



## ANEXO TÉCNICO CON DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN DE PLANES DE CIERRE Y DESMANTELAMIENTO

### Contenido

<b>FORMULA DE GRADUALIDAD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 TIEMPO FIJO MAXIMO DE CIERRE</b> .....	<b>2</b>
<b>2 CLASIFICACIÓN DE MINERÍA</b> .....	<b>4</b>
<b>3 FACTORES AMBIENTALES</b> .....	<b>4</b>
3.1 Minería cielo abierto .....	5
3.2 Minería cielo abierto .....	8
<b>4 FACTORES SOCIALES</b> .....	<b>10</b>
<b>5 FACTOR ECONÓMICO-LIQUIDEZ (FEL)</b> .....	<b>10</b>
<b>6 TIEMPO DE RECAUDO DE RECURSOS ECONÓMICOS</b> .....	<b>11</b>

### FORMULA DE GRADUALIDAD

Herramienta de estimación del tiempo de ejecución de los Planes de cierre y desmantelamiento específico para las áreas o grupo de áreas intervenidas por las actividades mineras en zonas de páramo delimitadas, según las características particulares de las labores mineras e infraestructura e independientemente de la etapa contractual.

$$T_c = \frac{T_f * C_m(F_a) + (F_s)}{F_{el}} + T_{rre}$$

Donde:

Tc = Tiempo de Cierre (Año)

Tf = Tiempo fijo máximo de cierre (Año)

Cm = Clasificación de Minería (Adimensional)

Fa= Factores ambientales (Adimensional)

Fs =Factores sociales (Adimensional)

Fel= Factor Económico-liquidez (Adimensional)

Trre= Tiempo de recaudo de recursos económicos (años)

A su vez Fa=Factores ambientales corresponde a:

$$F_a = \frac{F_t + F_e + F_q + F_h + A_{cv}}{5}$$

Donde:

Ft= Factor Técnico (Adimensional)  
 Ef = Estabilización Física (Adimensional)  
 Eq = Estabilización Química (Adimensional)  
 Eh = Estabilización Hídrica (Adimensional)  
 Acv= Afectación cobertura vegetal (Adimensional)

Así mismo Fs= Factores Social se expresa como:

$$FS = Ae + Ca + Ie$$

Donde:

Ae= Afectación a la empleabilidad  
 Ca= Constante de adaptación  
 Ie= Importancia económica del municipio

Por último, Trre= Tiempo de recaudo de recursos económicos corresponde a:

$$Trre = \frac{Cta}{Gnp * (Pd * Dta)}$$

Donde:

Cta= Costo total de la actividad de cierre (COP).  
 Gnp= Ganancia neta por producción (COP/m<sup>3</sup>o Ton) (incluir la posible ganancia que tendría) (según resolución expedida por la UPME de precios base para la liquidación de regalías en promedio de los últimos 5 años, desde la expedición de la ley 1930 2013-2018)  
 Pd= Producción diaria (m<sup>3</sup>o ton)  
 Dta= Días trabajados al año (día/año)

## 1 TIEMPO FIJO MAXIMO DE CIERRE

Es un valor en años que limita el tope máximo de tiempo que podría tener un titular para efectuar el cierre, dependiendo del tipo de minería (Cielo abierto o Subterránea) y de la etapa contractual en la que se encuentre.

Para las etapas de exploración y construcción y montaje se tiene:

Etapa Contractual	Tiempo Fijo máximo (Tf) (años)	Tipología
Exploración	3	Cielo abierto y Subterránea



Construcción y Montaje	3	Cielo abierto y Subterránea
<p>Para las dos etapas contractuales mencionadas y las dos tipologías se establece un periodo igual a la duración en años de dichas etapas para el cálculo del proceso de cierre, dato que se verá afectado de acuerdo a los factores encontrados en la fórmula y a la particularidad del título minero.</p>		

Para la etapa de explotación se consideran los siguiente elementos para la estimación del tiempo fijo máximo:

- **Minería subterránea**

Etapa Contractual	Tipología
Explotación	Subterránea
$\Sigma$ Longitud Labores Rumbo y Buzamiento intervenidas en zona de páramo en metros	<b>Tiempo Fijo máximo (Tf) (años)</b>
<300	2
300-600	3
600-900	4
900-1200	5
1200-1500	6
1500-1800	7
1800-2100	8
2100-2500	9
>2500	10
<p>Para el cálculo del tiempo fijo en etapa de explotación para minería subterránea se tiene en cuenta el avance diario del desmantelamiento interno y estabilidad física, contando con los días laborables en promedio y relacionando la sumatoria de la longitud de labores que se encuentren dentro de zona de páramo en metros, se establece los tiempos fijos máximos.</p>	

- **Minería cielo abierto**

Para minería a cielo abierto el Tiempo fijo (Tf) corresponde a la vigencia restante del título en el momento del cierre, pero no inferior a dos años.



## 2 CLASIFICACIÓN DE MINERÍA

Se refiere a la clasificación de la minería respecto a su escala (pequeña, mediana y grande) como lo contempla el Decreto 1066 de 2016 en su artículo 2.2.5.1.5.4 para las etapas contractuales de exploración y construcción-montaje y el artículo 2.2.5.1.5.5 para la etapa de explotación:

ASPECTOS	VARIABLES	ESCALA	FACTORES (adimensional)
Clasificación de minería	Escala de minería	Pequeña	0,3
		Mediana	0,6
		Gran	1

## 3 FACTORES AMBIENTALES

Los factores ambientales corresponden a:

**Factor técnico (Ft):** Es un valor adimensional que se refiere a la dificultad que representa efectuar un desmantelamiento de infraestructura en un título minero el cual contempla los posibles escenarios a encontrar, considerando variables como la etapa contractual, la escala de minería y la existencia o no de infraestructura para procesos de beneficio. El valor del factor se asigna seleccionando la categoría que se ajusta a la realidad y condiciones del proyecto minero.

**Estabilización Física (Ef):** Está relacionado con el grado de intervención de las áreas destinadas a la minería, incluyendo cuatro variables a saber: túneles, botaderos, taludes y terrenos de influencia directa producto de la actividad minera, subsidencia, riesgo. Para cada variable, se definieron escalas para clasificación de acuerdo al grado de afectación e identificación de los riesgos según el estado actual del área intervenida en el momento del cierre, obteniendo un valor adimensional para cada variable que debe sumarse, el resultado final de este factor es la media que involucra a cada componentes descritos anteriormente relacionados a la estabilización física. Los valores de las escalas varían de acuerdo a la evaluación técnica para minería subterránea y a cielo abierto.

**Estabilización Química (Eq):** Considera como variables el drenaje ácido producto del volumen de residuos mineros generados en la explotación y



procesamiento de los recursos mineros, teniendo en cuenta que estos residuos pueden seguir generando drenajes ácidos tiempo después de que termine la operación. El titular deberá contar con análisis de pH en el momento del cierre de la mina, para determinar si existen aguas ácidas producto de la etapa de exploración, construcción, montaje o explotación minera. Se definieron tres escalas; material con generación ácida, material con generación ácida (pH mayores a 5) y para agua ácida (pH entre 2-4), asignando factores con mayor puntuación para la situación más crítica. Para minería a cielo abierto, contempla la lixiviación de metales por aplicación de químicos usados en la operación, la escala está determinada por la distribución que tengan estos últimos.

**Estabilización Hídrica (Eh):** Es un factor numérico relacionado específicamente con el ICA (Índice de Calidad de Agua), un indicador definido por el IDEAM para establecer la calidad de un cuerpo de agua o sus posibles problemas de contaminación. La intención es asignarle un puntaje a cada uno de los cinco parámetros analizados dependiendo del resultado obtenido de los Sólidos Suspendidos Totales, el Oxígeno Disuelto, la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la Conductividad Eléctrica y el pH. Se obtiene una sumatoria de los valores y se obtiene un valor entre 0 y 1 que dará la indicación del agua desde muy mala a excelente calidad. Finalmente el valor del factor Eh será el más alto para las aguas más contaminadas.

**Afectación cobertura vegetal (Acv):** Es un valor adimensional clasificado por escalas que depende del porcentaje del área de cobertura vegetal afectada por las labores mineras con relación al área del polígono minero que se encuentra superpuesta con zona de páramo. El valor del factor aumenta cuando el área de cobertura afectada es mayor.

### 3.1 Minería cielo abierto

Factores asignados a cada una de las variables del coeficiente de cierre para minas a cielo abierto son:

ASPECTOS	VARIABLES	ESCALA	FACTORES
Factor Técnico	Desmantelamiento de Infraestructura	Título minero en etapa de exploración sin o con poca infraestructura instalada, pequeña, mediana y gran minería.	0,1
		Título en etapa de construcción y Montaje con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.	0,2
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, pequeña a mediana minería.	0,25
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.	0,4
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera e	0,45



		infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.		0,6
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.		0,65
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0,8
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0,85
Físico	Botaderos, Taludes y terrenos de área de influencia directa producto de la actividad minera.	0-1%	A nivel	0,15
		1-3%	Ligeramente plana	0,3
		3-7%	Ligeramente inclinada	0,45
		7-12%	Moderadamente inclinada	0,6
		12-25%	Fuertemente inclinada	0,75
		25-70%	Escarpada y/o extremadamente empinada	0,9
	Erosión	Baja Grado de afectación Leve	Geoformas de terraza aluviales se asocian procesos activos de erosión en surcos y laminar	0,3
		Media Grado de afectación Moderada	Geoformas de vallecitos, lomas y colinas se registra erosión laminar y en surcos, cárcavas, deslizamientos menores de carácter puntual, pendiente fuertemente inclinada	0,6
		Alta Grado de afectación Severa	Desplazamientos, procesos de socavación lateral y erosión, pendiente fuertemente inclinada o ligeramente empinada	0,9
	Fenómenos por remoción en masa	Baja Grado de afectación leve	Movimientos simple muy lentos a lentos suspendidos e inactivos, de desplazamientos de pequeños volúmenes de masas de material.	0,3
		Media Grado de afectación Moderada	Movimientos sucesivos a múltiples, con desplazamientos moderados a rápidos de volúmenes de masas de material, en estado estabilizado a latente, con distribución creciente.	0,6



	Análisis del riesgo	Alta Grado de afectación Severo	Movimientos compuestos a complejos, con desplazamientos muy rápidos a extremadamente rápidos de volúmenes de masas de material, en estado activo a reactivado, con distribución avanzada a retrogresiva.	0,9
		Baja Identificación del Riesgo	Identificación de elementos que puedan generar cualquier tipo de amenaza de tipo ambiental, social, económico y de fatalidad en el título minero para el cierre de las labores mineras en cada una de las etapas.	0,3
		Media Reducción del riesgo	Teniendo identificado los elementos que puedan generar algún tipo de amenaza, se deben crear alternativas de reducción del riesgo, ya sea con la construcción de obras para la mitigación, o con distanciamiento a las zonas donde se pueda generar el riesgo.	0,6
		Alta Manejo del desastre	Se debe dar un manejo adecuado a los desastres que se presentaron durante la ejecución de cada una de las etapas de las labores mineras con el fin de minimizar daños	0,9
Hídrico	Calidad del agua (ICA <sup>1</sup> ) de cuerpos en el área de influencia	0.91 a 1.0	ICA BUENO	0
		0.71 a 0.90	ICA ACEPTABLE	0,25
		0.51 a 0.70	ICA REGULAR	0,5
		0.26 a 0.50	ICA MALO	0,75
		0 a 0.25	ICA MUY MALO	1
Químico	Lixiviación de metales	Muy Raro	Distribución muy Restringida (< 5 %)	0
		Raro	Distribución restringida (> 5 < 15 %)	0.25
		Media	Distribución media (> 15 < 30 %)	0.5
		Amplia	Distribución Amplia (> 30 < 75 %)	0.75

<sup>1</sup> El índice de calidad de agua (ICA) es la sumatoria aritmética equiponderada de cinco parámetros fisicoquímicos básicos (Oxígeno disuelto, OD, % Sólidos suspendidos totales, SST, Demanda química de oxígeno, DQO. Conductividad eléctrica, C.E. y pH).



	Drenaje Ácido	Muy amplia	Distribución muy amplia (> 75 %)	1
		Material con generación no ácida	Cero drenajes ácidos de mina	0
		Material con generación ácida	pH comprendido entre 5 y 6, contenido intermedio de sulfato y metales disueltos	0.5
		Agua ácida	pH comprendido entre 2 y 4, alto contenido en sulfato y de metales disueltos.	1
Afectación cobertura vegetal	Determinado por el porcentaje de área de cobertura vegetal afectada por labores mineras para el área total del polígono minero	de 0 a 25 % de afectación del título minero		0.2
		de 25 a 50 % de afectación del título minero		0.5
		de 50 a 75 % de afectación del título minero		0.7
		de 75 a 100 % de afectación del título minero		1

### 3.2 Minería cielo abierto

Los Factores asignados a cada una de las variables del coeficiente de cierre para minas subterráneas corresponden a:

ASPECTOS	VARIABLES	ESCALA		FACTORES
Físico	Túneles	Simple	Posibilidad de intervención inmediata y total estabilización del área, para pequeña y mediana minería.	0.15
		Mediana	Posibilidad de intervención gradual y estabilización en el corto plazo, escala mediana minería.	0.3
		Medianamente Compleja	Prevía incorporación de medidas de manejo será estable a mediano plazo a mediana minería.	0.45
		Compleja	Prevía incorporación de medidas de manejo será estable en el mediano plazo, escala gran minería.	0.6
		Muy Compleja	Prevía incorporación de medidas de manejo será estable en el largo plazo, escala gran minería.	0.75
	Botaderos, Taludes y terrenos de área de influencia directa producto de la actividad minera.	0-1%	A nivel	0.15
		1-3%	Ligeramente plana	0.3
		3-7%	Ligeramente inclinada	0.45
		7-12%	Moderadamente inclinada	0.6
		12-25%	Fuertemente inclinada	0.75
		25-70%	Escarpada y/o extremadamente empinada	0.9
	Subsidencia	Puntual	Subsidencia generada por la erosión subterránea en un área directamente intervenida y que no trasciende más allá del área limitada, está bajo medidas de manejo y monitoreo.	0.25
		Parcial	Erosión subterránea que no llega a abarcar la totalidad de la unidad mínima de análisis (unidad de suelo,	0.5





			unidad hidrogeológica, etc.). Está bajo medidas de manejo y monitoreo.	
		Extensa	Erosión subterránea que abarca la unidad mínima de análisis y/o puede llegar a trascenderla.	0.75
		Total	Erosión subterránea que se manifiesta en la totalidad del área intervenida y va más allá de este límite, sin medidas de manejo.	1
	Riesgo	Riesgo bajo	Sin amenazas naturales (Patrones de drenaje, niveles de agua, etc.) ni exógenas (extracción ilícita) y sin elementos vulnerables (accesos, desagües, bermas, fugas, etc.)	0,25
		Riesgo medio	Con amenazas endógenas generales (sismo, inundación, estabilidad geotécnica, erosión, escape de gases) y exógenas (Subsidencia, Drenaje ácido, etc.) moderadas y sin elementos vulnerables.	0,5
		Riesgo alto	Parámetros de amenazas exógenas y endógenas con valores altos y alta vulnerabilidad de los acuíferos a las cargas contaminantes.	0,75
Riesgo muy alto		Todos los parámetros de amenazas exógenas y endógenas con valores muy altos y muy alta vulnerabilidad de los acuíferos a las cargas contaminantes.	1	
Factor Técnico	Desmantelamiento de infraestructura interna y en superficie.	Título minero en etapa de exploración sin o con poca infraestructura instalada, pequeña, mediana y gran minería.		0.1
		Título en etapa de construcción y Montaje con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.		0.2
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, pequeña a mediana minería.		0.25
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0.4
		Título en etapa de construcción y montaje con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0.45
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.		0.6
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala pequeña a mediana minería.		0.65
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera sin infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0.8
		Título en etapa de Explotación con infraestructura instalada para operación minera e infraestructura para proceso de beneficio, escala gran minería.		0.85
Hídrico		0.91 a 1.0	ICA BUENO	0
		0.71 a 0.90	ICA ACEPTABLE	0.25
		0.51 a 0.70	ICA REGULAR	0.5



	Calidad del agua (ICA <sup>2</sup> ) de cuerpos en el área de influencia	0.26 a 0.50	ICA MALO	0.75
		0 a 0.25	ICA MUY MALO	1
Químico	Drenaje ácido	Material con generación no ácida	Cero drenajes ácidos de mina	0
		Material con generación ácida	pH comprendido entre 5 y 6, contenido intermedio de sulfato y metales disueltos	0.5
		Agua ácida	pH comprendido entre 2 y 4, alto contenido en sulfato y de metales disueltos.	1
Afectación cobertura vegetal	Determinado por el porcentaje de área de cobertura vegetal afectada por labores mineras para el área total del polígono minero superpuesta con área de páramo	de 0 a 25 % de afectación del título minero		0.2
		de 25 a 50 % de afectación del título minero		0.5
		de 50 a 75 % de afectación del título minero		0.7
		de 75 a 100 % de afectación del título minero		1

#### 4 FACTORES SOCIALES

contempla las variables de afectación de la empleabilidad, constante de adaptación a la nueva situación e Importancia económica de la minería en el municipio

VARIABLES	ESCALA	FACTORES	
Afectación a la empleabilidad	Cero trabajadores	Nulo	0
	De 1 a 20 trabajadores	Bajo	0,3
	De 21 a 50 trabajadores	Moderado	0,6
	De 51 trabajadores en adelante	Alto	1
Constante de Aadaptación	Tendencia positiva		1
	Tendencia negativa		0
Importancia económica de la minería en el municipio	Actividad principal		1
	Actividad secundaria		0,75
	Actividad terciaria		0,5

#### 5 FACTOR ECONÓMICO-LIQUIDEZ (FEL)

Es un valor adimensional que se encuentra inversamente relacionado con la liquidez del empresario minero entendiendo su capacidad para hacer frente a las

<sup>2</sup> Índice de calidad de agua (ICA) es la sumatoria aritmética equiponderada de cinco parámetros fisicoquímicos básicos (Oxígeno disuelto, OD. Sólidos suspendidos totales, SST, Demanda química de oxígeno, DQO. Conductividad eléctrica, C.E. y pH).



obligaciones financieras que implica efectuar el cierre anticipado de su título minero. El cálculo de la liquidez se efectuará como se indica en este capítulo considerando que cuanto mayor sea la liquidez mayor será el factor económico. Entre menor sea el factor económico se aumentará el tiempo previsto para el cierre teniendo en cuenta que se deberán aprovisionar recursos para el cierre.

ASPECTOS	VARIABLES	ESCALA	FACTORES
Económico - Liquidez	Determinado por la razón corriente en un periodo no superior a un año, que analiza el grado de disponibilidad de recursos en el momento del cierre. Titular minero	de 0 a 0,5 insolvencia económica alta.	0,25
		de 0,5 a 1 insolvencia económica media.	0,5
		de 1 a 1,5 solvencia económica alta.	0,75
		mayor a 1,5 solvencia económica muy alta.	1

## 6 TIEMPO DE RECAUDO DE RECURSOS ECONÓMICOS

Para la definición del tiempo de recaudo de recursos económico como elemento prioritario para ejecutar el plan de Cierre minero y desmantelamiento se consideraron elementos como el costo total de las actividades de dicho plan, la ganancia neta por producción, la producción diaria y los días trabajado por año

$$Trre = \frac{Cta}{Gnp * (Pd * Dta)}$$

Donde:

Cta= Costo total de la actividad de cierre (COP).

Gnp= Ganancia neta por producción (COP/m<sup>3</sup> o Ton) (incluir la posible ganancia que tendría) (según resolución expedida por la UPME de precios base para la liquidación de regalías en promedio de los últimos 5 años, desde la expedición de la ley 1930 2013-2018)

Pd= Producción diaria (m<sup>3</sup> o ton)

Dta= Días trabajados al año (día/año)