



# PROPUESTA DE INDICADORES PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA BAHIA DE MOA

**Yosbanis M. Cervantes Guerra, Allan Pierra Conde, Diosdani Guerrero Almeida**

*Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Nuñez Jiménez". Coloradas s/n, Moa, Holguín. Cuba. C.P. 83329. Email. [ycervantes@ismm.edu.cu](mailto:ycervantes@ismm.edu.cu), [apierre@ismm.edu.cu](mailto:apierre@ismm.edu.cu), [dguerrero@ismm.edu.cu](mailto:dguerrero@ismm.edu.cu)*

## RESUMEN

La actividad minera busca de forma imperiosa la manera de entender, demostrar, y mejorar su desempeño ambiental, todo esto amparado bajo el concepto de Desarrollo Sostenible. Este solo es alcanzable con una gestión ambiental eficaz de sus actividades, productos y servicios, que por tratarse de la explotación de recursos naturales no renovables, tienen un impacto significativo. El proceso de evaluación del desempeño ambiental es una herramienta de gestión interna que proporciona continuamente a la empresa, información fiable y verificable para determinar si su proceder ambiental, está cumpliendo con los criterios y parámetros establecidos por las normas y políticas ambientales establecidas.

En este trabajo se desarrollan un conjunto de indicadores, de acuerdo con lo estipulado en la norma ISO 14031, con el fin de proporcionar a la empresa minera encargada de la extracción de Cienos Carbonatados en la bahía de Moa una metodología para evaluar el accionar minero en un ecosistema tan frágil como el que constituye la bahía. Los indicadores contribuyen a evaluar el estado actual del medio ambiente y los avances logrados hasta el momento en los diversos programas y políticas implementadas para tal efecto. Entre los principales logros que se alcanzan con la aplicación de estos indicadores para la evaluación del desempeño ambiental podemos citar: la identificación de los aspectos ambientales, la determinación de que aspectos serán tratados como significativos, establecimiento de criterios para un buen desempeño ambiental y la evaluación sistemática de estos.

## ABSTRACT

The mining activity searches in an urgent way to understand, to demonstrate and to better up its environmental performance, all this supported under the concept of sustainable environment. It is only attainable with an effective environment management of its activities, products and services, which have a significant impact because of the exploitation of unreplaceable natural resources. The evolution process of environment performance is a tool of internal negotiation that supplies continually reliable information to the company and it's possible to verify it later, in order to determine if its environment management is carrying out the parameters and discernments established by the environmental norms.

In this work a group of indicators are developed according to what is stipulated in ISO 14031 rule, with the purpose of proportionate to the mining company in charge of the mud extraction from Moa Bay a methodology to evaluate its mining work in a fragile ecosystem like the one from Moa Bay. The indicators contribute in evaluating the current state of the environment and profits obtained till now in the different politics and programs implemented purpose. Among the main profits with the application of this indicators for the evaluation of the environmental performance we can find: the certification of environmental aspects, what aspects will be treated as significant, criterion foundation to get a good environmental performance and the systemic evaluation of these one.



## INTRODUCCIÓN

La Evaluación de Desempeño Ambiental (EDA), constituye un proceso de gestión diseñado para suministrar a la empresa de forma continua información concreta y justificable para la determinación del desempeño ambiental y su cumplimiento.

Actualmente la minería es una actividad imprescindible para mantener el ritmo acelerado de desarrollo alcanzado por la humanidad, aunque se le atribuyen marcas indelebles al medio ambiente, pudiendo causar problemas de orden social, económico, político y cultural en el lugar donde se encuentra el yacimiento. Desarrollar una minería sostenible, y al mismo tiempo proteger el medio ambiente, es el gran desafío que nos convoca a evaluar periódicamente el desempeño ambiental de esta actividad como alternativa o vía para alcanzar tal imperativo.

El compromiso de la dirección de minas, es esencial para implementar la EDA. Este proceso debe ser ajustado al tamaño, la ubicación de las instalaciones así también se tendrán en cuenta sus necesidades y prioridades. La evaluación debe ser rentable y formar parte de las funciones y actividades habituales de la mina. La información generada por esta puede ayudar a los ejecutores o directivos a:

- determinar cualquier acción necesaria para alcanzar sus criterios del desempeño ambiental
- identificar aspectos ambientales significativos
- identificar oportunidades para mejorar la gestión de sus aspectos ambientales
- identificar tendencias en su desempeño ambiental
- incrementar la eficacia y eficiencia de la organización
- identificar oportunidades estratégicas

El informe y la comunicación interna de la información que describe el desempeño ambiental de la mina son importantes para ayudar a los empleados a cumplir con sus responsabilidades, permitiendo así el cumplimiento de los criterios o metas trazados por la empresa. La dirección también puede informar o comunicar esta información a otras partes interesadas. Este proceso debe ser controlado por la dirección de la mina periódicamente para identificar oportunidades de mejora.

### **Modelo propuesto para el proceso de Evaluación del Desempeño Ambiental .**

La evaluación del desempeño ambiental (EDA) es un proceso interno de gestión que utiliza indicadores para proporcionar información, comparando el desempeño ambiental pasado y presente de una empresa. Con el fin de describir el desarrollo ambiental de la empresa, la metodología debe ser diseñada sobre la base de un modelo de gestión, el cual sin duda alguna posibilitará la mejora continua en pos del desarrollo sostenible en la actividad extractiva. Este modelo debe ser sistémico y verificable, por su objetivo se debe sustentar sobre los principios de "*Planificar-Hacer-Verificar-Actuar*".

Es un sistema de tareas imprescindibles para la realización de un correcto proceso de evaluación, todas las fases con una estructura definida, como:

#### a) Planificar

- planificación de la EDA;
- selección de indicadores para la EDA



b) Hacer

Uso de datos e información que incluye:

- la recopilación de los datos pertinentes para los indicadores seleccionados
- el análisis y la conversión de los datos en información que describa el desempeño ambiental de la organización
- la evaluación de la información que describe el desempeño ambiental de la organización en comparación con sus criterios de desempeño ambiental
- el informe y la comunicación de la información que describa el desempeño ambiental de la organización

c) Verificar y actuar

Sería la revisión y mejora del EDA en función de todo lo antes descrito.

## **Descripción por etapas del proceso de evaluación ambiental de la minería de Cienos Carbonatados**

### **Planificación.**

Para la planificación del proceso de evaluación, se deben tener en cuenta las principales características de la actividad que desempeña la empresa, así como la magnitud y alcance de los impactos generados por esta. Basándose este proceso principalmente en aspectos ambientales significativos como:

- ❑ Desaparición de la estructura natural y la biodiversidad florística en las áreas de extracción.
  - ❑ Destrucción de los hábitat de la fauna marina en las áreas de extracción .
  - ❑ Afectaciones parciales a los hábitat y migración de especies de la fauna marina en las zonas aledañas a las áreas de extracción debido al aumento de la turbidez de las aguas y al desplazamiento en el mar de los medios de explotación del yacimiento
  - ❑ Incremento de la dinámica de los procesos de erosión y sedimentación por migración de los sedimentos desde las zonas periféricas hacia las áreas de extracción y otras zonas deprimidas del fondo marino.
  - ❑ Incremento del arrastre de sedimentos desde las zonas de extracción y beneficio al canal del puerto y a la dársena.
  - ❑ Emisión de gases a la atmósfera a partir de los escapes de los motores de la draga y el remolcador.
  - ❑ Turbidez de las aguas en las zonas de extracción, beneficio y áreas aledañas durante las operaciones de dragado, transporte y beneficio del mineral.
  - ❑ Cambios en la morfología del fondo marino debido a la explotación del yacimiento.
  - ❑ Agotamiento de los recursos pesqueros del área por migración de las especies debido al dragado, transporte y beneficio del mineral.
  - ❑ Alteración de la estética del paisaje por las operaciones de dragado y transporte del mineral.
  - ❑ Beneficios económicos al país por el empleo del mineral extraído en la producción de sulfuros de níquel más cobalto.
  - ❑ Agotamiento del mineral útil extraído del yacimiento debido a su explotación.
- Sus criterios de desempeño ambiental (Política ambiental)



La empresa como motor impulsor en la política de gestión ambiental en la región, promueve y establece estrategias y políticas con el fin de mejorar de forma ascendente y sostenible su desempeño ambiental. En este caso la subdirección de minas es la encargada de establecer y controlar las mismas.

- Los puntos de vistas de las partes interesadas

Como parte interesada se entiende que es el individuo o grupo, relacionado o afectado por el desempeño ambiental de la mina. Estas difieren ampliamente en su relación con la organización, en sus intereses en la misma, en sus contribuciones potenciales a la planificación de la EDA, en la manera de expresar y comunicar a la empresa sus intereses.

Métodos para identificar las partes interesadas:

- Estudios de informes, normas, regulaciones
- entrevistas
- comunicación directa con vecinos

La empresa debe considerar las circunstancias y características de sus partes interesadas en la selección y uso de métodos para conocer sus puntos de vista y sugerencias, tanto de manera directa como indirecta.

Métodos para identificar los puntos de vista de las partes interesadas:

- Estudios de informes, normas, regulaciones
- sugerencias de empleados
- reuniones y talleres
- entrevistas
- revisión de declaraciones públicas, programas internos e iniciativas de las partes interesadas
- seguimiento de la reglamentación y de sus tendencias
- comunicación directa con vecinos

En el estudio para la determinación o identificación de las partes interesadas se determinó una amplia gama de sectores que de una forma directa o indirecta están relacionados o afectados por la actividad minera, estos son:

1. Puerto Moa
2. CITMA
3. MIP (Empresa pesquera)
4. ONRM
5. Comunidad de Moa

Los Aspectos identificados como puntos de vistas por las diferentes partes interesadas fueron analizados atendiendo a sus principales intereses, los cuales se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- intereses financieros
- intereses socio-ambientales



Luego de determinar las partes interesadas e intereses de las mismas, procedimos al levantamiento e identificación de los puntos de vistas por implicado. **Ver Tabla I**

Tabla I. Consideraciones a tener en cuenta para EDA, según las partes interesadas.

<b>Partes Implicadas</b>	<b>Interés financiero</b>	<b>Interés Socio-Ambientales</b>
Puerto Moa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ventajas comerciales</li> <li>▪ Consumo de energía</li> <li>▪ Pago por instalaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riesgos Ambientales</li> <li>▪ Impactos Ambientales</li> <li>▪ Cargas Ambientales</li> <li>▪ Consumo de Energía</li> </ul>
CITMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inversiones que mejoren el desempeño ambiental</li> <li>▪ Costos del cumplimiento de legislación Ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Salud y seguridad</li> <li>▪ Riesgos Ambientales</li> <li>▪ Impactos Ambientales</li> <li>▪ Producción de desechos</li> <li>▪ Biodeviridad</li> <li>▪ Sustentabilidad</li> <li>▪ Requisitos legales y reglamentarios</li> <li>▪ Consumo de recursos</li> <li>▪ Iniciativas ambientales</li> <li>▪ Desempeño Ambiental</li> </ul>
MIP	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impacto asociado a responsabilidad ambiental</li> <li>▪ Iniciativas ambientales positivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Riesgos Ambientales</li> <li>▪ Impactos Ambientales</li> <li>▪ Biodiversidad</li> </ul>
ONRM	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gestión y cuantía de los recursos minerales</li> <li>▪ Inversiones que mejoren el desempeño ambiental</li> <li>▪ Costos del cumplimiento de la legislación minera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Salud y seguridad minera</li> <li>▪ Riesgos ambientales</li> <li>▪ Incidentes ambientales</li> <li>▪ Compromisos ambientales</li> <li>▪ Desarrollo sostenible</li> <li>▪ Requisitos ambientales</li> </ul>
Comunidad de Moa	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuantía de los costos ambientales</li> <li>▪ Impactos financieros asociados a responsabilidad ambiental</li> <li>▪ Iniciativas ambientales</li> <li>▪ Inversiones que mejoren el desempeño ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Salud</li> <li>▪ Riesgos ambientales</li> <li>▪ Impactos sobre calidad de vida</li> <li>▪ Impactos ambientales</li> <li>▪ Biodiversidad</li> <li>▪ Cumplimiento de los requisitos ambientales, legales</li> </ul>

### **Selección de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en la extracción de Cienos Carbonatados.**

En Cuba se tienen interesantes experiencias en la utilización de indicadores ambientales aplicados a la minería, como es el caso del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM), donde se han gestado varios indicadores para el desarrollo sostenible de la actividad minera, entre sus principales exponentes encontramos el trabajo realizado en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, del



profesor del departamento de minas Diosdanis Guerrero Almeida, el que propone un conjunto de indicadores que se sustentan de las cuatro dimensiones tradicionalmente asociadas al concepto de desarrollo sostenible: la ambiental, la económica, la social y la institucional, aplicado al desarrollo minero de la región de Moa.

En la tesis en opción al grado de master en protección del medio ambiente el ingeniero Marlon Menéndez, propone una serie de indicadores de sustentabilidad para complementar y validar una metodología en el minado del yacimiento de Cienos Carbonatados en la bahía. Estos indicadores aportan una serie de elementos que se deben de tener en cuenta para el aprovechamiento racional y integral de los recursos minerales, aunque no maneja las cuestiones relacionadas con los principales impactos ocasionados por la actividad. Estos estudios constituyen un paso de avance en la materia de indicadores ambientales aplicados al sector minero, con aportes encaminados al desarrollo de la actividad y su accionar en el medio.

Sin embargo sigue siendo un imperativo del sector minero, encontrar una herramienta eficaz, para evaluar sistemáticamente el desempeño de sus actividades y la mejora continua de los principales procesos llevados a cabo para la extracción y beneficios del mineral.

Desde hace unos años en las Evaluaciones y Estudios Ambientales se han utilizado los indicadores e índices ambientales como herramientas básicas para conocer y analizar el comportamiento ambiental del sector productivo con miras a optimizar los controles ambientales.

Es por eso que se está proponiendo en este trabajo la utilización de ciertos factores o parámetros ambientales, los cuales tienen como característica presentar un rango de comportamientos en función de sus propiedades intrínsecas, ó en función de las presiones ejercidas por la actividad minera en la bahía.

El desarrollo a nivel mundial de los indicadores ambientales para la minería se ha dirigido hacia la consecución de tres objetivos fundamentales:

- Garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos.
- Conservar la integridad de los ecosistemas.
- Proteger la salud humana y el bienestar de la población.

La complejidad de la problemática que se aborda en el contexto ambiental actual, pone de manifiesto la necesidad de actualizar de manera permanente la información y el diseño de mecanismos que permitan su ágil y comprensible acceso, indispensable para la formulación de políticas y la toma de decisiones oportunas. Es así como los indicadores ambientales se constituyen en una herramienta para suplir dicho requerimiento.

## **Definición de Indicadores para Evaluar el Desempeño Ambiental en la Minería**

### **Indicadores.**

La palabra indicador viene del verbo latín *indicare*, que significa mostrar, anunciar, estimar o asignar un precio. Los indicadores ambientales para la actividad minera son parámetros (p.e., una medida o propiedad observada), o algunos valores derivados de los parámetros (p.e., modelos), que proporcionan información sobre el estado actual de los ecosistemas, así como patrones o tendencias (cambios) en el estado del medio ambiente, en las actividades mineras que afectan o están afectadas por el ambiente, o sobre las relaciones entre tales variables.



También se definen los indicadores como hechos de carácter cuanti y cualitativo que expresan alguna forma de variable requerida, representando las características de calidad, fragilidad e importancia de un elemento o componente ambiental.

Son parámetros que señalan el estado actual de los elementos de un ecosistema, deben cumplir con una serie de estadísticas para su valoración y uso. Deben ser modelos empíricos de la realidad ambiental, cuyos valores y objetivos se pueden verificar. Constituyen variables, en lo posible verificables, que representen las características de calidad, fragilidad e importancia de un elemento o componente ambiental.

Los indicadores de Desempeño Ambiental en la Minería (IDAMs) son un conjunto de indicadores que proporcionan, resumen, determinan, la información necesaria para valorar la influencia del desarrollo minero y su implicación ambiental. Los IDAM deben tener un conjunto de características significativas como:

- Aplicables a los ecosistemas y ambientes sociales y culturales de la región.
- La recolección de los datos no debe ser difícil ni costosa.
- Deben ser los adecuados para el nivel de agregación requerido.
- Las mediciones deben tener temporalidad.
- Deben representar el sistema analizado.
- Deben ser sensibles a los cambios, manifestando tendencias.
- Deben incluir patrones biológicos.
- Deben permitir la comparación con valores patrones o condiciones extremas.
- Deben facilitar el análisis entre los procesos de evaluación y la asignación de los pesos.
- Debe relacionarse a cada efecto.
- Debe señalar los cambios debidos a los efectos ambientales.
- Deben ser de baja variabilidad natural.
- Debe tener experiencia como indicador en estudios similares
- Contar con validez conceptual
- Tener un grado de correlación con otros indicadores
- Debe permitir la toma de decisiones rápidas, técnicas e idóneas.
- Permite controlar aspectos estratégicos y no de todo el sistema.

Para la evaluación del desempeño ambiental de la actividad minera en la extracción de Cienos Carbonatados deben de manejarse dos categorías de indicadores, estos al igual que los propuestos por la NC-ISO 14031:2005, son:

- Indicadores de Desempeño Minero Ambiental (IDMAs)
- Indicadores de Condición Ambiental (ICAs)

Los IDMAs son aquellos que expresan específicamente la información sobre el desempeño ambiental de el proceso minero. Estos indicadores son la suma de dos grupos de indicadores que se encargan de demostrar el esfuerzo de la dirección para influir en el desempeño ambiental de las operaciones en la empresa y otros que informan el desempeño ambiental de las operaciones mineras, es decir:

- Los indicadores del desempeño de gestión (IDGs)
- Los indicadores del desempeño operacional minero (IDOMs)



Los IDGs albergan toda la información concerniente a la gestión ambiental de la empresa incluyendo, las políticas, el personal, las actividades de planificación, las prácticas y los procedimientos industriales y ambientales en todos los niveles de la mina, así como las decisiones y acciones asociadas con los aspectos ambientales de la entidad. Los esfuerzos realizados y las decisiones tomadas por la dirección de minas pueden afectar al desempeño de las operaciones de la empresa y por lo tanto pueden contribuir al desempeño ambiental global de la misma.

Estos indicadores proporcionan información relevante en cuanto a la capacidad y los esfuerzos de la empresa para gestionar temas tales como formación profesional, requisitos legales, utilización eficiente de los recursos minerales, administración de los costos ambientales, compras, documentación o acciones correctivas que tengan o puedan tener influencia en su desempeño ambiental. Los mismos facilitan la evaluación de los esfuerzos, de las decisiones y de las acciones de la dirección para mejorar el desempeño ambiental.

Los IDMOs proporcionarán a la dirección la información necesaria sobre el desempeño ambiental de las operaciones de la mina (**Ver figura 1**). Estos están relacionados principalmente con:

- extracción de recursos minerales
- el suministro de mineral a la planta de beneficio (incluye: carga-transporte-descarga)
- energía utilizada en el proceso
- las instalaciones y el equipamiento minero
- salida o productos (mineral beneficiado listo para ser utilizado en el proceso industrial, escombros, descargas a la dársena del puerto)



**Figura 1.** Operaciones mineras de la Empresa (descripción general)

Los ICAs son indicadores que proporcionan información sobre las condiciones ambientales existentes en el medio donde se desarrolla la actividad y son muy sugerentes a la hora de identificar los impactos de dicho accionar sobre el medio, y así apoyar la planificación e implementación de la EDA.

Todos estos indicadores responden al modelo propuesto por Environment Canada y la OCDE, el sistema Presión (P), Estado (E), Respuesta (R), este posee una estructura muy usada a escala mundial, ya que organiza información ambiental. Es un modelo en el que se ven actividades humanas como productores o generadores de presiones, ya que pueden afectar el estado del medio ambiente, en donde la sociedad debe responder cuando estos cambios ambientales son negativos.

**Ver figura 2.**



**Figura 2.** El modelo (P - E - R), pertenece a los llamados Sistemas de Información Ambiental

El contenido de un sistema de este tipo, incluye: información cualitativa y cuantitativa, datos georeferenciados, estadísticas, índices, mapas y proyección de indicadores en tiempo.

El modelo intenta responder:

- Qué actividad está afectando el medio ambiente?
- Cuál es el estado actual del mismo?
- Qué se está haciendo para mitigar y resolver estos problemas ambientales?

Las decisiones y acciones de la dirección de una empresa están estrechamente relacionadas con el desempeño de sus operaciones.

### **Propuesta de indicadores de desempeño ambiental.**

Los indicadores propuestos para la EDA fueron seleccionados como un medio para presentar la información ambiental de una manera más comprensible y útil. Estos ayudan a convertir los datos pertinentes en información concisa sobre los esfuerzos de en el desempeño ambiental de la empresa.

El número de indicadores seleccionados refleja la naturaleza y magnitud de las operaciones de la empresa. Esta selección determinó qué datos deben utilizarse. Para facilitar este esfuerzo, la dirección utilizará datos ya disponibles y recopilados por estudios realizados anteriormente.

### **Indicadores de Condición Ambiental ( ICAs ).**

La condición ambiental puede cambiar con el tiempo, producto a cambios de tecnologías, nuevas medidas encaminadas a la solución de problemas ambientales o por eventos naturales específicos. Aunque los ICAs no son medidas de impacto ambiental, los cambios en estos pueden proporcionar información útil sobre las relaciones entre la condición ambiental y las actividades mineras que se ejecutan.

**Indicadores Geológicos:** Se definen como magnitudes y tendencias de los procesos geológicos y fenómenos de esta índole que ocurren en periodos de tiempos relativamente cortos en la escala geológica, cerca de la superficie terrestre, sujeto a variaciones de importancia para entender los rápidos cambios ambientales. Existen varias clasificaciones para definir los geoindicadores:

- Geomorfológicos
- Geodinámicos



## - Geotécnicos

Los geoindicadores sirven para evaluar:

- La influencia de los procesos geológicos sobre el Hombre
- La influencia del hombre sobre los procesos geológicos

Entre estos indicadores tenemos :

**Morfología del fondo marino:** como consecuencia de la explotación del yacimiento de cienos carbonatados se han producido alteraciones en el medio ambiente relacionadas con cambios en el relieve del fondo marino, lo cual trae acarreado consigo la alteración de otros procesos naturales en la bahía.

**Procesos geodinámicos:** el yacimiento se encuentra en la zona infralitoral, la cual comprende la porción de los fondos más cercana a las tierras emergidas, y es afectada intensamente por la acción de las olas y las corrientes, especialmente durante las tormentas. Producto a la extracción de Cienos del fondo marino, se incrementa la dinámica de los procesos de erosión y sedimentación pues la morfología y la batimetría del fondo controlan, de manera efectiva el proceso sedimentológico al influir sobre la distribución energética del medio.

**Inestabilidad en los taludes de corte:** los trabajos mineros conducen a la formación de espacios en la corteza terrestre, que producen la alteración del equilibrio que existe en el macizo rocoso, las características del sistema de explotación minero en el yacimiento de Cienos Carbonatados, contribuye a la creación o formación de taludes inestables en el fondo de la bahía. Esto presupone un riesgo que se manifiesta en la ocurrencia de deslizamientos, estos últimos no son monitoreados por el sistema establecido en la empresa. No se conoce el grado de estabilidad, ni la probabilidad de falla de estos.

El conocimiento y control de los peligros geoambientales contribuye a eliminar los efectos de una minería que no cuenta con tecnología apropiadas para la extracción mineral, estos sin lugar a dudas inciden y afectan al medio ambiente.

Indicadores físico – químicos: Son indicadores que describen las condiciones físico – químicas del agua marina y los sedimentos superficiales en el entorno del yacimiento. También son parámetros que se monitorean anualmente y se tiene numerosa información como para evaluar los registros actuales con los obtenidos anteriormente, esto sin lugar a dudas mostrará el comportamiento de dichos parámetros y su tendencia. Estos indicadores son:

### Agua Marina

- pH
- Temperatura
- Grasas y Aceites
- Sólidos sedimentables
- Materia flotante
- Oxígeno disuelto
- (DBO<sub>5</sub>)
- (DQO)
- Nitrógeno total (Kjeldahl) + Nitrato



- Fósforo total
- Coliformes fecales

#### Sedimento Superficiales

- pH
- Aluminio
- Bario
- Cadmio
- Cobalto
- Cromo
- Cobre
- Hierro
- Magnesio
- Níquel
- Plomo
- Zinc

Estos indicadores dentro del plan de monitoreo previsto (anual), le permitirán a la empresa evaluar su desempeño teniendo en cuenta los registros anteriores y esclarecer tendencias, medidas correctoras, identificar impactos, etc.

Indicadores Climáticos: Son variables de las condiciones atmosféricas en cuanto a composición y presencia de ciertos contaminantes emitidos, en el proceso de minado y transporte del mineral a la planta de beneficio. En este caso se debe monitorear los gases emitidos por los escapes del remolcador y la excavadora:

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Óxidos de Azufre (S<sub>Prof. Wagner</sub>O<sub>x</sub>)

Bioindicadores: Los indicadores bióticos tipifican la biota del ecosistema afectado mediante la observación de los cambios estructurales en el tiempo y en el espacio, y evalúan la vulnerabilidad del sistema, mediante la tolerancia de las especies existentes en la zona del proyecto a las fluctuaciones naturales y a la actividad extractiva. Estos indicadores son:

- Bentos
- Biodiversidad
- Especies en peligro de extinción
- Especies raras
- Especies endémicas
- Macroinvertebrados Litorales
- Peces

Indicadores Sociales: Los indicadores sociales caracterizan las relaciones existentes entre la actividad minera y la sociedad, considerando por parte de esta última la actividad extractiva como un medio de generación de impactos tanto negativos como positivos para el desarrollo sostenible de la región.

- Crecimiento económico
- Daños al medio ambiente



- Influencia en el desarrollo sostenible de la región

### **Indicadores de Desempeño Operacional Minero (IDOMs)**

Los indicadores de desempeño operacional minero, proporcionan a la dirección de minas la información necesaria sobre el desarrollo de la actividad minera en la bahía y su influencia en el medio ambiente.

Entre estos indicadores tenemos:

- Uso de tecnologías apropiadas
- Consumo de energía
- Aprovechamiento racional de los recursos minerales
- Seguridad Industrial
- Recursos Humanos
- Generación de desechos
- Rentabilidad económica
- Rehabilitación de zonas minadas
- Generación de empleos
- Producciones más limpias

### **Indicadores de Desempeño de Gestión (IDGS)**

Son indicadores de desempeño ambiental que proporcionan información sobre el esfuerzo de la dirección para influir en el mejoramiento ambiental de las actividades que ella realiza.

Entre estos indicadores tenemos:

- Existencia de una política de Gestión Ambiental
- Monitoreo de los parámetros ambientales
- Fondos destinados a la investigación y desarrollo de proyectos con significación ambiental
- Frecuencia de revisión de procedimientos operacionales
- Grado de cumplimiento de la legislación ambiental
- Iniciativas implementadas para la prevención de la contaminación
- Participación de la empresa en programas ambientales
- Número de objetivos y metas logradas

### **Gestión de la información**

Los datos obtenidos deben ser analizados y convertidos en información que describa el desempeño ambiental de la mina, expresado como indicadores para la evaluación de este. La información que describe el desarrollo en materia de medio ambiente se puede manifestar mediante cálculos, estimaciones, métodos estadísticos, técnicas gráficas o por indexación, agregación o ponderación. La información obtenida de los indicadores analizados, se deben comparar con los criterios de desempeño ambiental registrados en la política ambiental de la empresa. Esta comparación sin dudas posibilitara e indicara el progreso en el desarrollo ambiental de la mina. Los resultados serán útiles para interpretar los principales resultados alcanzados por la empresa y dará visibilidad al progreso o deficiencias existentes, dando paso al mejoramiento continuo en pos del desarrollo sostenible. Las novedades de este proceso debe ser comunicada a la dirección de la empresa para apoyar acciones apropiadas de gestión que mejoren o mantengan el nivel de desempeño alcanzado.



## RECOMENDACIONES

Debe crearse una metodología para la evaluación del desempeño ambiental en la actividad extractiva de Cienos, en la bahía de Moa. Esta debe estar sustentada en indicadores e índices ambientales con el fin de simplificar la información obtenida y hacer más fácil la labor de decisión ambiental.

## CONCLUSIONES

En las últimas décadas, se han impulsados numerosos programas orientados a contribuir en la implementación de una nueva forma de enfrentar el desarrollo económico, es el llamado desarrollo sostenible. Todas estas vertientes tienden al uso de indicadores ambientales, estos contribuyen a evaluar, así como interpretar el desempeño ambiental de ciertas actividades humanas sobre la naturaleza. Los indicadores aquí propuestos constituyen un eslabón fundamental en la evaluación ambiental de la actividad minera en el yacimiento de Cienos Carbonatados ubicado en la bahía de Moa, estos de forma sintetizada nos brindaran información suficiente para controlar y mejorar la actitud degradante del accionar minero en un ecosistema tan frágil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Guerrero, A.D., R.G. Lacaba, R. Blanco. 2006. Propuesta Metodología para el diseño de Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad (SIS), en regiones mineras de Iberoamericana. *Boletín Geológico Minero (España)*. 117 (2): Separata.
- Menéndez, M. H. 2001. Explotación Racional del Yacimiento de Cienos Carbonatados en la Bahía de Moa. Tesis para optar por el grado Master en Ciencias. ISMM (Moa). Facultad de Geología y Minería.
- NC ISO 14031: 2005.
- Vidalón, J.G. 2005. Introducción a la Gestión Ambiental. *El Ingeniero de Minas (Perú)*. 35: 16 – 19.