicador de cumplimiento	$= \frac{Z_{señalizadas}}{Z_{riesgo}}$	porcentuales	Totalidad del Ap	Mensual
38. Cantidad de equipos de protección personal para visitantes	La cantidad de equipos para visitantes se relaciona con el esfuerzo de del desarrollador por proteger a personas que visiten el proyecto	Indicador de cumplimiento	Conteo	equipo de protección/visitante	Bodegas	Mensual
39. Porcentaje de vías reparadas	El porcentaje de vías reparadas se relaciona con el compromiso por restaurar las vías dañadas por la construcción del proyecto	Indicador de cumplimiento	$\frac{\text{Cantidad de infraestructura alterada}}{\text{Cantidad de infraestructura restituida}}$	porcentuales	Vías de tránsito por la maquinaria pesada	Únicamente al finalizar la construcción
40. Cantidad de incidentes en líneas de servicio	Los incidentes en líneas de servicio se relacionan directamente sobre el compromiso de proteger los servicios públicos	Indicador de cumplimiento	Observación	incidentes/mes	Totalidad del AP	Mensual
41. Relación infraestructura alterada- infraestructura restituida	Este indicador relaciona el número infraestructuras alteradas con su posterior restitución	Indicador de cumplimiento	$= \frac{A_{vías reparadas}}{A_{vías dañadas}}$	porcentuales	Totalidad del AP	Cuando se concluya el proyecto

Apéndice 9. Criterios de significancia para el proyecto “Paso a desnivel en la intersección de las Rutas Nacionales N° 39 y 215, rotonda de Zapote”.

PROYECTO: PASO DESNIVEL ROTONDA DE LAS GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39	
Ficha Técnica Indicadores	
Nombre del indicador	Criterio de aceptación
1.Presencia de polvo en vegetación cercana	Ausencia de vegetación con polvo en el área de influencia directa
2.Cantidad de incidentes en velocidad	Menor a 5 por mes
3. Cantidad de incidentes en cobertura	Menor a 2 por mes
4. Cantidad de incidentes en maquinaria y equipos	Menor a 1 por mes
5. Cantidad de CO ₂ compensado	Mayor a 1 tonelada
6.Porcentaje de recipientes con tapas	Mayor al 95%
7.Cantidad de señalización dentro del AP.	Mayor a 2
8. Nivel de ruido	Día 65 dB y noche 55 dB
9.Cantidad de incidentes en incumplimiento de horario	Menor a 1 por mes
10. Relación equipos de protección y colaboradores expuestos	Mayor al 100%

**PROYECTO: PASO DESNIVEL ROTONDA DE LAS
GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39**

Ficha Técnica Indicadores

Nombre del indicador	Criterio de aceptación
11. Cantidad de incidentes por señalización	Menor a 1 por mes
12. Relación hojas de seguridad- producto	Mayor al 99%
13. Porcentaje de colaboradores capacitados sobre importancia del control de sedimentos	Mayor al 90%
14. Cantidad de trampas construidas	Mayor a 6
15. Cantidad de incidentes por excavaciones	Menor a 2 por mes
16. Relación volumen de material excavado con volumen de material dispuesto adecuadamente	Mayor a 95%
17. Superficie de suelo no correspondiente	Menor a 5 m ²
18. Cantidad de incidentes por lavado	Menor a 1 por mes
19. Porcentaje de zonas impermeabilizadas	Mayor al 95%
20. Relación volúmenes de residuos producidos- volúmenes dispuestos adecuadamente	Mayor al 95%
21. Cantidad de productos almacenados fuera de la zona impermeabilizada	Menor a 1 por mes

**PROYECTO: PASO DESNIVEL ROTONDA DE LAS
GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39**

Ficha Técnica Indicadores

Nombre del indicador	Criterio de aceptación
22. Cantidad de incidentes por derrames	Menor a 1
23. Cantidad de trabajadores por cabina	Menor a 20
24. Cantidad de incidentes por consumo de agua potable	Menor a 1
25. Cantidad de equipos disponibles	Mayor a 2
26. Cantidad de incidentes en ductos	Menor a 1 por mes
27. Porcentaje de colaboradores capacitados en consumo de agua	Mayor al 90%
28. Cantidad de incidentes por reparación	Menor a 1
29. Cantidad de equipo disponible	Mayor a 2
30. Porcentaje de colaboradores capacitados sobre el manejo de desechos	Mayor al 90%
31. Cantidad de colaboradores por batería de separación de desechos	Menor a 25
32. Cantidad de colaboradores encargados del manejo de residuos	Mayor a 1

**PROYECTO: PASO DESNIVEL ROTONDA DE LAS
GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39**

Ficha Técnica Indicadores

Nombre del indicador	Criterio de aceptación
33. Porcentaje de áreas descubiertas	Menor al 5%
34. Relación madera inventariada- madera extraída	Mayor al 99%
35. Cantidad de reuniones comunales	Al menos 1 por mes
36. Porcentaje de trabajadores locales	Mayor al 50%
37. Porcentaje de zonas de riesgo señalizadas	Mayor al 95%
38. Cantidad de equipos de protección personal para visitantes	Mayor a 2
39. Porcentaje de vías reparadas	Mayor al 99%
40. Cantidad de incidentes en líneas de servicio	Menor a 1 por mes

Apéndice 10. Evidencias fotograficas del proyecto “Puente sobre el río Corobici” y “Construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces”



Fotografía 1. Costado norte del puente sobre el río Corobici



Fotografía 2. Zona de separación de desechos del proyecto sobre el río Corobici



Fotografía 3. Separación de desechos en el proyecto sobre el río Corobicí



Fotografía 4. Material para la atención de derrames del proyecto sobre el río Corobicí



Fotografía 5. Costado sur del puente sobre el río Corobicí



Fotografía 6. Material en ruta cercana al puente sobre el río Corobicí



Fotografía 7. Botiquín de emergencias del proyecto sobre el río Corobicí



Fotografía 8. Batería de reciclaje en el proyecto sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 9. Separación de desechos en el proyecto sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 10. Zona de corte de materiales en el proyecto sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 11. Construcción del intercambiador sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 12. Zona de almacenaje de desechos en el proyecto sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 13. Quebrada perteneciente al proyecto sobre la intersección de Bagaces



Fotografía 14. Botiquín de emergencias perteneciente al sobre la intersección de Bagaces

7 ANEXOS

Anexo 1. Ejemplos de metodologías para la cuantificación y valoración del impacto ambiental.

1. *Procedimientos matriciales*

Este tipo de procedimientos han sido ampliamente utilizados debido a que permiten la comparación de eventos aparentemente incomparables. Se basan en la confección de matrices donde se coloca: un listado horizontal de las actividades de un proyecto y un listado vertical de parámetros ambientales. Posteriormente las posibles relaciones de causa y efecto se pueden identificar colocando una marca en la casilla de intersección correspondiente, dentro de la matriz (A. Ramos, 2004). Una vez identificados los impactos se pueden valorar mediante enjuiciamiento del equipo profesional o bien se puede utilizar otro tipo de metodologías.

La sencilla comprensión, su facilidad de utilización en diferentes fases y su capacidad de poder trabajar con diferentes niveles de información son ventajas inherentes de estos métodos. Sin embargo, presentan desventajas al ser comparado con otros métodos ya que no poseen mecanismos para destacar áreas de interés, son pocos selectivos, subjetivos al juicio del grupo de expertos y no permite visualizar la temporalidad de los impactos (Arboleda, 2008; García, 2004).

1.1 *Matriz de Leopold*

El primer intento para evaluar las implicaciones ambientales asociadas a la ejecución de grandes proyectos de infraestructura fue hecho en 1971 (Canter, 1998; Garmedia et al., 2005; A. Ramos, 2004; Velázquez, 2011) por el servicio Geológico de los Estados Unidos para la evaluación de una mina de fosfatos en California (Garmedia et al., 2005). El método presenta una lista de aproximadamente 100 acciones y 88 elementos ambientales; donde, cada elemento corresponde a una fila y cada acción a una columna que se relacionan mediante una matriz de 8 800 casillas (Canter, 1998; Garmedia et al., 2005). Posteriormente, se indica si hay una interacción -se señala con una línea diagonal-, se

coloca la magnitud de la alteración del factor ambiental en una escala del 1 al 10 con su respectivo signo positivo o negativo y se valora la importancia del impacto mediante una escala del 1 al 10 (García, 2004; Garmedia et al., 2005). El cálculo de la magnitud se realiza de forma objetiva mediante indicadores de impacto; sin embargo, para la importancia se usa el subjetivo juicio del grupo de expertos (Garmedia et al., 2005).

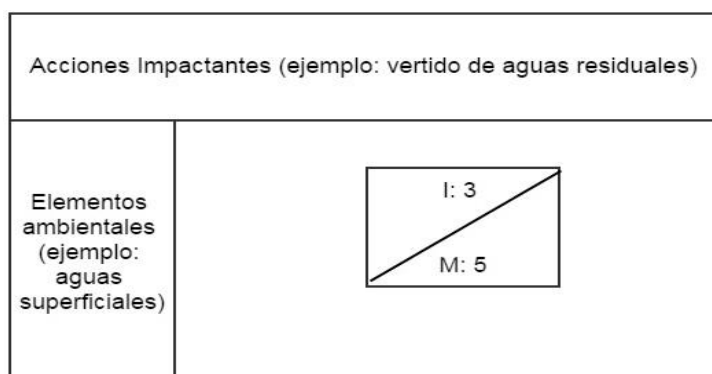


Figura 5: Ejemplificación de la matriz de Leopold. (Adaptado de Garmedia et al, 2005)

En la Figura 1, se muestra un ejemplo de la utilización de la matriz de Leopold donde la acción impactante constituye el vertido de aguas residuales y el elemento ambiental a ser impactado son las aguas superficiales. El grupo de expertos podría evaluar la magnitud del impacto por algún indicador como la DBO del agua a verter y su caudal. Por otra parte, la importancia podría ser evaluada por según criterios como: la importancia del río en términos de su grado de contaminación o el caudal que posee.

1.2 Matriz de MEL-ENEL

Este método fue desarrollado en Costa Rica y se presentó oficialmente por su autor, Manuel E. López, en noviembre de 1998, durante el Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Agüero, 2007). Algunas ventajas de aplicar esta técnica son: permite identificar los impactos directos e indirectos de forma sencilla, permite la priorización de impactos según relevancia y puede organizar de forma eficiente el trabajo de cada especialista (López, 2001). Por otra parte, algunas desventajas de utilizar el método son: restringe la valoración a un número máximo de quince impactos y no considera la variable costo beneficio (A. Ramos, 2004).

El método se basa en 6 etapas las cuales se describen a continuación:

- I. Desglose de acciones del proyecto: Para esta fase el equipo consultor debe reunirse con el encargado de desarrollar el proyecto y obtener toda la información necesaria para describir la actividad tanto en su fase constructiva como operativa. Luego el equipo multidisciplinario deberá reunirse y generar un listado de acciones de manera que exista consenso. Esta lista debe valorarse de forma que se hayan contemplado todas las acciones del proyecto y no se repitan acciones. Además es necesario la construcción de una tabla resumen.
- II. Desglose de factores ambientales: En esta fase el equipo deberá realizar una visita al área donde se plantea desarrollar el proyecto y tomar toda la información que considere importante. Posteriormente deberá realizar un listado de factores consensuado y procurando incluir todos los factores sin repetir. Se deberá construir un cuadro resumen.
- III. Matriz de identificación de impactos ambientales: se confeccionará una matriz máxima para condiciones críticas de 400 celdas ($M=20$ filas \times $N= 20$ columnas), donde N: son las acciones y M: los factores ambientales. Posteriormente el equipo evaluará si hay una interacción colocando números en forma ascendente, los cuales corresponden a impactos. Se deberá construir una tabla donde con cada número referido se indique el nombre del impacto, su signo y descripción (considerando impactos directos e indirectos).
- IV. Categorización por impactos genéricos: el equipo deberá reunirse y analizar los impactos de manera que se agrupen de forma genérica (se resumen).
- V. Evaluación de impactos genéricos: Se deberá evaluar cada uno de los impactos considerando los siguientes criterios: signo (positivo o negativo), magnitud, importancia, extensión, duración y reversibilidad. Se deberá elaborar un cuadro utilizando la escala (B): Bajo, (M): Moderado, (A): Alto. Por último se eliminan los impactos no significativos (aquellos que fueron evaluados como bajos en los 5 criterios o que en sólo 1 hayan obtenido el calificativo de moderado).

- VI. Priorización de impactos por significancia: en esta fase se confecciona una matriz I×I donde I representa el impacto genérico. Posteriormente se hace un análisis por cada pareja de casillas en la matriz utilizando los anteriores 5 criterios. Para esto, se debe repartir 100 puntos a cada impacto de la pareja. Se calcula el coeficiente de significancia relativa sumando el puntaje asignado a cada uno de los criterios y dividiendo entre 500. Luego, se coloca estos resultados en la matriz y se calcula el coeficiente de significancia relativo total, el cual se obtiene sumando todos los coeficientes de significancia parcial de la fila (suma acumulada) y dividiendo entre la sumatoria de las sumas acumuladas en forma vertical. Por último, se eliminan impactos con ponderación genérica menor al 40 % (López, 2001).

1.3 Matriz de importancia de impactos ambientales

Esta es una metodología de valoración cualitativa de impactos ambientales la cual se establece en la “*Guía para la elaboración de instrumentos de EIA*”, decreto 32966 y se aplica en el proceso de EIA de forma oficial en Costa Rica. Para ello es necesario la identificación de las acciones impactantes y los factores del ambiente posiblemente impactados.

Posterior a la identificación de factores ambientales y acciones impactantes. Se procede a medir la importancia de la acción impactante tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Signo: se refiere al efecto *beneficioso* (+) o *perjudicial* (-) de las distintas acciones que actúan sobre los distintos factores considerados. Además en algunos casos concretos, debidamente justificados y argumentados, se puede incluir un tercer carácter (*), que reflejaría efectos asociados con circunstancias externas a la actividad, de manera que solamente a través de un estudio global de todas ellas sería posible conocer su naturaleza dañina o beneficiosa.

- Intensidad (IN): se refiere al *grado de incidencia* de la acción sobre el factor, en el ámbito específico que actúa. La escala de valoración estará comprendida entre 1 y 12, en la que el 12 *expresará una destrucción* total del factor en el área en la que se produce el efecto (AP_{total}), y el 1 una afectación mínima.
- Extensión (EX): se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad. Para la valorización se considera si la acción produce un efecto muy localizado, por tanto el impacto tiene un carácter Puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8), considerando las situaciones intermedias, según su gradación, como impacto Parcial (2) y Extenso (4).
- Momento (MO): se refiere al plazo de manifestación del impacto y se explica mediante el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del efecto (t_j) sobre el factor /aspecto ambiental considerado. Este criterio se valora: cuando el tiempo transcurrido es inferior a un año se conoce como corto plazo y se asigna un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de 5 años, largo plazo, con valor asignado de (1).
- Persistencia: indica el tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medio naturales. Para valorar este criterio se considera si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, se considera que la acción produce un efecto fugaz y se asigna un valor (1). Si dura entre 1 y 5 años, temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 5 años, se considera el efecto como permanente asignándole un valor (4).

- Reversibilidad (RV): se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado como consecuencia de la acción acometida. Es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. La valorización considera: corto plazo -menos de un año- se le asigna un valor (1), si es a medio plazo, es decir un período que va de 1 a 5 años (2) y si el efecto es irreversible, o dura más de 5 años, se asigna el valor (4).
- Recuperabilidad (MC): describe la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida, es decir las posibilidades a retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana. La valorización considera si el efecto es totalmente recuperable, y si lo es de manera inmediata, se asigna un valor de 1, o un valor de 2, si lo es a mediano plazo, si la recuperación es parcial y el efecto es mitigable, toma un valor de 4; cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por acción natural como por la humana) se asigna el valor de 8. En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor será de 4.
- Sinergia (SI): considera el reforzamiento de dos o más efectos simples cuando actúan en forma simultánea. Cuando una acción no presenta sinergia con otra se considera un valor de 1, si el sinergismo es moderado un valor de 2 y cuando el sinergismo es alto un valor de 4. En caso de antagonismo – efecto contrario al sinergismo- de una acción impactante se considera un signo negativo.
- Acumulación (AC): este atributo da la idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Si una acción no produce efectos acumulativos se valora (1) y de lo contrario se valora (4).

- Efecto (EF): se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Se valoran los impactos directos asignándose (4) y los indirectos (1).
- Periodicidad (PR): representa la regularidad de manifestación del efecto. En la valoración se considera los efectos continuos se les asignándose un valor de 4, a los periódicos un valor de 2, y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, así como a los discontinuos un valor de 1.

A partir de estos criterios se realiza el cálculo de la importancia del impacto mediante la siguiente ecuación: $I = \pm [3 IN + 2 EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + MC]$ (ecuación 3). El cálculo presenta valores entre 13 y 100, dependiendo del valor que adquiera se considera su importancia. Por tanto, los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o sea, compatibles, o bien las medidas ambientales se contemplaron en el diseño del proyecto. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75. Al final se resume la valoración de la importancia en una matriz donde se coloca la acción impactante y el factor ambiental, siguiendo el formato Figura 3.

			ACCIONES IMPACTANTES					
			FASE DE CONSTRUCCIÓN					
Factores ambientales impactados			1	2	3	i...	...n	n+1
M E D I O	C o m p o n e n t e I		Acción 1	Acción 2	Acción 3	Acción i...	Acción n	Total Fase
		Factor 1						
		Factor 2						
		Factor p						
		Total Impacto Componente I						
C O N S I D E R A D O	C o m p o n e n t e m	Factor 1						
		Factor 2						
		Factor j				Elemento tipo ij		
		Factor q						
		Total Impacto Componente m						
Total impacto del medio								

Figura 6. Ejemplo para la construcción de la Matriz de Importancia de Impactos Ambientales. (Tomado del decreto 32966)

2. Método de Battelle Collumbus

A diferencia de otras formas de valoración de impactos que dependen del juicio del grupo evaluador, el método se considera cuantitativo y elimina parte de la subjetividad que caracteriza las evaluaciones (Wagh & Gujar, 2014). El procedimiento fue creado especialmente para la planificación y gestión del recurso hídrico en Estados Unidos; se puede aplicar tanto a proyectos como programas (García, 2004). La metodología se basa en una lista de indicadores de impacto con 78 factores ambientales que son divididos en 4 categorías (ecología, contaminación, aspectos estéticos y aspectos de interés humano) (García, 2004; Wagh & Gujar, 2014). Su aplicación busca la parametrización del impacto ambiental en unidades comensurables, para calcular posteriormente el impacto neto, el cual resulta de la resta de unidades la calidad del AP con y sin proyecto (Arboleda, 2008; García, 2004).

Algunas ventajas de este método corresponden: para cada parámetro se pueden ver las unidades de impacto ambiental y se pueden comparar resultados “con proyecto” y “sin proyecto”; además, se puede obtener el impacto global de proyectos y permite la

comparación de alternativas. No obstante, su principal desventaja consiste en que su aplicación se limita a proyectos de recursos hídricos (García, 2004).

A continuación se describen los pasos para la aplicación del método de Battelle-Colombus de acuerdo a lo establecido por Arboleda (2008):

a) *Bases del método*: El procedimiento está basado en cuatro grandes elementos, a saber:

Parámetros ambientales: El método original contiene una lista de 78 parámetros ambientales (parámetro igual a factor), agrupados en 18 componentes y cuatro grandes categorías.

Ponderación de los parámetros y la obtención del Índice Ponderal: En cualquier ambiente, algunos factores ambientales son más importantes que otros, ya sea por su productividad, su estado de conservación, etc. El índice ponderal es el mecanismo que permite reflejar esta importancia y se denominan Unidades de índice ponderal (UIP). El método original asigna unos pesos, que pueden ser modificadas por el grupo de evaluadores.

Expresión de los factores ambientales en unidades conmensurables (Calidad Ambiental - CA): Cada uno de los factores ambientales se expresa a través de unidades diferentes que hacen que no se puedan comparar entre ellos directamente (por ejemplo no se pueden comparar m³/s con ppm o con ha). Por lo tanto, cada uno de los factores se debe transformar a una misma forma de expresión que posibilite su comparación y para ello se utilizan las funciones de transformación, que expresan en iguales unidades las condiciones de calidad ambiental en que ellos se encuentran:

$$CA_i = f(M_i), \text{ donde}$$

CA_i = Calidad ambiental del factor i

M_i = Magnitud del factor i.

Expresión de los factores ambientales en unidades conmensurables ponderadas (Unidades de Importancia Ambiental - UIA): Al tener cada uno de los factores unidades conmensurables, se puede expresar la condición existente del factor ambiental, pero considerando el peso específico que dicho factor tiene en el medio afectado. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$UIA_i = CA_i \times UIP_i; \text{ donde:}$$

UIA_i = Unidades de Importancia Ambiental para el factor i

CA_i = Calidad ambiental del factor i

UIP_i = Unidades de índice ponderal para el factor i

b) Procedimiento para su aplicación.

1. Obtener los factores ambientales susceptibles de cambio y asignarles el UIP: Se deben seleccionar los factores ambientales que pueden ser afectados por el proyecto y calcular el Índice de Ponderación de cada uno de ellos. Estos factores ambientales corresponden a los FARI que se identificaron en la caracterización del ambiente.

2. Determinar el valor actual de cada uno de los factores seleccionados: Con base en los resultados de los estudios realizados en la descripción del ambiente, se determina el valor actual de factor en análisis, en las condiciones sin proyecto.

3. Predecir el valor que tomará cada parámetro considerando el proyecto: Es una estimación de los cambios que se pueden producir sobre cada uno de los factores seleccionados por efecto del proyecto, es decir, se debe estimar cual valor tomará el factor en el estado futuro con proyecto.

4. Transformar los valores de los parámetros en índices de Calidad Ambiental (CA): Se transforman los valores sin proyecto y con proyecto por medio de la función de transformación que se aplica a ese factor.

5. *Calcular las Unidades de Importancia Ambiental (UIA) con y sin proyecto:* Se multiplican los valores de Calidad Ambiental (CA) sin proyecto y con proyecto por el respectivo UIP.

6. *Obtener el impacto o cambio neto para cada factor ambiental:* Este cambio neto corresponde a la diferencia entre las UIA con proyecto y las UIA sin proyecto. Esta diferencia representa los cambios por causa del proyecto y equivalen al valor del impacto ambiental. Este cambio neto se puede presentar en unidades absolutas, en unidades relativas o porcentajes de cambio; tomando siempre como base las condiciones ambientales iniciales, o sea, las sin proyecto.

c) *Interpretación de los resultados:* Como las UIA son conmensurables, se pueden sumar los resultados obtenidos para encontrar el impacto por componentes, categorías o el impacto global del proyecto. Así mismo se pueden determinar los impactos críticos e inadmisibles, porque desborda un umbral específico. A estos impactos se les colocan banderas de alerta. También, se pueden ordenar los impactos de acuerdo con su importancia para efectos del plan de manejo.

3. Lógica difusa

El concepto de lógica difusa fue desarrollado en la Universidad de Bekerley, California y se ha aplicado en distintos campos de la Ingeniería (Zadeh, 1965). Su principal objetivo es la mecanización de la capacidad humana para razonar y tomar decisiones con datos y observaciones imprecisas, inexactas y parcialmente verdaderas (Ju & Yoo, 2012a). Esta herramienta se ha aplicado debido a su utilidad para el manejo de problemas que tienen alto grado de complejidad donde es difícil obtener conclusiones. La EIA generalmente involucra el análisis y toma de decisiones a partir de datos escasos y observaciones poco precisas; por tanto, algunos autores han utilizado esta metodología en sus evaluaciones (Bojórquez-Tapia, Juárez, & Cruz-Bello, 2002a; Ju & Yoo, 2012b; Valente, Ferreira, & Gomes, 2010).

La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es mayoritariamente de tipo lingüístico, en un lenguaje matemático a través de la teoría de

conjuntos difusos y funciones características asociados (Atencio, 2014). Para la aplicación de la metodología se distinguen 4 fases: la conversión al lenguaje difuso, la inferencia, la combinación y la transformación del lenguaje difuso a variables lingüísticas (Bojórquez-Tapia, Juárez, & Cruz-Bello, 2002b).

La principal ventaja de la aplicación del método es que permite manejar la subjetividad intrínseca de proceso de EIA. Sin embargo, su aplicación puede resultar compleja para ciertos consultores ambientales debido al nivel de abstracción requerido. Para conocer más sobre la aplicación de la metodología de lógica difusa en la cuantificación y evaluación de impactos ambientales se recomienda revisar lo publicado por Shephard (2005).

Anexo 2. Ejemplo de legislación ambiental aplicable en Costa Rica

Cuadro 2. Legislación ambiental aplicable en Costa Rica.

Legislación ambiental en Costa Rica	
Reglamentación General	<ol style="list-style-type: none">1.Ley Orgánica del Ambiente2.Ley Orgánica del Ministerio de Salud3.Ley Orgánica del Ministerio de Agricultura y Ganadería4.Ley General del Servicio Nacional de Salud Animal5.Ley de Patrimonio Arqueológico6.Ley de Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica7.Reglamento de Procedimientos del Tribunal Ambiental Administrativo8.Reglamento General del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones9.Decreto que designa al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) como autoridad administrativa10.Decreto de Plan de Ordenamiento Ambiental Nacional11.Convenio Constitutivo de la Comisión Interparlamentaria Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CICAD)
Legislación de Aguas	<ol style="list-style-type: none">12.Ley de Aguas13.Ley General de Agua Potable14.Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados15.Ley de Creación del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento16.Reglamento de Aprobación y Operación de Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales17.Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales18.Reglamento para la Calidad del Agua Potable19.Reglamento de Perforación y Exploración de Aguas Subterráneas20.Reglamento de Creación de Canon Ambiental por Vertidos21.Normas de ubicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales22.Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales23.Reglamento sectorial para la Regulación de los Servicios de Acueductos y Alcantarillado Sanitario24.Reglamento para el Manejo de Lodos Procedentes de Tanques Sépticos25.Reglamento sobre servicios sanitarios en zonas agrícolas
Legislación de biodiversidad	<ol style="list-style-type: none">26.Ley de Biodiversidad27.Aprobación de la Convención relativa a los Humedales de importancia internacional28.Normas Generales para el Acceso a los Elementos y Recursos Genéticos y Bioquímicos de la Biodiversidad29.Ley de Vida Silvestre30.Ley 7524 Creación del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste31.Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre32.Convención sobre la Diversidad Biológica, Río de Janeiro, 05.06.9233.Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. Washington, 03.03.73, Enmendada en Bonn, 22.06.79.35.Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, 36.Específicamente como Hábitat de Áreas Acuáticas (RAMSAR), 2.02.71.37.Convención de Naciones Unidas para Combatir la Desertificación en Países con Sequías Severas y/o Desertificación, Particularmente en África. París, 17.10.94.38.Convención de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar. Montego Bay, 10 de Diciembre de 198239.Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural. París, 23 de noviembre de 1972.40.Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias en América Central. Managua, 5 de Junio de 199241.Convenio para el Manejo y la Conservación de los Ecosistemas Naturales, Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales Guatemala, 29 de octubre de 1993.42.Convención de Cartagena para la Protección y Desarrollo del Medio Marino De la Región del Gran Caribe43.Protocolo relativo a la cooperación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del Gran Caribe

Continuación. Cuadro2

Legislación ambiental en Costa Rica	
Legislación Forestal	44.Ley Forestal 45.Aprobación del Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de 46.Plantaciones Forestales 47.Reglamento a la Ley Forestal
Legislación de suelos	48.Ley de Uso y Conservación de Suelos 49.Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos
Legislación de contaminación atmosférica	50.Ley de Cercas Divisorias y Quemadas 51.Convenio Centroamericano sobre Cambios Climáticos (Guatemala, 1993) 52.Convenio 148 sobre la Protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo 53.Ley 7520 Aprobación del Acuerdo Regional sobre movimiento transfronterizo de desechos peligrosos 54.Reglamento para el control y revisión técnica de las emisiones de gases contaminantes producidas por vehículos automotores 55.Reglamento para el control de contaminación por ruido 56.Reglamento de requisitos, condiciones y controles para la utilización de combustibles alternos en los hornos cementeros 57.Reglamento procedimiento para la medición de ruido 58.Reglamento sobre inmisión de contaminantes atmosféricos 59.Reglamento sobre emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas 60.Reglamento para quemas agrícolas controladas 61.Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Nueva York, 09.05.92. 62.Protocolo de Kyoto a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Kyoto, 11.12.97. 63.Convención de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Viena, 22 de Marzo de 1985. 64.Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.
Legislación sobre recursos mineros	65.Código de Minería 66.Reglamento al Código de Minería 67.Ley para declarar a Costa Rica país libre de minería metálica a cielo abierto

Continuación. Cuadro 2

Legislación ambiental en Costa Rica

Legislación sobre residuos sólidos ordinarios y peligrosos	<p>68.Reglamento sobre Registro, uso y control de plaguicidas agrícolas y coadyuvantes</p> <p>69.Reglamento de Registro y Control de Productos Peligrosos</p> <p>Norma RTCR 321:1998 Registro y examinación de equipos de aplicación de sustancias químicas, biológicas, bioquímicas o afines a cualquiera de los anteriores de uso agrícola.</p> <p>Reglamento N.o 27037-MAG-MEIC</p> <p>70.Reglamento para el transporte sin riesgo de mercancías peligrosas por vía aérea (RAC 18/o)</p> <p>71.Reglamento técnico de límites máximos permitidos para residuos tóxicos y recuento microbiótico para los productos y subproductos de la pesca, para el consumo humano</p> <p>72.Reglamento para el manejo de los desechos peligrosos industriales</p> <p>73.Reglamento sobre llantas de desecho</p> <p>74.Reglamento sobre el manejo de basuras</p> <p>75.Reglamento sobre rellenos sanitarios</p> <p>76.Ley para la gestión integral de residuos sólidos</p> <p>77.Reglamento sobre la gestión de los desechos infectocontagiosos que se generan en establecimientos que presten atención a la salud y afines</p> <p>78.Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales</p> <p>79.Reglamento sobre valores guías en suelo para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames</p> <p>80.Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Estocolmo, 22.05.01</p> <p>81.Convención para el procedimiento del consentimiento informado previo de ciertos productos químicos peligrosos y plaguicidas en el Comercio Internacional, Rotterdam, 1998</p> <p>82.Convención de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos peligrosos y su Eliminación. Basilea, 22.03.89</p> <p>83.Protocolo de Basilea sobre la Responsabilidad y Compensación por Daño Resultante de Movimientos Transfronterizos de sustancias peligrosas y su Eliminación. Basilea, 10.12.99</p> <p>84.Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad a la Convención sobre la Diversidad Biológica Montreal, 29 de enero de 2000</p> <p>85.Acuerdo Regional sobre el Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos Panamá, 11 de Diciembre de 1992</p>
Legislación sobre evaluación de impacto ambiental	<p>87.Reglamento General sobre los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental</p> <p>88.Reglamento de Organización de la Estructura Interna de Funcionamiento de la SETENA</p> <p>89.Reglamento de fijación de tarifas de servicios brindados por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental</p> <p>90.Guía para la elaboración de instrumentos de EIA</p> <p>91.Código de Buenas Prácticas Ambientales</p> <p>92.Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo Espoo, Finlandia, 25.02.91.</p>

Anexo 3. Medidas Ambientales propuestas en los expedientes para los proyectos: “Puente sobre el río Corobicí” y “Diseño y construcción del paso a desnivel en la ruta nacional N° 1 en la intersección de Bagaces”

- ✓ Instalar vallas para sedimentación.
- ✓ Abrir canales temporales corta corriente, de modo que se disminuya la velocidad y capacidad de arrastre del flujo de escorrentía.
- ✓ Sembrar vegetación en las áreas descubiertas.
- ✓ Crear sistemas de drenaje para desviar el agua en la corona de los taludes.
- ✓ Sembrar vegetación de amarre en los taludes existentes.
- ✓ Regular la velocidad de las vagonetas en las áreas de trabajo.
- ✓ Aplicar riego periódicamente de acuerdo a las condiciones del viento y la radiación solar.
- ✓ Cubrir con plástico apilamientos de tierra.
- ✓ Identificar y señalar zonas de riesgo tales como zanjas, huecos mediante cintas alusivas.
- ✓ Prohibir el lavado de maquinaria en cursos de agua.
- ✓ Prohibir actividades de reparación dentro del AP.
- ✓ Prohibir la extracción de especies de la zona.