

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL COMO INSUMO PARA LA EVALUACIÓN MULTIASPECTO DE PROYECTOS DEL PORTAFOLIO DE OPCIONES DE ISAGEN

Ana Victoria Ayala R.¹

RESUMEN

ISAGEN diseñó y aplicó una metodología multiaspecto para calificar y comparar proyectos de un portafolio de opciones de generación eléctrica. Se desarrolló a partir de una visión holística integrando información multidisciplinaria de aspectos económicos, ambientales y técnicos, para calificar alternativas con base en la suma ponderada de los valores obtenidos para los diferentes aspectos considerados.

En este documento se presenta, en forma general, el procedimiento adoptado para la formulación de los indicadores y factores de ponderación de las variables correspondientes a las dimensiones física, biótica y social, del aspecto ambiental. El trabajo de investigación, selección y calificación de las variables fue desarrollado por un grupo interdisciplinario de profesionales experimentados en la evaluación ambiental de proyectos.

La integración de las tres dimensiones (física, biótica y social) arrojó una jerarquización de proyectos basada en consideraciones ambientales que finalmente se articuló con las respectivas valoraciones de los aspectos técnicos y económicos. En general, los resultados obtenidos en cada dimensión, coincidieron con la jerarquización de proyectos basada en “concepto de experto” previa a la aplicación del método.

En síntesis, se observó que la técnica es de gran utilidad para realizar comparaciones y clasificaciones generales por cuanto permite aprovechar información de características muy disímiles e incluir supuestos o artificios metodológicos modificables que reflejen la estructura de preferencias del agente decisor en un momento dado.

PALABRAS CLAVE: Procedimiento, Ambiente, Clasificación, Proyectos de Generación Eléctrica

ABSTRACT

ISAGEN designed and applied a multi-aspect methodology to classify and compare projects of the company's electricity generation options portfolio. It was developed from a holistic vision, integrating multidisciplinary information from the economic, environmental and technical aspects. This helped to classify the alternatives based on the sum of the values obtained for the different considered aspects.

This document presents, in general form, the procedure adopted for the index formulation and selection of factors including the variables corresponding to the sub-aspects (or environmental dimensions) physical, biotic and social. The investigation's work, selection and classification of the variables was developed by an interdisciplinary group of experimented professionals in the environmental evaluation of projects.

The integration of the three sub-aspects (physical, biotic and social) resulted in a hierarchy of projects based on environmental considerations, which were finally articulated with the respective values obtained from the technical and economical aspects. In general, the results obtained in each sub-aspect agreed with the hierarchy of projects based on an “expert's concept” previous to the method's application.

In synthesis, it was observed that this technique is of great utility to make comparisons and general classifications because it allows you to take advantage of information with different characteristics and include assumptions or artificial modifiable methodological items that reflect the structure of the deciding agent's preferences at any given time.

KEY WORDS: Procedures, Environment, Classification, Power Generation Projects.

¹ *Bióloga, Analista Profesional del Equipo Ambiental de ISAGEN. E-mail: aayala@isagen.com.co*

1. INTRODUCCIÓN

ISAGEN es una empresa de servicios públicos generadora y comercializadora de energía. En procura de optimizar su proceso de escogencia de proyectos eléctricos se propuso desarrollar una metodología adecuada a sus necesidades aplicando la técnica de análisis multiaspecto, en donde se incluyeran los aspectos técnicos (información, infraestructura, tipo de proyecto, tipo de esquema, plazo de ejecución, equipos electromecánicos), económicos (de costos, comerciales, financieros) y ambientales (subaspectos o dimensiones física, biótica y social) de los proyectos, en sus diferentes fases de estudio.

Para lograr la unificación en el manejo de la información fue necesario recurrir al uso de indicadores que arrojasen resultados de fácil comprensión para el decisor, y que le permitieran modificar la importancia asignada a cada aspecto o alguna variable en particular.

A continuación se resume la metodología desarrollada, que aparece en los siguientes documentos:

1. ISAGEN, 1999. Portafolio de Proyectos. Primera Fase: Calificación y comparación de proyectos y Portafolio de Proyectos. Gerencia de Proyectos y Comercialización de Energía, Dirección Ingeniería y Ambiental. Medellín. Documento C8-940-002-00-1999-I
2. ISAGEN, 1999. Metodología de Evaluación Multiaspecto de los proyectos del portafolio de opciones. Gerencia de Proyectos y Comercialización de Energía, Dirección Ingeniería y Ambiental. Medellín. Documento C8-940-002-00-1999-1, 75-122 y anexo biótico.
3. Archivos Fase II y Fichas técnicas ambientales.

2. METODOLOGÍA AMBIENTAL PARA ORDENAMIENTO DE PROYECTOS

Para facilitar el mantenimiento (verificación, revisión, actualización de calificaciones) del portafolio de opciones, los aspectos se desagregaron en subaspectos o dimensiones, con sus respectivas variables (Tabla 1) e indicadores.

TABLA 1. DESAGREGACIÓN DE ASPECTOS A EVALUAR EN LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS DEL PORTAFOLIO DE OPCIONES

Aspectos del proyecto	Dimensiones	Variables
Económico	Costos	Costo índice de instalación, confiabilidad suministro de combustible, etc.
	Comercial	Tarifas, factor de utilización de la planta dentro del sistema colombiano, etc.
	Financiero	Tasa Interna de Retorno, financiabilidad, etc.
Técnico	Tipo de Proyecto	Estudios hidrológicos, posibilidades de regulación, etc.
	Infraestructura, etc.	Campamentos, vías de acceso, etc.
Ambiental	Física	Aire, Agua y Suelo
	Biótica	Biota terrestre (Bioterr), Biota acuática (Bioacua) Otros (Biotros); Complejidad biótica
	Social	Zona a inundar, Estructura productiva impactada
		Empleo desplazado, Infraestructura social afectada, Infraestructura asociada, Características de la población afectada, Arqueológico a afectar e Histórico a afectar

La metodología adoptada para desarrollar el análisis del Aspecto Ambiental estuvo compuesta por los siguientes pasos :

1. Recopilación y organización de información ambiental de proyectos básicamente en su fase de desarrollo más reciente.

2. Elaboración de fichas de información técnica ambiental por proyecto.
3. Definición de criterios y reglas de evaluación generales (ambiental) y particulares (por dimensión: física, biótica y social).

4. Evaluación de cada proyecto por dimensiones. Clasificación y calificación. Selección y aplicación de criterios de ponderación.
5. Comparación entre proyectos (llevados a la "misma" escala de evaluación). La calificación del Aspecto Ambiental fue el promedio de las calificaciones de las dimensiones.

6. Ordenación ambiental de proyectos, para ser incorporada a la evaluación multiaspecto (integrándola con los aspectos Técnico y Económico) y al análisis de robustez de la evaluación general.

Para el aspecto ambiental se definió el esquema de desagregación (Dimensión-Variable-Indicador) (Tabla 2)

TABLA 2. DESAGREGACIÓN DEL ASPECTO AMBIENTAL Y PESO DE SUS VARIABLES E INDICADORES (la relación de pesos de indicadores sociales se muestra en la tabla 7).

DIMENSION	VARIABLE	PESO (%) DE LA VARIABLE (%)		INDICADOR	PESO DEL INDICADOR (%)	
		HIDROELECTRICOS	TERMICOS		HIDROELECTRICOS	TERMICOS
Física	Agua	50	30	Sensibilidad	40	35
				Alteración o perturbación	20	30
				Características del proyecto	40	35
	Aire	20	50	Sensibilidad	20	50
				Características del proyecto	80	50
	Suelo	30	20	Sensibilidad	50	50
Características del proyecto				50	50	
Biótica	Complejidad biótica	100		Biota terrestre (Bioterr)	30	
				Biota acuática (Bioacua)	30	
				y Otros (Biotros)	40	
Social	Zona inundada	12		Cabecera municipal		
				Núcleo poblado		
				Población dispersa		
	Estructura productiva impactada	13		Campešina		
				De medianos productores		
				Industrial o Agroindustrial		
	Empleo desplazado	12		De trabajadores asalariados		
				De jornaleros		
				De mano de obra familiar		
	Infraestructura social y de servicios	13		Deficiente		
				Suficiente		
	Infraestructura afectada	12	Con incertidumbre de ser restituida Restituible en iguales o mejores condiciones			
	Características culturales población afectada	13		Minorías étnicas		
				Comunidades campesinas		
				Comunidades de colonos		
Arqueológico a afectar	12		Parques arqueológicos			
			Zonas de alto potencial arqueológico			
			Sitios Arqueológicos con características excepcionales			
Histórico a afectar	13		Monumento nacional			
			Monumentos Departamental			
			Patrimonio municipal			

A continuación se resumen las variables y reglas de calificación diseñadas y aplicadas para las diferentes dimensiones ambientales.

3. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO AMBIENTAL

3.1 Dimensión Física

El método se basó en la relación oferta-demanda ambiental, teniendo en cuenta tres variables fundamentales: agua, aire y suelo. Los indicadores planteados permiten estimar la capacidad del medio para resistir perturbaciones introduciendo las posibles demandas y exigencias del proyecto.

3.1.1 Variables

A continuación se incluye una breve definición de las variables correspondientes a la dimensión Física, describiendo los distintos elementos que se tuvieron en cuenta en cada una:

- **AGUA:** Esta variable indicó el estado final esperado, en términos de cantidad y calidad, de los cuerpos de agua que se verían afectados por la inserción del proyecto. Consideró propiedades como caudal, pendiente del lecho y características fisicoquímicas del agua. También, las demandas de los proyectos, como disminución de caudales, creación de lechos secos, deterioro de calidad de agua de los embalses, o calentamiento por sistemas de enfriamiento de una central térmica.
- **AIRE:** Definió la calidad del aire esperada en el área del proyecto considerando para ello las características de la zona como topografía, dirección del viento, localización de los asentamientos humanos respecto a la dirección predominante del viento, y las demandas ambientales del proyecto, en términos de emisión de contaminantes atmosféricos en su etapa operativa.
- **SUELO:** Definió el estado de los suelos de la zona en cuanto a estabilidad y presencia de procesos dinámicos que caractericen el área de influencia del proyecto, y prevé los posibles efectos que pueda generar la construcción de éste. Para la calificación de esta variable se tuvo en cuenta los usos del suelo, procesos erosivos y estabilidad en la zona del área de influencia, volúmenes necesarios de material de préstamo y volúmenes de

material sobrante. Adicionalmente, se consideró la destrucción o inutilización de suelos debido a la inundación del embalse así como a la instalación de plantas térmicas y de patios de cenizas.

Para evaluar y calificar las variables mencionadas, se establecieron los siguientes indicadores con sus respectivos factores de ponderación:

Los tres indicadores diseñados, fueron evaluados independientemente y llevados a una escala común de calificación.

Indicador «Sensibilidad»: concebido como la medida de la fragilidad o susceptibilidad de un medio específico ante la agresión de agentes externos. Fue una forma complementaria de expresar la oferta ambiental en la zona del proyecto, apoyada en las características hidrológicas, climatológicas y geológicas de sus áreas de influencia. A mayor sensibilidad, correspondería una menor oferta ambiental y por ende una peor calificación en este indicador.

Para la variable «Agua» la sensibilidad se estableció según las posibilidades de recuperación, con base en la relación pendiente-caudal: la sensibilidad sería alta cuando se presentasen cauces de poca capacidad de recuperación, es decir de poca pendiente. Se consideró que para cualquier índice de calidad de agua (ICA, estimado con base en Oxígeno Disuelto, coli fecal, pH, sólidos totales, turbiedad, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno 5, Nitrógeno total, fósforo total), a una baja capacidad de autodepuración del río le corresponde una alta sensibilidad. La calificación alta, también se otorgó a aquellos proyectos con información inadecuada para calcular el ICA.

Para la variable «Aire» la sensibilidad se estableció de acuerdo con las condiciones existentes que permitieran evaluar la capacidad de asimilación y dispersión de nuevos contaminantes. La sensibilidad se calificó entre alta (zonas altamente contaminadas o zonas con topografía encañonada, muy baja dispersión de contaminantes aunada la presencia de asentamientos humanos en la dirección predominante de los vientos) y baja (buena calidad del aire, con topografía plana, ausencia de asentamientos humanos en la dirección predominante del viento).

Para la variable «Suelo» el grado de sensibilidad se

asignó según las características de las laderas (meteorización, fallas erosión, etc.).

Indicador «Alteración o Perturbación»: Consideró las condiciones preexistentes en el área de influencia del proyecto, en lo referente a usos del agua de las corrientes afluentes al embalse o aguas abajo de la presa en los tramos de caudal disminuido.

Indicador «Características del proyecto»: calificó las características propias del proyecto, que permiten determinar, en forma muy general, sus demandas ambientales e indicar la importancia del impacto que generaría.

Para la variable «Agua». En hidroeléctricos se consideraron Relación de caudales disminuidos, longitud de cauces con lechos disminuidos y potencial de eutrofización o hipoxia del embalse: los cuales se calificaron separadamente y se agregaron como un indicador total denominado Características del Proyecto para Hidroeléctricas.

En el caso de las térmicas, se consideró el incremento de temperatura por aporte de aguas industriales como el factor más importante de evaluación, (peor calificación para sistema de enfriamiento abierto con caudal receptor

bajo, y mejor calificación, para un sistema de enfriamiento cerrado).

Para la variable «Aire» se realizó la comparación de proyectos hidroeléctricos y térmicos por la afectación de la calidad del aire en la etapa de operación: asignando a los primeros la mejor calificación. Para los térmicos se evaluaron y compararon los combustibles usados (que determinan los kilogramos emitidos por hora), asignando la mejor calificación a aquel proyecto con menor emisión de materiales sólidos y gaseosos.

Para la variable «Suelo» la calificación de los proyectos se hizo evaluando la susceptibilidad a los deslizamientos de las diferentes zonas donde se construirán las obras del proyecto, unido a una evaluación porcentual de la importancia de la obra misma, en cuanto potencializadora de deslizamientos. Para cada tipo de obra, se evaluó la extensión e importancia del área afectada y se calificó su susceptibilidad, para luego obtener un promedio ponderado para el proyecto.

A continuación se presenta un resumen de las expresiones y factores de ponderación utilizados en la calificación de las variables del componente físico (Tabla 3).

TABLA 3. EXPRESIONES Y FACTORES DE PONDERACIÓN USADOS EN LA CALIFICACIÓN DE LA DIMENSIÓN FÍSICA

Variables Físicas	Calificación de la variable a partir de indicadores
Agua (A)	$A = \text{Sensibilidad} \times (p)^* + \text{Alteración} \times (p) + \text{Características del proyecto} \times (p)$
Aire (Ai)	$Ai = \text{Sensibilidad} \times (p) + \text{Características del proyecto} \times (p)$
Suelo (S)	$S = \text{Sensibilidad} \times (p) + \text{Características del proyecto} \times (p)$

*: "p" es el factor de ponderación asignado a cada indicador para calificar cada variable.

FACTORES DE PONDERACIÓN

Variable	Factor de ponderación de variables (Fp) (%)		Indicadores	Factor de ponderación de indicadores (fp) (%)	
	Térmicos	Hidroeléctricos		Térmicos	Hidroeléctricos
AGUA (A)	30	50	Sensibilidad	35	40
			Perturbación	30	20
			Características proyecto	35	40
AIRE (Ai)	50	20	Sensibilidad	50	20
			Características proyecto	50	80
SUELO (S)	20	30	Sensibilidad	50	50
			Características proyecto	50	50

La expresión final para calificar la dimensión física fue la siguiente:

$$CF = A \times Fpa + Ai \times Fpai + S \times Fps$$

CF = Calificación de la dimensión física
A = Calificación de la variable agua
Fpa = Factor de ponderación de la variable agua según tipo de proyecto
Ai = Calificación de la variable aire
Fpai = Factor de ponderación de la variable aire, según tipo de proyecto
S = Calificación de la variable suelo
Fps = Factor de ponderación de la variable suelo, según tipo de proyecto

3.2. Dimensión Biótica

La evaluación y comparación de la afectación de la Biota, se realizó en referencia a la «Complejidad Biótica» asociada a los proyectos del portafolio; las características de los insumos de información disponible para calcularla, hicieron necesario establecer diferencias metodológicas que se enuncian a continuación (Tablas 4 a 6).

3.2.1 Variables

COMPLEJIDAD BIÓTICA: hizo referencia al estado actual del entorno en función de varios conceptos ecológicos relacionados con la importancia de la biota existente en una region. A menor complejidad biótica, se considera que ocurre una menor afectación a la biota y el proyecto es mejor calificado.

Para Proyectos Hidroeléctricos de grandes dimensiones y capacidad de generación (más de 100 MW), que cuentan con mayor información que los proyectos pequeños del portafolio, la complejidad se evaluó con base en indicadores formulados a partir del *área afectada* (medida en hectáreas Ha) y de la *importancia* de la biota presente en los distintos ecosistemas terrestres, acuáticos y de transición o ecotonos, que se verán afectados (Tablas 4 y 5).

Para los Proyectos Hidroeléctricos “pequeños” o que inundan menos de 100 ha, la complejidad biótica se evaluó con indicadores definidos a partir de conceptos de experto incorporando ideas de: naturalidad, biodiversidad, rareza, carácter estratégico, etc., e incluyendo en lo posible elementos relacionados con fuentes de riesgo y de agentes alterógenos, grado de presión sobre el ecosistema, recuperabilidad, etc.

En el caso de las térmicas, fue necesario incluir en los indicadores el *Tipo de combustible* y el *Sistema de enfriamiento*, en lugar de *Área afectada*. Se tomaron las dos opciones más frecuentes de combustible: *gas* y *carbón*, asumiendo que las térmicas a gas son más impactantes que las de gas. En cuanto al Sistema básico de enfriamiento se consideraron los dos más usados actualmente: *Enfriamiento a circulación abierta*, con mayor peligro de polución térmica, y *Enfriamiento a circulación “cerrada”*, que causa menor efecto sobre la biota (ver Tablas 4 y 6).

TABLA 4. RESUMEN DE LA FORMA DE EVALUAR LA BIOTA AFECTADA POR PROYECTOS ENERGÉTICOS DEL PORTAFOLIO DE OPCIONES

Biota Proyecto Hidroeléctricos BP _H	<ul style="list-style-type: none"> • “grandes”:
	$BP_H = \sum \left[HaBioterr_H \times 0.3 + HaBioacua_H \times 0.3 + HaBiotros_H \times 0.4 \right]$
Biota Proyectos Térmicos BP _T	<ul style="list-style-type: none"> • “Pequeños”:
	Criterio de experto en función de conceptos de integralidad ecológica. $BP_T = \sum \left[Bioterr_T \times 0.3 + Bioacua_T \times 0.3 + Biotros_T \times 0.4 \right]$

3.2.2 Indicadores (Ver Tablas 5 y 6)

Bioterr Indica la biota terrestre afectada. A se refiere al área impactada por el proyecto, e I , a la importancia del "valor" o "cualidad" ecológica considerada tanto para biota terrestre, acuática y "otra" o de transición. En térmicas se obvió el Área.

Bioacua. Indica la biota acuática perdida de acuerdo con el área A y con la "Importancia" I de cada tipo de sistema considerado.

Biotros. Indica la evaluación de la pérdida de la biota de acuerdo al área A y a la "Importancia" I de cada tipo de sistema considerado.

Tipo de combustible. Se tomaron solo dos configuraciones muy frecuentes en la utilización de combustible en centrales térmicas: a gas y Central a carbón. Se asume menor impacto sobre la biota en los proyectos a gas.

Sistema básico de enfriamiento. Se tomaron en cuenta dos sistemas: Enfriamiento a circulación abierta, con mayor peligro de polución térmica porque el agua no se recicla y, Enfriamiento a circulación "cerrada", en donde la utilización del agua en las torres húmedas y secas causa menor efecto deletéreo sobre la biota que el primero.

TABLA 5. VALOR DE IMPORTANCIA (I_n) E INDICADORES BIÓTICOS PARA PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS DE MÁS DE 100 MW

n	Importancia (I_n)	Valor de I_n	Forma del Indicador	p
1	Vegetación nativa climax no intervenida	50	$Bioterr_H = \sum (A_n \times I_n)$	0.3
2	Vegetación intervenida en estado sucesional avanzado	30		
3	Vegetación intervenida en estado sucesional intermedio	15		
4	Vegetación intervenida en estado sucesional temprano o inicial	5		
1	Rio	20	$Bioacua_H = \sum (A_n \times I_n)$	0.3
2	Ciénaga	25		
3	Lagunas	20		
4	Embalse	2		
5	Costas/praderas marinas	8		
6	Arrecife	25		
1	Manglar	30	$Biotros_H = \sum (A_n \times I_n)$	0.4
2	Bosques inundables (varzeas)	20		
3	Formaciones Maderables Natal-Guandal	30		
4	Estuario	20		

Indicador - Fórmula	Significado
$Bioterr_H = \sum (A_n \times I_n)$	A_n área de interés en el tipo de vegetación n; I_n "importancia", dada para el tipo de vegetación n a alterar n Indica el tipo de vegetación
$Bioacua_H = \sum (A_n \times I_n)$	A_n área de interés en el tipo de humedal acuático n I_n "importancia", dada para el tipo de humedal acuático n alterado por un proyecto hidroeléctrico n tipo de humedal acuático
$Biotros_H = \sum (A_n \times I_n)$	A_n Área de interés en el tipo de humedal de transición n I_n "Importancia", dada para el tipo de humedal de transición n alterado por un proyecto hidroeléctrico n Indica el tipo de humedal

Con base en lo anterior, la complejidad biológica para Proyectos Hidroeléctricos de más de 100MW = BP_H , vendría dada por la siguiente expresión:

$$BP_H = \sum \left[Ha \text{ Bioterr}_H \times 0.3 + Ha \text{ Bioacua}_H \times 0.3 + Ha \text{ Biotros}_H \times 0.4 \right]$$

TABLA 6. INDICADORES BIÓTICOS PARA PROYECTOS TERMOELÉCTRICOS

n	Importancia (I_n)	Valor de I_n	Tipo de Combustible C		Sistema de Enfriamiento E		Forma del Indicador	Ponderación
			Gas	Carbón	Abierto	Cerrado		
a. 1	Vegetación nativa clímax no intervenida	50					$\text{Bioterr}_T = I_n + C + E$	0.3
b. 2	Vegetación intervenida en estado sucesional avanzado	30						
c. 3	Vegetación intervenida en estado sucesional intermedio	15	20	80	80	20		
d. 4	Vegetación intervenida en estado sucesional temprano o inicial	5						
e. 1	Río	20					$\text{Bioacua}_T = I_n + C + E$	0.3
f. 2	Ciénaga	25						
g. 3	Lagunas	20	20	80	80	20		
h. 4	Embalse	2						
i. 5	Costas/praderas marinas	8					$\text{Biotros}_T = I_n + C + E$	0.4
j. 6	Arrecife	25						
k. 1	Manglar	30						
l. 2	Bosques inundables (varzeas)	20						
m. 3	Formaciones Maderables Natal-Guandal	30	20	80	80	20		
n. 4	Estuario	20						

Indicador - Fórmula	Significado
$\text{Bioterr}_T = I_n + C + E$	I_n Importancia dada para la presencia de un valor o cualidad n, a influir por el proyecto;
$\text{Bioacua}_T = I_n + C + E$	C tipo de combustible y
$\text{Biotros}_T = I_n + C + E$	E, sistema de enfriamiento

Con base en lo anterior, la complejidad biótica para Proyectos termoelectrónicos vendría dada por la siguiente expresión:

$$BP_T = S[\text{Bioterr}_T \times 0.3 + \text{Bioacua}_T \times 0.3 + \text{Biotros}_T \times 0.4]$$

3.3 Dimensión Social

El método se diseñó identificando los elementos necesarios para evaluar y comparar la dimensión social de los proyectos, privilegiando aquellos que presentaren menor impacto social o aquellas cuyos impactos fueren más manejables. Esto se hizo con base en nueve variables fundamentales correspondientes a los componentes espacial, económico, demográfico, cultural y patrimonio.

Para la calificación se aplicaron conceptos como:

- La calificación para cada proyecto, se basó en el juicio de experto y de manera cualitativa, asignando valores desde Cero (peor calificación, que implicaría descartar el proyecto o induciría a modificar su esquema técnico), hasta 100 (que sería la calificación más alta posible, caso en el cual el proyecto no generaría impactos a nivel social)
- Para calificar cada una de las variables se asignó la calificación del indicador más crítico.

- Para asignar un orden general de elegibilidad de proyectos se usó éste artificio: la existencia de un impacto de menor gravedad en alguna de las variables sociales por un proyecto, matiza la mayor gravedad de otro en cualquiera de las demás variables.

3.3.1 Variables

ZONA A INUNDAR: La variable tuvo en cuenta el tipo y tamaño de zona poblada que sería inundada o de alguna forma afectada para y por el funcionamiento de un proyecto, hasta el punto de tener que desplazar a sus habitantes.

ESTRUCTURA PRODUCTIVA IMPACTADA: Ésta variable interpretó el tipo de estructura productiva (desde el punto de vista económico) de los grupos afectados por el proyecto, bien fuesen economías de medianos productores y economías industriales o agroindustriales.

EMPLEO DESPLAZADO: La variable consideró el tipo de fuentes de empleo afectadas (trabajadores asalariados, fuentes de empleo de jornaleros o fuentes de empleo de mano de obra familiar) y si eran o no restituibles en aquellos proyectos que inundasen áreas en las que se desarrollan actividades productivas industriales, agroindustriales, de economía campesina u otras.

INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE SERVICIOS: con ésta variable se procuró prever la suficiencia de la dotación de infraestructura de servicios y de provisión de bienes (equipamiento urbano de servicios como alcantarillado, gas, infraestructura educativa, hospitalaria, etc.) existente en la zona de recepción de población migrante. Se asumió que los efectos de la llegada de la población flotante serían peores en una población en la cual existiese un déficit previo de infraestructura.

INFRAESTRUCTURA AFECTADA: la variable se refirió a la infraestructura de uso colectivo que tuviese que ser desplazada (inundación de vías, puentes, escuelas, centros de salud, iglesias, redes de telefonía, antenas de telecomunicaciones, poliductos, etc.) o inhabilitada (obstaculización de rutas de vuelo, pistas de aterrizaje de aviones de fumigación, etc.) por efectos de la construcción u operación del proyecto.

CARACTERÍSTICA CULTURALES DE LA POBLACIÓN AFECTADA: La variable permitió

evaluar la presencia de impactos sobre comunidades étnicas (indígenas, negros y gitanos), comunidades campesinas con alto arraigo y sentido de pertenencia y comunidades de colonos.

ARQUEOLÓGICO A AFECTAR: Esta variable hizo alusión a la afectación que puede ejercer un proyecto sobre el patrimonio arqueológico y si tal afectación se realiza sobre parques arqueológicos, zonas declaradas de alto potencial o sitios arqueológicos con características excepcionales.

HISTÓRICO A AFECTAR: la variable tuvo en cuenta los monumentos y sitios históricos que por su valor cultural y su condición de no recuperable, tuviesen un valor simbólico especial para la ciudadanía (iglesias, casas ilustres, obras de ingeniería de valor histórico, etc.).

3.3.2 Indicadores

La asignación de pesos otorgada a cada indicador se hizo con base en criterios de vulnerabilidad a los efectos del impacto de cada indicador descrito (Ver Tabla 7).

Al calificar algunos indicadores, la asignación de un valor de cero (0), expresaría la incidencia de un impacto sobre componentes altamente vulnerables, lo cual afectaría la realización del proyecto o implicaría modificar sus características

Dado que no se contó con información de los órdenes de magnitud de los impactos en todos los proyectos, los indicadores hicieron referencia a las condiciones previas (o escenario sin proyecto), susceptibles de ser impactadas por el proyecto, no a la magnitud del impacto.

A continuación, se resumen los factores generales incluidos en cada indicador de las distintas variables:

Variable «Zona a inundar»

- **Cabecera municipal.** Se refiere al Sector urbano o el suelo de expansión del municipio.
- **Núcleo poblado.** Se refiere al conglomerado de casas de habitación ubicadas en los sectores rurales de los municipios que se congregan alrededor de un centro de servicios. Patrón de poblamiento lineal (alrededor de una vía o un río) o concéntrico.

- **Población Dispersa.** Se refiere a toda aquella población habitante de la zona de forma no contigua (fincas, parcelas, etc.).

Variable «Estructura Productiva afectada»

- **Estructura Productiva campesina.** Se definen como aquellas cuya producción está básicamente destinada al consumo doméstico, utiliza tecnologías rudimentarias, no genera excedentes para la comercialización y utiliza fundamentalmente mano de obra familiar.
- **Estructura Productiva de medianos productores.** Aquellas en las cuales la producción está destinada al consumo doméstico pero genera excedentes de comercialización y utiliza mano de obra por fuera de la esfera familiar, generalmente jornaleros.
- **Estructura Productiva industrial o agroindustrial.** Aquellas cuyo destino final de la producción es el mercado, se caracterizan por una alta tecnificación en el proceso productivo y por contar con fuerza de trabajo asalariada.

Variable «Fuentes de empleo desplazado»

- **Fuentes de empleo de trabajadores asalariados:** todas aquellas industrias, agroindustrias, comercios, etc. que emplean en la zona personal asalariado, sea éste calificado o no.
- **Fuentes de empleo de jornaleros.** Aquellas fuentes como fincas o empresas con presencia en la zona que emplean personal para labores no calificadas, contratándolo por día.
- **Fuentes de empleo de mano de obra familiar.** Fincas, comercios u otro tipo de fuente de empleo donde el personal que trabaja no recibe remuneración en dinero y está vinculado al propietario del negocio por vínculos de afinidad o consanguinidad.

Variable «Dotación de Infraestructura de poblados afectados»

- **Infraestructura deficiente.** Consideró que la infraestructura con que cuenta el poblado afectado es deficitaria y en consecuencia no es suficiente para atender las demandas de la población residente, haciendo aún

más crítica la situación en el caso de tener que atender la demanda adicional de los inmigrantes.

- **Infraestructura suficiente.** Consideró que la infraestructura con que cuenta el núcleo poblado fuese suficiente y sería fácil adecuarla a las necesidades impuestas por la nueva demanda de población inmigrante.

Variable «Infraestructura social afectada»

- **Infraestructura afectada con incertidumbre de ser restituida en condiciones semejantes.** Se refiere a aquella infraestructura que por razones económicas, técnicas o ambientales presenta algún inconveniente y, en consecuencia, su restitución implicaría dejar a la comunidad en condiciones deficitarias respecto a la misma.
- **Infraestructura afectada restituible en iguales condiciones.** Se refiere a aquella infraestructura que no presenta ningún tipo de impedimento técnico, económico o ambiental para ser restituida en condiciones semejantes o mejores a las de la infraestructura afectada.

Variable «Grupos culturales afectados»

- **Minorías étnicas.** Hace referencia tanto a la afectación del territorio de resguardo o de propiedad individual de comunidades indígenas y/o negras, bien sea porque se afecte su territorio de resguardo o de propiedad individual. Las comunidades gitanas, se tuvieron en cuenta a pesar de que la ley no las define dentro del rango de grupo étnico. No obstante, se evaluó su nivel de vulnerabilidad y se consideró que, dado el hecho de que estas comunidades tienen patrones culturales asociados al nomadismo, resultan ser menos vulnerables culturalmente a los efectos del desplazamiento, que las anteriores.
- **Comunidades campesinas.** Se refiere a aquellas de agricultores y pequeños ganaderos, que por lo general presentan altos niveles de arraigo y gran sentido de pertenencia. Tienen vínculos de parentesco con sus vecinos y relaciones sociales fuertes con la demás población del área. También se pueden considerar los pescadores y mineros artesanales, asociados a ecosistemas y territorios específicos.
- **Comunidades de colonos.** Se refiere a comunidades que han colonizado la zona, bien sea mediante procesos

de apertura de tierras, de compras o de tomas de tierras. Se caracterizan presentar menor grado de arraigo o sentido de pertenencia que las comunidades campesinas, su origen se remonta a otros lugares y sus parentelas se encuentran en otros sitios del territorio.

Variable «Patrimonio arqueológico afectado»

- **Parques arqueológicos.** Según lo define el Ministerio de la Cultura. Zonas de alto potencial arqueológico de acuerdo con las zonas declaradas por el Instituto Colombiano de Antropología.

- **Sitios Arqueológicos con características Excepcionales.** Según los define el Ministerio de la Cultura corresponden a aquellos monumentos declarados por el Instituto colombiano de Antropología.

Variable «Patrimonio Histórico Afectado»

Monumentos históricos nacionales y Monumentos Departamentales declarados por el departamento y patrimonio histórico municipal, declarados por el municipio.

TABLA 7. INDICADORES DE LAS VARIABLES APLICADAS PARA LOS DIFERENTES COMPONENTES SOCIALES EVALUADOS EN PROYECTOS DEL PORTAFOLIO

COMPONENTES	VARIABLES	INDICADORES	PESO
Espacial	Zona a inundar	Cabecera Municipal	0.0
		Núcleo poblado	0.5
		Población dispersa	0.9
Económico	Estructura productiva Impactada	Economías de auto consumo (campesinos, pescadores, mineros)	0.4
		Medianos productores	0.5
		Industria y Agroindustria	0.9
	Empleo desplazado	Asalariados	0.4
		Jornaleros	0.5
		Mano de obra familiar	0.9
Demográfico	Infraestructura social y de servicios	Delicitaria	0.4
		Suficiente	0.7
	Infraestructura afectada	Con incertidumbre de restitución en condiciones semejantes	0.4
		Restituible en iguales o mejores condiciones	0.8
Cultural	Característica culturales de la población afectada	Minoría Étnica	
		Comunidad Campesina	0.4
		Comunidad de Colonos	0.7
		Parques Arqueológicos	0.0
Patrimonio	Arqueológico a afectar	Zonas de alto potencial (declarados)	0.5
		Sitios Arqueológicos de características excepcionales	0.8
		Monumento nacional	0.0
	Histórico a afectar	Monumento departamental	0.5
		Monumento municipal	0.7

La fórmula final para calificar la dimensión social fue:

$$CS' = \left(\frac{\sum In}{8} \right) \times 100$$

Donde:

CS = Calificación Social

In = Valor del indicador más crítico (menor valor) de cada variable

8 = Número total de variables

4. CONCLUSIONES

- La metodología permitió proporcionar información del aspecto ambiental, referenciada y comparable con los demás aspectos del portafolio de opciones, con datos obtenidos a partir de variables cuidadosamente escogidas con un mínimo de arbitrariedad (así como la ponderación de dichas variables).
- La metodología de evaluación de características ambientales de proyectos eléctricos, se diseñó bajo características particulares como la base de información disímil, vg. la fuente de energía (hidroeléctricas y térmicas) y la fase de estudio (Reconocimiento, Prefactibilidad, Factibilidad y Diseño).
- El insumo de información de los proyectos estudiados está acorde con los requerimientos de la legislación ambiental vigente en el lapso en el que se estudiaron. La creación de Minambiente en 1993 marcó una rápida evolución de requerimientos legales reflejada en los proyectos más recientes.
- Las diferencias en información de los proyectos obligaron a una evaluación de factores ambientales más no de la importancia integral de los impactos (sinergias, efectos residuales, velocidad de ocurrencia, etc.), ni permitió calificar la escala de gravedad de dichos impactos.
- La metodología se diseñó para las necesidades de jerarquización de un portafolio de opciones y en la medida de lo posible procuró aproximarse a las características ambientales particulares de cada proyecto y disminuir el peligro de las generalizaciones. Sin embargo se hicieron obligatorias las generalizaciones, que fueron cotejadas con la percepción de los expertos.
- Para el desarrollo y aplicación de la metodología, se utilizaron artificios y supuestos como:
 - ✧ Simplificación de información
 - ✧ Las diferentes áreas de cada subaspecto o dimensión ambiental tienen una ponderación igual para todos los proyectos considerados
 - ✧ Las variables al interior de los subaspectos ambientales puedan ser evaluadas asignando porcentajes de ponderación iguales para dichos subaspectos.
 - ✧ Ante la carencia de una información sistematizada de referencia acerca de la magnitud de algunos impactos, simplemente se asumió comparativamente su gravedad respecto a las características de otros impactos.
 - ✧ El indicador «Relación de caudales disminuidos», usado en la metodología física, correspondería a un supuesto “caudal ecológico”, que se estima en forma general y sin considerar aspectos físicos y sociales que requieren análisis al respecto (inexistentes en la inmensa mayoría de proyectos).