



INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA CANTERA DE MÁRMOL DE LA EMPRESA ROKAFRICA, NAMIBE (ANGOLA)

Alexis MONTES DE OCA RISCO
Universidad de Montevideo (Uruguay)
amrisco23@gmail.com

David MASSUELA CALENGA
Universidad Politécnica de Namibe (Angola)
davidcalenga.calenga@yahoo.com.br

Suraymi GARCÍA CRUZ
Universidad de Moa (Cuba)
sgarcia@ismm.edu.cu

Yanet BORGES TERRERO
Universidad de Moa (Cuba)
yborgest@ismm.edu.cu

Recibido: 4 de julio del 2022

Enviado a evaluar: 26 de julio del 2022

Aceptado: 22 de diciembre del 2022

RESUMEN

Los indicadores de gestión ambiental son aquellos que tienen como objetivo preservar el medio ambiente, asegurando sus propios beneficios y que también reflejan las acciones organizativas que realiza la gestión de la cantera para minimizar los impactos ambientales que produce. El trabajo tuvo como objetivo general determinar los indicadores ambientales para la evaluación del desempeño de la cantera de mármol de la empresa Rokafrica, Namibe. En primer lugar, se elaboró una lista preliminar mediante consultas con expertos y diferentes fuentes bibliográficas que se sometieron a criterio de expertos con la aplicación del método Delphi. Este método también se utilizó para la selección de los expertos competentes para llevar a cabo su selección. Finalmente, se propusieron 24 indicadores para la evaluación de la gestión ambiental de la cantera de mármol de la provincia de Namibe y se establecieron los criterios de valoración de cada uno de ellos a través del criterio de expertos.

Palabras clave: Indicadores de gestión ambiental, cantera de mármol, empresa Rokafrica, criterio experto.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INDICATORS FOR THE COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ROKAFRICA QUARRY, NAMIBE (ANGOLA)

ABSTRACT

The environmental management indicators are those that aim to preserve the environment, ensuring their own benefits and that also reflect the organizational actions carried out by the quarry management to minimize the environmental impacts it produces. The general objective of the work was to determine the environmental indicators for the evaluation of the performance of the marble quarry of the Rokafrica company, Namibe. In the first place, a preliminary list was drawn up through consultations with experts and different bibliographic sources that were submitted to the criteria of experts with the application of the Delphi method. This method was also used for the selection of the competent experts to carry out their selection. Finally, 24 indicators were proposed for the evaluation of the environmental management of the marble quarry in the province of Namibe and the evaluation criteria of each were established. one of them through expert criteria.

Keywords: Environmental management indicators, Quarry, Rokafrica company, Expert criteria.

INDICATEURS DE GESTION ENVIRONNEMENTALE POUR L'ÉVALUATION GLOBALE DE LA CARRIÈRE DE MARBRE DE LA SOCIÉTÉ ROKAFRICA, NAMIBE (ANGOLA)

RÉSUMÉ

Les indicateurs de gestion environnementale sont ceux qui visent à préserver l'environnement, en assurant leurs propres bénéfices et qui reflètent également les actions organisationnelles menées par la direction de la carrière pour minimiser les impacts environnementaux qu'elle produit. L'objectif général du travail était de déterminer les indicateurs environnementaux pour l'évaluation de la performance de la carrière de marbre de la société Rokafrica, Namibe. Dans un premier temps, une liste préliminaire a été établie à partir de consultations d'experts et de différentes sources bibliographiques qui ont été soumises au critère d'experts avec l'application de la méthode Delphi. Cette méthode a également été utilisée pour la sélection des experts compétents pour procéder à leur sélection. Enfin, 24 indicateurs ont été proposés pour l'évaluation de la gestion environnementale de la carrière de marbre dans la province de Namibe et les critères d'évaluation de chacun ont été établis. d'entre eux à travers des critères d'experts.

Mots-clés: Indicateurs de gestion environnementale, carrière de marbre, société Rokafrica, critères d'expertise.

1. INTRODUCCIÓN

Conesa (1997) define el medio ambiente como el medio vital, es decir, el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interactúan con el individuo y la comunidad en la que vive. El concepto de medio ambiente implica íntimamente al hombre, ya que se concibe, no solo como lo que rodea al hombre en la esfera espacial, sino además del factor tiempo, es decir, el uso de ese espacio por parte de la humanidad referente al patrimonio cultural que es histórico.

Los indicadores ambientales, para Azevedo (2002), son aquellos que proponen preservar el medio ambiente al asegurar sus propios beneficios y que también reflejan las acciones organizacionales que la administración emprende para minimizar los impactos ambientales que produce.

Por otra parte, los indicadores de gestión ambiental son el principal parámetro para el ejercicio del control de la gestión y éste se materializa de acuerdo a las necesidades de la institución, en lo que quiere medir, analizar, observar o corregir (Vicente, 2017).

Las influencias ambientales de las operaciones mineras están fundamentalmente relacionadas con la exploración de materiales de construcción y la introducción de impurezas mineras, razón por la cual se originan cambios en la circulación de sustancias en el entorno. Estas influencias transforman el paisaje y provocan la degradación cualitativa y cuantitativa de los recursos y el origen o desarrollo de procesos nocivos o degradantes (Pous, 1983).

Angola vive actualmente un momento importante para su crecimiento y desarrollo sostenible que se sustenta en políticas y estrategias definidas por el gobierno sobre la necesidad de que la minería sea compatible con la preservación y recuperación ambiental y el ordenamiento territorial (Calandula, 2018).

El mármol es una roca metamórfica resultante del extraño contacto y metamorfismo de la roca de carbonatos sedimentaria, así como caliza y piedra de dolomita, o la metamorfosis de un mármol más antiguo. Este proceso de metamorfosis causa una completa re cristalización de la roca original en un mosaico entrelazado de calcita, aragonito y cristales de dolomita. La temperatura y presión necesarias para formar mármol destruyen usualmente los fósiles y las texturas sedimentarias presentes en la roca. (Poma y Capucho, 2009)

A lo largo de muchas décadas, la explotación del mármol blanco se ha consolidado como una actividad que, además de generar puestos de trabajo y ser una fuente extra de ingresos para las poblaciones locales y residentes de las zonas, también genera empleo para pequeñas y grandes empresas, que realizan exploraciones en montaña o subterráneas, como los municipios de Namibe, la exploración del mineral tiene la perspectiva de mejorar las condiciones sociales de esta población, además es una actividad que ocasiona enormes impactos ambientales, muchos de estos irreversible (Calandula, 2018).

La provincia de Namibe se caracteriza por una amplia gama de ocurrencias de minerales no metálicos. En cuanto a los mármoles, es muy difícil estimar sus reservas no solo por la escasez y debilidades de los estudios existentes, que no permiten sacar conclusiones al respecto, sino también porque tal estudio se torna muy difícil, dada la complejidad de las principales ocurrencias, lo que significa que ni siquiera una campaña de encuestas permite sacar conclusiones altamente confiables sobre las cantidades de mármol que son comercialmente utilizables (Gobierno Provincial de Namibe, 2014).

En Namibe, la explotación del mármol blanco se ha consolidado como una actividad que produce efectos ambientales negativos generalmente asociado a varias fases de exploración de este mineral, como la apertura del pozo (remoción de vegetación, excavaciones, movimiento de tierras y modificación del paisaje local), el uso de grandes máquinas (presión atmosférica y vibración del terreno) (Calandula, 2018) .

Sin embargo, en Angola se ha investigado muy poco sobre la explotación racional e indicadores de gestión ambiental aplicados a la industria minera, siendo un tema nuevo en el que trabajan principalmente estudiantes de doctorado y maestrías de universidades extranjeras.

Como situación problemática de esta investigación, se plantea que en la extracción de mármol (empresa Rokafrica, Namibe) la concesionaria no cuenta actualmente con una herramienta que permita una evaluación completa del desempeño de la cantera a través de indicadores de gestión ambiental.

Es así como el problema que sustenta esta investigación es la necesidad de determinar los indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de la cantera de mármol Rokafrica, Namibe.

El objetivo general del trabajo es determinar los indicadores ambientales para evaluar el desempeño de la cantera de mármol de la empresa Rokafrica, Namibe.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación temática en todo el mundo

Entre las primeras discusiones que se llevaron a cabo en torno al tema de los indicadores de sostenibilidad, fue celebrada en el año 1972 la Conferencia sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo, Suecia, donde se debatió por primera vez el concepto de desarrollo sostenible. Cuatro años después, en 1976, se desarrolló la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos, que llama la atención sobre el rol que cumplen las necesidades básicas del desarrollo sostenible (CCE, 2001).

Es en 1985, que se comienzan a desarrollar metodologías para la creación de indicadores ambientales. La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE) desarrolló en esa fecha una propuesta para un sistema de indicadores ambientales. También en este período, los países bajos presentaron un sistema de indicadores ambientales con enfoque político (Guardado y Vallejo, 2000).

Cabe destacar el trabajo del gobierno canadiense al llevar a cabo una propuesta de metodología para el diseño de indicadores denominada enfoque de estrés, con el propósito principal de identificar las fuentes de problemas ambientales de alcance global y nacional en ese país. Por primera vez se establecieron una serie de indicadores representativos del estado del medio ambiente. En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas (Comisión Brundtland) revitalizó el concepto de desarrollo sostenible, según el informe Brundtland (Calandula, 2018).

Uno de los primeros trabajos desarrollados sobre este tema, fue la identificación de indicadores ambientales para dar soporte empírico a los planes nacionales de política ambiental en preparación desde 1989 y las correspondientes evaluaciones de utilidades en los Informes Nacionales de Medio Ambiente de Holanda (Quiroga, 2001).

En 1991, antes de la Cumbre de Río, se publicó el informe "Cuidando el planeta Tierra"; una estrategia para el futuro de la vida, (UICN, PNUMA y WWF), debatida y difundida un año después con motivo de su desarrollo denominada Cumbre de la Tierra, en Brasil en 1992. En la Conferencia de Río, Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. y cinco años después, en 1997 desde Nueva York, se retoma este tema, centrando la atención en los vínculos y la dependencia del desarrollo económico y social para proteger el medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Durante la Cumbre Mundial en Río, el Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible (BCSD) enfatizó que: el comercio y la industria necesitan herramientas para ayudar a medir el desempeño ambiental y desarrollar técnicas de gestión ambiental (BID, 1996).

Entre los documentos e instituciones que brindan información valiosa sobre la influencia de la minería y la explotación de los recursos naturales a escala global, se destacan los informes anuales sobre el medio ambiente en el contexto del desarrollo socioeconómico del Instituto de WorldWatch, Instituto de Recursos Mundiales, así como el Banco Mundial inicialmente con su serie de informes sobre Desarrollo Mundial desde 1995, entre los que destaca el informe: Monitoreo del Progreso Ambiental (Guerrero, 2003).

Un paso importante en el diseño de un sistema de indicadores para la industria minera es la metodología propuesta por Global Reporting Initiative (GRI), para la elaboración de informes de sostenibilidad sobre el desempeño ambiental de las empresas mineras, que parte de las tres dimensiones del concepto del desarrollo sustentable y establece la necesidad de incorporar indicadores de sustentabilidad en otras actividades humanas (Gaviño, 1999).

Un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Surrey en Reino Unido propuso un sistema de indicadores para la industria minera basado en el análisis del ciclo de vida de los minerales, integrado por tres componentes (impacto ambiental, eficiencia ambiental y acciones voluntarias) (Azapagic, 2000),

Vargas & Forero (2000) proponen un sistema de indicadores basado en el estudio y análisis de las condiciones minero-geológicas de las canteras en Colombia, con el cual aplican una metodología que integra las dimensiones del concepto de desarrollo sostenible.

En este sentido, en 2001 se aprobó el Sexto Programa de Acción de la Unión Europea sobre Medio Ambiente (CCE; 2001). Este documento incluye la gestión sostenible de los recursos renovables necesarios para la gestión ambiental.

En 2002, se realizó una reunión sobre indicadores de desarrollo sostenible para la industria extractiva, en la Amazonia Oriental, en la localidad de Carajás, Brasil; promovido por CYTED-XIII. En esta ocasión se aprobó la Declaración de Carajás, que expresa el interés internacional sobre el tema del desarrollo sostenible y su vinculación con la minería y la necesidad de implementar sistemas de indicadores que respondan a los intereses específicos de cada lugar (Guerrero, 2003).

Hernández & Guilarte (2018) desarrollaron un sistema de evaluación de nivel tecnológico, con una muestra de 50 canteras, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, ambientales, de seguridad y económico-sociales que las afectan. Para determinar el estado tecnológico del sector, los autores compararon los parámetros característicos de cada explotación con una cantera de referencia utilizando la matriz de evaluación de canteras de áridos mECA como herramienta de Benchmarking. La matriz mECA consta de 200 variables con sus respectivos indicadores y en base a los resultados de las mismas, los autores realizaron un análisis DAFO, para determinar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del sector minero.

Herrera (2008) identifica elementos de carácter minero y económico que permitan contribuir a la planificación del sector minero e implementa mejoras técnicas y ambientales en proyectos de exploración. Sin embargo, a pesar del estudio que se realiza sobre los impactos positivos del sector analizado, no se realiza un estudio integral de toda la tecnología utilizada en el propio sector, lo que daría a la investigación un aporte mucho más novedoso.

Díaz (2010) explica en su tesis de maestría que los indicadores de desempeño ambiental en el sector minero y en la unidad minera Atacocha, son parte del Sistema de Información Ambiental que brindan información al comparar el desempeño ambiental pasado y presente, respecto a objetivos o metas ambientales. Como resultado de la investigación, se organizó un conjunto de indicadores ambientales como un sistema, que miden la gestión

en los aspectos ambientales de la unidad minera Atacocha de acuerdo con los propósitos de las herramientas de gestión y las necesidades ambientales de la empresa.

Guardado & Vallejo (2000) proponen indicadores ambientales sectoriales que se dividen en indicadores de tendencia, indicadores de impacto e indicadores económicos para el ambiente geominero. Estos indicadores ambientales permiten desarrollar mejor el trabajo multidisciplinario, para llevar con mayor rigor la gestión ambiental y el ordenamiento minero-ambiental, logrando tomar decisiones más precisas y oportunas.

Actualmente, uno de los trabajos realizados en Angola relacionado con indicadores mineros ambientales es el de Bambi, 2019 cuyo propósito fue proponer un sistema de indicadores de sustentabilidad que sirva como instrumento para medir el grado de desarrollo sustentable en el sector minero, tomando en cuenta los aspectos técnicos y organizativos estatales de las canteras y las dimensiones medioambientales, económica y social. Mediante la investigación empírica y se realizó el diagnóstico en los escenarios y comunidades mineras de Uige y se crearon cuatro tipos de indicadores: 1) gestión minera, 2) crecimiento económico, 3) compensación y 4) desarrollo, a partir de los cuales se calculó el índice de sustentabilidad global, cuyo valor reveló la no sustentabilidad de la empresa minera en la provincia. A partir de estas informaciones se propusieron acciones para cada uno de los actores que conforman el escenario socioeconómico de Uige.

2.2. Documentos legales que respaldan la investigación

La norma ISO 14001 requiere que la empresa cree un plan de gestión ambiental que incluya: objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para lograr estas metas, responsabilidades definidas, actividades de capacitación del personal, documentación y un sistema para controlar cualquier cambio y progreso realizado, además, describe el proceso que debe seguir la empresa y le exige respetar las leyes ambientales nacionales. Sin embargo, no establece objetivos de rendimiento de productividad específicos.

La principal limitación de la norma ISO 14001 es que no existen requisitos específicos. Esto significa que una empresa con metas muy ambiciosas y otra con metas más modestas, pueden certificarse por igual. En algunos casos, una certificación ISO 14001 solo significa que la empresa desarrolla un plan de protección ambiental y que está cumpliendo con las leyes nacionales en materia ambiental, mientras que para otros, implica mucho más. En consecuencia, el efecto depende en gran medida del compromiso que cada empresa asuma individualmente (ISO, 2004).

Desde el punto de vista legal, también existe una gran preocupación por el grado de cumplimiento de la legislación vigente en materia de protección ambiental y actividades mineras en Angola. En este sentido, los primeros intentos de protección del medio ambiente se centran en las siguientes leyes:

- Ley básica del medio ambiente;
- Decreto de Evaluación de Impacto Ambiental;
- Ley de Recursos Biológicos Acuáticos;
- Ley de Aguas;
- Ley de Minas;
- Ley de Tierras.

Además de estas normas, se trabaja para promulgar nuevos instrumentos de apoyo legal. Es importante señalar que existe la necesidad de integrar gradualmente en el plan nacional los compromisos asumidos en los convenios internacionales que ya han sido ratificados. Angola es parte

del Convenio de Biodiversidad, Protocolo de Cartagena, Agenda 12, Convenio Internacional de Residuos, así como de estrategias y programas sectoriales y regionales sobre medio ambiente y desarrollo sostenible (Guerrero, 2003).

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción de los pasos metodológicos

Los pasos metodológicos de la investigación fueron los siguientes:

- Recopilación, análisis y síntesis de diferentes fuentes bibliográficas
- Identificación de indicadores de gestión ambiental para evaluar el desempeño de las canteras
- Determinación de indicadores de gestión ambiental aplicables en canteras de mármol a través de criterio de expertos

A partir del análisis realizado a las diferentes fuentes bibliográficas estudiadas, se estableció que en el proceso de identificación y selección de indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de la cantera de mármol Rokafrica en Namibe, la metodología a utilizar debe ser la consulta con expertos a través de la Método Delphi.

El criterio de expertos mediante la aplicación del Método Delphi se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Elaboración del cuestionario

La inclusión de preguntas que determinen la capacidad de los expertos para valorar el tema es un elemento importante para derivar posteriormente la investigación de los expertos, cuya opinión puede ser significativa.

- b) Determinación del número de expertos

El número de expertos (n) se determinó mediante la fórmula 1, extraída de Legrá & Silva (2011)

$$n = p(1 - p) \left(\frac{z_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\alpha} \right)^2 \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

d: error permisible (cuando d tiende a 0 el número n aumenta)

p: proporción o probabilidad de fallo a la hora de elegir expertos (su valor está entre 0 y 1)

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; constante cuyo valor está asociado con el nivel de confianza.

- c) Selección de expertos

Para seleccionar a los expertos, se recogieron propuestas de entre los expertos en el tema. Para determinar el coeficiente de competencia de los 20 expertos seleccionados preliminarmente, se envió el cuestionario elaborado y se calculó su coeficiente de competencia. Finalmente, fueron escogidos 10 expertos, según su grado de competitividad y se analizaron sus características técnico-profesionales. Como resultado se obtuvo lo siguiente: expertos con un alto nivel de competitividad: 76,71 % y expertos con un nivel medio de competitividad: 23,29 %

- d) Realización de las rondas para obtener el consenso de expertos

Se procesaron las encuestas y se enviaron a expertos para obtener criterios cualitativos en una primera ronda y criterios cuantitativos en las rondas dos y tres, lo que permitió obtener una unidad de criterios sobre los aspectos que tienen mayor impacto en los procesos analizados.

Los 24 indicadores se sometieron al criterio de los 10 expertos, que osciló entre 1 (mayor influencia) y 24 (menor influencia). Con las evaluaciones realizadas por cada experto, el grado de concordancia se determinó

mediante el coeficiente de Kendall (Ken), utilizando la fórmula 2, tomada de Legrá y Silva (2011), cuyo valor oscila entre 0 y 1. Se consideró que cuando $Ken > 0,7$ hay acuerdo alto entre expertos y cuando $< 0,4$ no hay acuerdo.

$$K = \frac{12 \sum_{j=1}^p (s_j - s_{med})^2}{n^2 (p^2 - p)} \quad \text{Fórmula 2}$$

e) Evaluación de resultados basada en la prueba de hipótesis.

La prueba de significancia se realiza para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos.

f) Criterios de valoración de cada indicador

La escala de evaluación de criterios se obtuvo a partir de las reglas del método Delphi, una escala variable entre 0, 3 y 5 siendo 0 el valor mínimo, 3 el valor medio y 5 el máximo.

3.2. Caracterización de la Compañía Rokafrica y el ambiente biótico en la cantera

La Compañía Rokafrica ubicada en Serra da Lua, está formada por dos sectores principales: el sector de Recursos Humanos y Finanzas y el sector de extracción y exploración, corte y trituración de chapa. En la cantera para acoger a los trabajadores hay un dormitorio, una cafetería y una oficina.

En la localidad en estudio existe una variedad de especies que incluye su biodiversidad. Cabe mencionar algunas especies arbustivas que existen en la localidad:

Tribulus terrestris (fig.1), *Jatropha curcas*, *Acacia etbaica*, *Acacia erubescens*, *Acacia gassweileri*, *Acacia giraffae*, *Acacia melifera*, *Acacia subalata*, *Acacia sad*, *Adenium bohemium*, *Balanites angolensis*, *Cambretum imberbe*, *Cammiphora mollis* (*Colophosumum*), *Colophospermum mopane* (*Mutiaty*) (fig.2), *Dischrostachys cineraria*, *Euphorbia conspicua*, *Grewia welwitschii*, *Hoodia parviflora*, *Maprounea africana*, *Pachipodium lealli*, *salvador persica* (fig.3), *Sterculia quinqueloba*, *Terminalia prunioides*, *Terminalia sericea*, *Adansonia Boschia digitata*, sp, *Berchemia virgen*, *Cammiphora* sp, *Chloris* sp, *Croton* sp, *Diospyros mespiliformis*, *Eragrostis superba*, *Ficus* sp, *Aristida rhiniochloa*, *Aristida subacaulis*, *Aristida ssp*, *Aristida prodigiosa* (Gobierno Provincial de Namibe 2014).

Figura 1. *Tribulus terrestris*.



Fuente: Elaboración propia (Octubre de 2018).

Figura 2. *Colophospermum Mopane*.



Fuente: Elaboración propia (Octubre de 2018).

Figura 3. *Salvadora Persica*.



Fuente: Elaboración propia (Octubre de 2018).

3.3. Actividad minera en la cantera

El sector de explotación del mármol se caracteriza por la existencia de dos subactividades: Extracción (Proceso de extracción de cualquier mineral de las canteras) y Transformación, con la siguiente descripción de la organización de la producción de cada una. Fases de Extracción: La extracción se compone de varias fases, desde el inicio de las operaciones de prospección e investigación hasta el abandono de la explotación y recuperación del paisaje, desarrollándose según el esquema de la fig. 4.

Figura 4. Fases de la extracción del mármol.



Fuente: Elaboración propia.

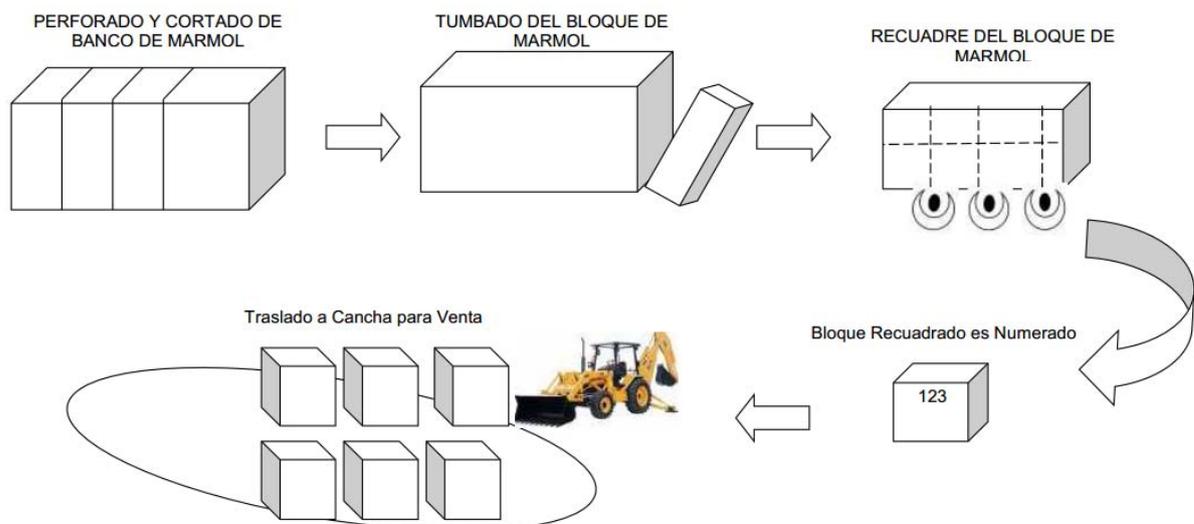
Las principales operaciones para la extracción de bloques primarios (fig.5) en la cantera Rokafrica son genéricamente las que se muestran en la fig. 6.

Figura 5. Exploración en el flanco lateral.



Fuente: Rokafrica (2019).

Figura 6. Principales operaciones para la extracción de bloques de mármol.



Fuente: Poma y Capucho (2009)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este acápite se presentarán los indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de la cantera de mármol de la empresa Rokafrica, ubicado en Caraculo, específicamente en Serra da Lua, Comuna de Kapangumbe, Municipio de Bibala, Provincia de Namibe.

4.1. Determinación del número de expertos

Una vez elaborada la lista de indicadores, se seleccionó a los expertos en función del cálculo del número de expertos (fórmula 1).

$$n = 10 \text{ expertos}$$

4.2. Identificación de indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras de mármol

Como resultado de esta etapa, se identificaron 43 indicadores de gestión ambiental para ser sometidos a criterio de expertos.

4.3. Determinación de indicadores de gestión ambiental

Para determinar los indicadores que influyen en la gestión ambiental de las canteras de mármol, se siguió el orden siguiente:

Elaboración del cuestionario.

Para determinar los indicadores que influyen en la gestión ambiental de canteras de mármol se elaboró un cuestionario teniendo en cuenta la lista preliminar de 43 indicadores.

Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos

El cuestionario elaborado se envió a los expertos para obtener criterios cualitativos en una primera ronda y cuantitativos en las rondas dos y tres, lo que permitió obtener una unidad de criterios al respecto de los indicadores ambientales que miden el desempeño de una cantera de mármol.

Del procesamiento de los cuestionarios se obtuvo el siguiente valor del coeficiente de Kendall = 0,72 lo que confirmó la existencia de alta concordancia entre los expertos.

Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis.

Finalmente se realizó la prueba de hipótesis para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos, con un nivel de significación del 0,05. Puesto que χ^2 calculada $> \chi^2$ tabulado, entonces se aceptó la hipótesis alternativa, por eso se puede afirmar que existe concordancia entre los expertos.

Los expertos determinaron que los 14 indicadores que permiten evaluar la gestión ambiental de canteras de mármol son los mostrados en la tabla 1.

4.4. Criterios de valoración de cada indicador

Los criterios de atribución de puntuación y ponderación de cada indicador utilizado para analizar los aspectos ambientales, se obtuvieron mediante tormentas de ideas y consultas de expertos, asumiendo que la mayor valoración positiva corresponde a la reducción o eliminación del efecto ambiental negativo (tabla1).

Tabla 1. Criterios de valoración de los indicadores de gestión ambiental en canteras de mármol

No	Indicadores	Valor	Criterios de valoración
1	Nivel de rehabilitación	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
2	Impacto visual	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
3	Posee una valla externa de la explotación	0	Sin valla externa
		3	El 50% de la cantera tiene valla exterior
		5	Dispone de valla externa
4	Dispone de cortinas vegetales o cordones de tierra perimetral	0	Sin cortina vegetal
		3	El 50% de la cantera tiene cortina vegetal
		5	Dispone de cortina vegetal
5	Cuenta con sensor de polvo perimetral	0	No dispone de sensor de polvo perimetral
		3	El 50% de la cantera tiene un sensor de polvo perimetral
		5	Cuenta con sensor de polvo perimetral
6	Señalización adecuada de las instalaciones que indique el tipo de actividad	0	La cantera no está señalizada
		3	50% de la cantera está señalizada
		5	El 100% de la cantera está señalizada.
7	Emisiones directas de efecto invernadero	0	Alta
		3	Media
		5	Baja
8	Los equipamientos cumplen con la normativa medio ambiental vigente	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
9	Existen barreras anti ruido	0	Sin barreras acústicas
		3	El 50% de la cantera tiene barreras acústicas contra el ruido.

		5	100% de la cantera tiene barreras anti ruido acústico
		0	No dispone de un sistema de eliminación de polvo
10	Sistema de eliminación de polvo	3	El 50% de la cantera tiene un sistema de eliminación de polvo.
		5	El 100% de la cantera tiene un sistema de eliminación de polvo
		0	Sin sistema de eliminación de ruido
11	Sistema de eliminación de ruido	3	El 50% de la cantera tiene un sistema de eliminación de ruido.
		5	El 100% de la cantera tiene un sistema de eliminación de ruido
		0	Bajo
12	Estudio de niveles de ruido	3	Medio
		5	Alto
		0	Alto
13	Generación de polvo	3	Medio
		5	Bajo
		0	Bajo
14	Estudio de vibraciones	3	Medio
		5	Alto
		0	Bajo
15	El equipo de transporte tiene sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga.	3	Medio
		5	Alto
		0	No dispone de sistema de eliminación de polvo (irrigadores, campanas)
16	Dispone de un sistema de eliminación de polvo (irrigadores, campanas)	3	50% de la cantera dispone de un sistema en eliminación de polvo (irrigadores, campanas)
		5	100% de la cantera tiene un sistema en eliminación de polvo (irrigadores, campanas)
		0	No cuenta con sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en la alimentación y descarga de equipos trituradores
17	Disponen de sistemas que reducen o eliminan el ruido en la alimentación y descarga de		

	los equipos de trituración	3	50% de la cantera dispone de sistemas que reducen o eliminan el ruido en la alimentación y descarga de equipos de trituración
		5	100% de la cantera cuenta con sistemas que reducen o eliminan el ruido en la alimentación y descarga de los equipos de trituración
18	Disponen de sistemas que reducen o eliminan el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración	0	No cuentan con sistemas que reduzcan o eliminen el polvo en la alimentación y descarga de equipos de trituración
		3	El 50% de la cantera cuenta con sistemas que reducen o eliminan el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración.
		5	100% de la cantera cuenta con sistemas que reducen o eliminan el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración
19	Sistema de eliminación de la reducción de polvo en descarga de silos	0	No dispone de sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
		3	50% de la cantera tiene un sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de silos
		5	100% de la cantera tiene un sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de silos
20	Disponen de trampas para evitar derrames de combustible y aceites	0	Sin trampas para evitar derrames de combustible y aceite
		3	El 50% de la cantera no tiene trampas para evitar derrames de combustible y aceite.
		5	100% de la cantera dispone de trampas para evitar el derrame de combustible y aceite.
21	Sistema de eliminación de polvo en las pistas	0	No tiene sistema de eliminación de polvo en las pistas.
		3	50% de la cantera tiene sistema de eliminación de polvo en las pistas
		5	100% de la cantera tiene sistema de eliminación de polvo en las pistas
22	Disponen de un sistema de gestión medio ambiental ISO	0	No cuentan con un sistema de gestión medio ambiental ISO 14001

	14001		5	Disponen de un sistema de gestión medioambiental ISO 14001
23	Estudio de flora y fauna para su conservación		0	Bajo
			3	Medio
			5	Alto
24	Calidad de las aguas superficiales y subterráneas		0	Contaminada
			3	Levemente contaminada
			5	No contaminada

Fuente: Elaboración propia (2019)

5. CONCLUSIONES

Las consultas de diferentes fuentes bibliográficas y de expertos permitieron identificar una lista preliminar de 43 indicadores ambientales para medir el desempeño ambiental de una cantera de mármol. A través del criterio de experto, se determinaron 24 indicadores de gestión ambiental aplicables a la cantera de mármol de Rokafrica, Namibe. El criterio de evaluación para cada indicador se estableció en una escala variable de 0 a 5, siendo 0 el valor mínimo, 3 el valor medio y 5 el valor máximo, relacionado con la reducción o eliminación del efecto negativo sobre el medio ambiente.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. (2002). Criterios para la evaluación de estudios ambientales y para el seguimiento de proyectos ambientales. Ministerio del Ambiente de la República de Colombia, Convenio Andrés Bello.
- Azapagic, F. (2000). Indicadores de desarrollo sustentable para la industria de extracción de minerales: Consideraciones ambientales. Fin Retos tecnológicos que plantea el desarrollo sostenible: las industrias de extracción de minerales. Madrid: CYTED / IMAAC / ONUDI, págs. 202-217.
- Bambi, A., Montero, J. & Watson, R. (2019) Indicadores de sostenibilidad para la industria minera, Revista Minería y Geología / v.35 n.2 / abril-junio / 2019 / p.233-251
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (1996) Informe anual de 1996 sobre medio ambiente y recursos naturales. Comité de Medio Ambiente. Washington.
- Calandula, R. (2018). Evaluación de Impacto Ambiental en la extracción de Mármol Blanco (empresa Rokafrica), municipio Caraculo/Bibala. Curso de Graduación en Ingeniería Ambiental. Escuela Superior Politécnica de Namibe. Angola.
- CCE (Comisión de las Comunidades Europeas). (2001). Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el Programa de acción comunitario en materia de medio ambiente para 2001-2010. Bruselas.pp 120.

- Conesa, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental 2ª edición Madrid Editorial Madrid Press. Madrid. 1997. 3ª edición. Referencia de la biblioteca de filosofía: FL / TD 194.6. C66. 108p.
- Díaz, J. (2010) Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería, caso de la Unidad Mineocho Atacocha de Companhia Mineira Atacocha SAA Tesis de Maestría, <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/632>.
- Gaviño, N. (1999) Indicadores ambientales y su aplicación. Cátedra UNESCO de desarrollo sostenible. FLACAM. Sin precedentes. La Plata. Argentina.
- Guerrero, D. (2003) Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de recursos minerales. Resumen de la tesis doctoral. Facultad Geología-Minería, Universidad de Moa, Holguín, Cuba, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223516049004>
- Hernández, J. & Guilarte, Isnel. (2018). Diagnóstico del desempeño mediante matriz de evaluación de la cantera de áridos La Inagua, Cuba,. CienciaUAT. 13. 06. 10.29059 / cienciauat.v13i1.923.
- Herrera, J. (2008) Protección ambiental en Minería y Desarrollo Minero Sustentable. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. 63p.
- ISO 14001. (2004) Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso, Ginebra, Suiza, publicado en la Secretaría Central de la ISO.
- Legrá, A. & Silva, O. (2011). Investigación científica, conceptos y reflexiones. La Habana: Félix Varela, págs.445.
- Poma, C. & Capucho, R. (2009). Aplicación de la técnica de tiempos y movimientos orientado a la estandarización y reducción de costos en la empresa extractiva de marmol cantera Cenit s.a. Tesis de grado para optar por el título profesional de contador público. Facultad de Contabilidad, Universidad Nacional del Centro del Perú. 133p.
- Pous, A. (1983) Restauración de áreas devastadas por obras mineras. Revisión tecnológica. Serie de geología. Habana No 1, Vol. XV. p 23-28.
- Programa de Desarrollo del Sector Geológico-Minero de la Provincia de Namibe, Gobierno Provincial de Namibe, (2014).
- Quiroga, M. (2001) Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, publicación de las Naciones Unidas LC / L.1607-P. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Vallejo, O. & Guardado, R. (2000). Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. Revista Minería y Geología Vol . XVI I, No. 3-4.
- Vargas & Forero (2000) Indicadores de sostenibilidad en la industria agregada: la experiencia colombiana. En Indicadores de Sostenibilidad para la industria minera. Río de Janeiro: CNPq / CYTED, p. 45-60.
- Vicente, E. (2017) Indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de materiales de construcción de cantera. Departamento de Minas, Instituto Superior Mineiro Metalúrgico da Moa, 74p.