

**METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN  
PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.**

**Presentado por:**

**LUZ ESTELLA VERA VILLAMIZAR**

**Director de proyecto: CONSUELO CASTILLO PERÉZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
ESPECIALIZACION GERENCIA DEL AMBIENTE  
BUCARAMANGA**

**2013**

**METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN  
PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.**

**Presentado por:**

**LUZ ESTELLA VERA VILLAMIZAR**

**MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA  
DEL AMBIENTE**

**Director de proyecto: ESP. CONSUELO CASTILLO PERÉZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS  
ESPECIALIZACION GERENCIA DEL AMBIENTE  
BUCARAMANGA**

**2013**

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN.....   | 9  |
| 1 OBJETIVOS .....   | 10 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL.....   | 10 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....   | 10 |
| 2 ANTECEDENTES .....  | 11 |
| 3 MARCO TEÓRICO .....   | 12 |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL.....   | 12 |
| 3.1.1 Plantas de generación eléctrica con turbina de vapor.....   | 12 |
| 3.1.2 Plantas de generación eléctrica con turbina gas .....   | 13 |
| 3.1.3 Plantas de generación hidroeléctrica .....  | 13 |
| 3.1.4 Estudios ambientales .....  | 14 |
| 3.1.5 Economía ambiental.....   | 16 |
| 3.1.6 Gerencia estratégica .....  | 18 |
| 3.1.7 Gerencia de proyectos .....   | 18 |
| 3.1.8 Enfoque del estudio .....   | 20 |
| 3.1.9 Gestión de estudio.....   | 20 |
| 3.2 MARCO LEGAL .....   | 21 |
| 4 METODOLOGÍA.....  | 23 |
| 5 FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE<br>DIAGNOSTICO AMBIENTAL EN PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA..... | 24 |
| 5.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL EN<br>PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA .....                | 24 |
| 5.1.1 Ámbito de aplicación .....  | 24 |
| 5.1.2 Actividades de planeación.....  | 24 |
| 5.1.3 Descripción del proyecto .....  | 25 |
| 5.1.4 Área de influencia directa e indirecta .....  | 25 |
| 5.1.5 Descripción línea base ambiental .....  | 25 |
| 5.1.6 Permisos ambientales menores.....   | 28 |
| 5.1.7 Evaluación ambiental .....  | 31 |
| 5.1.8 Análisis ambiental y medidas de gestión .....   | 35 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.1.9 | Aplicación de la metodología de diagnóstico ambiental para la planta de generación eléctrica de río Negro de Puerto Salgar, Cundinamarca. .... | 39 |
| 6     | CONCLUSIONES.....  | 40 |
| 7     | RECOMENDACIONES.....   | 41 |
|       | BIBLIOGRAFIA.....  | 42 |
|       | ANEXOS.....  | 45 |

### LISTA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Identificación de impactos ambientales .....  | 31 |
| Tabla 2. Matriz de resultados de impactos calificados .....  | 34 |
| Tabla 3. Ficha de gestión .....  | 35 |
| Tabla 4. Ficha de gestión 1. Manejo de comunidades silvestres .....  | 36 |
| Tabla 5. Ficha 2. Manejo de emisiones de gases efecto invernadero (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O) ..... | 37 |
| Tabla 6. Ficha de gestión 3. Manejo de recursos ícticos, hábitat acuáticos .....                             | 38 |
| Tabla 7. Criterios de evaluación .....   | 45 |
| Tabla 8 Calificación cualitativa de (I). .....   | 46 |

### LISTAS DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 1. Ciclo con turbina de vapor .....     | 12 |
| Gráfica 2. Turbina de gas en ciclo simple ..... | 13 |
| Gráfica 3. Central hidroeléctrica .....         | 14 |

### LISTA DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo A. Criterios de evaluación .....   | 45 |
| Anexo B. Calificación cualitativa .....  | 46 |
| Anexo C. Matriz de impactos ambientales .....  | 46 |
| Anexo D. Diagnóstico Ambiental para la planta de generación eléctrica del municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca ..... | 46 |

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN PLANTAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.  
**AUTOR(ES):** LUZ ESTELLA VERA VILLAMIZAR  
**FACULTAD:** Esp. en Gerencia del Ambiente  
**DIRECTOR(A):** CONSUELO CASTILLO PEREZ

### RESUMEN

Los estudios ambientales son una herramienta para la detección de problemas generados por la acción humana sobre el medio ambiente, estos estudios comprenden Diagnóstico Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental, Plan de Manejo Ambiental cada uno de ellos busca a través del análisis de actividades encontrar y mejorar las condiciones del medio ambiente intervenido. La forma de desarrollar un estudio ambiental es direccionada y regulada por el ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, existe una guía para la presentación de estudios ambientales esta es generalizada para su aplicación, el presente trabajo nos muestra la metodología para realizar un estudio de Diagnóstico Ambiental en proyectos relacionados con la generación eléctrica. La metodología se basa en la guía para la presentación de Estudios Ambientales desarrollada por el ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2010 y aplica para proyectos en cualquier etapa. La metodología para la elaboración de Diagnóstico ambiental al ser aplicada nos ayuda conocer el estado actual de los recursos naturales intervenidos por actividades específicas como las realizadas en hidroeléctricas, termoeléctricas y las plantas a base de carbón. Según la evaluación ambiental efectuada a las actividades desarrolladas por planta de generación eléctrica dentro de los principales impactos ambientales críticos o de mayor afectación al medio ambiente están; generación de gases efecto invernadero CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, alteración de comunidades silvestres y pérdida de ictiología de los ríos. Finalmente la metodología da pautas para el manejo de los impactos críticos identificados estructurados como fichas de gestión, estas proporcionan una complete información entre estrategias de implementación, presupuesto, cronograma, población beneficiada, responsable de ejecución, seguimiento y monitoreo de cada impacto y ayudan a prevenir, controlar, mitigar, corregir los efectos negativos causados por las actividades del proyecto.

### PALABRAS CLAVES:

Diagnóstico ambiental, hidroeléctricas, termoeléctricas, impacto ambiental, metodología, guía.

### V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS IN POWER GENERATION PLANTS.

**AUTHOR(S):** LUZ ESTELLA VERA VILLAMIZAR

**FACULTY:** Esp. en Gerencia del Ambiente

**DIRECTOR:** CONSUELO CASTILLO PEREZ

### **ABSTRACT**

Environmental studies are a tool for problems detecting generated by human action on the environment, these studies comprise environmental diagnosis and environmental management plan, each looking through analysis of activities fin and improve environmental conditions involved. The manner to develop an environmental study is directed y regulated by Ministry of Environment and Sustainable Development, there is a guide for the presentation of generally environmental for application, the present work shows the methodology to make a environmental diagnosis related projects electric generation. The methodology is based on the guide for submission of Environmental studies develops by the Ministry of Environment and Sustainable Development in 2010 and applies to any stage projects.

The methodology for the development of environmental diagnosis when applied helps to know the current status of natural resources operated by specific activities as those in hydroelectric, thermoelectric and cool-fired plants. According to the environmental assessment undertaken for the activities of electric generation plants. Within the main environmental impacts critical or greater damage to the communities are, generation of greenhouse CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O, alteration of wild communities and the loss ichthyology rivers.

Finally, the methodology provides guidelines for managing critical impacts identified as structured management sheets, these provide complete information between implementing action strategies, Budget, schedule, target population, responsible for implementing truant and monitoring of each impact and help prevent, control, mitigate, correct, the negative effects caused by the project activities.

### **KEYWORDS:**

Environmental studies, environmental impact, hydroelectric, thermoelectric, methodology, guide.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**



## INTRODUCCIÓN

EL presente trabajo desarrolla una metodología para la elaboración de Diagnóstico Ambiental específicamente aquellos proyectos que estén relacionados con generación de energía eléctrica; hidroeléctricas, termoeléctricas y plantas a base de carbón por no existir una guía o metodología exclusiva para este tipo de proyectos.

El objetivo de esta monografía fue elaborar una metodología para Diagnóstico Ambiental pero no generalizada, solo aplicara para proyectos de generación eléctrica además de contener línea base, evaluación ambiental y plan o estrategias de manejo ambiental.

La formulación de la metodología se describe en el capítulo 5, desarrolla de manera específica los pasos para realizar trabajo de campo, recolección de información primaria y secundaria de la situación actual del proyecto aplicando muestreos, encuestas, observación directa a los diferentes componentes ambientales. La evaluación de la situación descrita por los anteriores procesos se realiza para las plantas de generación eléctrica utiliza la matriz de calificación de impactos posteriormente con los impactos ya ponderados se efectúa la ficha de manejo dando indicaciones y estrategias para el tratamiento de afectaciones ambientales que pueden llegar a ser severas o críticas. Finalmente este capítulo muestra a manera de ejemplo la aplicación de un Diagnóstico Ambiental de una microcentral de generación eléctrica con el fin conocer la situación ambiental de la planta.

La metodología para la elaboración de Diagnóstico Ambiental es una herramienta que ayuda a investigadores y consultores a realizar de manera organizada y clara este tipo de estudio en cualquier etapa del proyecto de plantas de generación eléctrica.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Formular la metodología para la elaboración de diagnóstico ambiental en plantas de generación eléctrica.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Estructurar las especificaciones técnicas de un diagnóstico ambiental para plantas de generación eléctrica.
2. Evaluar los impactos ambientales significativos ocasionados por las plantas de generación eléctrica.
3. Analizar del uso adecuado e intervención de los recursos naturales y medidas de gestión ambiental.
4. Formular el diagnóstico ambiental para la planta de generación de energía Río Negro – Municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca.

## **2 ANTECEDENTES**

Los documentos o guías metodológicas desarrolladas para la elaboración de Diagnóstico Ambiental en Colombia están precedidos de los desarrollados por el antes Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2006, términos de referencia de Diagnóstico Ambiental de Alternativas para proyectos Lineales, aquellos proyectos relacionados con infraestructura, hidrocarburos, eléctricos, entre otros y proyectos Puntuales en los sectores de hidrocarburos e infraestructura.

Posteriormente, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2010, elaboró una Metodológica General para la presentación de Estudios Ambientales, esta guía comprende Estudios de Impacto Ambiental, Diagnóstico Ambiental, Planes de Manejo Ambiental, Plan de Abandono, Seguimiento y Contingencia, esta guía es generalizada para cualquier tipo de proyecto no es específica para proyectos de generación eléctrica.

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se hará una revisión de los tipos de plantas de generación eléctrica presentes en Colombia, actualmente se encuentran en funcionamiento plantas de generan energía a través de carbón mineral, gas natural e hidroeléctricas.

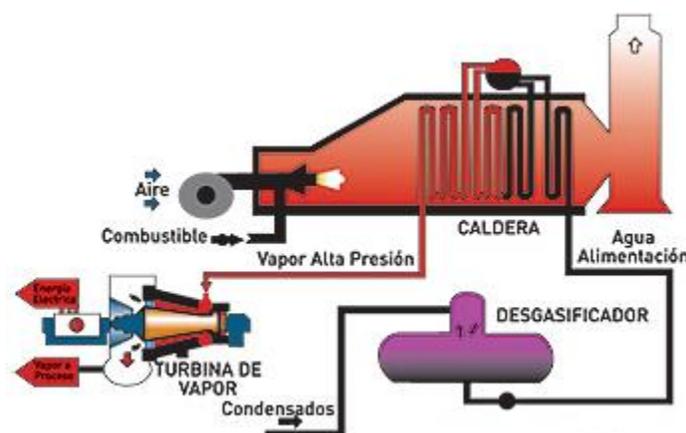
La generación eléctrica en Colombia es originada por diferentes procesos y cada uno de estos está ligado a determinadas variables ambientales, las plantas a base de energía hidráulica aportan el 81,2%, las que operan con gas 14,2% y a carbón 4,1% de la energía que se consume en Colombia (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2006).

A continuación se presenta la descripción de los procesos más comunes en plantas de generación de energía, enfocadas en los recursos que se usan para la generación.

##### 3.1.1 Plantas de generación eléctrica con turbina de vapor

El proceso empieza cuando al quemar carbón en una caldera se calienta el agua, convirtiéndola en vapor de agua sobrecalentado a alta presión, ésta sale de la caldera y entra a la turbina, el vapor se expande en la turbina haciendo girar el eje que mueve a un generador eléctrico. El vapor a baja presión sale de la turbina y entra al condensador en donde el calor es transmitido del vapor al agua de enfriamiento sin mezclarse como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Los gases de ombustión de la caldera usualmente se liberan en la atmosfera Gráfica 1 a través de la chimenea; el agua de enfriamiento, se toma de una fuente cercana, y sufre un pequeño aumento entre uno y dos grados centígrados de temperatura durante el proceso y se devuelve a la fuente (VAN WYLEN & SONNTAG, 1997).

Gráfica 1.Ciclo con turbina de vapor

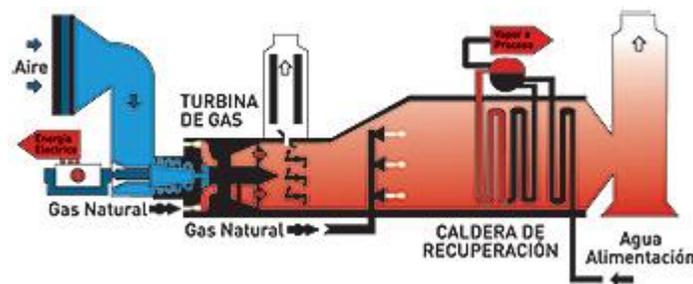


Fuente. Catálogo de tecnologías Fenosa

### 3.1.2 Plantas de generación eléctrica con turbina gas

En estos sistemas de generación se toma aire atmosférico y se pasa por un compresor, permitiendo aumentar la disponibilidad de oxígeno para la combustión; este aire a alta presión ingresa a una cámara de combustión en donde se mezcla con el combustible y se quema, lo que permite aumentar el volumen y la velocidad de los gases, estos se expanden en una turbina de gas, haciendo girar el eje que impulsa con una parte de su potencia al compresor de la primera etapa del proceso y el resto se convierte en energía eléctrica en el generador; los gases producto de la combustión aun calientes se liberan al ambiente, o se usan en procesos asociados a la planta, (CENGEL & BOLES, 2007) ver Gráfica 2.

Gráfica 2. Turbina de gas en ciclo simple



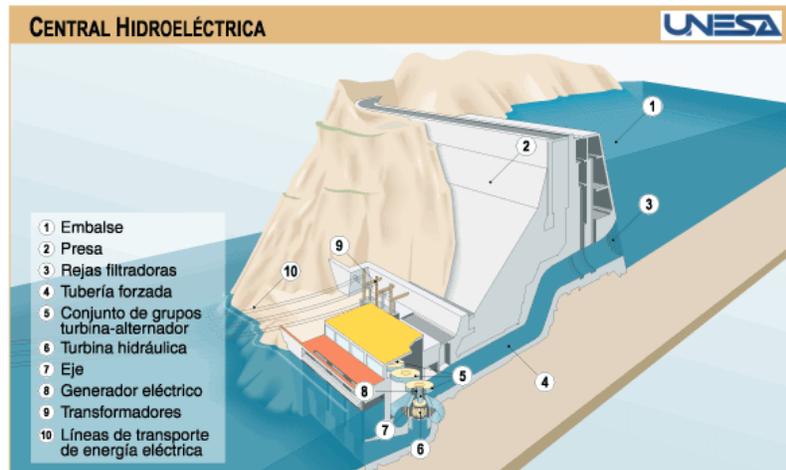
Fuente. Catálogo de tecnologías Fenosa

Las plantas de generación termoeléctrica dentro de su proceso de construcción y operación ocasionan una serie de impactos ambientales que generan deterioro a aguas, atmosfera, suelo, flora, fauna y al hombre esta afectación está estrechamente relacionado con el tipo de tecnología y combustible utilizado para su funcionamiento. El impacto de mayor afectación está catalogado en la emisión de contaminantes en la atmosfera producidos por los procesos de combustión (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010).

### 3.1.3 Plantas de generación hidroeléctrica

En las plantas hidroeléctricas se toma agua como se muestra en la Gráfica 3, de una fuente y se pasa por una turbina hidráulica, el giro del eje de la turbina se transforma en energía eléctrica; el agua en el proceso, no sufre alteraciones importantes en sus propiedades, ni se degrada de forma significativa. Para que la disponibilidad de energía en el agua aumente se necesita una gran diferencia de altura y un flujo alto, esto se logra mediante la acumulación del líquido en un embalse.

Gráfica 3. Central hidroeléctrica.



Fuente: UNESA. <http://www2.unesa.es/hidroelectrica.htm>

Los impactos ambientales más representativos en las plantas de generación de Hidroeléctrica corresponden a la alteración de la calidad de hábitats, cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas, fauna silvestre y alteración del cauce (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010).

### 3.1.4 Estudios ambientales

Para contextualizar los diferentes temas que hacen de un estudio ambiental un resultado completo, se aborda desde la línea base ambiental, estudios de impacto ambiental hasta como se administran estratégicamente un proyecto con fin de dar cumplimiento a los objetivos y metas programados.

Estudio ambiental base: la supervivencia del ser humano y de otras especies dependen del medio ambiente y la biodiversidad presente en él, este nos proporciona bienes y servicios que permiten el desarrollo económico y social (IAIA - International Association for Impact Assessment, 2005), así los cambios experimentados por los servicios afectan el bienestar humano a través de los impactos en la seguridad, el cumplimiento de las necesidades básicas para vivir con bienestar, la salud y las relaciones sociales y culturales (WRI - World Resources Institute, 2003).

La toma de decisiones respecto a los servicios prestados por el ecosistema es un reto complejo e involucra diferentes disciplinas, perspectivas filosóficas con el fin de tasar el valor de estos ecosistemas (RINCON, TORO, & BURGOS, 2009).

Según lo anterior, la línea ambiental base consiste en un proceso metodológico utilizado principalmente para identificar e interpretar el estado actual en el que se encuentra determinado proyecto y territorio con sus factores. Su ejecución requiere de la participación de un equipo conformado por diversas profesiones. Otorga a diferentes grupos de decisión, una herramienta de acción con carácter preventivo e integrador.

El objetivo de la línea base ambiental es tener información de las condiciones de los factores naturales y socioeconómicos, que conforman el área de estudio, los estudios de línea base deben reflejar estacionalidad y en lo posible variación multianual con el fin obtener un conocimiento amplio y acertado de las condiciones específicas de la zona (MANDELIK, DAYAN, & FIETELSON, 2005).

Gestión ambiental: la Gestión Ambiental se considera todas aquellas acciones encaminadas a preservar, restaurar o mitigar los problemas generados por el ser humano al medio ambiente en donde participan actores públicos, privados y la sociedad civil. La gestión Ambiental surge de la necesidad de la sociedad de mejorar y conservar la oferta y la calidad ambiental; todas aquellos recursos que son necesarios para mantener un equilibrio y la vida en la tierra. (RODRIGUEZ BECERRA & ESPINOZA, 2002).

Gestión ambiental pública: la gestión ambiental pública comprende las acciones realizadas por las entidades públicas con la participación del sector civil encaminadas a fomentar, orientar y controlar una adecuada actuación empresarial y ciudadana conforme con los lineamientos y objetivos estipulados por las autoridades gubernamentales. (MORA VEGA, 2001).

La gestión ambiental en Colombia está articulada a través del Sistema Nacional Ambiental (SINA) está liderado por el gobierno en cabeza del ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial, Corporaciones Autónomas Regionales, Entidades Territoriales y los institutos adscritos y vinculados al ministerio.

Evaluación de impacto ambiental: la Evaluación de Impacto Ambiental EIA, es el proceso técnico y administrativo que permite la identificación, predicción, evaluación y mitigación de los efectos biofísicos, sociales y otros que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, La EIA es un instrumento de conocimiento para la toma de decisiones más no un instrumento de decisiones, en el cual se puede establecer el procedimiento técnico-administrativo para la aprobación, modificación o rechazo de un proyecto también trata de elaborar un análisis encaminado a predecir las alteraciones que el proyecto puede producir a la salud humana y el medio ambiente. (CONESA FERNANDEZ, 2010)

EIA y Términos de Referencia: los términos de referencia establecen el contenido y alcance de estudios de impacto ambiental y se realizan sobre la base de los antecedentes obtenidos durante la evaluación preliminar, estos deben abarcar:

- Actividades previstas en las etapas de diseño, construcción, operación y abandono.
- Área de influencia donde se presenten impactos significativos.
- Se realice una comparación entre la situación inicial y posterior a las actividades emprendidas.
- Seleccionar las técnicas: obtención de antecedentes, variables de estudio, tiempo, costos y equipos técnicos.
- Justificar y validar los datos y fuentes de información que se utilicen en el análisis ambiental. (CONESA FERNANDEZ, 2010)

Contenido de EIA: una EIA debe comprender información cualitativa y cuantitativa de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos que permitan determinar las condiciones iniciales del área donde se desarrollará el proyecto.

Según la (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), un estudio de evaluación de impacto ambiental debe contener los siguientes componentes:

- Medio Abiótico: Geología, geomorfología, suelos, hidrología, calidad del agua, usos del agua, hidrogeología, geotecnia, clima, calidad del aire, ruido.
- Medio Biótico: ecosistemas terrestres, flora, fauna, ecosistemas acuáticos,
- Medio socioeconómico: Aspectos arqueológicos, paisajes

Identificación de impactos: la metodología general para realizar una EIA contempla conocer el proyecto, conocer el medio en que se van a realizar las actividades es decir el entorno y conocer las relaciones entre estos dos. De acuerdo con lo anterior la identificación de impactos consiste en analizar las acciones susceptibles de producir impactos significativos y analizar el entorno que posiblemente será alterado por estas acciones mediante la relación causa y efecto para ello se utilizarán las técnicas adecuadas (GOMEZ, 2002).

Metodología para la Evaluación de Impactos: existen una variedad de metodologías empleadas en la evaluación de impactos ambientales entre las más conocidas encontramos la Battelle, Conesa, Leopold, matriciales causa-efecto, Men-enel, entre otras. Una de las más utilizadas para diferentes tipos de proyectos es la de Leopold.

Método de Leopold: consiste en una matriz la cual consta de 100 acciones que pueden causar impactos al ambiente representadas por columnas y 88 características o condiciones ambientales representadas por filas. Este método evalúa aspectos físico-biológicos y socioeconómicos (RAMOS, 2004).

### **3.1.5 Economía ambiental**

Una población compuesta por agentes económicos, instituciones públicas y privadas y las interrelaciones entre los agentes e instituciones representadas en los mercados se denomina economía. También trata y analiza situaciones de escasez de los recursos desde el punto de vista de la eficiencia de la economía (MENDIETA, 2000).

Con relación a lo anterior según (KOLSTAD, 2000) "*Economía Ambiental estudia los impactos de la economía sobre el medio ambiente, la importancia del medio ambiente para la economía y la manera apropiada de regular la actividad económica con miras a alcanzar un equilibrio entre las metas de conservación ambiental, crecimiento económico y otras metas sociales*". La economía ambiental dentro de sus conceptos plantea incentivos para el control de la contaminación que permiten que las personas tomen la mejor decisión posible, con estas herramientas la economía ambiental ofrece respuestas a las preguntas importantes sobre problemas ambientales. (MENDIETA, 2000).

La disponibilidad de los bienes ambientales no puede determinarse por observación directa sobre transacciones de estos bienes debido a la usencia de mercados, en este sentido existen dos enfoques para obtener la información sobre la demanda y el valor de los bienes y servicios ambientales (MENDIETA, 2001). Los métodos de estimación directa se realizan partiendo de observaciones directas de comportamientos de individuos en mercados hipotéticos por otra parte los métodos indirectos en donde se establecen relaciones entre demandas por bienes privados y demandas no observables entre bienes o servicios ambientales también se incluyen los métodos que tratan de medir la relación entre un impacto ambiental y sus efectos ya sea en la salud u ecosistemas específicos.

- **Métodos indirectos**

*Efectos sobre la producción (Función de daño):* este método es utilizado para estimar el valor económico de bienes o servicios derivados de recursos naturales que son derivados de recursos naturales que son usados como insumos en la producción de bienes finales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2003) por ejemplo la calidad de las aguas de un río utilizada para riego de cultivos afecta la productividad agrícola de las tierras (ROZO CATIBLANCO, 2012).

*Costos de sustitución:* se tiene que delimitar el bien o servicio ambiental cuando cumple una función ambiental y económica importante por ejemplo servir de barrera protectora contra inundaciones cuando se destruye esta barrera se debe sustituir por mecanismos que imiten las funciones que anteriormente cumplían los recursos naturales (ROZO CATIBLANCO, 2012).

*Método de Costo de Viaje (MCV):* esta metodología estima el valor económico de un recurso natural público como lagos, ríos, bosques, ecosistemas marinos utilizado por la sociedad en actividades de recreación, para conocer los precios o cantidades de mandadas se realiza una valoración indirecta a través de mercado de transporte (ROZO CATIBLANCO, 2012).

*Método de precios hedónicos:* se centra en el supuesto del grado de heterogeneidad de algunos bienes como viviendas, tierras o salarios se base en la aplicación de tres modelos: modelo de precios hedónicos, modelo de renta hedónica y modelo de salarios hedónicos (CARRIAZO F., 2003).

- **Metodos directos**

*Método de Valoración Contingente:* es un modelo de valoración netamente probabilístico. Se basa en realizar encuestas con el objetivo de estimar la disposición a pagar (DPA) o la disposición a aceptar (DAA) preguntando si se esta dispuesto comprar dterminado bien o mejora ambiental y a que precio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2003).

### **3.1.6 Gerencia estratégica**

Para comprender el conjunto acciones que son necesarios para lograr las metas de los gerentes se debe conocer que es estrategia, según (POTER, 1980) *“La estrategia empresarial define la elección de los sectores en los que va a competir la empresa y la forma en la que va a entrar en ellos; la estrategia competitiva consiste en ser diferente”*. Cuando se tiene definido una estrategia podemos hablar de planeación estratégica en la cual quienes toman decisiones en una organización obtienen, procesan y analizan información pertinente, interna, externa con el propósito de evaluar la situación presente de la empresa así también el nivel de competitividad con el fin de anticiparse sobre el direccionamiento y el futuro de la organización (SERNA, 2009).

Para formular una estrategia es necesario seleccionar los proyectos estratégicos, los proyectos estratégicos son el resultado de analizar las opciones estratégicas y de dar prioridad a cada una de estas, enfatizando en tener un desempeño excepcional como condición para lograr sus objetivos, misión y visión (SERNA, 2009).

### **3.1.7 Gerencia de proyectos**

La gestión de proyectos comprende las etapas o fases de identificación, formulación, evaluación y negociación. Cada etapa comprende un proceso administrativo que garantiza el logro de las metas por tal motivo es indispensable la presencia de el gerente como instrumento operativo y coordinador en todos los ciclos del proyecto.

Fases de un proyecto

Preinversión: esta fase comprende desde la misma idea de concebir el proyecto hasta los diferentes estudios que se deben realizar para evaluación técnica, financiera, económica, social y ambiental que darán que darán respuestas para la toma de decisiones en pro del desarrollo de los objetivos y metas del proyecto.

Negociación: la negociaciones financieras las realiza la alta gerencia sin embargo el gerente del proyecto debe participar en las condiciones, procedimientos y la dirección de los recursos del proyecto.

Diseño: se refiere a la organización técnica del proyecto; se revalúa el presupuesto, financiamiento y cronogramas. Se define la estrategia contractual, se tramitan licencias y logística.

Gerencia de la ejecución: es la materialización del proyecto con el fin de lograr los objetivos y comprende el proceso de planeación de la ejecución y la ejecución propia.

La planeación de la ejecución: básicamente define los objetivos y estrategias para alcanzarla las metas de las dos partes (cliente y gerencia del proyecto), integración de equipo líder, determinación cronológica de cada una de las etapas, realización de presupuesto y todas aquellas actividades administrativas para el desarrollo del proyecto.

Verificación y puesta en marcha: esta fase se traslapa con la planeación de las actividades del proyecto, la puesta en marcha requiere ser planificada y coordinada perfectamente además se debe contar un equipo inventor por parte de los inversionistas.

Operación: en esta etapa entra juego el modelo administrativo de la empresa este debe garantizar la estabilidad acorde con el modelo planeado (MIRANDA, 2004).

#### Marco de gestión del proyecto

La implementación de un proyecto en un marco de estudio ambiental tiene cuatro tareas principales: selección del equipo de estudio, enfoque del estudio, gestión del estudio, preparación y revisión del informe.

#### Equipo multidisciplinario de trabajo

Gestión de equipo multidisciplinario: la recolección de información ambiental para llevar a cabo un estudio ambiental necesita las habilidades de especialistas en diferentes disciplinas biología, geología, hidrología, sociología, ambiental, forestal, los datos recogidos son relevantes y en la medida en que sea científicamente factible saber cómo se espera cada efecto estimado afecta el entorno.

Es esencial la gestión del proyecto como medio de controlar el calendario, presupuesto y empleo de los consultores. Es importante que el control del proyecto se ejerza por una persona, director designado para el estudio ambiental.

#### Selección del equipo de estudio

Experiencia: estos vienen dados por las características del contrato y términos de referencia, para proyectos específicos tal vez se exija experiencia en las ciencias geológicas o hidrogeológicas mientras que en planes de vías precisan habilidades de evaluación en ingeniería, ecología y paisaje. Es importante establecer el papel de cada individuo en la evaluación global.

Inter o multidisciplinario: esta decisión esta influenciada por las características del proyecto y el entorno. Mientras más grande sea el alcance del proyecto es probable que sea necesario implicar una variedad de disciplinas.

Estudios especiales: para este tipo de estudios es determinante las necesidades de conocimientos del equipo de trabajo. Los proyectos industriales pueden exigir estudios especiales así como proyectos a gran escala pueden necesitar investigación especializada con implicaciones económicas.

Tareas claves del líder del equipo: establecer las tareas del líder del equipo nos ayuda a visualizar que persona queremos. La selección del líder se hará sobre la experiencia relevante en realizar tareas similares. Funciones típicas del líder son las siguientes:

1. El desarrollo de calendarios de trabajo específicos y objetivos del proyecto

2. Coordinar con el cliente del proyecto
3. Seguimiento del gasto y gestión del presupuesto
4. La revisión del progreso y de los calendarios
5. Planificación e iniciación de reuniones de equipo (Frecuencia, agenda, objetivos a corto/largo plazo)

### **3.1.8 Enfoque del estudio**

Cualquier estudio independiente de su naturaleza, puede dividirse en cuatro etapas básicas: adquisición de información, análisis de la información, comunicación de las conclusiones y selección de la actuación apropiada. Estos cuatro componentes son relevantes en los proyectos ya que forman enfoques lógicos y estructurados.

### **3.1.9 Gestión de estudio**

Tiene dos enfoques; la gestión técnica y la financiera. La gestión técnica sirve para guiar el proyecto a través de la captación de información de forma que al final del estudio se den conclusiones sensatas. La responsabilidad de la gestión técnica recae en el líder de equipo de estudio, cumpliendo con las siguientes etapas:

1. Reuniones de discusión del equipo: Durante las reuniones del equipo, pueden discutirse el avance en la adquisición o análisis de la información. Se promueve la interacción entre los miembros del equipo, se puede discutir y explorar los problemas y las ideas. Pueden reevaluarse las fechas límites y revisar el programa del proyecto en caso necesario.
2. Reuniones con el cliente: en casos en que un proyecto se lleva a cabo en nombre de un cliente u organización, se tendrán reuniones periódicas. Son importantes porque se informa del seguimiento de calendarios, problemas que surgen, observaciones previas. Resaltar los posibles problemas ambientales en las primeras etapas del ciclo del proyecto proporciona una oportunidad de modificar las características potencialmente causantes de impactos en una propuesta con objeto de reducir o eliminar los efectos ambientales.
3. Revisión por expertos: Es relevante en las fases de predicción y evaluación del estudio, donde se pueden modificar las conclusiones y la interpretación a luz de otras opiniones profesionales.

La gestión financiera en la segunda función de la gestión, asegura no sobrepase el presupuesto del proyecto, debe registrarse y controlarse el tiempo de los empleados, materiales, gastos de viaje y manutención, costos de reproducción y en algunos casos ciertos gastos generales. Debe guardarse documentación financiera completa para el proyecto, puede auditarse junto con los gastos. (Kiely, 1999).

### 3.2 MARCO LEGAL

La constitución política “Establece principios y valores, así como deberes y derechos del Estado y de los particulares en relación con el medio ambiente” en su artículo 95 promueve los deberes de la persona y ciudadano; “Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”.

La Ley 99 del 1993 en el Título VIII dispone la obligatoriedad de estudios de Diagnóstico Ambiental e Impacto Ambiental para proyectos causantes de deterioro a los recursos naturales. El decreto 2820 de 2010 reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993, en su título III hace referencia a la presentación de estudios ambientales y los términos de referencia los cuales deben ser expedidos por las autoridades competentes; el Diagnóstico Ambiental de Alternativas es el primer estudio a realizar para el proceso de Licenciamiento Ambiental y aplica para proyectos donde se vea comprometido un recurso natural de manera que se deteriore o destruya, el artículo 18 de este decreto hace referencia a proyectos que para su ejecución es necesario el estudio de Diagnóstico ambiental entre ellos están: *“...los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior a 3MW; el tendido de líneas nuevas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, los proyectos de generación de energía nuclear, la construcción de puertos, la construcción de aeropuertos entre otros...”*.

Para el sector eléctrico, la Ley 56 de 1981 dispone obras públicas de generación eléctrica y regulación de expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras, el Decreto 2580 en el año 1985 reglamenta los procesos judiciales necesarios para imponer servidumbre pública, para el año 1994 se crea la ley 142 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, así en este mismo año se emite la ley 143 la cual establece el régimen de las actividades de generación, interconexión y comercialización de energía exige además la incorporación de la variable ambiental en las decisiones que se adopten en materia energética.

Para el año 1995 se desarrolla la resolución CREG estableciendo los anchos de servidumbre sobre obras públicas de generación eléctrica y regulación de expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras.

El decreto 1180 DE 2003, el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.

En el año 2006 se expiden términos de referencia que direccionan el Diagnóstico Ambiental de Alternativas para proyectos lineales en los sectores de infraestructura, hidrocarburos y eléctrico.

Posteriormente se emite el decreto 2820 d 2010, el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en este mismo año 2010 establece una guía metodológica para la presentación de estudios ambientales aplica en el Diagnóstico Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental, Plan de Manejo Ambiental, Plan de Monitoreo y Seguimiento y Plan de contingencia.

En el año 2012 a nivel regional la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR expide los términos de referencia para Diagnóstico Ambiental de Alternativas dirigidos a proyectos puntuales.

## 4 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la monografía se siguieron las siguientes etapas:

### **Etapas I: Identificación y recolección de información**

Para el desarrollo de presente monografía se realizó una revisión bibliográfica en fuentes electrónicas y físicas como guías, libros, publicaciones científicas, decretos reglamentarios sobre temas relacionados con la generación eléctrica en Colombia, diagnóstico ambiental y estudios de impacto ambiental.

El desarrollo de la guía se basa en la metodología del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, esta guía en la primera etapa fue consultada para tener un concepto basado en la norma sobre la forma de presentar estudios ambientales así, también se realizó una revisión del marco legal con el fin de definir los temas que aplican para el desarrollo del diagnóstico ambiental.

### **Etapas II: Evaluación Ambiental**

La guía metodológica comprende la identificación de impactos ambientales caracterizados en la etapa de campo, a través de ella se aplica un método de evaluación de impactos para los cuales se recomienda la implementación de los métodos conocidos y muy utilizados.

Respecto a la valoración de los impactos ya definidos como muy significativos en la evaluación ambiental, por medio de una metodología se halla el valor en términos de prioridad del impacto ambiental.

### **Etapas III: Análisis y medidas de gestión ambiental**

Dentro de la metodología se establecen medidas o acciones en pro de prevenir, mitigar, corregir o compensar el impacto ambiental, estas se presentan mediante cuadros conocidos como fichas de gestión las cuales se desarrollan con base a los impactos significativos resultado de la etapa anterior.

Las fichas de gestión están distribuidas de manera que registren el tipo de impacto, etapa del proyecto en la cual se presenta, una descripción breve del impacto y una estrategia para prevenirlo, corregirlo o mitigarlo, cronograma de actividades para su ejecución, responsable y presupuesto.

### **Etapas IV: Aplicación de la metodología de diagnóstico ambiental**

En forma de ejemplo se muestra el documento Diagnóstico Ambiental para la micro-central de generación eléctrica Río Negro, ubicada en el municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca aplicando el modelo de metodología propuesta en la presente monografía.

## **5 FORMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL EN PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA**

En este numeral se realiza la descripción y presentación de la forma como se desarrolla un Diagnóstico Ambiental para plantas de generación Eléctrica, además se consolida paso a paso la guía metodológica propuesta.

Para la construcción de cualquier proyecto que implique la utilización de recursos naturales y cause deterioro significativo al medio ambiente, es necesario una autorización otorgada por la autoridad ambiental competente según lo establece la ley 99 de 1993, decreto 2820 d 2010, el Decreto Ley 2150 de 1995, la Resolución 655 de 1996. Esta autorización es conocida como Licencia Ambiental.

El licenciamiento ambiental implica como paso inicial la elaboración de un Diagnóstico Ambiental, el cual es autorizado por la autoridad ambiental según estipule necesario para cada proyecto. Un Diagnóstico Ambiental nos define las condiciones ambientales iniciales para la construcción de determinado proyecto, en este capítulo se mostraran una metodología de Diagnóstico Ambiental para proyectos de generación eléctrica.

El diagnóstico Ambiental se realiza al inicio de cada proyecto, pero también se puede realizar en cualquier etapa de la obra, con el fin de conocer si las medidas implementadas son efectivas o deben tomarse nuevas o reforzarse las existentes.

### **5.1 METODOLOGÍA PARA LA ELABORACION DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL EN PLANTAS DE GENERACIÓN ELECTRICA**

#### **5.1.1 Ámbito de aplicación**

Esta guía propone los pasos a seguir en la elaboración de un Diagnostico Ambiental para Plantas de generación eléctrica y aplica para proyectos de generación eléctrica y plantas en operación.

#### **5.1.2 Actividades de planeación**

Para la elaboración del Diagnóstico es importante realizar actividades previas antes de su ejecución, están comprenden:

- Selección del grupo de trabajo especialistas en las ramas de Biología, Sociología, Forestal, Hidrología, Ambiental, Geología.
- Gestión del permiso para investigación científica sobre diversidad biológica dispuesta en el Decreto 309 del 2000, el cual dispone “...*las actividades de colecta, recolecta, captura, caza, pesca, manipulación del recurso biológico y su movilización en el territorio nacional deberán obtener permiso de estudio, el*

*cual incluirá todas las actividades solicitadas".* La autoridad ambiental competente será quien asigne o no el permiso de estudio.

- Asignar el presupuesto para la ejecución del diagnóstico ambiental.

### **5.1.3 Descripción del proyecto**

En esta sección se realiza una descripción de cómo va a funcionar el proyecto; una breve descripción de la tecnología a implementar o implementada en el proceso productivo y las áreas de trabajo implicadas, zonas de influencia directa del proyecto y ubicación.

### **5.1.4 Área de influencia directa e indirecta**

Cada componente biótico, abiótico y socioeconómico representa un área de influencia semejante o particular, al área de influencia directa se define a partir de información primaria existente y la conforma el área donde las actividades del proyecto impacten de manera inmediata. Para proyectos de generación hidroeléctrica el área de influencia directa puede constar de grandes extensiones mientras en proyectos de generación térmica pueden tener un área de influencia relativamente pequeña.

El área de influencia indirecta se toma de los impactos potenciales que pueden presentarse trascendiendo el espacio físico a mediano y largo plazo, representan grandes áreas.

Para representar gráficamente el área de influencia se realizan mapas geopolíticos, mapa biótico y mapa de uso del suelo.

### **5.1.5 Descripción línea base ambiental**

La línea base tiene carácter cualitativo, con los datos recolectados en esta fase del estudio podemos tener indicadores para posteriores análisis. En la obtención de esta información se puede recurrir a fuentes primarias (encuesta, entrevista, datos de campo) y secundarias (estudios previos, guías, libros). Los temas abordados en la línea base comprender los componentes biótico, abiótico y socioeconómico del proyecto.

#### **5.1.5.1 Componente físico**

Morfología y paisaje: a través de fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas geográficos se realiza un análisis de campo, esta información se encuentra en las regionales o en la sede principal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Suelo: a través de calicatas, fotografías de perfiles de suelo expuesto se debe analizar el tipo de suelo verificando en bibliografía existente como libros IGAC, POT o PBOT municipal del área de influencia del proyecto.

Calidad del Agua: para conocer las condiciones de calidad de las fuentes hídricas, potencialmente afectadas por el proyecto, se debe realizar muestreo y análisis del estado físico químico de parámetros (sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos, turbiedad, amonio, nitrito y fosfatos, silicatos, pH, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, temperatura, DBO<sub>5</sub>, grasas y aceites, caudal, entre otros) y bacteriológico de parámetros

(Coliformes fecales y Coliformes totales, entre otros) para esto se debe basar en la guía desarrollada por IDEAM de muestreo de aguas. El laboratorio que realice el muestreo y análisis debe contar con la certificación del IDEAM en los parámetros a analizar.

Usos del Agua: a través del trabajo de campo entrevistas con la comunidad y la información obtenida en los POT, PBOT y Corporaciones Autónomas en cuanto al manejo de cuencas, de debe identificar los usos actuales de los cuerpos de agua que se verán o son afectados por el proyecto tales como uso agrícola, consumo humano, recreativo, pecuario, industrial, pesca, estético, transporte y navegación acuática, según lo estipulado en el decreto 3930 de 2010.

Clima: a través de la información de las estaciones meteorológicas del IDEAM u otras empresas con este servicio se debe realizar el análisis de datos para obtener variables climatológicas específicas del área de estudio.

#### **5.1.5.2 Componente biótico**

Descripción de los ecosistemas terrestres, acuáticos, cobertura vegetal, fauna y flora.

Ecosistema terrestre: para la descripción de este componente es necesario la revisión previa de documentos como mapas de cobertura vegetal, catálogos y guía de biodiversidad desarrollados por institutos de investigación, según lo establece la *“Metodología para la presentación de estudios ambientales, 2010”*. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

La fase de campo se realiza una vez se haya consultado la bibliografía existente, está compuesta por muestreo de campo, observación directa, entrevistas con los lugareños, recorridos del área de estudio. Se deben identificar animales y vegetación clasificados según su familia y especie.

- Flora: la revisión bibliográfica antes de ir a campo facilita la identificación del área de estudio con la ayuda de fotografías aéreas, mapas, entre otras. Posterior se realiza el muestro de campo y la aplicación de métodos de análisis para la validación de dicha información.
- Fauna: antes del trabajo de campo se debe realizar una revisión de fuentes bibliográficas, basadas en clasificación de ecosistemas realizados por el Instituto Alexander Von Humboldt, catálogos de especies de Colombia y demás guías desarrolladas por institutos de investigación, además el permiso de Investigación científica sobre diversidad biológica ya debe estar gestionado para iniciar la etapa de campo. En campo se recolecta información a través de observación directa, captura de especies, fotografías y entrevistas a los lugareños para validar esta información es necesario la aplicación de métodos que garanticen la eficacia del muestro.

Ecosistema acuático: para establecer la Línea Base de la salud ecológica y la funcionalidad ecológica del sistema rivereño, antes del aprovechamiento de caudales se debe realizar el levantamiento de información muestreo de parámetros hidrobiológicos (Zooplankton, Fitoplankton, Bentos, perifiton, macrofitas) los cuales se

realizan en las mismas estaciones o puntos del muestreo físico-químico y bacteriológico con el fin de contar con similares condiciones ambientales. Estos muestros deben ser realizados por personal competente en las áreas de biología, biología marina o ecología. Las metodologías para evaluar los Índices de Integridad Biótica de comunidades (peces, perifiton, macroinvertebrados y vegetación riparia) están dispuestos por el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de Estados Unidos*, también se utilizan metodologías desarrolladas por instituciones que estén aprobadas para este análisis. Para el muestreo de comunidades marinas se deberán seguir los protocolos definidos por el Instituto de Investigaciones Marinas José Benito Vives de Andreis según lo estipula "*Metodología para la presentación de estudios ambientales, 2010*".

- Ictilogía: con el fin de establecer la dinámica de los peces que circulan por los cuerpos de agua en zona de influencia del proyecto se debe realizar un muestro por métodos manuales (atarraya, anzuelo, redes, arco o flecha, trampas, pesca eléctrica, métodos químicos), se debe identificar a través de tablas taxonómicas hasta el nivel de especie y género.
- Plancton: el muestreo del plancton se debe realizar a través de redes en forma de manga que permitan atrapar organismos microscópicos que posa suspendidos sobre las aguas. Las muestras para determinaciones cualitativas se efectúan por arrastres de la red con duración variable, el filtrado obtenido se fija con formol al 2% y se observan alícuotas al microscopio.
- Plantas acuáticas (micrófitas): la identificación y cuantificación de la vegetación se hace in situ, en los puntos o estaciones de muestreo ya identificadas para los anteriores análisis, el investigador debe poseer un buen conocimiento taxonómico de las especies.

### 5.1.5.3 Componente socioeconómico

En el componente social define como objetivo principal la identificación de factores, elementos, variables e indicadores que se relacionen directa o indirectamente con la presencia del proyecto y el análisis de sus impactos en el aspecto socioeconómico y cultural.

Área de influencia indirecta: está definida por los entes territoriales (Corporaciones autónomas Regionales, alcaldías, entre otras) adyacentes o colindantes con el área donde se va a realizar el proyecto las cuales son fuente de información primaria.

Área de influencia directa: comprende las zonas por donde de manera específica esta la infraestructura destina al funcionamiento del proyecto y aquellas áreas de cuales se pueden presentar acciones de afectación generadas por la presencia del proyecto en la zona.

Comunidades étnicas: se debe identificar la presencia de territorio legalmente titulado a Resguardos Indígenas o tierras de las Comunidades Negras en los esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios o distritos.

Se debe realizar una caracterización demográfica y procesos productivos de los grupos poblacionales del área de influencia directa.

#### **5.1.5.4 Zonificación Ambiental**

Hace referencia a la agrupación de áreas geográficas de igual interés en unidades de paisaje con el fin de identificar áreas de restricción o exclusión de uso que pueden tener las unidades de paisaje.

Áreas de exclusión: estas se deben representar mediante mapas que comprende las áreas que están protegidas por ser de interés ecológico como zonas protegidas, ecosistemas estratégicos, etc., y no pueden ser intervenidas por el proyecto.

Áreas de intervención con restricciones: el mapa debe comprende capas con aquellas áreas de importancia por estar en riesgo o amenaza con restricciones están son: áreas erosionadas en recuperación, áreas de deslizamiento e inundación, bosques secundarios, rastrojos altos, asentamientos humanos de importancia cultural.

Áreas de intervención: este mapa debe identificar aquellas áreas que han sido designadas para proyectos ya autorizados como canteras, explosión minera que tienen medidas para mitigar los impactos generados por su actividad.

Los mapas de zonificación ambiental se realizan a través de sistemas de información geográfica (SIG).

#### **5.1.6 Permisos ambientales menores**

Los permisos ambientales menores tienen el fin de aprovechamiento y uso de los recursos naturales. Para conocer la demanda de recursos naturales en proyectos de generación eléctrica es necesario conocer la oferta y demanda de estos recursos según la necesidad del proyecto.

En este sentido es necesario relacionar los recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación consecuencia de la ejecución de las actividades. De acuerdo a lo anterior, la necesidad de diligenciar total o parcialmente los permisos ambientales relacionados a continuación, se seguirá por los requerimientos específicos de cada proyecto.

##### **5.1.6.1 Permiso de aprovechamiento forestal**

Se gestiona cuando dentro de la zona a realizar el proyecto se deben talar árboles de cualquier especie.

Procedimiento:

- Se inicia con la recolección de información de campo; coordenadas geográficas de áreas a solicitar el aprovechamiento, identificación de taxonómica de especies, cantidad, volumen.

- El documento técnico debe contener el plan de manejo y aprovechamiento forestal, justificación técnica de la necesidad de realizar el aprovechamiento forestal.
- Se le presenta un plano a la autoridad ambiental competente del área a intervenir, documento técnico y documentos legales del solicitante del permiso.

#### **5.1.6.2 Permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas**

Es necesario para conocer la disponibilidad de agua subterránea en caso de no disponer agua superficial suficiente para las necesidades de la planta.

Procedimiento:

- Se realiza una recolección de información de campo para conocer características ambientales de la zona, inventario de aprovechamiento forestales existente, coordenadas del pozo, demanda/uso, georeferenciación del pozo o sitio de captación de aguas subterránea, sondeos geoléticos, características hidrológicas de la zona.
- En base a la información recolectada en campo se realiza el documento técnico, donde se especifican los resultados del estudio geolético, geológico, hidrogeológico junto con el mapa topográfico IGAC e informe de alcance de exploración de aguas subterráneas.
- Una vez finalizado el documento técnico se allega este informe técnico a la autoridad ambiental competente de la jurisdicción junto con el formulario de exploración y prospección de aguas subterráneas, además de los documentos legales del propietario del predio u autorización del propietario.

#### **5.1.6.3 Permiso de concesión de aguas superficiales y subterráneas**

Se gestiona para captar agua de fuentes superficiales o pozos profundos para aprovechamiento industrial y/o consumo humano.

Procedimiento:

- Se realiza la recolección de información de campo que comprende ; descripción fuentes potenciales de captación; aljibes, pozos profundos, disponibilidad del recurso, distancias de los puntos de captación hasta los de consumo, toma de muestras de agua (según norma Decreto 2930 del 2010), aforo de caudal captado.
- Una vez recolectada la información anterior, se procede a elaborar el documento técnico que contenga descripción del sistema de captación y tratamiento, planos y diseños del sistema de captación y tratamiento, presupuesto y cronograma de ejecución.
- Allegar a la autoridad ambiental competente el formulario de solicitud permiso concesión aguas superficiales o subterráneas diligenciado, junto con el documento técnico para iniciar trámite del permiso.

Permiso de vertimientos de aguas residuales: la zona administrativa o/y campamento que posea la planta, generará vertimientos de aguas residuales domésticas además de las aguas provenientes de los procesos industriales que serán vertidas a cuerpo de agua y/o suelo.

Procedimiento:

- Recolección de información de campo: descripción de las actividades generadoras de aguas contaminadas, definición del punto de vertimiento final, muestreo compuesto de caracterización del efluente y afluente de aguas residuales realizado por laboratorio acreditado por el IDEAM, recolección de información poblacional y operacional, muestro de suelos y prueba de infiltración.
- Elaboración del documento técnico que comprende cálculo del caudal de vertimiento, diseño de sistemas de tratamiento de aguas residual, cronograma de actividades, presupuesto, plan de mantenimiento y monitoreo del sistema, plan de contingencia, evaluación ambiental del vertimiento y análisis de muestreo físico químico del vertimiento.
- Entrega de documentos legales, técnicos y planos a la autoridad ambiental.

#### **5.1.6.4 Permiso de ocupación de causes**

Toda aquella infraestructura necesaria como obras de contención, puentes sobre ríos, quebradas o caños deberán gestionar permiso de ocupación de causes.

Procedimiento:

- Recolección de información de campo: inventario ambiental de la zona a intervenir, aforo de caudal, muestro de suelos, inventario forestal, batimetría del cuerpo de agua, obtención de caudales máximos y mínimos del cuerpo de agua.
- El documento técnico debe tener una descripción de impactos ambientales ocasionado por la obra y medidas de gestión ambiental para controlar impactos negativos, estudio hidráulico y de socavación de terreno, profundidad de sedimentación, cronograma de actividades de obra y presupuesto.
- A la autoridad ambiental competente se le allegaran documentos técnicos, planos y documentos legales del solicitante del permiso.

#### **5.1.6.5 Permiso de emisiones atmosféricas:**

Aplica para plantas a carbón y gas cuyas emisiones generan impacto ambiental a la atmosfera.

Procedimiento:

- Se debe obtener las especificaciones técnicas de equipos a instalar y cotización de estos, condiciones meteorológicas de la zona. El documento técnico debe contener descripción de las actividades y proceso generadores de emisiones al ambiente junto con la descripción de equipos a utilizar y la proyección de

expansión, producción a cinco años del proyecto. Además se debe proyectar el plan de monitoreo de emisiones atmosféricas y presupuesto de esta actividad, recomendaciones para la reducción de sustancias contaminantes y de lo señalado en el artículo 75 del Decreto 948 de 1995.

- A la autoridad ambiental competente se debe allegar documentos del solicitante permiso de emisiones atmosféricas o apoderado, plancha Igac, documento técnico.

### 5.1.7 Evaluación ambiental

En esta sección se realiza una guía de evaluación ambiental específica para proyectos de generación eléctrica a base de carbón o agua; comprende identificación de impactos ambientales y evaluación de impactos a través de matrices de calificación.

Para establecer los criterios de clasificación en las actividades que causan mayor o menor impacto sobre el medio natural, es necesario evaluar cada actividad con métodos reconocidos y ya establecidos para esta labor. En análisis de evaluación comprende identificar los impactos, que se pueden presentar a cada uno de los componentes de la línea base ambiental descrita anteriormente, con base en el estado actual que presenta cada componente.

Una vez se realice la evaluación de los impactos generados por proyecto, se tendrá una visión general de los impactos críticos para la actividad y deberán contar con un control o mitigación.

Los métodos para evaluar los impactos deben contemplar modelos con variables cuantitativos y cualitativos, existen diversos métodos para identificar y evaluar impactos entre los cuales tenemos matrices, lista de chequeo, modelos de simulación, métodos integrados, entre otros. El método más conocido y aplicado en estudios es la Matriz de Leopold, existen otras como la metodología de estimación del grado de afectación ambiental planteada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. La aplicación de la metodología está sujeta al criterio del evaluador, es importante resaltar en el proceso de identificación y evaluación de impactos el entorno ambiental y socioeconómico, al igual que las diferentes etapas del proyecto incluyendo aspectos positivos y negativos.

Los posibles impactos ocasionados por plantas de generación eléctrica se recopilan **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, basada en la matriz de Leopold adaptada a plantas de generación eléctrica.

Tabla 1. Identificación de impactos ambientales

| COMPONENTE                |                      | IMPACTO                      |
|---------------------------|----------------------|------------------------------|
| NTE<br>AMBIENTA<br>FISICO | Morfología y paisaje | Erosión de taludes           |
|                           |                      | Procesos de socavación       |
|                           |                      | Procesos de remoción de masa |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   |   |  | Modificación del paisaje                                 |
|   |   |  | Afectación de los reliptos de bosques y vegetación       |
|   |   | Suelo  | Socavamiento de taludes                                  |
|   |   |  | Perdida de las propiedades físicas del suelo             |
|   |   |  | Erosión del suelo  |
|   |   |  | Compactación de suelos                                   |
|   |   |  | Cambio de uso de suelo                                   |
|   |   | Aire   | Emisión de gases efecto invernadero                      |
|   |   |  | Generación de niveles altos de ruido                     |
|   |   |  | Emisión de material particulado                          |
|   |   | Agua   | Cambio en la calidad del agua                            |
|   |   |  | Cambio en las características físicas y químicas de agua |
|   |   |  | Contaminación bacteriológica del agua                    |
|   |   |  | Cambio en la temperatura del agua                        |
|   |   | Hidrogeología                                    | Aporte de sedimentos                                     |
|   | Alteración morfológica de los cauces          |  |  |
|   | Alteración de la dinámica fluvial de los ríos |  |  |
|   | Sedimentación de cuerpos de agua              |  |  |
|   | Alteración de nivel freático                  |  |  |
|   | BIOTICO                                       | Ecosistemas terrestres                           | Perdida de la cobertura vegetal                          |
| Alteración de la comunidades silvestres |   |  |  |
| Perdida de la biodiversidad             |   |  |  |
| Perdida de vegetación riparia           |   |  |  |
| Ecosistemas acuático                    |   | Alteración de hábitats acuáticos                 |  |
|   |   | Perdida de ictiología de ríos                    |  |
|   |   | Perdida de organismos hidrobiológicos            |  |
| SOCIOECONOMICO                          |   | Población  | Cambio en el componente demográfico de la zona           |
|   |   |  | Enfermedades respiratorias                               |
|   |   | Economía   | Cambio en las actividades de ingreso                     |
|   | Cambio en la dinámica de empleo               |  |  |
|   | Aumento de la demanda de bienes y servicios   |  |  |
|   | Afectación de tierras productivas             |  |  |
|   | Cultural y social                             | Aceleración de procesos de descomposición social |  |
|   |   | Generación de rumores y expectativas             |  |
|   |   | Energización de la región                        |  |

Fuente: El autor

Una vez identificados los impactos ambientales potenciales, se realiza una evaluación mediante una matriz de interacción, en la que se relacionan los impactos identificados con las diferentes actividades que tendrían lugar durante el proyecto, para determinar la importancia de la afectación. La evaluación de impactos ambientales se fundamenta en la

metodología de estimación del grado de afectación ambiental (i) planteada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la resolución 2086 de 2010, “por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1º del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de Julio de 2009 y se toman otras determinaciones”.

La metodología define la importancia de la afectación (I) como “la medida cualitativa del impacto a partir de la valoración de determinados atributos, por medio de una función establecida”. Los criterios de calificación están establecidos en el Anexo C.

Una vez identificados los atributos, se aplica por cada actividad la siguiente relación, en la cual, según los valores de ponderación de los atributos descritos, el valor obtenido estará entre |8| y |80|.

$$I = (3 * IN) + (2 * EX) + PE + RV + RC$$

Dónde:

IN: Intensidad,  
 EX: Extensión,  
 PE: Persistencia,  
 RV: Reversibilidad y  
 RC: Recuperabilidad.

Para la obtención final del I, se calcula el promedio ponderado de la importancia de la afectación (I) de cada impacto, obtenido de acuerdo a la actividad que lo generara. El valor absoluto obtenido para la importancia de la afectación se clasifica según los rangos mostrados en el **Anexo B**.

La calificación de impactos ambientales se realizada a través de una matriz adaptada del modelo de Leopold desarrollada en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para las plantas de generación eléctrica en general (hidroeléctricas, a base de carbón o gas).

Teniendo en cuenta la matriz de calificación de impactos del **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se realiza la calificación calculando la intensidad de cada impacto según lo muestra la Tabla 2, el mayor potencial de destrucción a los recursos naturales se clasificaron de severos a críticos de acuerdo al grado ascendente de afectación; en el componente físico tiene un grado de afectación severa la morfología y paisaje, en el componente biótico los ecosistemas terrestres y acuáticos tiene afectación crítica. El grado de afectación puede variar según las condiciones del lugar donde se vaya a desarrollar el proyecto.

Tabla 2. Matriz de resultados de impactos calificados

| ASPECTO                            | COMPONENTE             | IMPACTOS   | PROMEDIO (I) | CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO |
|------------------------------------|------------------------|--|--------------|---------------------------|
| FÍSICO                             | AGUA                   | Cambio en la calidad del agua  | -39          | Moderado                  |
|                                    |                        | Cambio en las características físicas y químicas de agua                 | -23,5        | Moderado                  |
|                                    |                        | Cambio en la temperatura del agua  | -31          | Moderado                  |
|                                    | SUELO                  | Socavamiento de taludes  | -32          | Moderado                  |
|                                    |                        | Perdida de las propiedades físicas del suelo                             | -32          | Moderado                  |
|                                    |                        | Erosión del suelo  | -16          | Leve                      |
|                                    |                        | Compactación de suelos   | -17,3        | Leve                      |
|                                    |                        | Cambio de uso de suelo   | -3,3         | Irrelevante               |
|                                    | ATMÓSFERA              | Emisión de gases efecto invernadero (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O) | -61,0        | Crítico                   |
|                                    |                        | Generación de niveles altos de ruido                                     | -13,8        | Leve                      |
|                                    |                        | Emisión de material particulado  | -14,5        | Leve                      |
|                                    | MORFOLOGÍA Y PAISAJE   | Erosión de taludes   | -40          | Moderado                  |
|                                    |                        | Procesos de socavación   | -20          | Leve                      |
|                                    |                        | Procesos de remoción de masa   | -25,5        | Moderado                  |
|                                    |                        | Modificación del paisaje   | -3,5         | Irrelevante               |
|                                    |                        | Afectación de los reliptos de bosques y vegetación                       | -51          | Severo                    |
|                                    | HIDROGEOLOGÍA          | Aporte de sedimentos   | -19,3        | Leve                      |
|                                    |                        | Alteración morfológica de los cauces                                     | -59          | Severo                    |
|                                    |                        | Alteración de la dinámica fluvial de los ríos                            | -50,7        | Severo                    |
|                                    |                        | Sedimentación de cuerpos de agua   | -35,5        | Moderado                  |
| Alteración de nivel freático       |                        | -19  | Leve         |                           |
| Reducción de recargas de acuíferos |                        | -33  | Moderado     |                           |
| BIÓTICO                            | ECOSISTEMAS TERRESTRES | Perdida de la cobertura vegetal  | -31          | Moderado                  |
|                                    |                        | Alteración de la comunidades silvestres                                  | -73          | Crítico                   |
|                                    |                        | Perdida de la biodiversidad  | -59,0        | Severo                    |
|                                    |                        | Perdida de vegetación riparia  | -37          | Moderado                  |
|                                    | ECOSISTEMAS ACUÁTICOS  | Alteración de hábitats acuáticos   | -57,7        | Severo                    |
|                                    |                        | Perdida de ictiología de ríos  | -64          | Crítico                   |
|                                    |                        | Perdida de organismos hidrobiológicos                                    | -36          | Moderado                  |
| SOCIOECONÓMICO                     | POBLACIÓN              | Cambio en el componente demográfico de la zona                           | -0,3         | Irrelevante               |
|                                    |                        | Enfermedades respiratorias   | -14          | Leve                      |
|                                    | ECONOMÍA               | Cambio en las actividades de ingreso                                     | 17           | Leve                      |
|                                    |                        | Cambio en la dinámica de empleo  | 21,8         | Moderado                  |
|                                    |                        | Aumento de la demanda de bienes y servicios                              | 24,3         | Moderado                  |
|                                    |                        | Afectación de tierras productivas  | -25          | Moderado                  |

|  |                  |  |     |          |
|--|------------------|--|-----|----------|
|  | CULTURA Y SOCIAL | Aceleración de procesos de descomposición social | -21 | Moderado |
|  |                  | Generación de rumores y expectativas             | -23 | Moderado |
|  |                  | Energización de la región                        | 19  | Leve     |

Fuente: El autor

### 5.1.8 Análisis ambiental y medidas de gestión

El análisis ambiental y medidas de gestión se da como el complemento final para la guía en el desarrollo de un diagnóstico ambiental, básicamente comprende al análisis de los impactos más relevantes descritos en la sección anterior y las posibles de acciones y medidas encaminadas a dar controles sobre los impactos generados.

La aplicación de la metodología de identificación y evaluación de impactos genera como resultado una calificación cuantitativa, a partir de esta se debe seleccionar los impactos negativos con ponderación alto, indica mayor grado de afectación al medio ambiente o medio socioeconómico. No todos los impactos se podrán prevenir, algunas actividades propias del proyecto generan impacto negativo directo al medio ambiente, otras se podrán prevenir pero no totalmente, para contrarrestar este efecto se contemplan estrategias encaminadas a la prevención, control, mitigación, corrección y compensación de los impactos.

Las estrategias de control se deben presentar en fichas de gestión como lo muestra la Tabla 3, con el fin de calificar cada medida dándole su importancia, tiempo, presupuesto e indicadores de avance en su ejecución como la que se muestra a continuación.

Tabla 3. Ficha de gestión

|   |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
|---|------------------|---|------------|-----------|---|--------------|------------------|---|--------------|----|----|----|
| <b>FICHA No.</b>  | <b>PROGRAMA:</b> |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>OBJETIVOS</b>  |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>METAS</b>  |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>IMPACTOS A MITIGAR</b>                                     |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>ETAPA</b>  | Construcción     |   |            | Operación |   |              | Desmantelamiento |   |              |    |    |    |
| <b>TIPO DE MEDIDA</b>   | Manejo           |   | Mitigación |           |   | Recuperación |                  |   | Compensación |    |    |    |
| <b>MEDIDAS DE MANEJO</b>                                      |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
|   |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>ACCIONES A DESARROLLAR / ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN</b> |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
|   |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>PLAZO</b>  |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
|   |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| <b>CRONOGRAMA</b>   |                  |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
| Actividad   | Año 1            |   |            |           |   |              |                  |   |              |    |    |    |
|   | 1                | 2 | 3          | 4         | 5 | 6            | 7                | 8 | 9            | 10 | 11 | 12 |



|   |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
|---|---|---|---|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|---|----|----|----|--|
| <b>FICHA No.1</b>   | <b>PROGRAMA: Manejo de comunidades silvestres</b> |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo poblacional; por medio del cual se conoce la densidad poblacional.</li> </ul> |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>PLAZO</b>  |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| Transcurso del proyecto   |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>CRONOGRAMA</b>   |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>Actividad</b>  | <b>Año 1</b>                                      |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
|   | 1   | 2 | 3 | 4             | 5                  | 6                        | 7                     | 8                 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |
| Calculo de la población mínima  |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| Seguimiento y monitoreo de las especies   |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| Reintroducción de individuos  |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN (LOCALIZACIÓN)</b>   | Área de influencia indirecta del proyecto         |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>  | Comunidades silvestres regionales                 |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>SEGUIMIENTO Y MONITOREO</b>  | Bimensual   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>RESPONSABLE DE EJECUCIÓN</b>   | Ejecutor del proyecto                             |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>PRESUPUESTO</b>  |   |   |   |               |                    |                          |                       |                   |   |    |    |    |  |
| <b>Descripción</b>  |   |   |   | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad \$</b> | <b>Valor Unitario \$</b> | <b>Valor Total \$</b> |                   |   |    |    |    |  |
| Estudio para el cálculo de número de individuos   |   |   |   | UNID          | 1                  | 6.000.000                | 6.000.000             |                   |   |    |    |    |  |
| Monitoreo de población silvestre  |   |   |   | UNID          | 1                  | 5.000.000                | 5.000.000             |                   |   |    |    |    |  |
| Reintroducción de individuos al área protegida  |   |   |   | UNID          | 2                  | 5.000.000                | 10.000.000            |                   |   |    |    |    |  |
|   |   |   |   |               |                    |                          | <b>Valor total</b>    | <b>21.000.000</b> |   |    |    |    |  |

Fuente: El autor

Tabla 5. Ficha 2. Manejo de emisiones de gases efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O)

|  |  |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
|--|--|---|------------|-----------|--------------|--|--|--------------|------------------|--|--|--|
| <b>FICHA No.2</b>  | <b>PROGRAMA: Manejo de emisiones de gases efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O)</b>  |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| <b>OBJETIVOS</b>   | Disminuir la emisión de gases efecto invernadero producidos por la combustión de la planta a través de la implementación de mejores prácticas en el proceso. |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| <b>METAS</b>   | Reducir los gases contaminantes emitidos a la atmosfera por la planta de generación eléctrica a base de carbón   |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| <b>IMPACTOS A MITIGAR</b>  | Emisión de gases efecto invernadero (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O)   |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| <b>ETAPA</b>   | Construcción   |   |            | Operación |              |  |  | x            | Desmantelamiento |  |  |  |
| <b>TIPO DE MEDIDA</b>  | Manejo   | x | Mitigación | x         | Recuperación |  |  | Compensación |                  |  |  |  |
| <b>MEDIDAS DE MANEJO</b>   |  |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| Actualmente las plantas carboeléctricas de ciclo combinado poseen mayor eficiencia con la ayuda de los precipitadores electrostáticos. Aunque no se puede controlar las emisiones de gases contaminantes pero se puede aprovechar la energía disponible en actividades de la planta. |  |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |
| <b>ACCIONES A DESARROLLAR / ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN</b>  |  |   |            |           |              |  |  |              |                  |  |  |  |



|  |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
|--|---|----------|----------|----------|---------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>FICHA No.3</b>  | <b>PROGRAMA: Manejo de recursos ícticos, hábitats acuáticos</b> |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>ACCIONES A DESARROLLAR / ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN</b>  |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>Rescate y traslado de peces en zonas críticas:</b> La captura de los individuos deberá realizarse mediante atarrayas de ojo pequeño (menor a 1 cm) y con jamas de material plástico. Una vez capturados deberán introducirse en bolsas plásticas con agua del cauce principal a las cuales, además, se les deberá inyectar oxígeno de forma que los peces vivos tengan un suministro constante hasta que sean trasladados a las zonas críticas. |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>PLAZO</b>   |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| Corto a mediano plazo  |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>CRONOGRAMA</b>  |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>Actividad</b>   | <b>Año 1</b>  |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
|  | <b>1</b>  | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b>      | <b>6</b>        | <b>7</b>                 | <b>8</b>              | <b>9</b> | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>12</b> |
| Pesca de peces   |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| Traslado de peces  |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>LUGAR DE APLICACIÓN (LOCALIZACIÓN)</b>  | Río donde se desarrolle el proyecto                             |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>   | Población ictiológica   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>SEGUIMIENTO Y MONITOREO</b>   | Bimensual   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>RESPONSABLE DE EJECUCIÓN</b>  | Empresa ejecutora de proyecto                                   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>PRESUPUESTO</b>   |   |          |          |          |               |                 |                          |                       |          |           |           |           |
| <b>Descripción</b>   |   |          |          |          | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Valor Unitario \$</b> | <b>Valor Total \$</b> |          |           |           |           |
| Rescate y traslado de peces en zonas críticas  |   |          |          |          | Unid          | 4               | 20.000.000               | 80.000.000            |          |           |           |           |
|  |   |          |          |          |               |                 | <b>Valor total</b>       | <b>80.000.000</b>     |          |           |           |           |

Fuente: El autor

### 5.1.9 Aplicación de la metodología de diagnóstico ambiental para la planta de generación eléctrica de río Negro de Puerto Salgar, Cundinamarca.

En esta sección presenta un ejemplo real del desarrollo de un Diagnóstico Ambiental ejecutado para una microcentral de generación eléctrica el cual fue elaborado por un grupo de profesionales especialistas en las áreas de Biología, Forestal, Ambiental, Sociología y Geología.

Este diagnóstico Ambiental es realizado con el fin de conocer la situación para el año 2012 de la microcentral que viene funcionando desde 1975 en cumplimiento de responsabilidades ambientales. El documento "Diagnostico Ambiental" se presenta en el Anexo D.

## 6 CONCLUSIONES

Los estudios ambientales son una herramienta básica para conocer el grado de afectación de los proyectos hacia los recursos naturales y nos ayudan a implementar estrategias para su prevención, mitigación o corrección.

La guía metodológica para Diagnóstico Ambiental desarrollada en este trabajo presenta las principales características aplicadas a proyectos en los cuales se pretenda construir plantas de generación eléctrica o que se encuentren en funcionamiento.

Esta guía metodológica se puede utilizar en cualquiera de las etapas del proyecto cuando que se requiera realizar un Diagnóstico Ambiental.

La metodología puede ser aplicada junto con la guía para presentar Estudios Ambientales desarrollada por el ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible por estar basada en esta guía y la aplicación de las dos son herramientas complementarias.

Los impactos ambientales varían según el tipo de proyecto a desarrollar (hidroeléctrica, plantas a base de carbón, termoeléctricas) y según la tecnología a utilizar por lo cual la metodología presentada en este trabajo cubre estos tipos de proyectos de generación eléctrica.

Las plantas de generación eléctrica crean principalmente impactos ambientales tales como generación de gases efecto invernadero CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, alteración de comunidades silvestres, pérdida de ictiología de los ríos.

El recurso hídrico, la fauna y el aire son los recursos naturales con mayor intervención en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica.

Las medidas de gestión para proyectos de generación eléctrica encierran como principales medidas el manejo de comunidades silvestres, comunidades acuáticas y control de emisiones atmosféricas.

El Diagnóstico Ambiental para la planta de generación energía de Río Negro presentado en la monografía es una herramienta que proporciona información sobre el estado real ambiental de esta microcentral y permite tomar medidas y acciones pertinentes para cumplir con las responsabilidades ambientales.

## **7 RECOMENDACIONES**

Se recomienda la adaptación de esta guía metodológica en la elaboración de Diagnóstico Ambiental para los proyectos específicos, termoeléctricas y plantas a base de carbón, desarrollados en Colombia.

Para el desarrollo de guías posteriores se debe tener en cuenta los lineamientos dispuestos por la autoridad ambiental central Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y territoriales Corporaciones Autónomas Regionales.

Incluir en la metodología de Diagnóstico Ambiental el estudio de valoración Económica a los impactos ambientales valorados como significativos o críticos.

Aplicar otras metodologías de evaluación de impacto ambiental a los impactos identificados con el fin de verificar, definir y analizar la valoración de impactos.

## BIBLIOGRAFIA

- BID. (1990). Estimación de precios cuenta para Colombia. Washington D.C.
- CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca . (2012). *Términos de Referencia, Diagnóstico Ambiental de Alternativas, Proyectos Puntuales*. Bogotá, DC, Colombia.
- CARRIAZO F., M. J. (2003). Valoración del Entorno Ambiental Urbano: Una Aplicación del Modelo Hedónico en el Corredor Los Molinos - Córdoba - Juan Amarillo. *Reporte final presentado a la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- CENGEL, Y. A., & BOLES, M. A. (2007). *Termodinámica* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.
- CONESA FERNANDEZ, V. (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental* (Cuarta ed.). Madrid, España: Grupo Mundi-Prensa.
- CRUZ, G. (2005). *Economía aplicada a la valoración de impactos ambientales*. Manizales: Universidad de Caldas.
- GOMEZ, D. (2002). *Evaluación de Impacto Ambiental* (Segunda ed.). Madrid: Grupo Mundi-Prensa.
- GOMEZ, D. (2009). *Impacto Ambiental de los trasvases*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- GORDON J., V. W. (1997). *Fundamentos de Termodinámica*. México D.F.: Limusa Noriega Editores.
- IAIA - International Association for Impact Assessment . (2005). *Biodiversidad y Evaluación de Impacto*. Obtenido de <http://www.iaia.org>
- IAIA, I. A. (2005). *International Association for Impact Assessment -IAIA*. [www.iaia.org](http://www.iaia.org): Publicación Especial.
- KOKATE, K. M. ("sin fecha"). El precio cuenta de la mano de obra en Colombia. *Desarrollo y Sociedad*, 238-287.
- KOLSTAD, C. (2000). *Environmental Economics* (First Edition ed.). E.U., Oxford University Press.

- MANDELIK, Y. D. (2005). *Issues and Dilemmas in Ecological Scoping: Scientific, Procedural and Economic Perspectives. Impact Assessment and Project Appraisal, Special Issue on Biodiversity and Impact Assessment*. (Vol. vol. 1). Guildford: Beech Tree Publishing.
- MANDELIK, Y., DAYAN, T., & FIETELSON, E. (2005). *Issues and Dilemmas in Ecological Scoping: Scientific, Procedural and Economic Perspectives. Impact Assessment and Project Appraisal, Special Issue on Biodiversity and Impact Assessment* (Vol. 23). Beech Tree Publishing.
- MAVDT. (2010). *Metodología para la presentación de estudios ambientales*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MENDIETA, J. C. (2000). *Economía Ambiental*. Santa Fé de Bogotá.
- MENDIETA, J. C. (Julio de 2001). *Manual de Valoración Económica de Bienes no Mercadeables, Aplicaciones de las Técnicas de Valoración no Mercadeables y Análisis Costo-Beneficio del Medio Ambiente*. Bogotá, D.C., Colombia: Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2003). *Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales*. Pag. 37. Colombia.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales*. Bogotá D.C, Colombia.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2006). *Plan de Expansión de Referencia. Generación - Transmisión 2006 -2020*. Bogotá: UPME.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (25 DE FEBRERO DE 2010). *EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA PARA LA GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELECTRICA (PERGT)*. Bogotá, D.C., Colombia.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (25 de Febrero de 2010). *Evaluación ambiental estratégica plan de expansión de referencia para la generación y transmisión eléctrica (PERGT)*. Bogotá, D.C.
- MIRANDA, J. (2004). *El Desafío de la Gerencia de Proyectos. Alcance, Tiempo, Presupuesto, Calidad*. Bogotá: MM Editores.
- MORA VEGA, L. (2001). *Gestión Ambiental Sistemática. Un nuevo enfoque funcional y organizacional para el fortalecimiento de la gestión ambiental pública, empresarial y ciudadana en el ambiente estatal*. Colombia: SIGMA Ltda.

- OSORIO, J. (2006). Método de transferencia de beneficios para valoración económica de servicios ambientales: Estado del arte y aplicaciones. *Semestre económico*, 9(18), 107-124.
- POTER, M. E. (1980). *Estrategia competitiva. Técnica para el análisis de los sectores industriales y de la compañía*. México: Continental C.V.
- RAMOS, N. (2004). Metodologías Matriaciales de Evaluación de Impacto para países en desarrollo: Matriz de Leopold y Mel-Enel. Guatemala.
- RINCON, S., TORO, J., & BURGOS, J. (Diciembre de 2009). *Lineamientos guía para la evaluación de criterios de la biodiversidad en los estudios requeridos para licenciamiento ambiental* (Primera ed.). Bogotá.
- RODRIGUEZ BECERRA, M., & ESPINOZA, G. (2002). *Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. Washington DC: Parada.
- ROZO CATIBLANCO, C. (2012). Métodos de Valoración Económica del Medio Ambiente: Conceptos preliminares. *SINAB*, 23.
- SERNA, H. (2009). *Gerencia Estratégica. Teoría, metodología, aliniamiento, implementación y mapas estratégicos. Indices de gestión* (Décima Edición ed.). Bogotá D.C.: Panamericana Editorial Ltda.
- VAN WYLEN, G. J., & SONNTAG, R. E. (1997). *Fundamentos de Termodinámica*. México D.F.: Limusa Noriega.
- WRI - World Resources Institute . (2003). Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación. Resumen. Informe del grupo de trabajo sobre el Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. <http://www.millenumassessment.org/en/Framework.aspx>.

## ANEXOS

## Anexo A. Criterios de evaluación

Tabla 7. Criterios de evaluación

| Criterio             | Descripción   | calificación  | Ponderación |
|----------------------|---|---|-------------|
| Carácter (C)         | Se refiere al carácter positivo o negativo del impacto valorado.  | Aquel que genera efectos positivos para el ambiente y/o la sociedad.                    | 1           |
|                      |   | Cuando el efecto se traduce en afectación negativa al medio natural y /o a la sociedad. | -1          |
| Intensidad (IN)      | expresa la importancia relativa de las consecuencias que inciden en la alteración del componente considerado  | Baja  | 1           |
|                      |   | Media   | 4           |
|                      |   | Medio - Alta  | 8           |
|                      |   | Alta  | 12          |
| Extensión (EX)       | Es el área de influencia del impacto con relación a su entorno.   | Puntual ( $\leq 1$ Ha)  | 1           |
|                      |   | Local ( $>1$ Ha y $\leq 5$ Ha)  | 4           |
|                      |   | Regional ( $>5$ Ha)   | 12          |
| Persistencia (PE)    | Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y hasta que el componente ambiental retorne a las condiciones iniciales                          | Fugaz ( $\leq 6$ meses)   | 1           |
|                      |   | Temporal ( $>6$ meses y $\leq 5$ años)  | 3           |
|                      |   | Permanente ( $>5$ años)   | 5           |
| Reversibilidad (RV)  | Capacidad del componente ambiental afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medios naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el. | Corto plazo ( $\leq 1$ año)   | 1           |
|                      |   | Mediano plazo ( $>1$ año y $\leq 10$ años)  | 3           |
|                      |   | Largo plazo ( $>10$ años)   | 5           |
| Recuperabilidad (RC) | Capacidad de recuperación del componente ambiental por medio de la implementación de medidas de gestión ambiental.  | Mitigable, totalmente recuperable en el corto plazo                                     | 1           |
|                      |   | Mitigable, recuperable en un plazo de mediano a largo                                   | 3           |
|                      |   | Irrecuperable   | 10          |

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, adaptado de Resolución 2086 de 2010, MAVDT

**Anexo B. Calificación cualitativa**

**Tabla 8 Calificación cualitativa de (I).**

| Rango del (I) | Medida Cualitativa impactos negativos | Medida Cualitativa Impactos positivos |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 8             | Irrelevante                           | Irrelevante                           |
| 9 -20         | Leve                                  | Leve                                  |
| 21 – 40       | Moderado                              | Moderado                              |
| 41 – 60       | Severo                                | Importante                            |
| 61 - 80       | Critico                               | Significativo                         |

Fuente: Universidad Distrital (2012)

**Anexo C Matriz de impactos ambientales (Ver documento Excel)**

**Anexo D. Diagnóstico Ambiental para la planta de generación eléctrica del municipio de Puerto Salgar, Cundinamarca (Ver Documento Word)**