GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL EN PROYECTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL MARCO DE LICENCIAMIENTO AMBIENTAL EN COLOMBIA

JUAN SEBASTIÁN RIVERA MONCADA
WILMER LEANDRO ROA ORJUELA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA
2019

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL EN PROYECTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DENTRO DEL MARCO DE LICENCIAMIENTO AMBIENTAL EN COLOMBIA

JUAN SEBASTIÁN RIVERA MONCADA
WILMER LEANDRO ROA ORJUELA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIEROS AMBIENTALES

DIRECTOR: JUAN JOSÉ VARGAS OSORIO
INGENIERO AMBIENTAL
MSc ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ, COLOMBIA
2019

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN 2

3. IMPACTOS AMBIENTALES 3

4. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SSEE) 5

5. MEDIDAS DE MANEJO 7

5.1. Fragmentación del hábitat 8
5.2. Migración por alteración del hábitat 12
5.3. Alteración de cauces naturales 15
5.4. Desestabilización de taludes 19
5.5. Afectación de la calidad visual 27
5.6. Contaminación atmosférica por gases 30
5.7. Pérdida de especies endémicas 33

6. VALORACIÓN ECONÓMICA 40

6.1. Impacto relevante 1. Remoción de la capa orgánica. 40
6.1.1. Metodología de Costos actuales y potenciales - Costo de reposición. 40
6.1.2. Preferencias declaradas – Conjoint 41
6.2. Impacto relevante 2. Pérdida de agroecosistemas. 42
6.2.1. Precios de mercado- cambios en la productividad 42
6.3. Impacto relevante 3. Agotamiento del recurso hídrico 42
6.3.1. Precios de mercado - cambios en la productividad 42
6.3.2. Costos actuales – costo de restauración 43
6.4. Impacto relevante 4. Afectación de aguas superficiales y subterráneas 43
6.4.1. Precios de mercado- cambios en la productividad 43
6.4.2. Preferencias declaradas – Experimentos de elección 43
6.5. Impacto relevante 5. Contaminación atmosférica por material particulado 44
6.5.1. Precios de mercado - Método del costo de la enfermedad (morbilidad). 44
6.5.2. Preferencias declaradas – ConJoint 45
6.6. Impacto relevante 6. Contaminación atmosférica por ruido 46
6.6.1. Preferencias reveladas – Precios hedónicos 46
6.6.2. Preferencias declaras - Conjoint 46

7. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO (ACB) 48

8 BIBLIOGRAFÍA 53

Lista de tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas en las metodologías de la EIA 3

Tabla 2. Jerarquización de impactos ambientales negativos.....4

Tabla 3. Relación SSEE-indiciador.....6

Tabla 4. Abreviaciones para tipos de medida y fases.....7

Tabla 5. Ficha de manejo #1 Fragmentación del hábitat.....8

Tabla 6. Ficha de manejo #2 Migración por alteración del hábitat.....12

Tabla 7. Ficha de manejo #3 Alteración de cauces naturales. 15

Tabla 8. Área máxima drenada por canales perimetrales según las condiciones planteadas.....16

Tabla 9. Ficha de manejo #4 Desestabilización de taludes.....19

Tabla 10. Ficha de manejo #5 Deterioro de la calidad visual. 27

Tabla 11. Ficha de manejo #6 Contaminación atmosférica por gases.....30

Tabla 12. Ficha de manejo #7 Especies de flora, fauna y endémicas. 33

Tabla 13. Interpretación del indicador VPN.....50

Tabla 14. Interpretación del indicador RBC.....51

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema de barreras tipo trinchos. 23

Ilustración 2. Esquema de barreras tipo gaviones.....23

Ilustración 3. Esquema de barreras tipo gaviones.....23

Ilustración 4. Geomalla para control de la erosión 24

Ilustración 5. Diseño básico del muestreo.....35

Ilustración 6. Muestreo simple con líneas distribuidas al azar de igual o diferente longitud con la línea base.

.....36

Ilustración 7. Montaje de unidades de registro de inventario. 37

Tabla de ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de la densidad poblacional.....34

Ecuación 2. Ecuación para precios hedónicos. 46

Ecuación 3. Cálculo del VPN - Diferencial entre beneficios y costos. 50

Ecuación 4. Cálculo del Valor Presente Neto y la Relación Beneficio Costo.....51

Lista de Figuras

Figura 1. Estructura general del proceso de ACB de un proyecto, obra o actividad en la evaluación ambiental del EIA.....48

1. Introducción

Actualmente, la valoración económica ambiental en Colombia presenta una gran dificultad en el momento de realizar la medida real de la afectación de los impactos ambientales o cuando son afectados recursos irreversibles y requieren de restauración [1] [2]. Esta dificultad se debe a que se genera una condición donde los valores no pueden reflejarse en los precios de mercado.

Bajo esta condición, el insumo principal para gestionar eficientemente un proyecto de extracción minera consta de una línea base que tenga indicadores eficaces para lograr la cuantificación y proyecten el impacto real generado y en base a esta magnitud medida establecer un control proporcional a través de las medidas de manejo [3].

¿Por qué es importante generar una guía metodológica para realizar la evaluación económica de impactos generados por el sector minero en específico las canteras? Porque la herramienta permite dar lineamientos para logar un mejor desarrollo del ejercicio por parte de los que realizan los EIA y a su vez facilita la evaluación por parte de la autoridad competente que otorga la licencia ambiental. Por lo tanto, uno de los factores determinantes en este ejercicio es contar con métodos de valoración económica que permitan estimar un valor real del impacto ambiental de las actividades productivas y de consumo [4] [5].

Los entes reguladores establecen como obligación de las empresas que son solicitantes de licencias y que dentro de su actividad se incluye generación de impactos no internalizables, presentar la valoración económica de dichas externalidades (positivas y negativas) de control que contemplan los costos ambientales en proyectos, obras o actividades públicas y privadas [6] [5]. A su vez, la ANLA en conjunto con el MADS plantean la estrategia a corto plazo que permite que la valoración económica de impactos ambientales sea factible en el contexto nacional, entendido como país en desarrollo, en la cual se prioriza por utilizar los indicadores de estrés y la valoración cualitativa de impactos estos criterios técnicos son fundamentales para el uso de herramientas económicas, que ponen a disposición de quienes deben elaborar estudios ambientales para desarrollar los análisis económicos de los que se requiere disponer en las diferentes instancias del proceso de licenciamiento ambiental [2] [4] [7].

2. Recolección de información

Es de vital importancia conocer a gran detalle la caracterización ambiental correspondiente a cada componente uno de los componentes biótico, abiótico y socioeconómico, indagando sobre las características físicas del medio ambiente como aire, suelo y agua e identificando las diferentes especies de flora y fauna, buscando siempre la información más actualizada posible y contemplando procedimientos adecuados para la delimitación de la zona de influencia del proyecto, que podría darse a través del análisis de las características físicas y de geoforma del terreno donde se ubicará, además, teniendo en cuenta la dirección de los vientos ya que es un factor que puede precisar aún más la delimitación del proyecto, e identificando los proyectos similares que se encuentran cerca o que generan impactos en los mismos ecosistemas o sobre las mismas coberturas vegetales [3] [4].

También, es importante reconocer los tipos de suelo pues este análisis determinará si existen fenómenos de inestabilidad y su comportamiento geométrico. En el tema de aguas, es fundamental identificar los cuerpos de agua dentro del área de influencia directa e indirecta, por más cortos que sean los trayectos que pasen estos puntos deben tenerse en cuenta, además, podemos apoyarnos en un mapa de pendientes que podrá ayudar a predecir el comportamiento del agua en sobre la zona del proyecto y su influencia [7] [8].

En cuanto a los componentes biótico y socioeconómico, lo procedimientos de recolección de la información brindan mejores resultados cuando se procura hacer el levantamiento de la información primaria, acudiendo a la zona de influencia del proyecto, aplicando métodos de conteo de fauna y flora por personal capacitado, encuestando a las personas que residen allí por periodos superiores a los 10 años, identificando las particularidades que puede presentar cualquier ecosistema y datando las diferentes actividades económicas y culturales que se desarrollan [9] [10].

A pesar de ello, cuando se trata del factor físico y en algunas particularidades del socioeconómico y del biótico, el manejo de la información resulta ser más articulado y cómodo cuando se logran obtener los datos para que sean trabajados a través de herramientas de sistemas de información geográfica, pues, mediante este tipo de sistemas es posible realizar una gran variedad de análisis pertinentes y además permite establecer de manera rápida comparaciones en diferentes periodos de tiempo. Es importante tener en cuenta que no en todos los casos el uso de sistemas de información geográfica puede brindar la exactitud necesaria para evaluaciones de este tipo, puesto que, las escalas de las imágenes utilizadas, en pocos casos, representan el nivel de detalle requeridos para determinar los análisis [10]. Se hace necesario entonces acudir a medios como la toma de información primaria lograr la precisión para la gestión eficiente del proyecto u otros medios [4] [7].

Dentro del marco del licenciamiento ambiental en Colombia, la EEA se articula bajo tres ejes principales:

- Identificación y selección de los impactos ambientales significativos
- Cuantificación biofísica de los impactos
- Análisis de internalización [1] [4].

3. Impactos Ambientales

Actualmente, la evaluación del impacto ambiental (EIA) puede realizarse a través de una gran variedad de metodologías, las cuales varían en muchos casos dependiendo del enfoque o del tipo y cantidad de información a la que se tenga acceso en el momento de realizar los estudios de impacto ambiental [1] [4]. A continuación, se presenta un cuadro que compara a través de las ventajas y desventajas, los métodos para la identificación de impactos más comunes:

Tabla 1. ***Ventajas y desventajas en las metodologías de la EIA***

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
LISTAS DE CHEQUEO	Simple	Si no se dispone de listados previos, se requieren evaluadores muy expertos para no dejar por fuera aspectos significativos
	Útiles para evaluaciones ambientales en fase preliminar, identificando impactos más significativos	
	Existen listados previamente definidos	No permite el análisis de la relación causa-efecto
MÉTODO DE LEOPOLD	No requiere medios sofisticados para aplicarlo	No permite visualizar la temporalidad de los impactos
	Presenta una visión y un barrido muy completo del proyecto y el medio receptor	La calificación de los impactos se realiza subjetivamente y con la utilización de muy pocos parámetros
		No prevé la probabilidad de ocurrencia del impacto
	Fácil utilización	No indica condiciones extremas o impactos inaceptables
SUPERPOSICION DE MAPAS	Útil para EIA relacionados con ordenamiento del territorio y proyectos lineales	Resultados generales y normalmente a grandes escalas
	Evaluar alternativas	Personal y equipos especializados en estas técnicas
	Usan sensores remotos y SIG, que facilitan la preparación de mapas, se obtienen resultados confiables	
BATELLE COLUMBUS	Evaluación sistemática de los IA usando indicadores homogéneos	Requiere evaluadores experimentados
	Evaluaciones globales cuantificables del proyecto	Es necesario contar con funciones de transformación para todos los factores ambientales
		Bebe contar con una línea base precisa
	Comparan alternativas	No visualiza la temporalidad de los impactos
	Es un método con poca	No muestra la relación causa -efecto

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	subjetividad	Requiere memoria explicativa

Fuente: *Autores.*

En el ejercicio elaborado para el desarrollo de esta guía se decidió utilizar la Matriz de Leopold ya que las ventajas que ofrece son pertinentes en cuanto a la información disponible, no requiere de medios sofisticados para su aplicación, presenta un barrido completo del proyecto y su uso no requiere de análisis complejos. La matriz (*Anexo 2*.) se modificó en algunos aspectos para lograr ajustarla hacia un enfoque específico, normalmente los aspectos ambientales apuntan hacia la alteración de uno de los componentes del medio ambiente, para este caso se enfocaron hacia un impacto específico utilizando los impactos que aplican para este tipo de actividades, basados en el listado de impactos del Libro de Arboleda [1]. Por otro lado, tomando información de expedientes del CAR relacionada con la extracción de materiales de construcción se construyó un proceso extractivo que contempla la mayor cantidad de actividades que se consideraron pertinentes en la preparación, explotación y desmantelamiento buscando generalizar los procesos extractivos. Finalmente, se procede al cruce de información que permite llevar a cabo la identificación de impactos a través de las interacciones entre las fases del proceso extractivos y los impactos y la evaluación de las acciones sobre los impactos relacionados con nada componente evaluándolas a través de su magnitud e importancia como siguiere él método. Los valores de magnitud e importancia pueden variar de 1 a 10 de acuerdo a la magnitud generada por la alteración generada sobre el factor ambiental considerado. Pueden tener valores negativos y positivos dependiendo del carácter del mismo. La importancia también se evalúa de 1 a 10 según el peso relativo que el factor ambiental tiene dentro del proyecto, estos valores se ingresan en las casillas donde se presente la interacción, ingresando en la casilla derecha el valor de la magnitud y en la izquierda el de importancia. Luego, para continuar con el análisis de los valores, en el cuadro de fondo rojo denominado "SINTESIS" dentro del ***Anexo 2.*** Matriz. se deberá seguir estrictamente la indicación que se encuentra en cada una de las casillas dentro de "# de interacciones", "magnitud" e "importancia". Y de esta forma se ejecutarán adecuadamente las fórmulas que permiten obtener los resultados y finalmente la relevancia.

Una vez identificados y evaluados los impactos significativos que presentan mayor nivel potencial de la afectación al medio ambiente estos deben ser jerarquizados teniendo en cuenta su nivel de importancia, es decir, aquellos que revistan mayor gravedad respecto a la línea base. Como resultado para el ejercicio se obtuvo que:

Tabla 2. ***Jerarquización de impactos ambientales negativos.***

#	IMPACTO AMBIENTAL NEGATIVO	RELEVANCIA
1	Perdida de especies endémicas	9,50
2	Remoción de la capa orgánica	9,07
3	Fragmentación de hábitats	9,00
4	Desestabilización de taludes	8,67

5	Alteración de cauces naturales	8,61
6	Perdida de la cobertura vegetal	8,58
7	Perdida de la cobertura vegetal	8,28
8	Deterioro de la calidad visual	8,20
9	Migración por alteración del hábitat	8,20
10	Afectación de diversidad faunística	8,17
11	Contaminación atmosférica por gases	8,15
12	Perdida de agroecosistemas	8,10
13	Agotamiento del recurso hídrico	8,06
14	Afectación de aguas superficiales y subterráneas	8,06
15	Contaminación atmosférica por material particulado	8,00

Fuente: *Autores.*

Algunos de los impactos que resultaron relevantes en la evaluación de impactos se encuentran repetidos o son muy similares en cuanto a sus efectos sobre él medio, esto se debe a que estos impactos pueden presentarse y afectar más de un componente. Por ejemplo, 1. perdida de especies endémicas y 9. migración por alteración del hábitat son impactos que evalúan aspectos distintos relacionados con fauna, pero ambos, tienen similitud con 10. afectación de la diversidad faunística, dada la especificidad que presenta los impactos1 y 9, se decidió que la evaluación del impacto 10 se ve representada por la evaluación de los impactos 1 y 9. Para el caso de los 2, 6 y 7, se consideró que todos presentan grandes similitudes, así que se decidió tomar el valor que representa mayor relevancia con el objetivo de minimizar esfuerzos innecesarios y por lo tanto los impactos que procederán a etapas posteriores no serán 15 sino 13.

4. Identificación y cuantificación de los servicios ecosistémicos (SSEE)

En esta etapa del proyecto se comienza a evidenciar la importancia que tiene la elaboración de una línea base con la información más actualizada, pertinente y con los indicadores adecuados que permitirán hacer una medición efectiva del cambio en los servicios ecosistémicos [1] [4]. Es importante tener en cuenta las unidades en las que se exprese la previsible afectación por el proyecto, para que coincidan y se relacionen efectivamente con el componente impactado.

Una vez identificados y jerarquizados los impactos ambientales, se procede con la búsqueda de los servicios ecosistémicos involucrados. Inicialmente, se toma cada impacto y se asocia la afectación que produce sobre los cuatro tipos de SSEE (abastecimiento, regulación, apoyo y culturales), cabe resaltar que en muchos casos un solo impacto puede generar afectación sobre varios servicios ecosistémicos. Luego, se identifica el servicio ecosistémico específico dentro cada tipo de SSEE afectado. Actualmente, existen muchas fuentes de información sobre los diferentes tipos de SSEE, pero, para efectos del ejercicio desarrollado para la elaboración de esta guía se tomó la información sobre SSEE contenida en la página web de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ya que presentan definiciones contundentes, información sobre valoración, practicas, políticas, incentivos y recursos. Finalmente, cada servicio ecosistémico

identificado debe ser evaluado a través de un indicador que coincida con los indicadores planteados en la línea base, que tenga unidades que permitan relacionarlo con él impacto y permitan cuantificar el cambio en los servicios ecosistémicos antes y después del proyecto [11]. En el ejercicio realizado se logra identificar afectaciones sobre los siguientes servicios ecosistémicos:

Tabla 3. ***Relación SSEE-indiciador.***

SERVICIO ECOSISTÉMICO	**INDICADOR**	**MÉTODO**
Regulación del ciclo hídrico	Balance hídrico general [12]	Balance hídrico general [12]
Control de la erosión	Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección	Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección
Fotosíntesis	Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada uso de suelo [13]	Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada uso de suelo [13]
Formación del suelo	Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección	Área susceptible de erosión protegida/área susceptible de erosión que requiere protección
Recreación y turismo	Encuestas en alojamientos o sitios turísticos sobre número de visitantes en diferentes temporadas	Encuestas en alojamientos o sitios turísticos sobre número de visitantes en diferentes temporadas
Sistemas productivos	Aproximación al servicio de provisión de alimentos basado en el CNA 2014 (DANE) [14]	Aproximación al servicio de provisión de alimentos basado en el CNA 2014 (DANE) [14]
Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño	Coberturas vegetales conservadas/ coberturas vegetales que requieren de conservación	Coberturas vegetales conservadas/ coberturas vegetales que requieren de conservación
Agua para uso agrícola	Metodología para el cálculo de la huella hídrica agrícola [8]	Metodología para el cálculo de la huella hídrica agrícola [8]
Hábitat para especies	Conteo de especies de fauna y flora	Conteo de especies de fauna y flora
Polinización	Conteo de especies faunísticas	Conteo de especies faunísticas
Regulación del clima local	Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada uso de suelo [13]	Almacenamiento de carbono sobre el suelo vinculado a cada uso de suelo [13]
Calidad del aire	Medición de las concentraciones de contaminantes en los SVCA [13]	Medición de las concentraciones de contaminantes en los SVCA [13]
Recursos genéticos	Conteo de especies de interés medicinal	Conteo de especies de interés medicinal
Agua para consumo humano	Metodología para el cálculo de la huella hídrica [8]	Metodología para el cálculo de la huella hídrica [8]

Fuente. *Autores.*

En la tercera columna de la ***Tabla 3.*** Se indica el método que utiliza cada indicador para medir el servicio ecosistémico afectado que se deberá aplicar en la etapa de la cuantificación biofísica de los servicios ecosistémicos, de modo que, se logre la estimación, en unidades físicas del cambio temporal y espacial del impacto analizado.

5. Medidas de manejo

Con el objetivo de hacer un análisis que aumente la viabilidad de los proyectos para la extracción de materiales de construcción, las medidas de manejo que se han planteado se elaboraron en base a cada impacto ambiental, mas no, por cada componente como sucede actualmente en los EIA de Colombia, brindando así una mayor especificidad en las medidas o acciones a desarrollar y minimizando los vacíos en donde se generan impactos ambientales que no son atendidos ni tenidos en cuenta. Cada acción a desarrollar o medida planteada contara con su respectivo indicador, de modo que sea posible realizar seguimiento y monitoreo apropiado a través de los informes de cumplimiento ambiental específicos (ICA) [11]. El planteamiento de las medidas se ha enfocado principalmente en la búsqueda de medidas preventivas y correctivas, dado que, la internalización o no internalización de los impactos a manejar depende de la prevención o corrección de sus efectos sobre el ambiente.

En la casilla de acciones a desarrollar se realizó la clasificación del tipo de medida que se implementa, es decir, si es una medida preventiva, de corrección, de mitigación o de compensación las cuales se indican a través de siglas que se al final de cada acción a desarrollar, de igual forma, se indicara también la fase del proyecto en la cual se realizara la ejecución de la medida respectiva tal como se indica en la **Tabla 4**. *Abreviaciones para tipos de medida y fases.* que se estructuran dentro del paréntesis a final de cada acción indicando primero el tipo de medida y luego la fase en que aplica así: (TIPO DE MEDIDA, FASE). Todo con el objetivo de facilitar la lectura de las acciones de manejo de cada ficha.

Tabla 4. Abreviaciones para tipos de medida y fases**.**

TIPO DE MEDIDA	SIGLAS	FASE EN QUE APLICA	SIGLAS
Preventiva	PREV	Antes de la construcción	ANCNST
Correctiva	CORR	Construcción	CNST
Mitigante	MITG	Operación	OPR
Compensatoria	COMP	Cierre y abandono	CYA

Fuente: *Autores*

A continuación, se muestran las fichas de manejo que, a partir de las medidas preventivas y correctivas, han logrado internalizar los impactos en este ejercicio y se explican sus medidas de manejo:

5.1.Fragmentación del hábitat

Tabla 5. ***Ficha de manejo #1 Fragmentación del hábitat.***

MANEJO DE LA FRAGMENTACION DEL HABITAT	
Objetivo general	Prevenir y/o corregir el deterioro de los diferentes tipos de bosques y la calidad visual del paisaje en las áreas intervenidas por el proyecto velando por la protección de los ecosistemas.
Objetivos específicos	- Establecer coberturas vegetales que protejan el suelo de los factores erosivos en áreas intervenidas por el proyecto. - Disminuir el número de accidentes con fauna silvestre en la zona del proyecto. - Implementar medidas de conservación de hábitats mediante parámetros de evaluación permanente de la biodiversidad. - Favorecer el desarrollo de la sucesión vegetal, implementando las actividades de manera progresiva.
Impactos asociados	- Pérdida de biodiversidad - Cambios en la estructura y composición faunística - Disminución de la cobertura vegetal - Alteración de los servicios de soporte del ecosistema
Acciones a desarrollar	1. Revegetalización por etapas mediante la implementación de coberturas herbáceas, establecimiento de especies pioneras y de sucesiones avanzadas que estructuren el sotobosque. (PREV-CORR, OPR) 2. Establecimiento de corredores biológicos como: alcantarillas, box coulvert, viaductos y puentes. (PREV, CNST-OPR) 3. Establecimiento de parcelas de muestreo permanente en donde se registran datos ecológicos y dasométricos para obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento, etc. (PREV, CNST-OPR) 4. Sensibilización al personal de trabajo y circundante al proyecto mediante talleres sobre la importancia de los ecosistemas terrestres, biodiversidad y la conservación de recursos florísticos. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA)
Indicadores de seguimiento	1. ha rehabilitadas/ ha liberada para rehabilitación. 2. # corredores biológicos establecidos/ # corredores biológicos planeados 3. # parcelas permanentes establecidas/ # parcelas permanentes propuestas. 4. # charlas realizadas / # charlas programadas
Fuentes	*PROYECTO DE MINERIA GRAMALOTE* [15]. *SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS* [16]. *HELIOS CONSORCIO VIAL* [17].

Fuente: *Autores*.

Medida # 1. Revegetalización por etapas mediante la implementación de coberturas herbáceas, establecimiento de especies pioneras y de sucesiones avanzadas que estructuren el sotobosque*:*

Con el fin de generar los estratos propios de un ecosistema estable y productivo se propone realizar una revegetalización por etapas que aumente la capa orgánica del suelo y permita generar una estructura adecuada para favorecer la entrada espontanea de flora.

En caso de que la recuperación del área no se realice con especies nativa puede realizarse también con especies que: a) no presenten alelopatías b) no sean invasoras b) aporten a la recuperación del suelo d) favorezcan establecimiento de especies que estructura el ecosistema [4].

A continuación, se presenta la metodología para el establecimiento de especies herbáceas, pioneras y de sucesiones avanzadas:

1.*Establecimiento de cobertura herbácea: Estas coberturas se reconocen por su habilidad para ciclar nutrientes, restaurar físicamente el suelo y preparar el suelo para el ingreso de especies de mayor tamaño. Dentro de este grupo sobresalen las gramíneas o pastos, nativas o cultivadas. El procedimiento consiste en:*

-Siembra: Incorporación de semillas en un terreno preparado previamente, esparciéndolas de forma aérea, al voleo o en hilera.

-Resiembra: Si en el monitoreo se observan grandes baches de áreas sin vegetación por baja germinación, se deberá realizar una resiembra para propiciar el crecimiento de estas.

-Fertilización: Se debe monitorear el crecimiento, mortalidad y las características fenotípicas, si hay déficit de nutrientes, se deberá hacer una fertilización en áreas que lo requieran [4].

2.*Establecimiento de especies pioneras: Dos años después del establecimiento de la cobertura herbácea, se procederá con la introducción de especies de mayor tamaño con rápido crecimiento, tolerantes a la exposición solar y que propicien un ambiente adecuado para establecer especies tardías. El procedimiento consiste en:*

- Trazado: Se definirá de acuerdo a la pendiente del terreno.

-Plateo: Los alrededores del sitio donde ira la planta se deben limpiar con azadón y luego emplear herbicida.

-Hoyado y repicado: El hoyo de siembra variara de acuerdo con el tamaño de los individuos a sembrar, utilizando herramientas como la barra y la pala coca.

-Siembra: La planta se colocará en forma vertical, cuidando que la raíz quede recta, se rellena con tierra y se afirma con la mano o el pie. Finalmente se dará un tirón suave hacia arriba tomando el tallo para el reacomodamiento de la raíz.

- Para *garantizar buenas condiciones de prendimiento se aplicará hidroretenedor hidratado a cada planta sembrada.*

- Para asegurar el desarrollo de la plantación se deben realizar inspecciones para verificar la necesidad de mantenimiento, fertilización, limpieza, replateo y poda [4]..

3.*Establecimiento de especies de sucesiones avanzadas: Esta incorporación de especies se dará por dos medios, uno de ellos es un medio natural, es decir la dispersión de semillas por parte de la fauna que ha iniciado su reingreso a estos sitios luego de una significativa recuperación; la segunda*

es una incorporación antrópica donde se realiza un enriquecimiento de las coberturas anteriormente establecidas, la cual se iniciará a los 5 años de establecidas las especies pioneras. Para la introducción de estas especies se realizará el procedimiento descrito para el establecimiento de especies pioneras, presentándose una variación en la densidad de siembra y el tipo de especies. Los individuos se sembrarán con una distribución en tres bolillos, con una distancia de siembra de cinco metros, para obtener así una densidad de siembra de 400 individuos/ha.

Medida # 2. *Establecimiento de corredores biológicos como: alcantarillas, box coulvert, viaductos y puentes:*

El uso de corredores biológicos en la conservación brinda una solución práctica y efectiva al problema de mantener la biodiversidad y los procesos ecológicos a gran escala. Para aumentar la permeabilidad de la vía del proyecto, a la fauna silvestre es necesario establecer estructuras que faciliten el movimiento de los animales. Esto incluye la construcción de pasa faunas mediante la adecuación de estructuras como alcantarillas, box coulvert, viaductos y puentes. Las entradas de la pasa fauna tienen que ser revegetadas con especies nativas, manteniendo una alta cobertura que brinde refugio a los animales que cruzan. Adicionalmente se deberán instalar alambre tejido (1,5 m de altura y 20 m de largo hacia cada costado) a ambos lados de la entrada para conducir a los animales hacia el pasa fauna y evitar que decidan cruzar por la ruta y sean atropellados. Como medida de adicional se establecerán corredores biológicos, mediante reforestaciones con especies nativas, los cuales conectarán los bosques aledaños con los viaductos, puentes, alcantarillas y box coulvert [4].

Se puede complementar esta medida mediante la instalación de pasos aéreos en las vías empleadas por vehículos livianos, los cuales consisten en un paso específico para animales que usan los estratos superiores del bosque, evitando que desciendan al suelo para desplazarse y así reducir la mortalidad de estos grupos faunísticos (primates, marsupiales, roedores arborícolas). Estos deben ser instalados en sitios específicos donde se detecte o se asuma son puntos críticos donde se da un mayor paso de la fauna, dentro del proyecto el sector de Monjas sería uno de los sitios prioritarios para la instalación de estos pasos. Estos pasos aéreos, consisten en el anclaje de cuerdas, o cables que van de un lado a otro de la vía, permitiendo el paso de los animales entre las ramas de los árboles situados a ambos lados de la vía, permitiendo su conectividad [4].

Medida # 3. Establecimiento de parcelas de muestreo permanente (PMP) en donde se registran datos ecológicos y dasométricos para obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento, etc:

Una PMP es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registrarán datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), eventos más sobresalientes de la dinámica forestal, o de otro tipo de información previamente determinada. Deben ser marcadas en forma conspicua, de modo que, facilite su ubicación. También, pueden ser utilizadas como Parcelas Testigo, que permiten controlar los incrementos en crecimiento de los árboles (Área basal y volumen) de las especies. Se implementaras parcelas de muestreo en áreas conservadas o en aquellas que defina el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [4].

-*Tamaño de las parcelas: Se recomienda que las PMP en bosques tropicales tengan el tamaño mínimo de una hectárea con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad posible, y facilitar el análisis estadístico de la información, además, para controlar el efecto de borde y facilitar su instalación en campo. Se deben instalar demarcaciones permanentes para lo cual se sugiere señalar las cuatro esquinas de las parcelas con varillas de hierro pintadas de color llamativo* [4].

-*Subdivisiones: Cada parcela se subdividirá en subparcelas de 20mx20m, las esquinas, puntos cardinales y centro de las subparcelas se marcarán con varillas de hierro y sus esquinas estarán una placa metálica con las coordenadas (X, Y,), lo cual permitirá ubicar cada árbol en campo y en el papel, determinar el grado de competencia entre éstos y tener la ubicación geográfica y topográfica de las parcelas* [4].

-*Levantamiento: a) Demarcación y señalamiento: es conveniente utilizar cinta métrica y una estaca que llegue a la altura del ojo del técnico, sobre la que se coloca la brújula con nivel interno y se nivela la brújula. A cada 10 m se coloca un tubo de PVC o una varilla de hierro, con la finalidad que a futuras mediciones se ubique perfectamente la parcela. b) Descripción de la parcela: se deben documentar datos como localización, línea de acceso, tipo de suelo, aspecto, pendiente, geología e historia, estado inicial de la flora y si es posible de la fauna. c) Frecuencia de las mediciones: Los primeros registros de datos en PMP requieren de un cuidado especial para poder verificar la información que será la base de los análisis. Se propone realizar 2 mediciones al año, es decir 1 cada 6 meses* [4].

-*Mediciones y marcaciones de árboles: Se ha demostrado que la metodología obtiene mejor información midiendo los individuos con diámetros mínimos de 10 cm. En la parcela se debes establecer unidades de muestreo más pequeñas donde se miden los individuos juveniles de diámetros menores al mínimo establecido para el total de la parcela de muestreo. La regeneración a nivel de plántulas se muestrea por medio de transectos establecidos al azar dentro de las subparcelas de medición, donde se registran todos los brinzales con una altura menor a 1 m. Para la regeneración natural se deben establecer parcelas de 5mx5m y de 2mx2m de para latizales y brinzales respectivamente. Para los latizales se deben marcar los individuos de manera consecutiva, para lo cual se coloca pintura en el tallo de cada latizal o una etiqueta de aluminio, se registra el nombre común o vernacular, se especifica si es rebrote o planta, se registra el código de exposición de la copa del latizal, DAP en cm. Para los brinzales se califica la iluminación que penetra y se realiza un conteo anotando los siguientes datos: Nombre común, número de brinzales y / o rebrotes de la subparcela. Cada individuo registrado se marca en campo con una placa de aluminio numerada o con pintura esmalte. Se registran para cada individuo datos sobre especie, familia, diámetro a 1.30 m. ó a 2.5 m., calidad del fuste, altura total, altura comercial, exposición de la copa, forma de copa y otras variables cualitativas que se puedan registrar* [4].

Medida #4. Sensibilización al personal de trabajo y circundante al proyecto mediante talleres sobre la importancia de los ecosistemas terrestres, biodiversidad y la conservación de recursos florísticos:

Se realizará sensibilización ambiental enfocada en generar una actitud de protección por parte del personal del proyecto hacia las especies vegetales amenazadas y la presencia de corredores biológicos durante todas las etapas del proyecto.

5.2. Migración por alteración del hábitat

Tabla 6. ***Ficha de manejo #2 Migración por alteración del hábitat.***

MANEJO PARA LA MIGRACIÓN POR ALTERACIÓN DEL HÁBITAT	
Objetivo general	Prevenir los impactos generados sobre la fauna durante todas las etapas del proyecto en donde sea necesario el ahuyentamiento de especies
Objetivos específicos	- Realizar el ahuyentamiento, rescate y reubicación de los individuos de fauna terrestre encontrados durante la actividad de desmonte y construcción de facilidades. - Entrenar y capacitar al personal de gestión ambiental encargado del manejo de fauna de la mina en el manejo de fauna silvestre. - Establecer y mantener las medidas de prevención para evitar el riesgo de atropellamiento y muerte de fauna silvestre a lo largo de las vías del proyecto. - Sensibilizar al personal del proyecto en cuidado y protección de la fauna.
Impactos asociados	- Fragmentación del hábitat. - Atropellos y colisiones entre vehículos y animales. - Perdida de especies endémicas. - Modificación de las poblaciones de fauna terrestre.
Acciones a desarrollar	1. Previo al ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna, se deben seleccionar las áreas y realizar una evaluación ecológica de estos sitios receptores para verificar sus condiciones en cuanto a disponibilidad de recursos (alimento, hábitat, entre otros). (PREV, ANCNST) 2. Ahuyentamiento, rescate y reubicación en sitios previamente evaluados ecológicamente de la fauna en base a las condiciones generales de Ahuyentamiento que presenta cada grupo faunístico: Herpetofauna, aves, mamíferos. (PREV, ANCNST-CNST) 3. Establecimiento de corredores biológicos como: alcantarillas, box coulvert, viaductos y puentes. (PREV, CNST-OPR) 4. Capacitación de personal nuevo de gestión ambiental encargado del manejo de la fauna, actualizaciones al personal existente de en los diferentes métodos y técnicas de inmovilización, captura, manipulación, protocolos de bioseguridad y primeros auxilios de fauna silvestre. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 5. Señalización para prevenir la ocurrencia de accidentes de tránsito con animales que se encuentren en procesos de migración a través de señales de tránsito indicando la presencia de corredores biológicos. (PREV, CNST-OPR-CYA)
Indicadores de seguimiento	1. ha sitios seleccionados para reubicación/ ha sitios necesarios para reubicación 2. # individuos ahuyentados/ # individuos presentes en el proyecto y su área de influencia 3. # corredores biológicos establecidos/ # corredores biológicos planeados 4. Personal de gestión ambiental encargado del manejo de la fauna capacitado/ personal de gestión ambiental encargado del manejo de la fauna 5. # señales de corredores biológicos instaladas/ # señales de corredores biológicos planteadas en el diseño
Fuentes	*HELIOS* [17]

	PROYECTO MINERO GRAMALOTE [15] *FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DMI)* [18]

Fuente: *Autores.*

Medida #1. Previo al ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna, se deben seleccionar las áreas y realizar una evaluación ecológica de estos sitios receptores para verificar sus condiciones en cuanto a disponibilidad de recursos (alimento, hábitat, entre otros):

-*Selección de las áreas de reubicación: Conectividad con las áreas de ahuyentamiento que permita tener corredores naturales actuando como rutas de fuga, conectividad con otras coberturas boscosas similares que permitan el flujo génico de las poblaciones teniendo en cuenta principalmente los corredores biológicos más importantes de la zona (ríos y arroyos), presencia de cuerpos de agua y coberturas vegetales con similares condiciones a las zonas de donde será ahuyentada y rescatada la fauna, distante de asentamientos humanos y vías, tamaño de las coberturas vegetales adecuado (contexto paisajístico) de acuerdo con los requerimientos ecológicos de las especies, teniendo en cuenta que el área de reubicación ya presenta comunidades preestablecidas, en lo posible se buscan áreas exentas de futuras intervenciones, debido a que la fauna ya se ha visto sometida a cambios drásticos en su dinámica poblacional y la posibilidad de integración a otras áreas protegidas o sistemas regionales* [4].

- *Evaluación ecológica de los sitios receptores: Es primordial que durante la etapa de reasentamiento no se realicen construcciones o intervenciones directas en el territorio, y que esta etapa tiene una duración de 3 años; se cuenta con el tiempo suficiente para que una vez otorgada la licencia ambiental se inicie con el estudio ecológico en los sitios receptores identificados. Este estudio tiene como objeto cuantificar la oferta de recursos y la capacidad de carga para los hábitats receptores de la fauna. Con el fin de prevenir el impacto negativo sobre los individuos de fauna terrestre que serán reubicados, se debe evaluar la oferta de recursos alimenticios y espaciales en las diferentes coberturas declaradas como áreas de reubicación de fauna, ya que la naturaleza, calidad y cantidad de los recursos del medio son considerados como determinantes, en la diversidad y distribución de los animales en un ecosistema y de esta manera permiten tener un mejor conocimiento de las condiciones de los hábitats receptores de la fauna rescatada. El estudio ecológico debe tener una duración de un año incluyendo dos muestreos; uno en época de verano y otro en invierno. Este estudio estará enfocado en los grupos mayores o de baja movilidad.*

Medida #2. Ahuyentamiento, rescate y reubicación en sitios previamente evaluados ecológicamente de la fauna en base a las condiciones generales de Ahuyentamiento que presenta cada grupo faunístico: Herpetofauna, aves, mamíferos.

Cada grupo faunístico se puede ahuyentar y reubicar de la siguiente manera:

-Herpetofauna: Para generar su ahuyentamiento se pueden remover rocas, troncos y hojarasca; con el fin de encontrar especies de este grupo para trasladarlos a lugares seguros.

- Aves: Se debe buscar en los troncos y ramas de los árboles la presencia de nidos con huevos e individuos juveniles con el propósito de rescatarlos y trasladarlos hacia un área de manejo adecuada. En esta etapa también se debe provocar la migración asistida de las aves utilizando medios sonoros, se instalan siluetas de aves rapaces con el fin de ahuyentar especies que las identifican como un enemigo natural.

-Mamíferos: Para provocar la migración de los animales de mediano y gran tamaño se podrán emplear medios sonoros, bocinas, pitos, perros de caza y otros métodos adecuados para tal fin.

Los animales que no respondan al ahuyentamiento, se deben capturar para realizar su traslado a las áreas dispuestas para la reubicación. Estas capturas se realizan con nasas, capturadores para serpientes y manualmente o empleando otros métodos adecuados para cada especie. Los individuos que resulten lesionados durante este proceso, deben ser trasladados y atendidos en el centro de atención adecuado para tal fin, presentándose énfasis al rescate de individuos pertenecientes a especies endémicas, amenazadas o nuevas especies, buscando siempre su posterior reubicación [4].

El ahuyentamiento se puede desarrollar en dos fases; la primera entre 8 y 30 días aproximadamente, antes de las actividades de desmonte y descapote hasta su ejecución, con el fin de ahuyentar la mayor cantidad de especies de fauna silvestre y evitar con esto que durante estas actividades las especies de fauna vertebrada resulten heridas o mueran [4]. *Se realiza en este periodo de tiempo (de 8 a 30 días) dependiendo del área de la cobertura a intervenir.*

La segunda fase se puede realizar paralela al desmonte y descapote, y tiene como fin rescatar las especies que en la primera fase no fueron ahuyentadas, además del rescate de aquellas especies que debido a las actividades realizadas resulten heridas o queden atrapadas. Esto se realizará en todos los frentes que se dispongan para estas actividades. El ahuyentamiento por tener un carácter preventivo se realizará en dirección a los corredores biológicos que conecten hacia los fragmentos de bosque destinados a la recepción de especies [4].

Medida #3. Establecimiento de corredores biológicos como: alcantarillas, box coulvert, viaductos y puentes.

En análisis y descripción de esta medida de manejo se explica en la medida #2. para la fragmentación del hábitat.

Medida #4. Capacitación de personal nuevo de gestión ambiental encargado del manejo de la fauna, actualizaciones al personal existente de en los diferentes métodos y técnicas de inmovilización, captura, manipulación, protocolos de bioseguridad y primeros auxilios de fauna silvestre.

Capacitaciones al personal que ingresa para gestionar el manejo de la fauna, esto con el fin de realizar un adecuado manejo de fauna, donde se debe asegurar el bienestar de los animales y la

seguridad del personal que la manipula. Este grupo será capacitado por el personal profesional contratado para el manejo y salvamento de especies de fauna [16].

Medida #5. Señalización para prevenir la ocurrencia de accidentes de tránsito con animales que se encuentren en procesos de migración y la generación de actividades prohibidas, a través, de señales de tránsito indicando la presencia de corredores biológicos y las actividades en restricción.

Se deben instalar señales de tránsito verticales informativas sobre la presencia de fauna en la zona sobre el límite máximo de velocidad, con el fin de que los diferentes conductores de vehículos que transitan por las vías del proyecto se mantengan informados constantemente y no sobrepasen esta velocidad. Esta señal se deberá ubicar al ingreso de cada uno de los tramos de las vías internas del proyecto y en los dos sentidos de flujo vehicular de estas.

Donde se requiera se instalarán reductores de velocidad en las vías internas del proyecto, tipo resalto en los sitios donde se identifique el cruce de fauna, zonas de corredores biológicos o en lugares de alta accidentalidad de fauna, lo cual permitirá disminuir la afectación y muerte de la fauna presente. Estos resaltos deberán estar precedidos de la señalización con el objetivo de inducir al conductor a reducir la velocidad hasta alcanzar el nivel satisfactorio [16].

Con el fin de sensibilizar al personal del proyecto, se instalarán vallas y señales que socialicen las actividades de conservación que está realizando la compañía y además que indiquen que las actividades como la tala de especies vegetales, la caza de individuos, la captura y domesticación de fauna silvestre, la quema y la extracción de especies vegetales no están permitidos ya que estas actividades alteran los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que se derivan de ellos. Estas señales se podrán instalar donde haya presencia de vías de acceso empleadas por el personal y cercanas a frentes de trabajo de la compañía, así como otros lugares donde se identifique la necesidad de su implementación.

5.3. Alteración de cauces naturales

Tabla 7. ***Ficha de manejo #3 Alteración de cauces naturales.***

MANEJO DE LA ALTERACIÓN DE CAUCES NATURALES	
Objetivo general	Prevenir y corregir los impactos generados sobre el componente agua, por los procesos y sistemas mineros que se presenten al desarrollar actividades extractivas de materiales de construcción.
Objetivos específicos	- Asegurar el mantenimiento de todas las obras de drenaje construidas. - Realizar el manejo de las aguas de escorrentía, con el fin de evitar que generen procesos - erosivos en la zona de campamentos, zona de servicios, zona de depósitos y vías.
Impactos a manejar	- Alteración de los servicios de regulación del agua - Alteración de los servicios base del agua

	- Alteración y/o modificación de hábitats acuáticos - Pérdida de individuos de flora y fauna acuática. - Alteración en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas
Acciones a desarrollar	1. Construcción de la red de drenaje superficial para el manejo del agua lluvia y aguas de escorrentía en los campamentos y zona de servicios. (PREV-CNST) 2. Construcción de la red de drenaje superficial para el manejo del agua lluvia y aguas de escorrentía en los depósitos y las vías la construcción de la red de drenaje evita que además se presenten procesos erosivos en los sitios donde se desarrollan las diferentes etapas del proyecto, obra o actividad, con el fin de encauzar y conducir estas aguas en las diferentes obras del proyecto se construirán canales perimetrales, canaletas y zanjas de drenaje para remover, desviar y encauzar dichas aguas. (PREV-OPR). 3. Construcción de un sedimentador depósito de estériles y sedimentador de pila de material submarginal. (PREV- CNST) 4. Mantenimiento preventivo a las obras de drenaje, para garantizar su adecuado funcionamiento. (PREV- OPR, CYA).
Indicadores de seguimiento	1. Estructuras de drenaje construidas para campamento /estructuras de drenaje requeridas*100. 2. Estructuras de drenaje construidas para vías /estructuras de drenaje requeridas*100. 3. Estructuras de drenaje construidas para zonas de depósito /estructuras de drenaje requeridas*100 4. Número de sedimentadores construidos / número de sedimentadores requeridos 5. Número de inspecciones y mantenimientos realizados/Número de inspecciones y mantenimientos programados*100.
Fuentes	*ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIO DEL PROYECTO MINERO TOCARENA* [19] *PROYETO MINERO MASTERCAT* [20] *SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS* [16]

Fuente*: Autores*.

Medida #1. Construcción de la red de drenaje superficial para el manejo del agua lluvia y aguas de escorrentía en los campamentos y zona de servicios.

La red de drenaje superficial se constituye por cunetas y canales perimetrales en concreto que permiten captar la escorrentía y llevarla a las fuentes naturales más cercanas. Los canales pueden ser en concreto de sección rectangular, de 1,0 m de base y 1,20 m de altura con un borde libre de 0,20 m y una pendiente mínima de 0,5%; de acuerdo con estas condiciones, el área máxima que drenaría el canal es de 15,15 ha [15].

Tabla 8. ***Área máxima drenada por canales perimetrales según las condiciones planteadas***.

Pendiente	Caudal m^3/s	Vel. m/s	Área máxima drenada (Ha) Ancho de 1,0 m
0	0,00	0,00	0,00
0%	1,72	1,72	10,71
0,5%	2,43	2,43	15,15
1,0%	3,43	3,43	21,42
2,0%	4,86	4,86	30,29
10,0%	10,86	10,86	67,73

Fuente: ***GRAMALOTE.***

Las aguas que provienen de escorrentía en los sitios de obra, sitios de préstamo y excavaciones subterráneas principalmente, serán conducidas de tal forma que no generen procesos erosivos y se aplicarán buenas prácticas de ingeniería para los casos en donde se genere arrastre de sedimentos y se requiera la instalación de trampas de sedimentos.

Con el fin de controlar las aguas lluvias en la zona de campamentos de contratistas de construcción, el campamento pionero de operación y de la zona de servicios, se instalará una red de tuberías la cual considerará las siguientes especificaciones:

- El dimensionamiento de las tuberías de recolección de aguas lluvias de los campamentos deberá considerar los caudales de 5 años de período de retorno, trabajando a flujo libre y ocupando el flujo del 85% de la capacidad máxima de la sección de la tubería. Con respecto a las velocidades mínima y máxima, se deben tener en cuenta los valores de 0,75 m/s y 10 m/s, establecidos por el RAS para tubería de PVC. El diámetro mínimo para sumideros es de 250 mm y para las redes de 300mm [15] [4].

- Se proyectan cámaras de inspección espaciadas a una distancia máxima de 110 m, En proyectos de baja pendiente que permiten un adecuado mantenimiento de las redes. Las cámaras de inspección se construyen en concreto y su tipo se determina según su profundidad; las Tipo 1 para profundidades menores o igual a 1 m, las Tipo 2 para profundidades de entre 1 m y 2 m y manholes de 1,20 m de diámetro -Para profundidades mayores a 2 m. La tapa de las cámaras y las paredes deben ser de concreto reforzado con capacidad de resistir el paso de equipo pesado

-Los sumideros se deben ubicar en los cruces de las vías y en sitios específicos, de tal manera que interceptaran las aguas lluvias de las cunetas; su diámetro puede ser de 250 mm y una pendiente superior al 2% y su conexión con la red no deberá tener una longitud mayor a 15 m [15] [4].

-Las cunetas y canales que forman parte del sistema de drenaje se dimensión de manera que se ajusten a la pendiente del terreno, sin sobrepasar una velocidad máxima de 2,5 m/s.

-Las tuberías de los bajantes de las edificaciones pueden ser de PVC-S y para las enterradas en las zonas de las vías de las plazoletas se puede utilizar PVC corrugada. Las cunetas perimetrales deben ser de concreto de f´c = 21 MPa [15] [4].

Como consideraciones generales, se tendrá en cuenta que los canales se diseñan de acuerdo con el periodo de nivel máximo de agua y las dimensiones y tipo de obras de drenaje que se deben

construir en cada cruce, se ajustarán a la topografía y las condiciones reales encontradas en el terreno, manteniendo las condiciones naturales del sitio de cruce (sección transversal y pendiente).

Medida #2. Construcción de la red de drenaje superficial para el manejo del agua lluvia y aguas de escorrentía en los depósitos y vías la construcción de la red de drenaje evita que además se presenten procesos erosivos en los sitios donde se desarrollan las diferentes etapas del proyecto, obra o actividad, con el fin de encauzar y conducir estas aguas en las diferentes obras del proyecto se construirán canales perimetrales, canaletas y zanjas de drenaje para remover, desviar y encauzar dichas aguas:

Se deben construir canales perimetrales, canaletas y zanjas de drenaje para remover, desviar y encauzar las aguas lluvia de escorrentía. Estas aguas serán encauzadas hacía los sedimentadores correspondientes. Con el fin de encauzar y conducir estas aguas en las diferentes obras del proyecto, a continuación, se mencionan las especificaciones que se deben tener en cuenta para la ejecución de las obras de drenaje:

-<u>Zonas de depósito:</u> Para taludes de pendientes 2,00H:1,00V, con bermas de 4,00 m de ancho cada 10,00 metros en altura, las bermas deben estar provistas de cunetas para evacuar la escorrentía superficial con pendientes longitudinales entre el 1,0% y el 3,0%. Además, los depósitos deben contener filtros que permitan la recolección de los flujos sub-superficiales y los conduzcan fuera de la estructura que conforma el depósito, buscando evitar la saturación del terreno y favorecer la estabilidad del lleno [19] [20] [16].

- <u>Obras hidráulicas perimetrales:</u> Se deben construir obras hidráulicas perimetrales a los depósitos, tales como, canales en concreto reforzado y en piedra pegada, cuya función es interceptar las aguas superficiales antes de que tengan contacto con el lleno del depósito, y evacuarlas junto con los caudales provenientes de las cunetas ubicadas en las bermas de los depósitos, las cuales están conformadas por sacos de suelo-cemento. De esta forma las aguas transportadas por los canales perimetrales deberán descargar en un cauce natural aguas abajo del depósito [20], [16].

- <u>Presa de colas o relaves:</u> El sistema de drenaje puede componerse por un dren basal principal y una serie de drenes primarios ubicados en las laderas bajo la huella final de la presa y el contrafuerte de arena. Los drenes basales están conformados principalmente por material de drenaje y geotextil en la parte inferior, e incluirán dos tuberías de acero que conducirán los flujos hacia el sedimentador de recolección de infiltraciones.

- Los sistemas de drenajes primarios conducirán las infiltraciones hacia los drenajes basales. Bajo la huella de la presa de arranque se propone adicionar una capa de material filtrante de 1,0m en el área del inferior del valle y 0,5m en los estribos.

- Los materiales principales de los drenes serán: material de filtro, que evita el paso de partículas de arena hacia los drenes; material de transición, que evita la migración de partículas del material del filtro hacia el material de dren; material de dren, que proporciona el medio adecuado para que el agua de las filtraciones fluya aguas abajo hacia el sistema de recolección de infiltraciones. Además,

se debe contar con una estructura de recolección de infiltraciones que estará ubicada aguas abajo de la presa de arena y se conectará al sistema de drenaje de la presa y contrafuerte de arena.

- Drenajes en vías: El drenaje de las vías comprende obras de cruce (tuberías, alcantarillas de cajón, puentes y pontones) y obras longitudinales (cunetas y rondas de coronación). A su vez en las obras de cruce se diferencian las menores y mayores; las primeras corresponden a tuberías y alcantarillas de cajón, y las segundas a puentes y pontones [16], [20].

.

Medida #3. Construcción de un sedimentador depósito de estériles y sedimentador de pila de material submarginal:

Cada sedimentador tendrá un sistema de drenaje propio, con el cual se evacua el agua de escorrentía en forma segura desde la parte más alta del depósito hasta su base, evitando la socavación y garantizando la estabilidad del mismo. En la base de cada depósito, se debe disponer de un sistema de canales perimetrales, el cual tendrá la función de recolectar las aguas provenientes del drenaje propio y llevarlas hasta los sedimentadores, antes de ser vertidas a las corrientes naturales.

Medida #4. Mantenimiento preventivo a las obras de drenaje, para garantizar su adecuado funcionamiento. (PREV- OPR, CYA).

Con el fin de verificar el correcto funcionamiento de la red de drenaje de agua superficial, es necesario:

- Al finalizar la construcción de estas obras se debe corroborar que todas las obras de drenaje tengan su respectiva entrega con disipadores de energía para evitar la erosión del terreno.

- Realizar inspecciones visuales periódicamente, que permitan detectar alguna falla en el sistema, dado el caso se realizará inmediatamente la correspondiente reparación. Las obras transversales de drenaje serán objeto de mantenimiento preventivo, con el fin de evitar su taponamiento y garantizar las condiciones de operatividad en todo momento, especialmente durante el período invernal [20].

- Periódicamente se realizará la inspección y posterior remoción de obstrucciones que caigan a las cunetas o canales.

5.4. Desestabilización de taludes

Tabla 9. ***Ficha de manejo #4 Desestabilización de taludes.***

MANEJO DE LA DESESTABILIZACION DE TALUDES

Objetivo general	Prevenir y corregir los impactos generados sobre el componte el componente morfológico por los procesos y sistemas mineros que se presenten al desarrollar actividades extractivas de materiales de construcción.
Objetivos específicos	- Identificar las áreas para la recuperación y rehabilitación de taludes. - Identificar y controlar problemas de inestabilidad que se puedan presentar en la etapa de construcción y montaje. - Disminuir los problemas de inestabilidad en los taludes de las obras relacionadas con el proyecto a través de la implementación de tratamientos geotécnicos. - Proponer medidas de estabilización para el manejo adecuado de los taludes de corte y lleno, que garanticen la estabilidad geotécnica durante la etapa de construcción y montaje, teniendo continuidad en la etapa de operación. - Realizar obras de estabilización que conserven la infraestructura del proyecto y protejan los elementos del ambiente. - Realizar actividades de transporte del material edáfico y disponerlo en los sitios de almacenamiento. - Enriquecer con nutrientes el saprolito almacenado una vez se den inicio las actividades de rehabilitación. - Reincorporar el material edáfico preservado en las áreas liberadas por el proyecto en la etapa de construcción y montaje.
Impactos a manejar	- Alteración de la geo forma - Perdida de la estabilidad del terreno - Pérdida de suelo - Alteración de los servicios base del suelo - Pérdida de la estabilidad del terreno.
Acciones a desarrollar	1. Reconocimiento y demarcación de las áreas a intervenir. 2. Diseños geotécnicos de los taludes 3. Construcción de obras de drenaje sub-superficial. (PREV-CNST,OPR). 4. Construcción de obras de drenaje superficial. (PREV Y CORR-CONST,OPR). 5. Construcción de barreras de contención como (CORR-OPR, CYA). 6. Revegetalización de taludes mediante: geomallas o de estacas de madera (CORR-CYA). 7. Mantenimiento de taludes y obras de drenajes asociados. (PREV- OPR, CYA). 8. Remoción, transporte y Conservación del material edáfico, durante l operación del proyecto se continua con las actividades referentes a la conformación y diseño de pilas de almacenamiento. (PREV- CNST, OPR). 9. Protección de bancos de suelo, preservación del suelo por medio de la estimulación de cobertura vegetal y la prevención de la acción de fenómenos erosivos. (PREV-OPR). 10. Restauración de las áreas degradadas liberadas en la etapa de construcción y montaje, la estabilización de suelos comienza una vez se ha restituido el material edáfico conservado, se usa la precipitación con un factor de rehabilitación, dado que esta interacción da lugar a una serie de eventos como: rompimiento de agregados, dispersión de partículas finas, humedecimiento, arrastre, sedimentación y sellamiento superficial. Seguimiento y control. (CORR-CNST).
Indicadores de seguimiento	1. Áreas demarcadas identificadas/ áreas a intervenir) * 100 2. (Área total de sitios estabilizados / Área total de sitios identificados como inestables) *100% 3. (Km de obras de drenaje superficial construidas / Km de obras de drenaje

	superficial requeridas) *100% 4. (Km de obras de drenaje sub-superficial construidas / Km de obras de drenaje sub-superficial requeridas) *100%. 5. Numero de barreras de contención ejecutadas/ áreas por intervenir. 6. Numero de taludes intervenidos con revegetación/ número total de taludes por intervenir. 7. Volumen de material edáfico transportado/ volumen de material edáfico removido) *100 8. Volumen de material edáfico almacenado/ volumen total de material edáfico a almacenar) *100 9. Área protegía con cobertura vegetal/ área total de suelo almacenado 10. Volumen de suelo reincorporado/ volumen de suelo almacenado) *100
Fuentes	*SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS* [16] *LADRILLERA EL OCRE* [21] *PROYECTO DE MINERIA GRAMALOTE* [15] *EXCOMIN* [22]

Fuente: *Autores*.

Medida #1. Reconocimiento y demarcación de las áreas a intervenir:

Durante la etapa de operación antes de la remoción de suelos se deben definir y demarcar los polígonos de las áreas a intervenir, siguiendo criterios de optimización de los terrenos a intervenir y de acuerdo a las actividades descritas en la etapa de construcción y montaje del proyecto con respecto al reconocimiento y demarcación de áreas.

Medida #2. Diseños geotécnicos de los taludes, para la adecuación de vía e infraestructura se tendrán criterios generales como:

-Para la vía; las excavaciones en suelo tendrán una pendiente de 1,0 H: 1,0V., las excavaciones en roca podrán tener un pendiente que varía en 0,5-0,10H: 1,0V siempre que la roca posea las mejores condiciones geotécnicas [21], [22].

-Minimizar excavaciones para evitar cortes de gran altura y optimizar el transporte., realizar manejo adecuado de aguas mediante filtros y perforaciones de drenaje.

-Para taludes de corte de más de 20 m de altura incorporar bermas mínimo cada 10 m., implementar alcantarillas adecuadas al caudal máximo.

-Zonas donde se detecten afloramientos de agua construir perforaciones de drenaje.

Medida #3. Construcción de obras de drenaje sub-superficial; a continuación, se plantean de forma general las acciones a desarrollar:

-En las vías; se instalarán filtro con el fin de manejar las aguas subterráneas por medio de elementos permeables introducidos en el suelo, este manejo incluye captación, conducción, y descarga de las mismas en sitios previamente definidos como: pocetaz, caño, cunetas [21], [22].

-En los taludes donde se requiera se implementarán perforaciones de drenaje, cuya longitud dependerá de la altura del talud, se deberá tener espaciados cada 3,0 m y dispuestos al tresbolillo para evitar la saturación del material sobre el cual se efectúa el corte [21], [22].

-En los depósitos de materiales se proyecta la construcción de filtros que permitan la recolección de los flujos sub-superficiales y los conduzcan fuera de la estructura que conforma el depósito, buscando evitar la saturación del terreno y favorecer la estabilidad del lleno.

Medida #4. Construcción de obras de drenaje superficial:

-Instalación de cunetas, estructuras de paso y estructuras de descole adecuadas.

-Construcción de rondas o zanjas de coronación en la parte alta de los cortes o zonas inestables. Se construyen para desviar el agua que se escurre sobre la superficie del talud y consecuentemente para evitar la erosión del terreno, especialmente en zonas de fuerte pendiente o donde se ha efectuado el corte del terreno para la instalación de alguna estructura.

-Construcción de canales conductores o disipadores de energía con rampas lisas o con escalones.

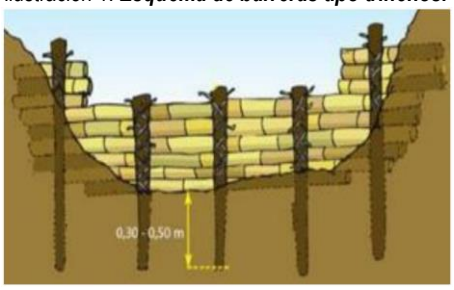
-Construcción de estructuras que pueden ser en enrocados o en bolsas de suelo cemento en las orillas de las quebradas y llaves en el fondo para evitar la profundización de los lechos inestables

Medida #5. Construcción de barreras de contención:

Las estructuras de contención se usan con el fin de reducir la altura efectiva y el grado de pendiente del talud. De acuerdo con las condiciones específicas del lugar y a la disponibilidad de materiales, estas estructuras pueden construirse con los mismos materiales del sitio como es el caso de los trinchos. En el caso de problemas de inestabilidad más pronunciados se utilizan sistemas de mayor duración como muros en gaviones, muros de contención u otros tratamientos:

-Construcción de trinchos

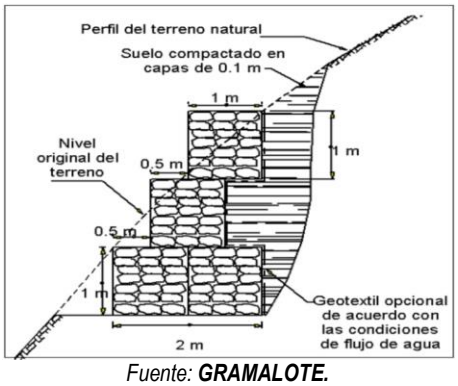
Ilustración 1. ***Esquema de barreras tipo trinchos.***



Fuente: ***GRAMALOTE.***

-Construcción de muros en gaviones

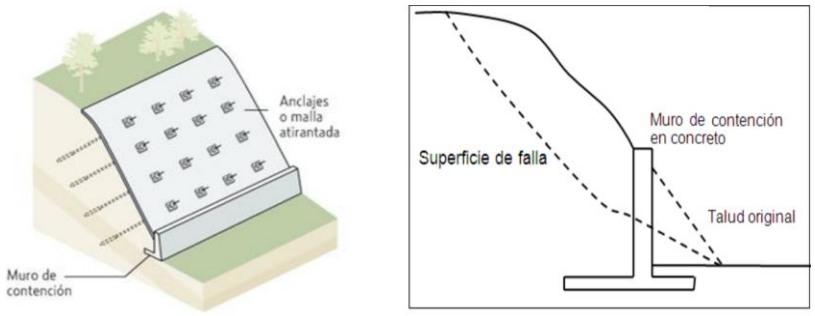
Ilustración 2***. Esquema de barreras tipo gaviones.***



Fuente: ***GRAMALOTE.***

- Construcción de estructuras de contención como jarillones, muros en tierra reforzada, muros de concreto, muros con sacos de suelo cemento, etc., en sitios inestables.

Ilustración 3. ***Esquema de barreras tipo gaviones.***



Anclaje Muro de contención

Fuente: ***GEOMATRIX.***

Medida #6. Revegetalización de taludes mediante: geomallas o de estacas de madera.

Consiste en el cubrimiento del talud con vegetación que puede fijarse por medio de geomallas o de estacas de madera cuando sea necesario.

Ilustración 4. ***Geomalla para control de la erosión***

Fuente: ***GEOMATRIX.***

Medida #7. Mantenimiento de taludes y obras de drenajes asociados a continuación se establecen las actividades que se deben realizar:

- Retiro del material suelto: limpieza del material suelto para mejorar la seguridad de los trabajadores, su aspecto y el buen estado de las zonas aledañas. Se inspeccionar los taludes luego de eventos de voladura [23].

- Mantenimiento a estructuras de contención de talud que así lo requieran.

-Verificación de funcionamiento de drenajes subsuperficiales: Recuperación del funcionamiento de drenajes subsuperficiales que se encuentre tapados ya que impide su correcto funcionamiento como obra de evacuación de aguas [23].

- Mantener limpia la sección hidráulica de los canales y zanjas para garantizar la capacidad hidráulica de canales y zanjas de drenaje en taludes.

-Todas las aguas que requieran tratamiento por arrastre de sedimentos deberán conducirse y descargarse adecuadamente en sistemas o trampas de control de sedimentos antes de su descarga al drenaje superficial de la zona.

- Reparación de agrietamientos en zanjas o canales de drenaje en taludes: eliminar escapes de agua hacia el terreno, bien sea por la base o las paredes del canal, al igual que concentración de aguas que causen erosión del terreno o de la estructura de contención [23].

Medida #8. Remoción, transporte y Conservación del material edáfico, durante la operación del proyecto se continúa con las actividades referentes a la conformación y diseño de pilas de almacenamiento.

-Remoción de suelos: Antes de realizar la extracción del material edáfico, se deben realizar cateos con barreno y muestreos de alta densidad de la profundidad media del suelo a remover para cada área a intervenir. Posteriormente, se deben de optimizar las áreas a intervenir para usarlas como sitios de acopio y almacenamiento de materiales de suelo. En este sentido, la limitación de las pilas de almacenamiento de suelos en cuanto a su altura está condicionada por la facilidad de realizar operaciones seguras de descargue y acarreo [23].

Para la remoción de suelos se debe establecer un protocolo o procedimiento para la liberación de áreas a los grupos encargados de adelantar las actividades de construcción y de minería. Este protocolo debe incluir la preservación de las coberturas vegetales presentes en los espacios que no serán requeridos para estos fines de acuerdo con los planos de construcción aprobados, la adecuación de las superficies de remoción de suelo mediante el aprovechamiento oportuno del material maderable, el derribamiento de la vegetación arbórea residual con tractores sobre orugas y el picado del material leñoso con herramientas manuales o motosierras. La remoción del suelo a preservar se debe hacer conjuntamente con la remoción de coberturas herbáceas y de sucesión temprana presentes en los sitios de remoción, tal como se especifica [23].

-Transporte de material edáfico: El acarreo del material edáfico se debe realizar con tractores de oruga y mototraíllas, teniendo precaución de no contaminarlo con otros materiales de excavación. En caso de presentarse derrames de suelo de los excedentes de excavación, durante su cargue o transporte a los sitios de depósito, se deberá recoger de manera inmediata el material, con el fin de evitar su dispersión por acción de la lluvia o el viento.

-Almacenamiento de suelos: Estos sitios deben ubicarse lo más cerca posible de las áreas en donde posteriormente se pretenda adelantar los trabajos de rehabilitación. Dichos sitios no se pueden utilizar como áreas de parqueo de equipos, almacenamiento de materiales o insumos, corredores de

líneas de conducción de electricidad, almacenamiento o contención de cuerpos de agua, o disposición de residuos ordinarios o de minería. Cada banco o pila de suelo debe contar con vallas informativas con datos tales como su identificación, año de conformación, origen del material y volumen de suelo en preservación [23].

-Diseño de pilas o bancos de suelo: Longitud y ancho del banco: Están determinadas por las condiciones topográficas del terreno. Sin embargo, para maximizar el uso del espacio plano disponible, se maximiza el tamaño de las pilas, manteniendo como única restricción su limitación en altura. Altura del banco: Por razones operacionales se procura que la pila no exceda 15 m en altura, aunque existen casos en Colombia de bancos de suelo que han alcanzado los 20 m. Pendiente de las caras laterales: Están determinadas por el ángulo de reposo del material. Pendiente de la cara superior: Se conforman de tal manera que se logre una superficie cóncava que pueda retener el agua lluvia y parte de la escorrentía superficial, con pendientes máximas de -0.5 %. Orientación del banco: Con el fin de reducir las emisiones de polvo antes de terminar la revegetación del banco, siempre que sea posible se alineará su eje mayor con la dirección predominante del viento. Se debe construir una plataforma de acceso de 3,0 m de ancho alrededor de cada pila y a lo largo de la base de las paredes laterales con el fin de proveer acceso al personal de mantenimiento del banco de suelo [23].

Medida #9. Protección de bancos de suelo, preservación del suelo por medio de la estimulación de cobertura vegetal y la prevención de la acción de fenómenos erosivos.

En los frentes de remoción de suelo se puede apilar transitoriamente parte del material excavado, el cual debe luego depositado sobre las caras laterales de los bancos de suelo en conformación, con el objeto de aprovechar la reserva de semillas contenida en estos materiales y promover una rápida cobertura vegetal protectora en los bancos conformados.

La plataforma o área superior de los bancos se debe reconformar sobre ella superficies cóncavo-convexas, con el objeto de retener parcialmente agua y promover la nucleación o conformación de microcentros de diversidad biológica asociados con los suelos y con las comunidades vegetales de carácter herbáceo. La pendiente de las caras laterales estará determinada por el ángulo de reposo natural del material y entre la parte inferior de ellas y las estructuras de control de erosión se dejará una zona de tránsito de aproximadamente 3 m de ancho, con el fin de permitir la circulación del personal y el equipo que accederá a los bancos para ejecutar labores de siembra, mantenimiento, control de malezas, etc.

Medida# 10. Restauración de las áreas degradadas liberadas en la etapa de construcción y montaje, la estabilización de suelos comienza una vez se ha restituido el material edáfico conservado, se usa la precipitación con un factor de rehabilitación, dado que esta interacción da lugar a una serie de eventos como: rompimiento de agregados, dispersión de partículas finas, humedecimiento, arrastre, sedimentación y sellamiento superficial. Seguimiento y control:

Las áreas a rehabilitar por lo general tienen problemas de compactación, por lo tanto, se requiere de una reconfiguración previa del terreno, Esta reconfiguración consiste en la homogenización del área rellenando huecos o esparciendo el material acumulado en montículos con tractores de oruga y

motoniveladora. Adicionalmente, se recomienda la roturación de la superficie del suelo con la finalidad de adecuar el terreno para la recepción del material edáfico y de esta forma permitir una mejor rehabilitación del lugar. Es de anotar, que este procedimiento de roturación no se aplica a laderas o taludes ya que estos no sufren de problemas de compactación.

-Restitución del material edáfico almacenado: Una vez la superficie del terreno esté nivelada y escarificada según necesidades, se deberá proceder al transporte del material de saprolito enriquecido y al material orgánico (A+B) preservado en equipos de tolva al área de rehabilitación. Primero, se dispersa el saprolito enriquecido de forma ordenada por toda el área para luego esparcirlo con la ayuda de tractores de oruga de forma uniforme en capas de 40 cm de espesor. Posteriormente, se adiciona una capa de 20 cm de espesor de suelo de los horizontes A y B el cual fue almacenado y conservado. En general, se plantea tener una cobertura de la mezcla de suelo (A+B) y saprolito enriquecido de 60cm. Finalmente se introduce una motoniveladora para emparejar el terreno y se realizan las obras de drenaje para evitar problemas de pérdidas de suelo por escorrentía [23].

-Estabilización de suelos: En esta etapa del proceso de rehabilitación el agua que entra al suelo a través de eventos de precipitación es uno de los factores de rehabilitación de mayor importancia. Al entrar el agua en contacto con el suelo se da lugar a una serie de eventos tales como el rompimiento de agregados, dispersión de partículas finas, humedecimiento, arrastre, sedimentación y sellamiento superficial. Este sellamiento superficial se forma a partir de sedimentos arcillosos que se acumulan en la superficie del suelo los cuales limitan la infiltración y el intercambio gaseoso. Por lo tanto, ante un evento de lluvia se forman charcas superficiales. Por otro lado, en la capa húmeda de suelo sub-superficial comienza un proceso de cementación entre los componentes del suelo debido a la presencia de agentes cementantes tales como el calcio, el magnesio y la materia orgánica. Después de los eventos de precipitación, comienza un proceso de secamiento de la superficie del suelo el cual trae asociado consigo contracción y agrietamiento de la superficie. Este agrietamiento facilita entonces la infiltración del agua y eventualmente la germinación de semillas almacenadas en el suelo [23]*. Esta aparición temprana de coberturas herbáceas ayuda a proteger el suelo y a restaurar los terrenos a rehabilitar.*

-Revegetalización: Se debe seguir la metodología planteada para la ***Medida #1.*** *Revitalización planteada en el manejo de la fragmentación del hábitat.*

5.5.Afectación de la calidad visual

Tabla 10. ***Ficha de manejo #5 Deterioro de la calidad visual.***

MANEJO PARA EL DETERIORO DE LA CALIDAD VISUAL	
Objetivo general	Mitigar y compensar los impactos generados sobre los componentes de: paisaje y suelo, producto de los procesos y sistemas mineros que se presenten al desarrollar actividades extractivas de materiales de construcción.
Objetivos específicos	- Implementar y establecer barreras o pantallas visuales, que permitan mitigar el impacto visual generado por las obras o actividades del proyecto. - Ejecutar procesos de estabilización de los suelos tales como: el establecimiento de coberturas vegetales de refuerzo, para evitar la desnudez del suelo.
Impactos a manejar	- Pérdida de sitios de interés paisajístico. - Alteración del paisaje.
Acciones a desarrollar	1. Registro visual del paisaje y los sitios de interés paisajístico. (PREV- CNST, OPR) 2. Se procurará que las formas de los taludes se adapten a las geoformas presentes, de manera que las estructuras provoquen el mínimo corte visual en el paisaje. (MITG-CNST) 3. Establecimiento de barreras vivas que permitan minimizar el impacto visual y la contaminación visual por emisión de material particulado. (MITG- OPR, CYA) 4. Establecer lineamientos de diseño para minimizar el impacto visual como: aprovechar la vegetación natural existente en el lugar, adecuar y diseñar los campamentos con una apariencia acorde con el entorno rural para integrarlos al diseño paisajístico. (MITG- CNST).
Indicadores de seguimiento	1. (Sitios de interés paisajísticos adecuados / número de sitios de interés paisajístico identificaos) *100 2. (Número de depósitos que conservan las especificaciones de diseño de los taludes / Número de depósitos establecidos en el Proyecto) x 100 3. (Longitud de barreras vivas establecidas para los depósitos de estériles y submarginal/ Longitud de barreras vivas propuestas para los depósitos de estériles y submarginal) x 100 4. (Barreras o apantallamientos establecidos / Barreras o apantallamiento programados) x100
Fuentes	*CORTOLIMA* [24] *LADRILLERA SAN DIEGO* [25] *PROYECTO DE MINERIA GRAMALOTE* [15]

Fuente: *Autores.*

Medida #1. Registro visual del paisaje y los sitios de interés paisajístico:

La ejecución del proyecto en las etapas de construcción, operación y cierre genera cambios en el paisaje que deben ser atendidos por diversas medidas de manejo que estén enfocadas en retornar y/o adecuar el área intervenida asemejándolo a un contexto paisajístico diferente, amable con el entorno natural, que le permita a las personas asimilar gradualmente un nuevo entorno paisajístico. De ahí que es importante tener un registro visual del paisaje actual y todos los sitios de interés paisajístico reconocidos por la comunidad dentro de las áreas de influencia. Debido a la alteración

de sitios de interés paisajístico, se propone el rescate visual de todos los sitios de interés, identificados por las comunidades durante los diferentes talleres de socialización; por medio de videos, registros fotográficos o cualquier herramienta gráfica, que permita identificar el contexto paisajístico de la zona [24], [25].

Medida #2. Se procurará que las formas de los taludes se adapten a las geoformas presentes, de manera que las estructuras provoquen el mínimo corte visual en el paisaje:

Esta medida de manejo procura garantizar la estabilidad del depósito y la conservación de las condiciones morfológicas.

-El material estéril se debe disponer de acuerdo a las configuraciones y dimensionamientos establecidos para el depósito de estériles y la pila de material submarginal.

-Se debe controlar la conformación de las pilas de estériles y escombros, disponiendo el material de forma ordenada de abajo hacia arriba.

-Los taludes deben contar con pendientes estables y con obras de drenaje

Medida #3. Establecimiento de barreras vivas que permitan minimizar el impacto visual y la contaminación visual por emisión de material particulado:

Antes del establecimiento de barreras vivas se deben identificar las áreas perimetrales que requieren de manejo del impacto visual, esto, permitirá definir las áreas de establecimiento de barreras vivas, que corresponden a zonas externas del proyecto que presentan alto impacto visual.

Las barreras deben establecerse en las instalaciones del proyecto o sitios de obras civiles que lo permitan sin interrumpir ni poner en riesgo la movilización o actividades propias del proyecto [24], [25]. *Es importante evaluar el tipo y la dimensión de la barrera viva, ya que ésta se establece según la instalación o el componente del proyecto, es decir, las especies seleccionadas y la distancia de siembra dependerá del objeto que se desee apantallar.*

Con el fin de garantizar el desempeño de las barreras vivas, se debe evaluar las especies y el método de siembra, de acuerdo a los objetivos de la implementación de las barreras. Se debe realizar una revisión o seguimiento a las zonas de establecimiento de las barreras vivas a los dos meses de la siembra; para evaluar el número de individuos muertos, calcular el porcentaje de la sobrevivencia del material vegetal establecido y evaluar las causas posibles de la perdida (sustrato, intensidad de fertilización, temporada de siembra, calidad de los individuos y respuesta de las diferentes especies a las condiciones nombradas, entre otros), con el fin, de restablecer las densidades iniciales por medio de la resiembra.

Medida #4. Establecer lineamientos de diseño para minimizar el impacto visual como: aprovechar la vegetación natural existente en el lugar, adecuar y diseñar los campamentos con una apariencia acorde con el entorno rural para integrarlos al diseño paisajístico:

Las actividades a realizar, se deben planificar y coordinar con el personal de campo con el fin de no incurrir en intervenciones innecesarias, minimizando las áreas afectadas. La explotación minera genera cambios visuales conspicuos dada la introducción de nuevos elementos dentro del contexto paisajístico, los tajos, los depósitos, los sitios de acopio de mineral son fácilmente identificados por cualquier observador dada la magnitud de las intervenciones, convirtiéndose en elementos dominantes dentro de las cuencas visuales, de ahí que es necesario la implantación de medidas de manejo que propongan minimizar la degradación del paisaje, incluso desde el diseño de cada obra con el fin de que se puedan integrar con el paisaje existente [24], [25].

El plan de manejo del paisaje se encamina a prevenir daños innecesarios, a mimetizar e integrar los elementos nuevos y a rehabilitar las áreas expuestas por las obras del proyecto. Los impactos sobre el paisaje se presentan principalmente sobre las características propias de éste, tales como el cambio en las geoformas o relieve, la vegetación, intervenciones de los cauces e introducción de elementos nuevos al paisaje. Desde el diseño del proyecto se deben tener en cuenta criterios para la prevención de las afectaciones que puedan generarse sobre el paisaje. Se deben tener en cuenta las condiciones del terreno, adaptando el proyecto a las características geológicas, geotécnicas, topográficas, climáticas y a la infraestructura de servicios. Se busca que los campamentos mantengan una apariencia acorde con el entorno rural y aprovechar la vegetación natural existente en el lugar, para integrarlos al diseño paisajístico. El diseño geométrico de los depósitos busca una integración con el paisaje con el fin de disminuir las visuales del nuevo elemento integrador del paisaje aprovechando las laderas y las depresiones naturales [24] [25].

5.6. Contaminación atmosférica por gases

Tabla 11. ***Ficha de manejo #6 Contaminación atmosférica por gases.***

MANEJO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA POR GASES	
Objetivo general	Prevenir las emisiones de gases generadas por las actividades del proyecto durante cada una de las etapas y los impactos potenciales a producirse sobre la calidad del aire y sobre la salud de la población vecina, los trabajadores y las especies de fauna y flora.
Objetivos específicos	- Disminuir la emisión de gases generadas por el tránsito vehicular. - Prevenir la alteración de la calidad del aire ocasionada por las actividades de operación de maquinaria, equipos y transporte. - Minimizar emisiones de gases del proceso de explotación, manipulación, almacenamiento y disposición de material. - Prevenir el impacto de los gases sobre los trabajadores.
Impactos asociados	- Aumento de la incidencia o prevalencia de enfermedades respiratorias. - Deterioro de la calidad del aire. - Cambio en la composición y estructura de las comunidades de fauna silvestre.
Acciones a desarrollar	1. Mantenimiento preventivo de equipos, maquinaria y vehículos del proyecto con

	el fin de minimiza la producción de NO_2, SO_2, CO y O_3. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 2. Garantizar la vigencia del certificado técnico-mecánico y de gases de los vehículos del proyecto para asegurar que las emisiones no sobrepasen los límites establecidos en la normatividad vigente. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 3. Seleccionar combustibles que generen la menor cantidad de emisiones atmosféricas posibles. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 4. Emplear equipos con motores de inyección y provistos de catalizadores. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 5. Capacitar al personal de trabajo sobre seguridad para evitar riesgos de incendios y emisiones de gases a la atmósfera. (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA) 6. Utilización de protectores de polvo (gafas cerradas y filtros o tapabocas). (PREV, ANCNST-CNST-OPR-CYA)
Indicadores de seguimiento	1. # equipos con mantenimiento*mes/ # equipos*mes, # maquinas con mantenimiento*mes/ # maquinas*mes y # vehículos con mantenimiento*mes/ # vehículos*mes 2. # de vehículos con certificado de revisión técnico - mecánica y de gases vigente / # total de vehículos del proyecto*mes 3. gal combustible con bajas [ ] de NO_X y SO_x*mes/ gal combustible*mes 4. # equipos con motores de inyección*mes/ # equipos*mes, # equipos con catalizadores*mes/ # equipos*mes 5. # trabajadores capacitados en seguridad/ # trabajadores totales 6. # trabajadores con gafas y filtros o tapabocas*día/ # trabajadores*día
Fuentes	*UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA* [26] *HELIOS* [17] *EXCOMIN* [22]

Fuente: *Autores*.

Medida #1. Mantenimiento preventivo de equipos, maquinaria y vehículos del proyecto con el fin de minimizar la producción de NO_2, SO_2, CO y O_3:

Se deberá realizar mantenimiento periódico a todos los equipos, maquinaria y vehículos que laboren en el proyecto, con el fin de minimizar la producción de gases como NO_2, SO_2, CO y O_3. Esta frecuencia será definida por el kilometraje de los vehículos y según las especificaciones del fabricante, para el caso de la maquinaria y equipo. Con el fin de tener soporte de los mantenimientos, se deberá mantener archivo con fotocopia de los registros de mantenimiento de todos los vehículos, maquinaria y equipo. Para este registro, se siguiere diligenciar el Formato_Mant_Maqyeq (Formato_Mantenimiento_Maqyeq) y su verificación se deberá realizar de forma mensual. Esta medida y sus registros aplican tanto para la maquinaria y equipo del Proyecto, como para el caso que éstos sean suministrados por proveedores [17], [22], [26].

Medida #2. Garantizar la vigencia del certificado técnico-mecánico y de gases de los vehículos del proyecto para asegurar que las emisiones no sobrepasen los límites establecidos en la normatividad vigente:

Tanto los vehículos livianos como pesados asociados al Proyecto, deberán tener vigente el certificado de revisión técnico mecánica y de gases. Esta medida asegurará que los gases emitidos a la atmósfera no sobrepasen los límites establecidos por la Resolución 910 de 2008 o la que la modifique. La verificación se deberá realizar conforme a los tiempos de vencimiento del certificado de revisión técnico-mecánica y de gases o cuando ingrese un vehículo nuevo al Proyecto. Para tener soporte de este manejo y control, el personal encargado deberá mantener un archivo con fotocopia de los certificados de todos los vehículos de la obra y realizar seguimiento mensual a las fechas de vencimiento del mismo por medio de la aplicación del Formato Certificado Tecmecygases con el fin de evitar que un vehículo automotor labore en el Proyecto sin dicha certificación [17], [22], [26].

Medida #3. Seleccionar combustibles que generen la menor cantidad de emisiones atmosféricas posibles.

Para el funcionamiento de todos los vehículos, maquinaria y quipos se deberá seleccionar combustibles que generen la menor cantidad de emisiones, apuntando a combustibles que contengan bajos niveles de azufre y nitrógeno para así lograr emisiones mínimas de SO_x y NO_x. Combustibles como el biodiesel generan menos emisiones de material particulado, de propiedades toxicas y de agentes carcinógenos, también, el Diesel de Fischer-Tropsch es un combustible con contenidos nulos de azufre que se produces a partir del gas natural [17], [22], [26].

Medida #4. Emplear equipos con motores de inyección y provistos de catalizadores.

Dentro de los criterios de selección de todos los vehículos maquinaria y equipos que para su funcionamiento requieran de combustibles, se deberán tener en cuenta los motores de inyección directa, que logran disminuir el consumo energético y las emisiones de gases y material particulado, además, deberán estar provistos de catalizadores y filtros de partículas como, que inhiban la salida de los gases a la atmosfera [17], [22], [26].

Medida #5. Capacitar al personal de trabajo sobre seguridad para evitar riesgos de incendios y emisiones de gases a la atmósfera.

Se deberán realizar capacitaciones sobre el uso apropiado de la maquinaria, vehículos y equipos y en todos los aspectos relacionados que puedan generar situaciones de riesgo como incendios. Estas capacitaciones se deberán realizar durante todas las etapas del proyecto [17], [22], [26].

Medida #6. Utilización de protectores de polvo (gafas cerradas y filtros o tapabocas).

Todo el personal de trabajo deberá contar con los elementos de protección pertinentes para minimizar la incidencia de los gases y el material particulado sobre la salud. Estos elementos se componen de unas gafas apropiadas que generen un aislamiento total del contacto del aire con los

ojos y los tapabocas o filtros deberán permitir la entrada de aire, pero no la de PM y gases nocivos [17], [22], [26].

5.7.Pérdida de especies endémicas

Tabla 12. ***Ficha de manejo #7 Especies de flora, fauna y endémicas.***

MANEJO DE ESPECIES DE FLORA, FAUNA Y ENDEMICAS	
Objetivo general	Prevenir, controlar y mitigar los impactos generados sobre la fauna y flora por los procesos y sistemas mineros que se presenten al desarrollar actividades extractivas de materiales de construcción.
Objetivos específicos	- Manejo adecuado de especies endémicas. - Mantenimiento de las características naturales de la zona de influencia del proyecto. - Garantizar los insumos hídricos y alimenticios requeridos por las especies de fauna y flora. - Prevenir el atropellamiento de fauna terrestre.
Impactos asociados	- Perdida de especies endémicas de flora y fauna. - Afectación a la fauna y flora. - Modificación de las poblaciones de fauna y flora - Alteración de los servicios base de la fauna
Acciones a desarrollar	1. Conteo de especies de fauna y flora e identificación de las especies endémicas dentro del proyecto y su zona de influencia antes de la construcción de infraestructura (PREV, PRE CNST). 2. Sensibilización al personal del proyecto sobre la protección de todas las especies de fauna y flora (PREV, CNST). 3. Prohibición de labores de caza y de la utilización de los recursos forestales dentro del proyecto y su área de influencia, conteos periódicos de individuos forestales, fauna y flora. (PREV, CNST-OPR-CYA). 4. Señalización para prevenir el atropellamiento de especies vulnerables, la prohibición la tala de especies vegetales, la caza de individuos, la captura y domesticación de fauna silvestre, la quema y la extracción de especies vegetales de estableciendo el límite de velocidad máxima con señales de tránsito en zonas estratégicas y construcción de reductores de velocidad de color reflectivo (PREV, CNST-OPR-CYA). 5. Prohibición de la construcción accesos a las zonas de trabajo, más que las establecidas en la formulación del proyecto (PREV, CNST-OPR-CYA). 6. Desarrollar procesos de reforestación con especies endémicas para generar recuperación de la fauna nativa.
Indicadores de seguimiento	1. # especies de fauna antes del proyecto/especies conservadas, # especies de flora antes del proyecto/especies conservadas y # especies de endémicas antes del proyecto/especies conservadas 2. # trabajadores sensibilizados/# total de trabajadores 3. # individuos forestales antes del proyecto/ # individuos forestales conservados ~~3.~~4. # de estructuras de señalización instaladas/ # de estructuras de señalización planteadas en el diseño.

	4.5. Área de vías construidas (m^2) / Área de vías propuestas (m^2). 5.6. (# de siembras realizadas/ # de siembras establecidas) *100
Fuentes	*PMA LADRILLERA SAN DIEGO* [25] *PROYECTO DE MINERIA GRAMALOTE* [15] *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DMI)* [18].

Fuente: *Autores.*

Medida #1. Conteo de especies de fauna y flora e identificación de las especies endémicas dentro del proyecto y su zona de influencia antes de la construcción de infraestructura.

Comparación de los estudios poblacionales desarrollados para la elaboración de la línea base ambiental del proyecto y su zona de influencia, identificación especies amenazadas y endémicas, en la etapa de construcción. Estos estudios deben desarrollarse en periodos contrastantes, mediante el reconocimiento y muestreo en el área de intervención y áreas de no intervención del proyecto, permiten conocer más sobre la densidad, abundancia, historia natural de estas especies en la zona y tener más elementos para proponer medidas más efectivas para su conservación. A continuación, describen brevemente el método de conteo en transectos de franja utilizado comúnmente en estudios de fauna y el método para el desarrollo del inventario forestal:

-Método de conteo en transectos de franja: Consta de una unidad de muestreo larga y rectangular, el ancho de cada lado de la línea de transecto (w) se establece en función de la visibilidad que a su vez está dada por la cobertura vegetal, relieve local, hora y técnica de muestreo. Solo se deben contar los animales que están dentro del ancho definido y se debe tener la certeza de contar el 100% de los animales que estén dentro del transecto de franja. Los transectos pueden ubicarse de manera aleatoria o sistemática según la situación lo requiera para efectos de la representatividad, evitando ubicar transectos muy cercanos de los otros [15], [18], [25].

El número de transectos o la longitud a muestrear estarán en función de la grandeza del sitio de estudio, la variedad de tipos de hábitats y la visibilidad.

Para estimar la densidad se emplea la siguiente ecuación:

Ecuación 1. **Cálculo de la densidad poblacional.**

$$D = \frac{n}{2wL}$$

Fuente: **DANE.**

Donde n es el número de animales contados, L es largo del transepto, y w el ancho. Lo más importante para este método es que los anchos de todos los transeptos sean iguales. En caso de

tener varios transeptos con longitudes diferentes, se deberá hacer la sumatoria de longitudes y se tomara como el total. Si el ancho de todos los transeptos no es el mismo, se deberá estimar las densidades por separado y posteriormente promediarlas, obteniendo así, un valor estimado para el área que se muestreo con su respectiva estimación.

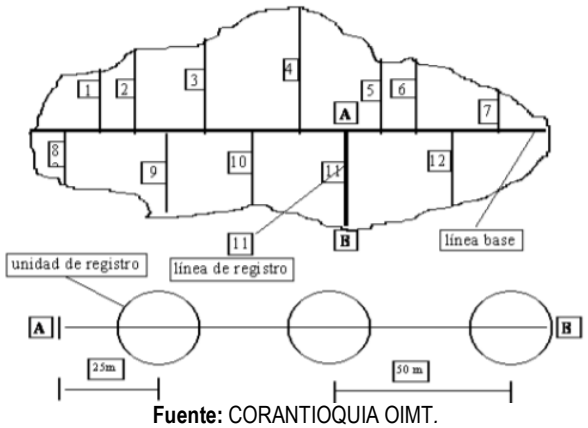
-Inventario forestal sistemático: En este tipo de inventarios la localización de las parcelas se basa en un patrón definido subjetivamente, siguiendo una ley de uniformidad. Este muestreo ofrece facilidad en la ubicación dentro del bosque y sobre lograr un reconocimiento de toda el área de muestreo, especialmente cuando se cuenta con cartografía apropiada [15], [18], [25].

El inventario se realizará mediante muestreo simple con líneas distribuidas al azar o de igual o diferente longitud con línea base y deberá tener en cuenta las siguientes condiciones:

a) Unidad de muestreo (unidad estadística) = línea.
b) Unidad de registro = sitio de 0.05ha. El primer sitio a 25m de la línea base, luego cada 50m.
c) La unidad de muestreo (línea), de igual o diferentes tamaños.

Comentado [E1]: Disculpenme pero con ese desorden, nadie les va a usar este manual. Por favor arreglarlo para que sea entendible y de fácil entendimiento para los evaluadores. Usar sus dotes de diseño que tienen.

Ilustración 5. ***Diseño básico del muestreo.***

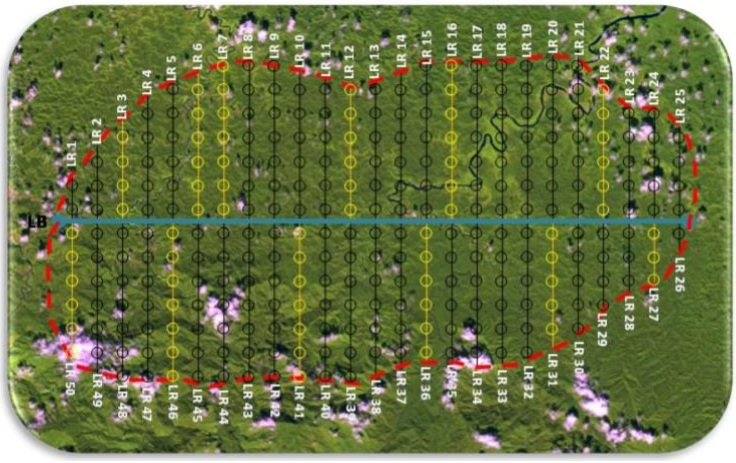


Fuente: CORANTIOQUIA OIMT.

Diseño del muestreo: Inicialmente se ubican en la cartografía de la Zona Forestal Productora, los estratos, definiendo su orientación y forma. Sobre el estrato se establece una línea base con rumbo franco abarcando los límites del estrato. Sobre esta y a un ángulo de 90°, se establecen líneas de registro a lado y lado de la línea base distanciadas entre sí cada cincuenta metros (50 m), enumerándolas de manera consecutiva (LR1 a LRn-1). Las LR van desde la línea base hasta el límite del estrato. Dentro de la LR se establecen unidades de registro (UR) cada cincuenta metros (50 m) hasta llegar al fin de la LR. La primer UR de la LR se ubica a una distancia de 25 m de la

línea base. Posteriormente mediante un sorteo al azar se escogen las LR que serán objeto de inventario de tal manera que estas LR contengan el número mínimo de UR definidas para cada estrato.

Ilustración 6. ***Muestreo simple con líneas distribuidas al azar de igual o diferente longitud con la línea base.***



Fuente: ***CORANTIOQUIA OIMT.***

*En la **Ilustración 6.** Se observan las LR con color amarillo corresponden a aquellas seleccionadas al azar para ser realizado el inventario en cada una de las UR presente en cada LR.*

<u>Establecimiento de líneas de registro y unidades de registro</u>: Se debe definir en terreno el punto cero o de origen de la línea base, se abre una trocha de 3m desde el punto cero hasta el límite del estrato estacando cada 50 m con cinta de color amarilla. En dirección perpendicular a la línea madre, se deberá establecer cada 50 m trochas de 2 m de ancho estacando cada 50 m con cinta de color naranja, esta línea es definida como línea de registro.

El estacado realizado en la línea base y en la línea de registro debe estar claramente definido de la siguiente forma: línea base: A la estaca colocada en terreno cada 50 m se le asegura una cinta fluorescente en la cual se escribe con marcador indeleble las iniciales de la línea y la distancia a la cual se encuentra el punto cero (P-0). Ej. si estuviéramos a 100 m del punto cero sobre la línea base, la cinta debería quedar marcada de la siguiente forma LB +100

Líneas de registro: Se marcaría de igual forma que la línea base con la diferencia de que las iníciales serían LR y su número correspondiente, es decir, sobre la línea base se establecerán varias líneas de registro las cuales serán enumeradas. Ejemplo: si nos encontramos estableciendo la LR3 y estuviéramos a 250 m de la LB, la marcación de la cinta sería la siguiente LR+250

Unidad de registro: En las LR seleccionadas para la realización del inventario se deben establecer las UR. La primer UR se establece a 25 m de la LB y posteriormente cada UR se establece a una distancia de 50 m sobre la LR. Las UR son de forma circular con un radio de doce con sesenta y dos metros (12,62 m) y una superficie de quinientos metros cuadrados (500 m^2). El procedimiento para el montaje de la UR es el siguiente:

-Se ubica el centro de la UR, se estaca y se marca con una cinta fluorescente en la cual se escribe el código de la UR. Ejemplo UR-320.

-Desde el centro de la UR y con la ayuda de una cinta métrica se trazan líneas de doce con sesenta y dos metros (12,62 m) hacia los cuatro puntos cardinales y su intermedio, estacando el lugar donde termina [15], [18], [25]*. En la medición de estas distancias se debe tener en cuenta la correcta medición de distancias en pendientes.*

-Se proyecta una circunferencia enmarcada dentro de las líneas establecidas identificando los árboles que quedan dentro.

Ilustración 7. ***Montaje de unidades de registro de inventario.***

Fuente: ***CORANTIOQUIA OIMT.***

Cuando no hay bosque, las UR se marcan como UR cero (0), las UR en cada LR se numerarán secuencialmente, identificando a qué LR corresponde.

<u>Variables dasométricas a medir:</u>

Medición del DAP: Por norma el DAP se mide a 1.30 m sobre el nivel del suelo, pero si los árboles presentan irregularidades a esta altura entonces se mide el diámetro donde termina

Defectos del fuste: El fuste constituye la parte más importante del árbol como producto maderable y guarda relación con su conformación morfológica, fenotípica y su estructura. En este sentido se consideran tres calidades a saber: 1) Bueno – sano, recto, sin ningún signo visible de defectos. 2) Regular – con señales de ataque de hongos, pudrición, heridas curvatura, crecimiento en espiral u otras deformaciones. 3) Irregular - Curvado y defectos graves en su estructura, con presencia de huecos, no es útil para la explotación maderera, más sin embargo muy importante como refugio de fauna.

Alturas: En los bosques tropicales y subtropicales es muy difícil determinar la altura de los árboles con alta precisión puesto que es complicado identificar exactamente la parte superior de las copas de muchos de los árboles cuando están totalmente llenas de follaje. La altura a determinar será solamente la comercial. Es la altura media desde el nivel del suelo hasta la bifurcación principal que marque el inicio de la copa. Esta altura será estimada mediante proyecciones de comparación en función de una referencia.

Medida #2. Sensibilización al personal del proyecto sobre la protección de todas las especies de fauna y flora.

Se debe realizar un programa de sensibilización sobre el cuidado de la fauna y flora, dirigido al personal del proyecto. Estos programas de sensibilización se realizarán periódicamente durante esta etapa del proyecto, involucrando al nuevo personal de trabajo.

Medida #3. Prohibición de labores de caza y de la utilización de los recursos forestales dentro del proyecto y su área de influencia:

Se deberán prohibirán todas las actividades que puedan representar riesgo para el equilibrio natural del ecosistema, por el contrario, se deberá velar por la protección de las especies y por la afectación directa que genera el desarrollo de las actividades extractivas. Esta media podrá ser evaluada a través de conteos forestales antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

Medida #4. Señalización para prevenir el atropellamiento de especies vulnerables, la prohibición la tala de especies vegetales, la caza de individuos, la captura y domesticación de fauna silvestre, la quema y la extracción de especies vegetales de estableciendo el límite de velocidad máxima con señales de tránsito en zonas estratégicas y construcción de reductores de velocidad de color reflectivo:

Con el fin de sensibilizar al personal del proyecto, se instalarán vallas y señales (véase la Figura 8.72) que socialicen las actividades de conservación que está realizando la compañía y además que indiquen que las actividades como la tala de especies vegetales, la caza de individuos, la captura y domesticación de fauna silvestre, la quema y la extracción de especies vegetales no están permitidos ya que estas actividades alteran los ecosistemas y los servicios ecosistémicos que se derivan de ellos. Estas señales se podrán instalar donde haya presencia de vías de acceso empleadas por el personal y cercanas a frentes de trabajo de la compañía, así como otros lugares donde se identifique la necesidad de su implementación [15], [18], [25].

Medida #5. Prohibición de la construcción accesos a las zonas de trabajo, más que las establecidas en la formulación del proyecto.

Se deberán construir únicamente y durante todo el desarrollo del proyecto, las vías que están planeadas desde el diseño del proyecto, pues, el diseño de las medidas de manejo relacionadas con los componentes de fauna, flora y endémicos se harán en base al diseño inicial del proyecto, de modo que, el diseño espontaneo de vías alternas afectara en gran medida la ejecución de las acciones y medidas planteadas.

Medida #6. Desarrollar procesos de reforestación con especies endémicas para generar recuperación de la fauna nativa.

Revegetalización: Se debe seguir la metodología planteada para como medida #1. Revitalización planteada en el manejo de la fragmentación del hábitat.

Una vez descritas y explicadas las medidas de manejo planteadas, estas deben contar con los indicadores de seguimiento adecuados que logren determinar la veracidad y pertinencia de la media y de esta forma permitan determinar si el porcentaje de efectividad logra en realidad internalizar el impacto. Los indicadores planteados para el seguimiento y control planteados para este ejercicio se encuentran en las fichas de manejo respectivas para cada impacto dentro de esta guía. Es de vital importancia que los indicadores planteados en esta etapa del proyecto sean comparables con los indicadores planteados en la línea base y así poder obtener una expresión real [15], [18], [25].

Con el fin de informar sobre el avance, efectividad, cumplimiento de las medidas de manejo planteadas en los Planes de Manejo Ambiental (PMA) y los resultados del seguimiento, las autoridades ambientales han establecido los informes de cumplimiento ambiental (ICA) que brindan los principios de forma y contenido para presentar resultados de manera puntual y ordenada, es decir, se encarga de la verificación del cumplimiento y efectividad de los compromisos que el beneficiario de la licencia ambiental asumió antes la autoridad ambiental competente [15], [18], [25]. Los resultados obtenidos son presentados a través de formato, estos formatos manejan enfoques diferentes, algunos verifican los estados de permisos de emisiones atmosféricas, ocupación de cauces, vertimientos, etc. Otros se relacionan con el cumplimiento de los actos administrativos, las tendencias de la calidad del medio en el que se desarrolla el proyecto, pero en lo que respecta a este ejercicio, para el análisis de internalización y la valoración económica ambiental, los ICA utilizados son:

-Formato ICA-0 → Estructura del plan de manejo ambiental

-Formato ICA-1a → Estado de cumplimiento de los programas que conforman el plan de manejo ambiental.

6. Valoración económica

Una vez analizados los impactos ambientales internalizables a través de las medidas de manejo, se procede a realizar el análisis de los impactos ambientales que por sus características particulares no logran ser prevenidos o corregidos con las acciones desarrolladas en los PMA, de modo que, no tienen cabida dentro del análisis de internalización [1]. Para iniciar con esta etapa del proyecto es necesario conocer con claridad cuáles son los servicios ecosistémicos involucrados con los impactos que están sujetos de esta valoración económica, estos SSEE, deben ser evaluados mediante indicadores ambientales que sean comparables con los indicadores planteados desde la línea base y así lograr una medición exacta del cambio que los SSEE han presentado a través del tiempo por el desarrollo de las actividades productivas [4].

La complejidad en el diseño y elaboración de las valoraciones económicas depende del SSEE a valorar, si se busca determinar el valor de uso o no uso, y de que seleccione la metodología más pertinente basada en disponibilidad de la información requerida y en la existencia o no de mercados asociados. Cabe resaltar que, existe la posibilidad de que un impacto afecte uno o más SSEE, de modo que, una sola metodología de valoración económica no podría aproximarse con precisión al valor económico total (VET), por ende, este impacto deberá ser valorado mediante diferentes metodologías [1] [4].

El enfoque VET establece que los bienes y servicios se componen de varios atributos, algunos concretos, fáciles de medir, pero otros presentan mayor dificultad. De modo que, dependiendo del valor económico que se asigne al SSEE impactado, es posible establecer un orden de elección de las metodologías de valoración, inicialmente, los valores de uso que se relacionan con mercados establecidos, luego, aquellos que no cuentan con mercados directos, pero tienen mercados a los cuales pueden asociarse y finalmente, aquellos que requieren del establecimiento de mercados hipotéticos [4].

Basados en los planteamientos anteriores, en el desarrollo del ejercicio elaborado para lograr llevar a cabo estos análisis, a continuación, se establecen los servicios ecosistémicos involucrados por los impactos ambientales que no pudieron ser internalizados y se plantean las metodologías para valoración económica bajo en enfoque VET:

6.1. Impacto relevante 1. Remoción de la capa orgánica.

6.1.1. Metodología de Costos actuales y potenciales - Costo de reposición.

Paso 1- determinar los gastos en los que se incurren para prevenir, restaurar los recursos naturales y servicios ecosistémicos alterados por la remoción de la capa orgánica del suelo.

Paso 2- determinar una medida aproximada de las pérdidas de bienestar social provocadas.

Paso 3- tener en cuenta los gastos oficiales producto de los costos oficiales de referencia.

Paso 4- tener en cuenta las variaciones proyectadas en el tiempo para los índices de precios del consumidor y del productor, bajo el periodo en el cual se efectuar los gastos de las actividades de manejo.

6.1.2. Preferencias declaradas – Conjoint

Paso 1. Definición del problema de valoración: se determinará el servicio a ser evaluado en relación con la población afectada, a su vez se identifican y jerarquizan los atributos del bien o servicio ecosistémico.

Paso 2. Decisiones preliminares sobre la encuesta: dando continuidad al paso # 1 se debe aclarar la toma de decisiones sobre el tipo de encuesta y decidir que técnica utilizar (medios para el desarrollo y divulgación de misma ya sean electrónicos, o físicos presenciales) y finalmente la condicionalidad las respuestas a esperar bajo las siguientes pautas: importancia del bien a valorar, complejidad de las preguntas, y presupuesto.

Paso 3. Diseño de la encuesta: en primer lugar, se recomienda determinar el tipo de pregunta a aplicar, es crucial la descripción del bien o servicio ecosistémico a valorar, incluyendo los atributos definidos en el paso 1, y la información sobre los cambios ambientales para obtener la DAP o la DAA, desarrolla pruebas preliminares para obtener información base sobre el contexto de la población foco a la que se le aplicara la en cuenta, sirve para poder establecer que preguntas son más relevantes, y si estas están facilitaran el entendimiento en los encuestados. Finalmente, el investigador debe plantear los formatos de pregunta para aplicar los métodos de elección contingente los cuales son: Ordenamiento contingente; básicamente consiste en entregar unos escenarios a los encuestados los cuales contienen atributos específicos por niveles del bien o programa a valorar, por ejemplo: las personas pueden hacer comparaciones y clasificar de mayor a menor preferencia, el investigador plantea varios programas con diferentes costos y resultados. Elección discreta: mediante el modelo de utilidad aleatoria se obtiene una respuesta, el investigador presenta al encuestado unas alternativas dentro de un conjunto de programas para que éste seleccione la alternativa más preferida. Y por último esta la comparación de parejas: esta es una variación del formato de elección discreta, donde se presentan dos bienes o programas como alternativas de elección; la idea es que las personas clasifiquen sus preferencias asignándole valores a cada uno de ellos. La escala de valores va de 1 a 10, siendo 1 el más preferido, 10 el menos preferido y 5 indiferente [4].

Paso 4 Análisis de resultados: Estos análisis requieren el uso de métodos de análisis de elección discreta para inferir la disponibilidad a pagar de las comparaciones realizadas por los encuestados, los investigadores logran estimar el valor promedio para cada uno de los servicios a evaluar, para un individuo o un hogar [4]. Este valor puede ser extrapolado para una población relevante para calcular los beneficios totales de ese sitio, bajo diferentes escenarios.

6.2. Impacto relevante 2. Pérdida de agroecosistemas.

6.2.1. Precios de mercado- cambios en la productividad

Paso 1 – Identificar cambios en la productividad: básicamente consisten en identificar los cambios producto de los impactos ambientales y factores externos generados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad, por ello requiere de "información más compleja" sobre los factores que desencadenan cada impacto, puede ser obtenida mediante dos herramientas: 1. recolección de datos a través de experimentos de campo, 2. análisis estadístico de series de tiempo acordes con el tipo de producción analizada, de incluir información sobre los demás insumos requeridos para la producción del bien o servicio de mercado, la cantidad del servicio ecosistémico incluido en la producción, entre otros [1], [27].

Paso 2- Función de producción estimada: estimación del cambio de la producción total según los cambios en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico evaluado, mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios [1], [27].

Paso 3 – Evaluar monetaria mente los efectos de la productividad: se estima el efecto marginal del cambio en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico/ producción total promedio del bien o servicio con mercado para así poder calcular el valor marginal de una unidad de servicio ecosistémico "adicionada al cultivo" [1], [27].

6.3. Impacto relevante 3. Agotamiento del recurso hídrico

6.3.1. Precios de mercado - cambios en la productividad

Paso 1 – Identificar cambios en la productividad: básicamente consisten en identificar los cambios producto de los impactos ambientales y factores externos generados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad, por ello requiere de "información más compleja" sobre los factores que desencadenan cada impacto, puede ser obtenida mediante dos herramientas: 1. recolección de datos a través de experimentos de campo, 2. análisis estadístico de series de tiempo acordes con el tipo de producción analizada, de incluir información sobre los demás insumos requeridos para la producción del bien o servicio de mercado, la cantidad del servicio ecosistémico incluido en la producción, entre otros [27].

Paso 2- Función de producción estimada: estimación del cambio de la producción total según los cambios en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico evaluado, mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios [27].

Paso 3 – Evaluar monetaria mente los efectos de la productividad: se estima el efecto marginal del cambio en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico/ producción total promedio del bien o

servicio con mercado para así poder calcular el valor marginal de una unidad de servicio ecosistémico "adicionada al cultivo" [27].

6.3.2. Costos actuales – costo de restauración

Paso 1- Determinar los gastos en los que se incurren para prevenir, restaurar los recursos naturales y servicios ecosistémicos alterados por la remoción de la capa orgánica del suelo [27].

Paso 2- Determinar una medida aproximada de las pérdidas de bienestar social provocadas.

Paso 3- Tener en cuenta los gastos oficiales producto de los costos oficiales de referencia.

Paso 4- Tener en cuenta las variaciones proyectadas en el tiempo para los índices de precios del consumidor y del productor, bajo el periodo en el cual se efectuar los gastos de las actividades de manejo [27]..

6.4. Impacto relevante 4. Afectación de aguas superficiales y subterráneas

6.4.1. Precios de mercado- cambios en la productividad

Paso 1 – Identificar cambios en la productividad: básicamente consisten en identificar los cambios producto de los impactos ambientales y factores externos generados por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad, por ello requiere de "*información más compleja"* sobre los factores que desencadenan cada impacto, puede ser obtenida mediante dos herramientas: 1. recolección de datos a través de experimentos de campo, 2. análisis estadístico de series de tiempo acordes con el tipo de producción analizada, de incluir información sobre los demás insumos requeridos para la producción del bien o servicio de mercado, la cantidad del servicio ecosistémico incluido en la producción, entre otros [28].

Paso 2- Función de producción estimada: estimación del cambio de la producción total según los cambios en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico evaluado, mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios [28].

Paso 3 – Evaluar monetaria mente los efectos de la productividad: se estima el efecto marginal del cambio en la cantidad o calidad del servicio ecosistémico/ producción total promedio del bien o servicio con mercado para así poder calcular el valor marginal de una unidad de servicio ecosistémico "adicionada al cultivo" [28]

6.4.2. Preferencias declaradas – Experimentos de elección

Paso 1- definición de atributos, niveles y escenarios: los atributos son los servicios eco-sistémicos a valorar y deben corresponder a aquellos identificados en cada una de las etapas, los niveles de los atributos se refieren a la cuantificación biofísica de los SSEE en la línea base y los cambios en la

cuantificación producto de la evaluación del comportamiento de los SSEE, y de los impactos analizados en la VEA del proyecto oba o actividad [28].

Una vez se desarrollen estos dos 2 ítems se podrá llevar acabo el planteamiento de los escenarios que serán dispuestos a los encuestados y/o participantes, los cuales deben presentar el estado actual de los atributos, niveles y sus costos asociados al uso directo del bien o servicio eco-sistémico.

Paso 2- diseño experimental: se debe definir la forma en que se va preguntar a los encuestados la elección de los escenarios, la forma en que las personas deben procesar la información mediante preguntas de elección, técnicas de ordenamiento contingente , o que califiquen de acuerdo a un rango según su preferencia, para esto se debe 1) primeramente definir el numero óptimo de combinaciones de atributos y sus deferentes niveles a ser parte del experimento, 2) seguidamente se combinaran las categorías para determinar los escenarios para los encuestados [28].

Paso 3- elaboración del contexto experimental, pruebas, validación y desarrollo del cuestionario: se refiere a la justificación de la elección de las combinaciones que se presentan a los encuetados. Las pruebas de validación aplican para determinar s las posibles elecciones y las formas en que se solicita la elección del diseño experimental, finalmente se debe aplicar un experimento piloto para verificar la efectividad de la construcción de los escenarios y el experimento cara a la recolección de datos [28].

Paso 4- selección de muestra y encuesta: esta selección dependerá del objeto de la misma, las estrategias de muestreo (muestreo simple, aleatorio) siempre y cuando cumple con las razones para su elección, en campo la selección de la estrategia de muestreo y el tamaño de la muestra dependen también, en gran medida, del presupuesto disponible [28].

Paso 5- aplicación del modelo econométrico: La estructura de los Experimentos de Elección, puede ser analizada usando el Modelo de Utilidad Aleatoria (Random Utility Model). Al momento de implementar esta metodología es la aplicación de un Logit o PPtobit, en cualquier programa estadístico, debido a la discrecionalidad de las variables, se logró obtener la probabilidad de escoger una alternativa sobre el resto [28].

6.5. Impacto relevante 5. Contaminación atmosférica por material particulado

6.5.1. Precios de mercado - Método del costo de la enfermedad (morbilidad).

Paso 1- Cuantificar número de casos: cuantificar el número de casos de morbilidad derivados de la exposición al riesgo. Para hacer el cálculo de deben seguir los siguientes pasos: identificación del riesgo, análisis dosis-respuesta y análisis de exposición [2].

La identificación del riesgo consiste en identificar las partículas que tiene efectos sobre la salud humana bajo el escenario de contaminación atmosférica, en segunda instancia se identifica el impacto contaminación atmosférica por material particulado el cual genera riesgo sobre la salud

humana, ya que el aumento en las concentraciones de material particulado generado por el proyecto obra o actividad de estación de materiales para construcción, aumenta la probabilidad de contraer problemas respiratorios en: ojos, piel. Esto e es medido mediante la dosis o (concentración) y el coeficiente de respuesta. Finalmente, el últimos es estimar el número de personas que son expuestas ala peligro y los casos de morbilidad [2].

Paso 2- Cuantificar los costos por morbilidad: puede ser estimado usando la información de diversos costos asociados con el incremento en morbilidad: cualquier pérdida de ingresos resultante de la enfermedad (por ejemplo: costos médicos y gastos pagos por el individuo) son estimados de la misma manera teniendo en cuenta las acciones que reducen los niveles de contaminación y consecuentemente, los costos por el incremento de los casos de morbilidad [2].

Paso 3- Agregación de la valoración por morbilidad: se cuantifican los casos por tipo de enfermedad, derivados de la alteración de la calidad ambiental, y se valoran tales efectos en términos de monetarios agregados [2].

6.5.2. Preferencias declaradas – ConJoint

Paso 1. Definición del problema de valoración: se determinará el servicio a ser evaluado en relación con la población afectada, a su vez se identifican y jerarquizan los atributos del bien o servicio eco sistémico [1].

Paso 2 Decisión preliminares sobre la encuesta: dando continuidad al paso 1. se debe aclarar la toma de decisiones sobre el tipo de encuesta y decidir que técnica utilizar (medios para el desarrollo y divulgación de misma ya sean electrónicos, o físicos presenciales) y finalmente la condicionalidad las respuestas a esperar bajo las siguientes pautas: importancia del bien a valorar, complejidad de las preguntas, y presupuesto [1].

Paso 3. Diseño de la encuesta: en primer lugar, se recomienda determinar el tipo de pregunta a aplicar, es crucial la descripción del bien o servicio ecosistémico a valorar, incluyendo los atributos definidos en el paso 1, y la información sobre los cambios ambientales para obtener la DAP o la DAA, desarrolla pruebas preliminares para obtener información base sobre el contexto de la población foco a la que se le aplicara la en cuenta, sirve para poder establecer que preguntas son más relevantes, y si estas están facilitaran el entendimiento en los encuestados. Finalmente, el investigador debe plantear los formatos de pregunta para aplicar los métodos de elección contingente los cuales son: Ordenamiento contingente; básicamente consiste en entregar unos escenarios a los encuestados los cuales contienen atributos específicos por niveles del bien o programa a valorar, por ejemplo: las personas pueden hacer comparaciones y clasificar de mayor a menor preferencia, el investigador plantea varios programas con diferentes costos y resultados. Elección discreta: mediante el modelo de utilidad aleatoria se obtiene una respuesta, el investigador presenta al encuestado unas alternativas dentro de un conjunto de programas para que éste seleccione la alternativa más preferida. Y por último esta la comparación de parejas: esta es una variación del formato de elección discreta, donde se presentan dos bienes o programas como alternativas de elección; la idea es que las personas clasifiquen sus preferencias asignándole

valores a cada uno de ellos. La escala de valores va de 1 a 10, siendo 1 el más preferido, 10 el menos preferido y 5 indiferente [1].

Paso 4 Análisis de resultados: Estos análisis requieren el uso de métodos de análisis de elección discreta para inferir la disponibilidad a pagar de las comparaciones realizadas por los encuestados, los investigadores logran estimar el valor promedio para cada uno de los servicios a evaluar, para un individuo o un hogar. Este valor puede ser extrapolado para una población relevante para calcular los beneficios totales de ese sitio, bajo diferentes escenarios [1].

6.6. Impacto relevante 6. Contaminación atmosférica por ruido

6.6.1. Preferencias reveladas – Precios hedónicos

Paso 1 identificación de atributos: se identifican características ambientales y no ambientales que pueden determinar el precio de la propiedad en el mercado. Se deben incluir las variables relevantes para no sobre estimar el valor de los beneficios ambientales, a su vez se consideran 3 grupos de información: 1. Características físicas de la propiedad, 2. Características del vecindario, 3. Características ambientales [2].

Paso 2-Recolecion de Datos: la cantidad y calidad de la información es importante para el análisis econométrico, estos datos se conocen como: Datos de corte transversal estos se recolectan mediante censos o encuestas, serie de tiempo (información más compleja de recolectar) [4].

Paso 3- Estimación del precio de la propiedad en función los atributos: una vez se tenga la información de los pasos 1 y 2 la función del precio de la propiedad es estimada, detalladamente para obtener un valor monetario, mediante la siguiente ecuación [4]:

Ecuación 2. **Ecuación para precios hedónicos.**

PRECIO= F (C.físicas, C.veciondario, C.ambientales).

Fuente: Grupo de Valoración Económica ANLA.

6.6.2. Preferencias declaras - Conjoint

Paso 1. Definición del problema de valoración: se determinará el servicio a ser evaluado en relación con la población afectada, a su vez se identifican y jerarquizan los atributos del bien o servicio eco sistémico [4].

Paso 2 Decisión preliminares sobre la encuesta: dando continuidad al paso # 1 se debe aclarar la toma de decisiones sobre el tipo de encuesta y decidir que técnica utilizar (medios para el desarrollo y divulgación de misma ya sean electrónicos, o físicos presenciales) y finalmente la condicionalidad

las respuestas a esperar bajo las siguientes pautas: importancia del bien a valorar, complejidad de las preguntas, y presupuesto [4].

Paso 3. Diseño de la encuesta: en primer lugar, se recomienda determinar el tipo de pregunta a aplicar, es crucial la descripción del bien o servicio ecosistémico a valorar, incluyendo los atributos definidos en el paso 1, y la información sobre los cambios ambientales para obtener la DaP o la DaA, desarrolla pruebas preliminares para obtener información base sobre el contexto de la población foco a la que se le aplicara la en cuenta, sirve para poder establecer que preguntas son más relevantes, y si estas están facilitaran el entendimiento en los encuestados. Finalmente, el investigador debe plantear los formatos de pregunta para aplicar los métodos de elección contingente los cuales son: Ordenamiento contingente; básicamente consiste en entregar unos escenarios a los encuestados los cuales contienen atributos específicos por niveles del bien o programa a valorar, por ejemplo: las personas pueden hacer comparaciones y clasificar de mayor a menor preferencia, el investigador plantea varios programas con diferentes costos y resultados. Elección discreta: mediante el modelo de utilidad aleatoria se obtiene una respuesta, el investigador presenta al encuestado unas alternativas dentro de un conjunto de programas para que éste seleccione la alternativa más preferida. Y por último esta la comparación de parejas: esta es una variación del formato de elección discreta, donde se presentan dos bienes o programas como alternativas de elección; la idea es que las personas clasifiquen sus preferencias asignándole valores a cada uno de ellos. La escala de valores va de 1 a 10, siendo 1 el más preferido, 10 el menos preferido y 5 indiferente [4].

Paso 4 Análisis de resultados: Estos análisis requieren el uso de métodos de análisis de elección discreta para inferir la disponibilidad a pagar de las comparaciones realizadas por los encuestados, los investigadores logran estimar el valor promedio para cada uno de los servicios a evaluar, para un individuo o un hogar. Este valor puede ser extrapolado para una población relevante para calcular los beneficios totales de ese sitio, bajo diferentes escenarios [4].

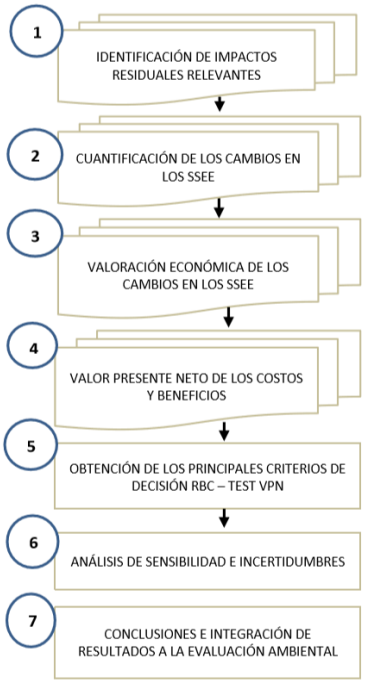
7. Análisis Costo Beneficio (ACB)

El análisis costo beneficio debe desarrollarse en dos momentos durante el desarrollo de proyectos que requieren de licencia ambiental. El primero, en el diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) y el segundo, una vez finalizado el análisis de internalización de impactos y la valoración económica ambiental. Las diferencias entre los dos análisis costo beneficio radican principalmente en que la información utilizada en la fase del DAA se supone a partir de la previsión de los impactos potenciales positivos y negativos, mientras que, en la fase de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), la información se obtiene a partir de la valoración económica de los impactos ambientales positivos y negativos, es decir, no se trabaja con información supuesta, sino, con información real. Los resultados obtenidos del Análisis Costo Beneficio en el DAA, orienta a la sociedad y a los inversionistas respecto a la conveniencia de realizar un proyecto y mediante qué opción alternativa específica, mientras que, en la EIA, se aporta información relevante y real sobre el cambio en el bienestar de la sociedad.

Con la expedición del Decreto 1076 del 2015 el ACB ha tomado más fuerza, esto se debe a que, se contempla como una obligación presentar la evaluación económica de impactos positivos y negativos, teniendo en cuenta que "*los proyectos de desarrollo en sectores claves para el desarrollo económico de un país como energía, minería y transporte, entre otros, generan impactos ambientales importantes con implicaciones relevantes sobre el bienestar de la sociedad* (…)". Este Análisis Costo Beneficio, consiste esencialmente en la comparación de los costos (impactos o externalidades negativas) producto del desarrollo de proyectos obras o actividades, con los beneficios (impactos o externalidades positivas) con el objetivo de establecer la conveniencia ambiental de su ejecución [29]. En este análisis no se contemplan los beneficios del sector privados como: ingresos por explotación de carbón, ingresos de la venta de energía, ingresos por peajes, etc. El balance se realiza únicamente entre externalidades negativas y externalidades positivas.

Dada la pertinencia del ACB en los Estudios de Impacto Ambiental para el desarrollo de este ejercicio de análisis, a continuación, se presenta la metodología para el desarrollo del Análisis Costo Beneficio dentro del EIA (**Figura 1.** *Estructura general del proceso de ACB de un proyecto, obra o actividad en la evaluación ambiental del EIA*), de modo que, el solicitante reúna y presente la información y se logren asegurar resultados confiables. Lo fundamental en este ACB es incorporar la valoración de los impactos ambientales (a partir de las afectaciones en el flujo de servicios ecosistémicos impactados) dentro de la evaluación económica, sin considerar el análisis financiero.

Figura 1***. Estructura general del proceso de ACB de un proyecto, obra o actividad en la evaluación ambiental del EIA.***



Fuente: ***Grupo de Valoración Económica de la ANLA.***

PASO 1. Se identifican todos los impactos que genera el proyecto, obra o actividad, considerando tanto las afectaciones positivas como las negativas, se deben valoran aquellos impactos ambientales que resultan más relevantes de acuerdo a la evaluación cualitativa. Se califican todos los impactos, tanto directos como indirectos, acumulativos y sinérgicos que estén asociados con la implementación del proyecto. Los impactos significativos que no son internalizados son los que deben ser incluidos en los análisis económicos [4].

PASO 2. Calcular en unidades físicas los flujos de costos y beneficios asociados con el proyecto, además de su identificación en espacio y tiempo, estos cálculos se realizan teniendo en cuenta diferentes niveles de incertidumbre, pues, algunos eventos no pueden ser perfectamente observados. Para este tipo de eventos, se sugiere utilizar probabilidades para eventos inesperados y calcular el valor esperado de los mismos [4].

PASO 3. Una vez se identifican los impactos más importantes, estos deben ser valorados bajo una misma unidad monetaria de medida y sobre una base anual, teniendo en cuenta el horizonte de

tiempo de la afectación. En su cuantificación monetaria se usan precios de mercado para los impactos que cuentan con un mercado establecido y técnicas de valoración económica para aquellos que no lo tienen [4].

Si el impacto no poder ser valorado por su nivel de incertidumbre, se asume que ocurrirá el menor cambio posible en el servicio ecosistémico para el caso de las externalidades positivas y el mayor cambio posible en el servicio ecosistémico para el caso de las externalidades negativas.

PASO 4. Los costos/beneficios cuantificados a partir de las técnicas de valoración, deben agregarse dependiendo de la población beneficiada/afectada, y el periodo u horizonte de tiempo de las afectaciones positivas y negativas. Una vez se tiene el flujo de costos y beneficios consolidado, este debe descontarse utilizando la tasa social de descuento, para obtener el VPN de los beneficios/costos [4].

Ecuación 3. **Cálculo del VPN - Diferencial entre beneficios y costos.**

$$VPN = \sum_{i=0} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} = \sum_{i} \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Fuente: **MAVDT & CEDE.**

Donde:

Bi: beneficios del proyecto en el año i.
Ci: costos del proyecto en el año i;
r: tasa social de descuento.
i: indicador del año.

PASO 5. El siguiente paso es aplicar el test del VPN, se analiza el valor presente del proyecto teniendo en cuenta que el criterio de aceptación, rechazo o indiferencia, es un aporte subsidiario en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social [4].

Tabla 13. ***Interpretación del indicador VPN.***

Valor Presente Neto – VPN	Interpretación
VPN > 0	Los beneficios del proyecto son mayores que sus costos; por lo tanto, se considera que desde el punto de vista social, se aporta de manera subsidiara en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social.
VPN = 0	El proyecto no produce beneficios ni costos; por lo tanto, no genera cambios sustanciales en el bienestar social.
VPN < 0	Los costos del proyecto son mayores a sus beneficios; por tanto, se debe rechazar el proyecto, ya que provoca pérdidas en bienestar social.

Fuente: ***MAVDT & CEDE.***

Como alternativa de análisis también se puede utilizar la RBC, está dada por el cociente entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos. Los resultados de este indicador señalan el bienestar social que genera un proyecto, obra o actividad.

Ecuación 4. **Cálculo del Valor Presente Neto y la Relación Beneficio Costo.**

$$RBC = \frac{\sum_i \frac{Bi}{(1+r)^i}}{\sum_i \frac{Ci}{(1+r)^i}} = \frac{VPN_{beneficios}}{VPN_{costos}}$$

Fuente: **MAVDT&CEDE.**

Este Indicador se usa como criterio sobre la rentabilidad de cada una de las alternativas en base a la perspectiva social.

Tabla 14. ***Interpretación del indicador RBC.***

Relación Beneficio Costo – RBC	Interpretación
RBC > 1	El proyecto genera bienestar social; se aporta de manera subsidiara en la toma de decisión sobre la viabilidad ambiental del proyecto y se dice que éste genera ganancias en bienestar social.
RBC = 1	El proyecto no presenta cambios en bienestar social; por lo tanto es indiferente.
RBC < 1	El proyecto empeora el bienestar social; por lo tanto, no es recomendable su ejecución.

Fuente: ***MAVDT & CEDE.***

PASO 6. Se calcula el VPN con diferentes valores de parámetros como: tasa de descuento, cantidades físicas y monetarias de la inversión y producción, precios sombra de la inversión y producción, y lapso de vida del proyecto, obra o actividad. El propósito de este análisis es conocer cual parámetro produce una mayor sensibilidad sobre el VPN y por ende afecta más los criterios de aceptación o rechazo de un proyecto. Permite verificar la robustez de los resultados e investigar el impacto de los diferentes parámetros en escenarios con mayor incertidumbre, a partir de los datos obtenidos por parte del VPN y RBC [4].

Para llevar a cabo este análisis es necesario obtener el cálculo del VPN y RBC alterando los valores de las variables que se pueden considerar criticas bajo diferentes escenarios posibles: a) escenarios pesimistas, responden al peor panorama para una inversión; b) escenarios posibles, manifiestan el resultado más probable que se suponga para el análisis de una inversión, es decir es el escenario objetivo que se construye a partir de la mayor cantidad de información obtenida en el proyecto. Y c) escenarios optimistas, escenarios que analizan las posibles ganancias que pueden representar un proyecto. Con base en esto, se comparan los casos de los resultados entre las diferentes alternativas para determinar cuál es el impacto que afecta en mayor medida los diferentes criterios de aceptación o rechazo y, los mejores y peores valores que podrían tomar las variables en la práctica para posteriormente calcular el valor del proyecto en cada uno de estos escenarios [4].

Por ejemplo, realizando el análisis de sensibilidad del VET bajo la variación del impuesto IPC (índice de precios al consumidor), se puede llegar a concluir respecto a los beneficios en términos sociales que contempla el proyecto minero con la variación del IPC. También, al realizar el análisis de sensibilidad de la RBC bajo la variación de IPC se puede llegar a concluir respecto a los beneficios marginales en términos sociales, con base en, los costos incurridos por el proyecto minero y por otro lado permite analizar la relación entre el VPN y la RBC [4].

Este tipo de análisis puede ser llevado a cabo a treves del programa Excel con una herramienta disponible en la barra de menú denominada ‘’análisis de hipótesis’’ o en algunos casos ‘’análisis Y’’, seleccionando la opción ‘’Tabla de datos” e ingresando en la “celda de entrada (fila)” ingresaremos el monto original de los indicadores económicos y en la “celda de entrada (columna)’’ ingresaremos las variaciones a las que queremos someter tales indicadores. Una vez realizado este procedimiento el programa realizara los cálculos para obtener las ganancias o pérdidas para cada una de las combinaciones de los valores indicados y de esta forma permite comparar la variación de los parámetros en diferentes escenarios y lograr tener un panorama claro sobre cuáles son las opciones más viables para el desarrollo o la ejecución de proyectos obras o actividades [4].

PASO 7. Los resultados del análisis comparativo costo beneficio del proyecto, obra o actividad deben integrarse a los demás criterios técnicos abióticos, bióticos y socioeconómicos surgidos en el EIA, aportando información relevante sobre el cambio en el bienestar de la sociedad, contribuyendo a la toma documentada de decisiones [4].

8 Bibliografía

[1] J. Arboleda, MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS, OBRAS O ACTIVIDADES, Medellín, 2008.

[2] ANLA, «Valoracion Economica: Instrumentos Economicos,» 2016. [En línea]. Available: http://www.anla.gov.co/valoracion-economica-instrumentos-economicos-evaluacion-impacto-ambiental.. [Último acceso: 02 08 2018].

[3] MAVDT, CEDE, Fortalecimiento de la calidad de las evaluaciones en el proceso de licenciamiento ambiental, mediante la integración del enfoque de evaluación económica al análisis de la política pública ambiental, Bogotá, 2010.

[4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Criterios Tecnicos para el Uso de Herramientas Economicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental,» Bogotá, 2017.

[5] C. Guillermo y J. Díaz, «ECONOMÍA DE LOS RECURSOS AGOTABLES,» [En línea]. Available: http://www.eumed.net/cursecon/textos/Hotelling-Agotables.pdf. [Último acceso: 06 02 2018].

[6] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Criterios tecnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obraso actividades objeto de licenciamiento ambiental,» 2017.

[7] C. Arango, «Propuesta metodologíca para la valoración economica de recursos minerales en el marco del desarrollo sostenible,» de *Tesis realizada para optar al titulo de Magíster en Ciencias Econónomicas*, Medellin, 2009, pp. 23-30.

[8] Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia , «Huella Hidrica Cuenca Porce,» 06 2013. [En línea]. Available: https://www.shareweb.ch/site/Suiz-Agua-Colombia/Documents/Guia_Metodologica_HH_Cuenca.pdf. [Último acceso: 05 02 2019].

[9] N. Garzon, «ANÁLISIS PRELIMINAR DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES GENERADOS POR LA MINERÍA DE ARCILLAS A CIELO ABIERTO EN LA VEREDA EL MOCHUELO BAJO, CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ D.C., ESTUDIO DE CASO.,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá, 2013.

[10] CORANTIOQUIA OIMT, *PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS FORESTALES EN LA DENOMINADA ZONA FORESTAL PRODUCTORA DE LOS BOSQUES DEL NORTE Y NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA, COLOMBIA,* 2009.

[11] ANLA, «Guía para el Diseño y Construcción de Indicadores de Impactos Internalizables en el marco del Licenciamento Ambientla en Colombia,» 12 2018. [En línea]. Available: http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/SIPTA/30_11_2018_indicadores_de_impactos_internalizables_enviado.pdf. [Último acceso: 13 04 2019].

[12] Facultad de Agronomia Universidad Austral de Chile, «Investegacion Nacional Forestación y Aguas,» 07 10 2013. [En línea]. Available: http://www.spf.com.uy/data/presentaciones/Forestacion_y_aguas._Expositor-Luis_Silveira.pdf. [Último acceso: 05 02 2019].

[13] IDEAM, «Indicadores Ambientales Clasificados por Temáticas Ambientales,» Minambiente, 2014. [En línea]. Available: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/16404/Indicadores+Tem%C3%A1ticas+Ambientales_Publicados_2013_v1.pdf/3c5e8960-9593-471b-a22a-fa8c35cf397b. [Último acceso: 05 02 2019].

[14] V. M. W. V. A. O. Ochoa, «VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO,» Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 2017.

[15] GRAMALOTE, «Proyecto de Mineria de Oro a Cielo Aierto,» 01 2015. [En línea]. Available: https://www.cornare.gov.co/LA/Gramalote/documentos/I-2250-EIA-Cap08-PMA.pdf. [Último acceso: 17 02 2019].

[16] SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO- UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS, «Expediente 42248 PMA Ladrillera Gredos LTDA,» CAR, BOGOTA, 2012.

[17] HELIOS, «EIA DEL PROYECTO VIAL RUTA DEL SOLSECTOR I,» de *CAP 7: Plan de Manejo Ambiental* , bogotá, HMV Ingenieros, 2011, pp. 121-204.

[18] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, «Documento Componente Diagnóstico PMA del DMI,» 27 03 2017. [En línea]. Available: https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac7ac2eb85a3.pdf. [Último acceso: 17 02 2019].

[19] Tocarena , «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN ANTICIPADA DEL CONTRATOO DE CONCESION,» de *Expediente 0880016 Plan de Manejo Ambiental* , Tocancipá, CAR, 2008, pp. 70-131.

[20] MASTERCAD, «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL-CONTRATO DE CONCESIÓN,» de *Actualizacion del Plan de Manejo Ambiental*, Tocancipá, CAR, 2016, pp. 80-119.

[21] LADRILLERA EL OCRE, «Epediente CAR No. 656616,» de *Actualización del Plan de Manejo Ambiental* , Cogua, CAR, 2017, pp. 33-55.

[22] EXCOMIN, «PMA para Titulos Mineros,» [En línea]. Available: http://www.ciexcomin.com/doc/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PARA%20MINERIA%20_%20EXCOMIN.pdf. [Último acceso: 16 02 2019].

[23] GEOMATRIX, *Guía de Manejo e Instalación de Geomallas Biaxiales para Refuerzo de Suelos de Subrasante y Capas Granulares,* Bogotá.

[24] CORTOLIMA, «Proyecto Mina El Pedregal,» 12 2008. [En línea]. Available: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/edictos/EIA_ANTENOR_GONZALES.pdf. [Último acceso: 17 02 2019].

[25] Ladrillera San Diego, «Expediente 5046 PMA,» CAR, Cogua, 2014.

[26] UCATÓLICA, «Plan de Manejo Ambiental para Mitigar los Impactos Generados por la Explotación Minera en Nechí Bajo Cauca,» 2016. [En línea]. Available: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13939/4/TESIS.pdf. [Último acceso: 17 02 2019].

[27] J. Osorio y F. Correa, «VALORACIÓN ECONÓMICA DE COSTOS AMBIENTALES: MARCO CONCEPTUAL Y MÉTODOS,» *Semestre económico 7,* pp. 159-193, 2004.