

Diseño de un sistema de indicadores ambientales para minería del carbón en Colombia

Caso minas del departamento del Cesar, Colombia

Erlin David Carpio Vega* , Luis Carlos Angulo Argote**, Loris Jatsiyanis Rosado Quintero***

* Coordinador Línea de Investigación en Indicadores Ambientales. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Cesar – CIDTEC. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. erlin.carpio@gmail.com

**Director GIGEMA-CIDTEC. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia. gigema-cidtec@unicesar.edu.co

***Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia. louis.rosado@gmail.com

RESUMEN

El Sistema de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental para Proyectos de Minería de Carbón en Colombia (Sigeba) es una herramienta versátil para la evaluación de la gestión y la calidad ambiental de proyectos carboníferos, permitiendo, luego del análisis de los resultados, una adecuada planificación ambiental local y una coherente toma de decisiones, así como el correcto planteamiento y selección de acciones correctivas y preventivas de manejo ambiental. Para cumplir con la funcionalidad para lo cual se ha diseñado el Sigeba. Éste se compone de cuatro aspectos temáticos de evaluación: Estado Legal, Cumplimiento del PMA, Calidad Ambiental y Cumplimiento de Metas Ambientales. Además, tiene en cuenta indicadores de apoyo para un análisis global de la situación ambiental al interior del polígono minero.

Palabras Clave: Sistema de Indicadores Ambientales, Plan de Manejo Ambiental (PMA), Evaluación de la Calidad Ambiental, Gestión Ambiental, Proyectos Carboníferos.

ABSTRACT

The System of Indicators and Indexes of Administration and of Environmental Quality for Projects of Mining of Coal in Colombia (Sigeba) it is a versatile tool for the evaluation of the administration and the environmental quality of carboniferous projects, allowing, after the analysis of the results, an appropriate local environmental planning and a coherent one taking of decisions, as well as the correct position and selection of actions correctives and preventive of environmental handling. To fulfill the functionality for that which the Sigeba has been designed, this has been made up of four thematic aspects of evaluation: Legal state, Execution of the PMA, Environmental Quality and Execution of Environmental Goals. Also, he/she keeps in mind support indicators for a global analysis from the environmental situation to the interior of the mining polygon.

Keywords: System of Environmental Indicators, Plan of Environmental Handling (PMA), Evaluation of the Environmental Quality, Environmental Administration, Carboniferous Projects

NOMENCLATURA

I_{PMA}

Índice de estado de cumplimiento del PMA por parte de la compañía minera

I_{PMB}

Indicador de relación cumplimiento del plan de manejo biofísico (PMB); en UCA

I_{PGS}

Indicador de relación cumplimiento del plan de gestión social (PGS); en UCA

I_{PM}

Indicador de relación cumplimiento del plan de monitoreo (PM); en UCA

I_{PC}

Indicador de relación cumplimiento del plan de contingencia (PC); en UCA

W_{PMB}	Importancia relativa del indicador de relación cumplimiento del plan de manejo biofísico
W_{PGS}	Importancia relativa del indicador de relación cumplimiento del plan de gestión social
W_{PM}	Importancia relativa del indicador de relación cumplimiento del plan de monitoreo
W_{PC}	Importancia relativa del indicador de relación cumplimiento del plan de contingencia
$I_{ESTADO\ LEGAL}$	Índice de estado legal ambiental de la compañía minera
I_{RPO}	Indicador de relación de permisos otorgados
W_{RPO}	Importancia relativa del indicador de relación de permisos otorgados
I_{RCRP}	Indicador de relación de cumplimiento de los requerimientos de los permisos o autorizaciones ambientales
W_{RCRP}	Importancia relativa del indicador de relación de cumplimiento de los requerimientos de los permisos o autorizaciones ambientales
I_{METAS}	Índice de cumplimiento de metas ambientales
$I_{CONTAMINACIÓN}$	Indicador de relación de cumplimiento de metas de reducción de la contaminación ambiental
$W_{CONTAMINACIÓN}$	Importancia relativa del indicador de relación de cumplimiento de metas de reducción de la contaminación ambiental
$I_{BENEFICIDAD}$	Indicador de relación de cumplimiento de metas de aumento de beneficidad ambiental
$W_{BENEFICIDAD}$	Importancia relativa del indicador de relación de cumplimiento de metas de aumento de beneficidad ambiental

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los requerimientos ambientales han aumentado sus exigencias en pro de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Las Autoridades Ambientales han acortado un poco la brecha entre las disposiciones legales ambientales de países desarrollados y conservacionistas de sus recursos naturales en relación con las nuestras. Nuevas disposiciones ambientales son expedidas continuamente, derogando antiguas, modificando Decretos de Ley, imponiendo estrictas directrices de gestión ambiental y haciendo más rígidas las concentraciones permisibles de emisión de contaminantes al medio.

Basándose en todo lo anterior, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ha exigido a las compañías mineras, mediante publicación de resoluciones, el desarrollo y aplicación de Indicadores de Gestión y de Calidad Ambiental para cuantificar objetivamente el desarrollo de políticas, estrategias

y planes ambientales tendientes a minimizar el alto impacto medioambiental causado por la explotación carbonífera, además de permitir el desarrollo de una adecuada planificación ambiental estratégica.

Los efectos de no contar con un conjunto de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental puede dar lugar a la apertura de investigaciones y formulación de cargos ambientales, que de no ser tomados en cuenta, significarían sanciones, multas y hasta cierre de las instalaciones en forma temporal o definitiva si es renuente al cumplimiento de las exigencias ambientales.

Debido a la carencia de dichos indicadores, se hace necesario diseñar, ajustar y aplicar a situaciones reales un Sistema de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental para Proyectos Carboníferos, que mida en términos cuantitativos de calidad ambiental, el grado de contaminación y afectación del medio ambiente y que además evalúe la gestión ambiental de la mina.

METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico para el diseño del índice de gestión ambiental para proyectos carboníferos fue el siguiente:

1.1 Fase 1: Revisión del estado del arte y de la técnica

Esta fase consistió en una exhaustiva revisión bibliográfica y de trabajos realizados en los ámbitos internacional, nacional, regional y departamental, la cual arrojó como resultado el hecho de que son muy pocas las iniciativas a nivel regional y a nivel nacional en relación con el alto grado de avance e investigación realizados en otros países, básicamente de Europa y de América del Norte.

1.2 Fase 2: Visitas técnicas de campo y revisión de la gestión ambiental en algunas minas de carbón del Departamento del Cesar

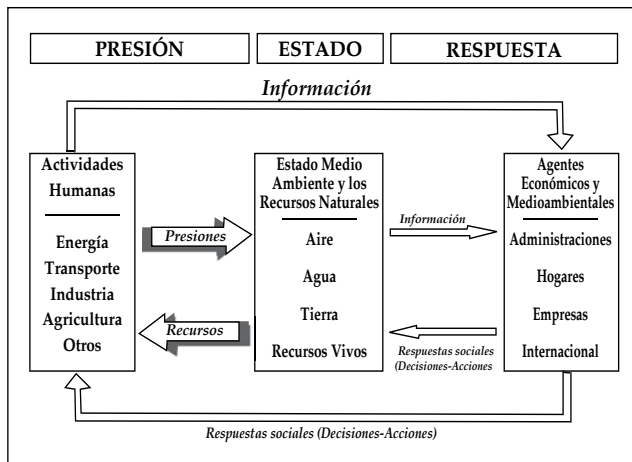
Estas visitas se realizaron con el objeto de elaborar análisis ambientales y de verificar la armonización entre los PMA de las empresas mineras con las acciones desarrolladas realmente, y las herramientas con que contaban a la hora de tomar decisiones de actuación. Esta fase resultó difícil de realizar debido al grado de restricción y de confidencialidad de la información ambiental en estas minas.

1.3 Fase 3: Definición del marco contextual de diseño de indicadores ambientales

El marco contextual seleccionado para el diseño de indicadores ambientales fue el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

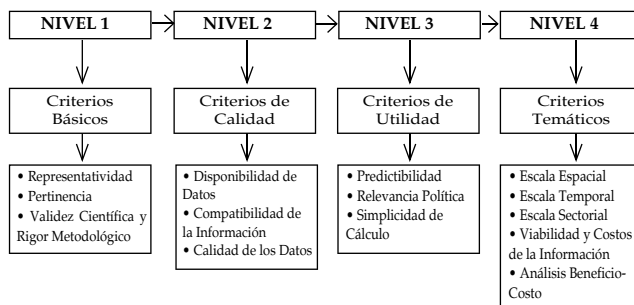
(OCDE). Este es un modelo secuencial en donde una presión en el medio ambiente (vertimiento de aguas residuales), ocasiona un cambio en la calidad de uno o varios componentes ambientales (calidad del cuerpo receptor aguas abajo), originando una respuesta por parte de los actores involucrados (diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales más eficiente).

Figura 1. Esquema Modelo PER (SPR)



Posteriormente, se definió y desagregó el entorno afectado, seleccionando componentes ambientales de interés para la toma de decisiones de actuación relevantes en la conservación del medio. Se seleccionaron descriptores ambientales notables para elaborar un adecuado diagnóstico del entorno. Estos descriptores fueron sometidos a cuatro niveles o criterios de selección para su utilización como Sistema de Indicadores Ambientales. Estos criterios son: (1) Básicos, (2) de Calidad de la Información de Alimentación, (3) de Utilidad, y (4) Temáticos. Vale la pena aclarar que el conjunto total de descriptores ambientales constituye en sí un conjunto potencial de indicadores ambientales, que deben ser depurados mediante la aplicación de los criterios de selección.

Figura 2. Niveles de decisión y de depuración para selección de indicadores ambientales



1.4 Fase 4: Selección o definición de funciones de transformación de calidad ambiental

Las curvas de calidad ambiental fueron diseñadas utilizando para ello novedosos conceptos y herramientas de Ingeniería, tales como funciones de agregación, funciones de transformación de calidad ambiental, semaforización de estados de calidad ambiental, método delphi consultivo, métodos de regresión y análisis de varianza, entre otros.

Fundamentalmente, en el Diseño de Curvas Calidad Ambiental se conciliaron los siguientes aspectos temáticos:

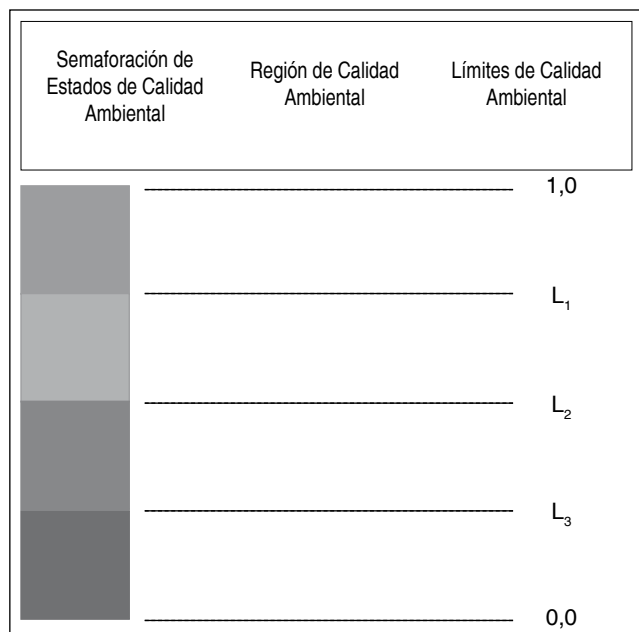
Funciones de transformación. Mediante éstas y a través de una adecuada predicción de los impactos desarrollados por el accionar minero, los niveles o intensidades de un descriptor se transformarán en cifras relativas de calidad ambiental. Las Funciones de Transformación (Curvas de Calidad Ambiental) permiten hallar una relación funcional entre la magnitud o intensidad de un factor descriptor del entorno y la calidad ambiental resultante, representada en una cifra adimensional que dependerá de los valores o niveles que tome el factor ambiental en estudio. En este sentido, la calidad ambiental podrá tomar valores que oscilen en el intervalo cerrado [0,1], denominándose a éstas Unidades de Calidad Ambiental (UCA). Encontrar una función de transformación no es más que hallar la relación funcional entre las diferentes intensidades de los descriptores ambientales y la calidad ambiental resultante del componente. Matemáticamente, se puede representar de la siguiente forma:

$$CA = f(DESCRIPTOR) \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

Funciones de agregación. Debido a que un mismo componente ambiental puede ser impactado simultáneamente por las diferentes actividades desarrolladas en el proceso de explotación carbonífera, mediante la *Función de Agregación* es posible conocer cuál es el impacto total sobre el componente producto de las múltiples acciones impactantes. Con base a este razonamiento, podemos determinar la calidad ambiental resultante de la conglomeración lineal de todas las actividades desarrolladas en el polígono minero.

Metodología del semáforo. La semaforización de estados de calidad ambiental es un procedimiento en el cual existen una serie de colores (rojo, amarillo, naranja y verde) y describen una serie de estados o situaciones de un proyecto en cuestión, determinando el cumplimiento de un conjunto de normas o metas para el color con el que se correlacionó.

Figura 3. Semaforización de Estados de Calidad Ambiental



Panel de expertos. Se aplicó el Método Delphi para lograr un consenso entre expertos en el Diseño de los Índices de Calidad Ambiental por Componentes Ambientales. Se tomó un número suficiente de expertos que permitió convalidar los resultados de este método, en este caso, consultivo.

1.5 Fase 5: Diseño de una aplicación informática para la aplicación de la herramienta Sigeba

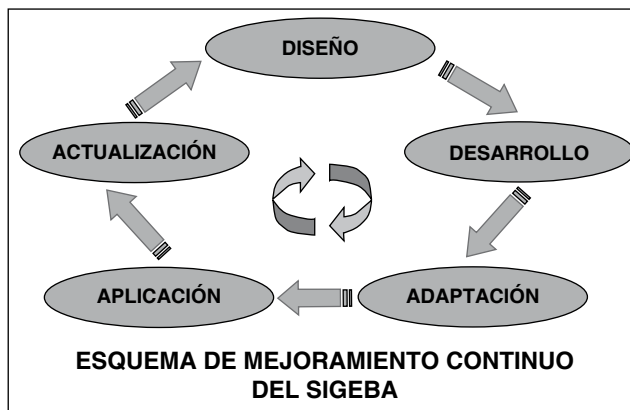
Esta aplicación informática se construyó en formato de plantillas de cálculo de Excel, la cual se denominó "Sigeba Carbón 1.0.", mediante la cual se diseñaron formatos de captura de datos y evaluación de la información, permitiendo resumir los resultados en fichas técnicas de presentación de indicadores.

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Sigeba es un modelo metodológico desarrollado por el autor para el adecuado diseño y manejo de indicadores e índices de gestión y de calidad ambiental para proyectos carboníferos y en general para cualquier clase de proyectos de forma coherente con su respectivo Plan de Manejo Ambiental y con la Legislación Ambiental vigente en el país. Inicialmente desarrollado para proyectos de minería del carbón en Colombia, las raíces semánticas del Sigeba traducen "Sistema de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental".

El Sigeba contará con un Sistema de Mejoramiento Continuo que le permitirá seguir adaptándose cada vez más al medio, conllevando en su seno complejos esquemas y modelos teóricos-matemáticos.

Figura 4. Propuesta de esquema de mejoramiento continuo del Sigeba



La escala de valoración en la cual será medido cada indicador ambiental constituyente de cada uno de los cuatro subsistemas de indicadores que conforman el Sigeba se realizará en el intervalo cerrado [0,1] Unidades de Calidad Ambiental – UCA), pudiéndose convertir a unidades porcentuales (UP). Las curvas de transformación de calidad ambiental están todas expresadas en el rango [0,1].

El Sigeba está compuesto por cuatro subsistemas de indicadores, a saber:

Subsistema de Indicadores de Cumplimiento del PMA. Se halla estructurado por cuatro indicadores, a saber:

- 1.- Indicador de cumplimiento del plan de manejo biofísico
- 2.- Indicador de cumplimiento del plan de gestión social
- 3.- Indicador de cumplimiento del plan de monitoreo
- 4.- Indicador de cumplimiento del plan de contingencia

La ecuación de cálculo del presente índice es:

$$I_{PMA} = \frac{100}{W_{PMB} + W_{PGS} + W_{PM} + W_{PC}} \times (I_{PMA} \times W_{PMB} + I_{PGS} \times W_{PGS} + I_{PM} \times W_{PM} + I_{PC} \times W_{PC}) \quad (1)$$

Subsistema de indicadores de estado legal. Se halla estructurado por dos indicadores, a saber:

- 1.- Indicador de relación de cumplimiento de requerimientos ambientales de los permisos, autos o autorizaciones
- 2.- Indicador de relación de permisos otorgados

La ecuación de cálculo del presente índice es:

$$I_{ESTADO\ LEGAL} = \frac{I_{RPO} \times W_{RPO} + I_{RCRP} \times W_{RCRP}}{W_{RPC} + W_{RCRP}} \times 100 \quad (2)$$

Subsistema de indicadores de cumplimiento de metas ambientales. La aplicación de este índice es opcional, pero constituye para la compañía minera un compromiso continuado, serio y permanente con la gestión ambiental y el mejoramiento continuo de sus procesos en miras de ir cambiando o modificando tecnologías con el único objeto de preservar y mantener la calidad ambiental.

El procedimiento de aplicación del subsistema de indicadores de cumplimiento de metas ambientales, consiste en fijar una meta en términos numéricos de la unidad de medida del parámetro, el cual puede ser de carga o concentración de un contaminante específico, p.ej.; y compararla con los valores reales obtenidos de los monitoreos ambientales, para que posteriormente se correlacione con una calidad ambiental determinada.

El subsistema de cumplimiento de metas ambientales se halla estructurado por dos indicadores, a saber:

- 1.- Indicador de relación de cumplimiento de metas ambientales de reducción de la contaminación ambiental
- 2.- Indicador de relación de cumplimiento de metas ambientales de aumento de la beneficencia ambiental

La ecuación de cálculo del presente índice es:

$$I_{METAS} = \frac{100}{W_{CONTAMINACIÓN} + W_{BENEFICIDAD}} \times (I_{CONTAMINACIÓN} \times W_{CONTAMINACIÓN} + I_{BENEFICIDAD} \times W_{BENEFICIDAD}) \quad (3)$$

Subsistema de indicadores de calidad ambiental. En el diseño de Índices de Calidad por Componentes Ambientales se tuvieron en cuenta aspectos tales como:

- Exposiciones a dosis con efectos latentes (estudios dosis-respuesta)
- Guías a nivel nacional e internacional
- Normas de emisión y de inmisión contaminantes a nivel nacional e internacional
- Textos de ingeniería ambiental y sanitaria

Este constituye en sí el subsistema más complejo de todo el Sigeba. Su complejidad radica en el hecho de que las curvas funcionales de calidad ambiental deben estar diseñadas con una coherencia con lo que realmente está sucediendo en el medio ambiente en cuanto a su deterioro. Este conjunto de índices debe ser capaz de medir el grado de deterioro ambiental, y registrarlos en el tiempo, como consecuencia de la depredación del entorno para la extracción y posterior beneficio del carbón.

Este subsistema de indicadores fue sesgado hacia la orientación en la toma de decisiones de acuerdo con una extremada sensibilidad de daño al entorno. En otras palabras, el subsistema debe ser capaz de predecir, de acuerdo con una tendencia histórica, o de acuerdo a su propio valor unitemporal, el inminente deterioro al medio ambiente, con el objeto de que se generen metas ambientales a corto o a mediano plazo, sin perjuicio de las de largo plazo, que sean acordes con la necesidad de resolver un problema ambiental específico. Es a través de este subsistema que todo el Sigeba encuentra una armonía absoluta como herramienta de planificación ambiental y de toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

Este subsistema es complejo en cuanto presenta múltiples ecuaciones obtenidas mediante análisis estadístico (análisis de regresión y Anova), obteniéndose funciones de tipo lineal, polinomial, logarítmica, entre otras.

Marco para el diseño de indicadores de evaluación y seguimiento de situaciones no previstas. El diseño de este marco obedece al hecho de que por mucho que se conozca el proyecto carbonífero y debido a la imprevisibilidad de la naturaleza, siempre habrán de presentarse situaciones (eventualidades e impacto ambientales) surgidos de un momento a otro.

Una eventualidad podría ser la apertura de un pliego de cargos por parte de la autoridad ambiental competente, siendo esta eventualidad de tipo legal.

Otra utilidad añadida al presente marco es que permite diseñar indicadores acorde con las debilidades y amenazas del PMA formulado previamente, es decir, permite adecuarlo cada vez más a la realidad del proyecto. Además, este marco posee las siguientes ventajas:

1. Permite elaborar estrategias de manejo acordes con la nueva situación encontrada
2. Permite visualizar un procedimiento claro de diseño de indicadores ambientales para medir las estrategias de manejo asociadas.
3. Permite elaborar indicadores para medir decisiones en materia medioambiental que se generen desde la presidencia o gerencia del proyecto carbonífero, más allá de las responsabilidades de manejo y de tipo legal a que haya lugar.
4. Permite la elaboración de nuevos indicadores para ajustar las políticas ambientales de la empresa a las exigencias legales pertinentes de acuerdo a la evolución de la legislación ambiental pertinente.

Modelo de curvas funcionales de calidad ambiental. A continuación se muestran los dos modelos de cur-

vas funcionales de calidad ambiental.

Modelo de fichas técnicas de presentación de indicadores ambientales. A continuación se exponen los campos de información que debe contener una ficha técnica de indicadores, la cual debe ser presentada en una sola hoja, a saber:

1. INFORMACIÓN GENÉRICA EMPRESA Y SECTOR AL QUE APLICA
 - 1.1. Logotipo de la empresa

Figura 5. Modelo de Curvas de Calidad Ambiental para Indicadores de Contaminación Ambiental

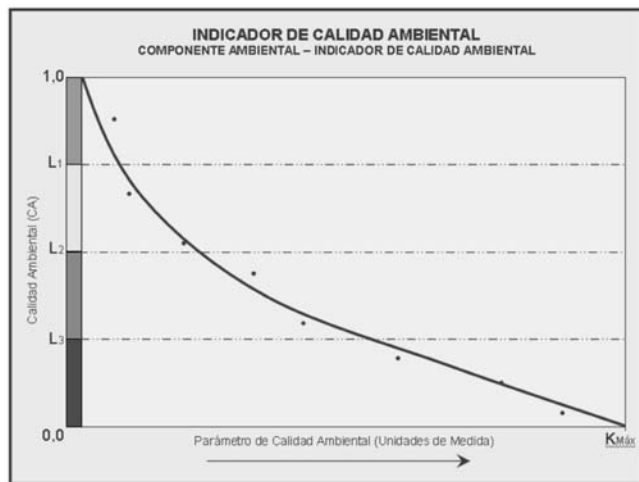
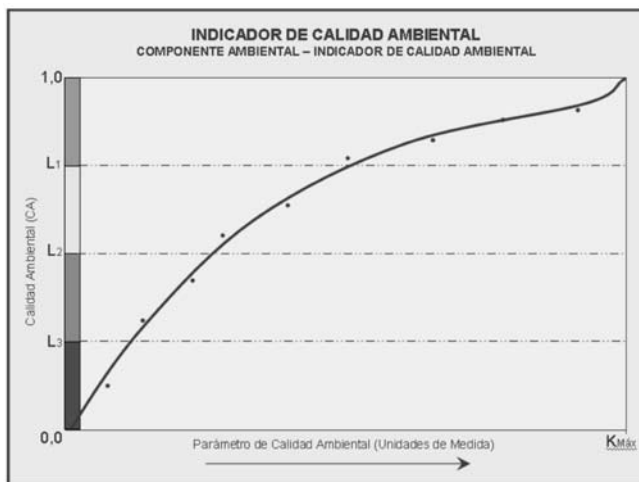


Figura 6. Modelo de Curvas de Calidad Ambiental para Indicadores de Beneficidad Ambiental



- 1.2. Proyecto y sector específico al que aplica el sistema de indicadores ambientales
- 1.3. Nombre de la empresa
2. CÓDIGO DEL INDICADOR AMBIENTAL
3. COMPONENTE ESTRUCTURAL O AMBIENTAL QUE ENMARCA EL INDICADOR
4. NOMBRE DEL INDICADOR
5. TIPO DE INDICADOR

- 5.1. Modelo PER
- 5.2. Modelo SIGEBA
6. TIPO DE VARIABLE
7. CURVA DE TRANSFORMACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL
8. ECUACIÓN DE TRANSFORMACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL
9. DATOS DE ENTRADA
10. UNIDAD DE MEDIDA
11. RESULTADO EN TÉRMINOS DE CALIDAD AMBIENTAL
12. CÁLCULOS BÁSICOS DE ENTRADA
13. TENDENCIA DESEADA DEL INDICADOR
14. GRÁFICO DE SERIES HISTÓRICAS DE LA VARIABLE O DESCRIPTOR AMBIENTAL
15. GRÁFICO DE TENDENCIAS HISTÓRICAS DE LA CALIDAD AMBIENTAL
16. ANÁLISIS DE RESULTADOS
17. PONDERACIÓN INDICADOR
18. SUBSISTEMA DE INDICADORES MADRE
19. ÍNDICE MADRE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El SigebaA aparte de ser un Sistema de Indicadores como su nombre lo indica, se convierte en un Sistema de Evaluación *ExAnte*, *Ad-Hoc* y *ExPost*.
- El Sigeba podría extenderse a otros proyectos carboníferos de otros países, obviando las Curvas de Transformación de Calidad Ambiental y la síntesis de muchos indicadores.
- Se debe ampliar el número de participantes del Método Delphi Consultivo para lograr consenso a nivel regional o incluso nacional en el Diseño de Curvas Funcionales de Calidad Ambiental.
- A diferencia del IGA (Indicador de Gestión Ambiental) propuesto por las Guías Ambientales Sectoriales del Mavdt, el Sigeba no llega a un único valor, e incluso en futuras revisiones obviará la compilación de indicadores ambientales por componentes.
- El Sigeba no pretende ser la única herramienta de evaluación del comportamiento ambiental, pero sí un intento de sistematización y de planificación estratégica de la gestión ambiental al interior del polígono minero.
- Se debe explorar la posibilidad de apoyo por parte del Mavdt y de otros entes privados y públicos para la obtención de series históricas de parámetros ambientales y aplicar software's especializados en Análisis Multivariante (SPSS, Statgraphics, Mini-Tab) para la selección de variables representativas en la construcción de índices de calidad ambiental

mediante aplicación de Análisis Multivariable o Análisis de Componentes Principales (ACP, o PCA en inglés).

- En aras de estar preparados ante la rápida evolución de la Gestión Ambiental y disminuir la brecha tecnológica y de conocimientos entre países europeos y latinoamericanos, en especial nuestro país, debemos crear futuras investigaciones en esta línea para hacer frente a aspectos temáticos más complejos, tales como:
 - Evaluación Ambiental Estratégica
 - Planificación Ambiental Estratégica
 - Valoración Económica Ambiental
 - Agendas 21 Locales
 - Principios de Precaución en Contextos de Incertidumbre
 - Control, Monitoreo y Modelación de la Contaminación Ambiental
 - Valoración, Evaluación y Seguimiento Ambiental de Planes, Programas y Proyectos
 - ABC Ambiental (fuertemente ligado a VEA)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA. PERFIL AMBIENTAL DE ESPAÑA 2005; Informe Basado en Indicadores. Madrid: Publicaciones Ministerio de Ambiente, 2006, 297 p.
- [2] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA. PERFIL AMBIENTAL DE ESPAÑA 2004; Informe Basado en Indicadores. Madrid: Publicaciones Ministerio de Ambiente, 2005, 239 p.
- [3] MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. GUÍA AMBIENTAL DE MINERÍA DEL CARBÓN A CIELO ABIERTO. Bogotá, D.C.: Ediciones Ministerio del Medio Ambiente, Septiembre de 2001.
- [4] CANTER, Larry. MANUAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL; Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. Madrid: Ediciones Mc Graw Hill, 2000, 841 p.
- [5] INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (ITGE). MANUAL DE RESTAURACIÓN DE TERRENOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN MINERÍA. 2ª ed. Madrid: Ediciones ITGE, 332 p.
- [6] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA. INDICADORES AMBIENTALES; Una Propuesta para España. Madrid: Ediciones Ministerio de Ambiente de España, 1996, 146 p.
- [7] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE). OECD CORE SET OF INDICATORS FOR ENVIRONMENTAL PERFORMANCE REVIEWS. París: Monografías OCDE, 1993, 39 p.
- [8] PINO NECULQUEO, María Eliana. ANÁLISIS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y URBANA EN LAS AGENDA 21 LOCAL Y ECOAUDITORÍAS MUNICIPALES: El Caso de las Regiones Urbanas Europeas. Barcelona, 2001, 304 p. Tesis Doctoral (Gestión y Valoración Urbanística). Universidad Politécnica de Catalunya. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I.