



*Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad de Geología –Minería  
Departamento de Minas*

# *Trabajo de Diploma*

*En opción al título de Ingeniero en Minas*

***Tema:*** *Indicadores de gestión ambiental para la  
evaluación integral de cantera de materiales para  
la construcción*

***Autora:*** *Eliane Patrícia Vicente Cortez*

*Curso  
2016 – 2017  
Año 59 de la Revolución*

*Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad de Geología –Minería  
Departamento de Minas*

# *Trabajo de Diploma*

*En opción al título de Ingeniero en Minas*

***Tema:** Indicadores de gestión ambiental para la  
evaluación integral de cantera de materiales para  
la construcción*

***Autora:** Eliane Patrícia Vicente Cortez*

***Tutores:** Dra.C. Mayda Ulloa Carcassés*

***MSc. Alexis Monte De Oca***

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mi familia, porque me han apoyado todo este tiempo, en especial a mi padre Joao Lemos Cortez que ya no se encuentra en vida, pero sé que en donde esté me está apoyando, a mi madre Amelia Rosalino Vicente por ser una mujer batalladora y que me sigue dando fuerzas para continuar luchando.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- *A Dios todo poderoso por permitirme llegar hasta aquí con salud y vida.*
- *A mi padre que luchó tanto para que yo me formara, y que hoy no se encuentra en vida, sé que él está muy feliz con mi formación. Te amo Zeze estarás siempre en mi corazón.*
- *A mi madre que ora por mí todos los días, que me ama incondicionalmente, que sufre por mí, la persona más importante de mi vida, mi mejor amiga.*
- *A mi abuela Carolina Aleixo Fernández que no se encuentra en vida, al igual que mi padre ustedes estarán siempre aquí en mi corazón.*
- *A mis cinco hermanos en especial a los hermanos mayores Bruno y Bryan por mí suportaren, sé que soy chata, pero los quiero mucho.*
- *A mis tíos.*
- *A mi novio, mi apoyo en Cuba, mi compañero, mi mejor amigo, gracias por todos estos años de compañerismo.*
- *A mis tutoras Dr. C Mayda Ulloa Carcassés y MSC. Alexis Montes de Oca por haberme ayudado y guiado para la realización de este trabajo.*
- *A las profesoras Giselle y Ana Caridad Che Viera que son como una madre para mí.*
- *A mis primos en especial a Ictiandro, gracias por ser un gran amigo.*
- *A mis pink best friends de toda la vida Karina, Esperanza, Telma, Rosa y Jacira. las quiero mucho.*

- *A mis compañeras en Cuba Viviane, Geovanía, Loíde, Dumila, Custodia, Patricia, Irina, Clotilde y Lukenia.*
- *A mis compañeros de clase.*
- *A mi costurera Lidia por sus grandes trajes.*

## ***PENSAMIENTO***

*Sí deseas que tu felicidad dure, tendrás que hacer un gran esfuerzo para dejar la intolerancia y el egoísmo.*

*Anónimo*

## **RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo general determinar los indicadores para evaluar el desempeño ambiental de las canteras de materiales de construcción de Cuba. Primeramente, se elaboró un listado preliminar a través de consultas a especialistas y diferentes fuentes bibliográficas que se sometieron a criterio de expertos a con la aplicación del método Delphi. Este método se utilizó también para la selección de los expertos competentes para efectuar la selección. Finalmente se determinaron 24 indicadores para la evaluación de la gestión ambiental de las canteras de materiales de construcción y se establecieron los criterios de valoración de cada uno de ellos a través de criterio de expertos.

Palabras claves: indicadores de gestión ambiental, cantera de materiales de la construcción, diagnóstico integral.

## **SUMMARY**

The objective of the present work was to determine the indicators to evaluate the environmental performance of the quarries of construction materials in Cuba. Firstly, a preliminary list was drawn up through consultations with specialists and different bibliographic sources that were submitted to expert judgment to with the application of the Delphi method. This method was also used for the selection of the competent experts to make the selection. Finally, 24 indicators were determined for the evaluation of the environmental management of the quarries of construction materials and the evaluation criteria of each indicator were established through expert criteria.

Keys words: environmental management indicators, quarry, integral diagnostic

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	9
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA .....	12
1.1 Conceptos generales .....	12
1.2 Situación de la temática a nivel mundial .....	14
1.3 Desarrollo de los indicadores de gestión ambiental para la minería en Cuba .....	19
1.4 Documentos legales que amparan la investigación .....	22
CAPITULO II. ETAPA MÉTODOLOGICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
2.1 Descripción de las etapas metodológicas .....	25
CAPITULO III. INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE CANTERAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	31
3.1 Identificación de los indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras .....	31
3.2 Determinación de los indicadores de gestión ambiental .....	32
3.2.1 Elaboración del cuestionario .....	32
3.2.2 Determinación del número de expertos .....	32
3.2.3 Selección de los expertos .....	33
3.2.4 Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos .....	35
3.2.5 Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis .....	39
3.4. Criterios de valoración de cada indicador .....	40
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIÓN .....	46
BIBLIOGRAFÍA .....	47
ANEXOS .....	50



## INTRODUCCIÓN

Conesa Fernández (1997), define medio ambiente como el entorno vital, o sea el conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interaccionan con el individuo y con la comunidad en que vive. El concepto medio ambiente Implica directa e íntimamente al hombre, ya que se concibe, no sólo como aquello que rodea al hombre en el ámbito espacial, sino que además incluye el factor tiempo, es decir, el uso que de ese espacio hace la humanidad referido a la herencia cultural e histórica.

La explotación de minerales a cielo abierto conlleva a serias alteraciones medio ambientales. La intensidad de las mismas depende de varios factores entre los que se reconocen la situación y morfología del yacimiento y las características del entorno.

Las influencias medio ambientales de las operaciones mineras se relacionan fundamentalmente con la extracción de materiales de la construcción e introducción de desechos mineros, por lo que se originan cambios en la circulación de sustancias en el entorno. Estas influencias van transformando el paisaje y provocan el empeoramiento cualitativo o cuantitativo de los recursos y el origen o desarrollo de procesos dañinos o degradantes.

La industria minera es una de las principales ramas de la economía en Cuba, dentro de ella juega un papel fundamental la explotación de yacimientos de materiales de la construcción, ya sea arenera, grava (Watson, 2008).

En el país, el desarrollo de la actividad minera se ha intensificado a partir del triunfo revolucionario tanto en canteras para la obtención de materiales de construcción como en la explotación de yacimientos metálicos, condicionado por la creciente demanda de nuevas obras de construcción desde el punto de vista técnico, infraestructural y social.

Actualmente se explotan 135 canteras de materiales para la construcción, cuya producción aporta materia prima a todo el territorio nacional, y garantiza la obtención de diversos productos necesarios para llevar a cabo las tareas planteadas por la revolución, lo que constituye un gran aporte socio-económico para el desarrollo del país.

En la actualidad existen herramientas que permiten evaluar integralmente el desempeño de una cantera de materiales de construcción a través de variables e indicadores técnicos, medio ambientales, de seguridad, económicos y social.

Actualmente, en el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM), se desarrolla una investigación relacionada con las canteras de las cinco provincias orientales con el objetivo de evaluar las tecnologías de explotación y el efecto que producen sobre el medio ambiente, para proponer mejoras tecnológicas que contribuyan a mejorar la eficiencia y calidad de las producciones mineras y disminuir los impactos ambientales negativos.

En la misma se aplica la Matriz de Evaluación de Canteras de árido (mECA), un instrumento que evalúa los aspectos técnicos, ambientales, de seguridad, económicos y sociales del desempeño de una cantera, a través de variables e indicadores. El análisis de los resultados obtenidos en las canteras de materiales de construcción de las provincias Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo, ha demostrado su validez y al mismo tiempo evidenciado limitaciones relacionadas con las variables e indicadores y su ajuste a la realidad del modelo económico cubano.

Lo anterior, justifica el perfeccionamiento del instrumento de evaluación integral de canteras para las condiciones de Cuba y la necesidad de determinar variables e indicadores propios para las condiciones del país.

Es de esta manera que, el **problema** que fundamenta esta investigación es la necesidad de determinar los indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de canteras de material de construcción.

De este problema se desprende como **objeto de estudio** los indicadores de gestión ambiental para canteras de materiales de construcción.

**El objetivo general** del trabajo consistió en determinar los indicadores ambientales para la evaluación del desempeño de las canteras de materiales de construcción de Cuba.

**El campo de acción**, las canteras de materiales de construcción de Cuba

**La hipótesis** que sustenta esta investigación se fundamenta en que, si se identifican indicadores ambientales y se aplica el Método Delphi para su selección, se pueden determinar los indicadores ambientales para la evaluación integral de canteras de materiales de construcción.

Para alcanzar el objetivo general se desarrollaron los siguientes **objetivos específicos**:

- Identificar de los principales indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras.
- Aplicar criterio de expertos para la selección de los indicadores de gestión ambiental aplicable en las canteras de materiales de construcción de Cuba.
- Establecer los criterios de evaluación para cada indicador obtenido

Los principales métodos de la investigación científicos utilizados fueron:

Entre los métodos empíricos:

- La entrevista para recoger opiniones y valoraciones de los especialistas y fundamentar el trabajo.
- El método Delphi que permitió llegar a opiniones de consenso en un grupo, sobre la temática en cuestión.

Los métodos teóricos fueron:

- El análisis-síntesis, para realizar la adecuada fundamentación teórica precisando informaciones diversas de fuentes documentales estudiadas y luego arribar conclusiones certeras en el tema de investigación.
- El método histórico-lógico permitió conocer el desarrollo y evolución de la temática.
- El inductivo-deductivo se asumió para la realización de razonamientos lógicos acerca de los indicadores ambientales para medir el desempeño de una cantera y para la formulación y verificación de la hipótesis.

## **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA**

El propósito de este capítulo es ofrecer desde un punto de vista general la situación de la gestión ambiental en canteras de materiales de construcción. A partir de conocimientos antecedentes, ha sido seleccionada y analizada la información más importante, para establecer y aplicar una metodología que permita determinar el estado de la gestión ambiental de las canteras del país.

### **1.1 Conceptos generales**

Existen diferentes concepciones sobre la definición del concepto indicador, pero la más divulgada, aceptada y desarrollada a nivel internacional, ha sido la que propuso la organización de cooperación para el Desarrollo Económico. Esta organización internacional considera que un indicador es un parámetro o valor resultante de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado más amplio que el directamente asociado con la configuración del parámetro

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística Bogotá, D.C (2008) define indicadores de gestión ambiental como una relación entre variables (cuantitativas o cualitativas) específicas que mide el cumplimiento de las metas de acuerdo con los resultados esperados del plan, programa o proyecto, proporcionando una escala con que pueda medirse el cambio real logrado

Diversos organismos e instituciones ambientales han utilizado indicadores con varios propósitos, entre ellos mapeo, la evaluación ambiental, y monitoreo del estado del medio ambiente con relación al desarrollo sostenible. Se consideran disponibles para medir la calidad ambiental de un sitio con respecto a la calidad ambiental óptima, así como para la evaluación de políticas ambientales sectoriales.

En función de la fuente a la que se acuda, se obtienen otras definiciones de indicadores de gestión ambiental:

Castillo (1996), lo define como el conjunto de instrumentos, normas, procesos, controles, que procuran la defensa, conservación y mejoramiento de la calidad ambiental, y el usufructo de los bienes y servicios ambientales, sin desmedro de su potencial como legado intergeneracional.

Por su parte, Pecvnia (2009) considera que es la expresión cuantitativa de la aplicación del sistema de gestión ambiental desarrollado por organizaciones y el análisis cuantitativo de desempeño ambiental en función del modelo ISO 14000.

Otro enfoque es el de Lempira (2011) que considera que son el uso y aplicación de estadísticas, parámetros y variables que proveen información para valorar el estado y tendencia concerniente a una condición o fenómeno ambiental y la medida que sintetiza la información relevante a un fenómeno ambiental en particular.

Espinal (2011), sin embargo, expone que los indicadores ambientales son aquellos que proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

Los indicadores ambientales, para González (2012), son aquellos que se proponen para preservar el medio ambiente, asegurando al mismo tiempo sus propios beneficios y que, también reflejan las acciones organizativas que la dirección de la cantera emprende para minimizar los impactos medioambientales que produce.

Cuando en una organización no existe medidor que indiquen a los directivos si van en la dirección correcta o no, las organizaciones tienen que elaborar sistemas que permitan medir su gestión o verificar si los trabajos están desarrollando adecuadamente y oportunamente.

Los indicadores de gestión ambiental son el principal parámetro para el ejercicio de control de la gestión y esto se materializa de acuerdo a las necesidades de la institución, es decir con base en lo que se quiere medir, analizar, observar o corregir, ellos permiten:

- Mejorar la comprensión de los impactos ambientales de la cantera.
- Proveer la base para el desempeño operacional, ambiental y de “benchmarking”.
- Identifica oportunidades para mejorar la gestión de sus aspectos ambientales.
- Verificar cumplimiento de objetivos.
- Verificar cumplimiento de requisitos legales.
- Determinar utilización correcta de recursos.

- Aumentar la conciencia de los empleados.
- Determinar acciones necesarias para el logro de los criterios del desempeño ambiental.
- Identificar aspectos ambientales significativos.
- Identificar tendencias en el desempeño ambiental.
- Incrementar la eficiencia y la eficacia de la cantera.
- Identificar oportunidades estratégicas.

En los últimos años, se asiste a un desarrollo profuso en el ámbito de los indicadores para la toma de decisiones, particularmente por parte de los países desarrollados y de algunas agencias internacionales, presentándose iniciativas que comprenden escalas diversas y enfoques metodológicos distintitos. Algunos países están desarrollando indicadores particulares de gestión ambiental, mientras que más recientemente, otros trabajan desde el enfoque de desarrollo sostenible.

Es importante mantener presente que los indicadores de gestión ambiental, constituye un tema que aún se encuentra en proceso de desarrollo en el mundo, en el cual algunos países han avanzado más que otros.

Dentro de América latina se observan desarrollos incipientes de indicadores ambientales que están siendo producidos por los organismos gubernamentales del medio ambiente, siento la experiencia en trabajo con indicadores de desarrollo sostenible aún más escaso.

El programa de indicadores ambientales de Nueva Zelandia es relevante, por que presenta indicadores de desempeño ambiental que han sido sometidos a un proceso de participación con la comunidad para ser perfeccionados en una metodología creativa.

## **1.2 Situación de la temática a nivel mundial**

El tema indicador se debe tener en cuenta también la minería sostenible que son los indicadores de sostenibilidad que en la minería constituyen una herramienta fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible deseado.

Entre las primeras discusiones efectuadas en torno al tema se señalan las de 1972,año en el cual fue celebrada en Estocolmo, Suecia, la conferencia sobre el Medio Ambiente Humano, donde por primera vez se discute el concepto de desarrollo sostenible[Barreto,(2001)].Cuatro años después, en 1976,fue

desarrollada la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos , la que contribuyó a llamar atención sobre el papel que desempeña la satisfacción de las necesidades básicas del desarrollo sostenible.

Es en 1985 donde se comienza a desarrollar metodologías para creación de indicadores ambientales. La comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas desarrolla en esa fecha, una propuesta de sistema de indicadores medioambientales. También en ese periodo, los países bajos presentaron un sistema con enfoque político, (Vallejo, 2000).

En esta etapa se realiza por parte del gobierno de Canadá una propuesta de metodología para el diseño de indicadores denominada enfoque de estrés, con fines primordiales de identificar las fuentes de problemas ambientales de envergadura global y nacional en dicho país (Dlay, 1990). Por primera vez, se establecieron una serie de indicadores representativos del estado del ambiente. En 1987, la Comisión Mundial sobre Medioambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (Comisión de Brundtland), revitalizó el concepto de desarrollo sostenible, al informe Brundtland, (Rodríguez da Costa, 1999).

El 22 de diciembre de 1989, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unida, (ONU) aprobó la Resolución 44/228, que convocó a una reunión mundial sobre temas del desarrollo y el medio ambiente, (Munasinghe, 2000).

Uno de los primeros trabajos desarrollados en esta temática, ha sido identificación de indicadores ambientales seleccionados para proporcionar el sustento empírico de los planes nacionales para la política ambiental (NEPP) en proceso de preparación desde 1989, y de las correspondientes evaluaciones de logros en Reportes Nacionales sobre el Ambiente (NEO) en los países bajos (Adriaansse ,1993) y (Bakkes, 1994).

En el año 1991, previo a la Cumbre de Rio se publica el informe cuidar el planeta Tierra; una estrategia para el futuro de la vida ,(UICN,PNUMA y WWF,1991),debatido y difundido un año después en ocasión de desarrollarse la llamada cumbre Tierra, en Brasil en 1992.En la conferencia de Rio ,cumbre de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y cinco año después en 1997 en la de Nueva York, se retoma este tema, centrándose la atención en los vínculos y dependencia del desarrollo económico y social de protección del medio ambiente y del uso racional de los recursos naturales. Durante la

Cumbre Mundial de 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, (CEPIS, 2001).

En respuestas a tales necesidades, la orientación de la Organización Internacional de Normalización (ISO), fue especialmente requerida en el campo ambiental la cual priorizó lo relacionado con la evaluación de los aspectos que planteaban grandes desafíos ambientales, para lo cual se estableció un Grupo de Asesoría Estratégica sobre tema ambientales, (SAGE, HED, 1998).

En 1993 siguiendo las recomendaciones SAGE, se creó el Comité Técnico 207 sobre Gestiona Ambiental de la ISO para desarrollar normas en las áreas de gestión ambiental, auditoría ambiental, etiquetado ecológico, evaluación del ciclo de vida , términos y definiciones, entre otras, con lo cual se dan importante paso evolutivo para la identificación de indicadores de desarrollo sostenible,(IDS) (CEPY,2001).Otra de las instituciones internacionales creada para cumplir este propósito lo constituye la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CNDUS), oficializada en esa etapa a nivel de la ONU,(UN-CSD,1993).

En 1995 se presentó la iniciativa de IDS de la CNUD siguiendo el marco PER, pero modificándolo por terminología llamada Fuerza de Impulso-Estado-Respuesta (F-E-R), donde se incluye además el postulado de que no se parte de la existencia de una relación causa efecto entre los distintos elementos agrupados bajo F, E y R, respectivamente, (Spangenberg,1996).Similar versión es llamado Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta(P-E-I/E-R), que ha sido desarrollado por Wigrad (1995, 1997), para el proyecto de indicadores del CIAT/PNMA para América Latina. En este mismo año, fueron realizadas otras versiones del comité científico sobre problemas Ambientales (SCOPE) y la Fundación de una Nueva Economía (NEF) en Inglaterra, caracterizadas por ser mucho más críticas,(SCOPE, (1995)).

En 1996, Spangenberg realiza nuevos aportes a estas metodologías, al introducir del espacio ambiental y sus implicaciones para los IDS y las correspondientes políticas económico-ecológicas, difundidas en los últimos años en los diseños de IDS sobre Europa Sostenible, (Friends of Earth Netherland,1993) ;( Friends of Europa, 1995). En agosto el DPCSD divulgó un



voluminoso compendio, con hojas metodológicas, de indicadores ambientales, preseleccionados en 1995,(UN-CSD 1996).

Entre los documentos e instituciones que brindan valiosa información sobre la influencia de la minería y la explotación de los recursos naturales a escala mundial,(Hammond, 1995)];se destacan los reportes anuales bianuales sobre el medio ambiente en contexto del desarrollo socio-económico del Instituto WorldWatch, (Brown, 1996),Instituto de Recursos Mundiales,(WRI, 1996, 1997), así como el Banco Mundial inicialmente con su serie informes sobre el Desarrollo Mundial desde 1995,entre los que se destacan el informe: Monitoreando el Progreso Ambiental, (Fernández ,2000).

Un paso importante en el diseño de sistema de indicadores para la industria minera, lo que constituye la metodología propuesta por la Global Reporting Initiative (GRI), para la elaboración de reportes de sostenibilidad sobre las actuaciones medioambientales de las empresas mineras, la cual parte de las tres dimensiones del concepto de desarrollo sostenible y establece la necesidad de incorporar los indicadores de sostenibilidad a otras actividades humanas

Un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería del Ambiente de la Universidad de Surrey en el Reino Unido de la Gran Bretaña, liderado por (Azapagic, 2000), propuso un sistema de indicadores para la industria minera; a partir del análisis del ciclo de vida de los minerales, integrado por tres componentes. (impacto ambiental, eficiencia ambiental y acciones voluntarias). (Vargas, y Forero ,2000), proponen un sistema de indicadores a partir del estudio y análisis de las condiciones minero-geológicas de yacimiento minerales de Colombia, con lo cual aplican una metodología que integra las dimensiones del concepto de desarrollo sostenible.

La presentación del informe 2001 tituladores de Desarrollo Sostenible, en la reunión del Fórum Económico Mundial, celebrada en Davos, (Suiza), permitió medir a nivel internacional el comportamiento de las empresas utilizando indicadores ambientales,(Gonzales ,2002)].

En este mismo sentido, en el año 2001 se aprueba el VI programa de Acción de la Unión Europea en materia de Medio ambiente,(CCE; 2001)]. Este documento incluye la gestión sostenible de los recursos renovables necesarios para la gestión ambiental.

En el 2002 a se desarrolla la reunión de PRE-RED sobre indicadores de desarrollo sostenible para la industria extractiva, en la Amazonia oriental, en la localidad de Carajás, Brasil; promovida por CTED-XIII. En esta ocasión fue aprobada la Declaración de Carajás, que expresa el interés internacional prestado al tema de desarrollo sostenible y su vínculo con la minería y la necesidad de implementar sistemas de indicador que respondan intereses específicos de cada lugar.

(Gordillo ,2002), propone un sistema de indicadores de sostenibilidad basada en el estudio del proyecto Tambogrande en Perú. Martín, Gonzales y Vale, proponen indicadores de sostenibilidad para la minería, donde insertan nuevas variables, tomando en consideración la legislación ambiental y los indicadores de productividad minera.

En el año 2007 la Secretaría de los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), crea sobre la base de Decreto 104-93(Ley de medio Ambiente) el Sistema de Indicadores Ambientales de Honduras (SIAH), dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Con ello se definen los lineamientos generales de Gestión Ambiental Municipal, debe de considerar al momento de definir un menú básico de indicadores ambientales. (Almeida, 2003).

Martínez (2009), elabora un sistema de evaluación del nivel tecnológico tomando como muestra 50 canteras teniendo siempre en cuenta los aspectos técnicos, ambientales, de seguridad y económico-sociales que las afectan. Para determinar el estado tecnológico del sector, el autor comparó los parámetros característicos de cada explotación con una cantera de referencia mediante 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 a partir de los resultados de la misma el autor realiza un análisis DAFO, para determinar las debilidades, amenazas, fortaleza y oportunidades del sector.

Sepúlveda (2013), identifica elementos de carácter minero y económico que permiten aportar a la planificación del sector minero e implementa mejoras técnicas y ambientales en proyectos de explotación. Sin embargo, a pesar del estudio abarcador que realiza sobre los impactos positivos del sector analizado,

no realiza un estudio integral de toda la tecnología utilizada en el propio sector, lo cual daría a la investigación un aporte mucho más novedoso.

### **1.3 Desarrollo de los indicadores de gestión ambiental para la minería en Cuba**

Aunque la actividad extractiva minera impacta el medio ambiente, al ser limitada en tiempo permite la rehabilitación parcial del área afectada, sin embargo el cambio del uso del suelo es un indicador ambiental de trascendencia al menos Cuba. En este país, por su tamaño, forma y condiciones geográficas y debido a que la rehabilitación en muchos casos no permite la recuperación total de la fisonomía del entorno, ni la conservación e otros recursos naturales, resulta importante que la extensión de las áreas de la extracción minera se limite estrictamente y desde una posición racional a los niveles necesarios de producción y vida útil del proyecto, para que permita posteriormente, su uso en otras actividades económicas importantes como la agricultura.

En el país la erosión es otro indicador primordial, por ser una isla, de ahí la especial atención que hay que prestar a la rehabilitación en tiempo, al menos temporal, de las áreas explotadas.

La deposición de drenaje de las aguas durante la extracción influye significativamente en la contaminación y la conservación de la calidad del agua, por lo que es parámetro a tener en cuenta en la actividad extractiva y también por las características de Cuba de importancia fundamental.

Otros indicadores como emisión de contaminantes dependen del tipo de minería realizada ya que no es similar el impacto que representa la emisión de dióxido de azufre en el procesamiento, digamos del níquel a la emisión del polvo en la explotación de áridos.

Los indicadores de salud relacionados con enfermedades a causas de actividad mineras, los niveles de ruido, vibraciones, las altas temperaturas y el cumplimiento de las medidas de protección e higiene del trabajo y seguridad minera son parámetros que deben ser exhaustivamente revisados para su aplicación.

Otros indicadores medioambientales que se utilizan en Cuba y son medibles, se relacionan con los volúmenes de estéril extraídos y los gastos de deposición

y posible aprovechamiento, afectación a las especies y los gastos para su protección y tipo de rehabilitación según el planeamiento del país y su costo.

Es imprescindible que las leyes ambientales protejan el medio ambiente bajo el principio de que el elemento máspreciado a proteger es el ser humano y que el fin principal sea garantizar la supervivencia y el creciente bienestar y seguridad de las generaciones actuales y futuras, por lo que es vital el establecimiento de un ordenamiento territorial y una planificación adecuada sobre bases que se correspondan con las condiciones económicas y ecológica del área e incluso, que en áreas protegidas se brinden oportunidades de realizar otras actividades de forma controlada, acorde con su categoría de manejo y objetivo específicos. Por su parte la regulación minera debe partir del principio de obligatoriedad de la observación del medio ambiente la aplicación de medidas para mitigar el impacto ambiental y la obligación inexcusable de reparar los daños causados e indemnizar por los perjuicios ocasionados.

En Cuba se han desarrollado investigaciones importantes sobre este tema, tal es el caso de Naranjo en 1987, que aporta datos que posibilitan analizar el comportamiento histórico de los efectos ocasionados por la actividad minero-metalúrgica sobre el medio ambiente de la región de Moa.

Las investigaciones de evaluación del impacto ambiental de la minería desarrolladas por Romero en 1999, reflejan los principales problemas ambientales de la industria de materiales de la construcción en las provincias de Holguín y Santiago de Cuba. En la investigación el autor no considera las particularidades de cada yacimiento y los caracteriza teniendo en cuenta solamente la ubicación y materia prima que se explota descartando la geología, clima, topografía, hidrogeología y la descripción del medio biológico. Hace referencia además a la situación y perspectiva de la industria extractiva de áridos, expone los factores que han acelerado la contaminación ambiental e identifica los impactos ambientales.

Los trabajos desarrollados por Guardado en 1997, son de interés, ya que en ellos el autor expone un método para evaluar e inventariar los componentes ambientales más importantes para los estudios de ordenamiento territorial de las áreas urbanas y suburbanas de la ciudad de Moa.

Más adelante, Vallejo y Guardado realizan una propuesta de indicadores ambientales sectoriales para el territorio de Moa con criterios sostenible.

En esta misma dirección, Brefe, en 2000, realiza un interesante trabajo al estudiar el impacto socio-ambiental en la comunidad Urbana e Moa.

Las investigaciones desarrolladas en 2001 por Maden, Montero y Valdés, reflejan la necesidad de establecer indicadores de sostenibilidad que permitan medir el comportamiento de la minería y el hombre sobre la minería.

Por otra parte, Gámez, (2013); Noris, (2013); Aguilar, (2014), realizan la caracterización minero- ambiental en las canteras de materiales para la construcción de las provincias de Granma, Guantánamo y Holguín, en la cual analizan la estructura productiva de las canteras y las características geológicas y minero técnicas de cada yacimiento en explotación, identifican, además, los efectos ambientales que se manifiestan en cada cantera y proponen medidas generales de mitigación para los impactos negativos.

Estas investigaciones resultan de gran importancia debido a que permiten determinar los efectos ambientales negativos generados por la explotación de cada uno de los yacimientos, sin embargo, en ellas no considera el inventario de las tecnologías empleadas en las canteras, así como el estado en que estas se encuentran con vista a obtener un resultado de mayor relevancia.

Mena (2015), estudió los efectos sobre el medio ambiente de la explotación del yacimiento de calizas “El Pílon”. El autor determinó los efectos medioambientales que causa la explotación del yacimiento Pílon y propuso un plan de medidas de carácter técnico organizativo de modo de facilitar la mitigación de estos impactos. La importancia de este trabajo está dada por que permitió adecuar los procesos mineros ambientales a las condiciones reales del yacimiento y dotar a la empresa de materiales para la construcción de la provincia de Holguín de elementos claves para producir con eficiencia, con conocimiento actualizado de los efectos que produce esta cantera sobre el medio ambiente, (Victor,2016).

Víctor (2016), desarrolló un diagnóstico tecnológico en esta cantera de áridos. El mismo se fundamentó en la valoración de los aspectos tecnológicos, medio ambientales, de seguridad y socio-económicos de un conjunto de variables e indicadores que se seleccionaron a partir de las condiciones reales de la misma. A través de la matriz de evaluación de cantera (mECA) determinó que el nivel de desempeño de la cantera El Pílon es regular.

Gonçalves (2016), como parte del proyecto “Caracterización minero-ambiental de las canteras de materiales de construcción del este de Cuba” que desarrolla el ISMM en las cinco provincias del este del país realizó un diagnóstico tecnológico de la cantera Los Caliches, donde analiza los parámetros característicos de la técnica minera, los aspectos medioambientales y de seguridad y la situación socio-económica de la misma. Para ello, también aplicó la matriz de evaluación de canteras (mECA), que permitió comprobar el grado de implementación de las técnicas disponibles para los aspectos evaluados y diseñar mejoras tecnológicas que contribuyan a elevar la eficiencia y calidad de las producciones mineras y disminuir los impactos ambientales negativos. Para la aplicación del diagnóstico tecnológico en la cantera Los Caliches fue necesario identificar las variables y los indicadores que componen la mECA.

Otros trabajos de diploma se han desarrollado sobre la temática en el ISMM, como los Cutiño (2016), González (2016) y Lipardi (2017) que determinan el Índice mECA en canteras de materiales de construcción de las provincias Guantánamo y Santiago de Cuba

#### **1.4 Documentos legales que amparan la investigación**

La Ley de Minas promulgada el 23 de enero de 1995, en su artículo 9 plantea que la actividad minera se ejecuta teniendo en cuenta la competencia que la legislación le confiere al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en sus asuntos ambientales.

El artículo 41 inciso n) de la misma ley se plantea que los concesionarios están obligados a realizar investigaciones técnico-productivas e introducir innovaciones tecnológicas relacionadas con el objeto de su concesión de maneras a mejorar la eficiencia económica y el aprovechamiento de los recursos naturales. El inciso c) del mismo artículo, plantea que los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área concesionada, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades; tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquéllos que puedan ser afectados.

Esta norma no recoge los indicadores que deben caracterizar la gestión ambiental de una explotación minera, lo cual se considera como un aspecto a completar en el futuro.

La certificación ISO 1400-1 tiene el propósito de apoyar la aplicación de un plan de manejo ambiental en cualquier organización del sector público o privado. Fue creada por la Organización Internacional para Normalización (*International Organization for Standardization* - ISO), una red internacional de institutos de normas nacionales que trabajan en alianza con los gobiernos, la industria y representantes de los consumidores.

Además de ISO 1400-1, existen otras normas ISO que se pueden utilizar como herramientas para proteger el ambiente, sin embargo, para obtener la certificación de protección al medio ambiente sólo se puede utilizar la norma ISO 1400-1.

El grupo de normas ISO, que contiene diversas reglas internacionales que han sido uniformizadas y son voluntarias, se aplica ampliamente en todos los sectores de la industria.

La norma ISO 14001 exige a la empresa crear un plan de manejo ambiental que incluya: objetivos y metas ambientales, políticas y procedimientos para lograr esas metas, responsabilidades definidas, actividades de capacitación del personal, documentación y un sistema para controlar cualquier cambio y avance realizado, además, describe el proceso que debe seguir la empresa y le exige respetar las leyes ambientales nacionales. Sin embargo, no establece metas de desempeño específicas de productividad.

La certificación ISO 14001 la otorgan agencias certificadoras gubernamentales o privadas, bajo su propia responsabilidad. Los servicios de certificación para el programa ISO 14001 son proveídos por agencias certificadoras acreditadas en otros países, ya que todavía no existen autoridades nacionales de acreditación en Centroamérica. Muchas veces, los productores le pagan a un consultor para que les ayude en el proceso de preparar y poner en práctica el plan de protección ambiental y después, el productor paga el costo de la certificación a la agencia certificadora.

Esta certificación es bien conocida en el sector industrial. Con esta certificación se trata de mejorar la manera en que una empresa reduce su impacto en el medio ambiente, lo que puede crear beneficios internos al mejorar el uso de los



recursos (por ejemplo, reduciendo el uso de materia prima y energía, o mejorando el manejo de desechos).

La principal limitación con ISO 14001 es que no hay requisitos específicos. Esto quiere decir que una empresa con metas muy ambiciosas y una con metas más modestas, pueden ser certificadas por igual. En algunos casos, una certificación ISO 14001 sólo significa que la empresa ha desarrollado un plan de protección ambiental y que está cumpliendo con las leyes nacionales referentes al medio ambiente, mientras que, para otras, implica mucho más. En consecuencia, el efecto depende en gran medida del compromiso que asuma cada empresa de manera individual.

Además de la Ley de Minas y de la certificación ISO 14001 se debe prestar la debida atención a la Ley 81 de Medio Ambiente del 11 de julio de 1997 que recoge lo siguiente "Cuba presta especial atención a la protección del medio ambiente en el contexto de una política de desarrollo consagrada en la obra revolucionaria iniciada en 1959, como expresión de lo cual, el Artículo 27 de la Constitución de la República postula que: el estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política.

Es deber de los ciudadanos contribuir al a protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza"

Las acciones ambientales en el país se sustentan en las concepciones martianas acerca de las relaciones del hombre con la naturaleza y en las ricas tradiciones que asocian nuestra historia con una cultura de la naturaleza.

La Ley del Medio Ambiente tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, a fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país.



## **CAPITULO II. ETAPA MÉTODOLOGICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Descripción de las etapas metodológicas**

Las etapas metodológicas de la investigación fueron las que se muestran a continuación:

1. Recopilación, análisis y síntesis de diferentes fuentes bibliográficas.
2. Identificación de los indicadores de gestión ambiental para la evaluación del desempeño de canteras.
3. Determinación de los indicadores de gestión ambiental aplicables a las canteras de materiales de construcción a través de criterio de expertos.
4. Establecimiento los criterios de valoración de cada indicador

#### **1. Recopilación, análisis y síntesis de diferentes fuentes bibliográficas**

Permitió reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales, a través de bibliografía de diferentes trabajos de diploma, tesis de licenciatura, maestría y doctorado en la biblioteca del ISMM, documentos pesquisados en internet que facilitó saber de la temática a nivel internacional y nacional.

#### **2. Identificación de los indicadores de gestión ambiental para la evaluación del desempeño de canteras**

En esta etapa se analizaron diferentes fuentes bibliográficas y se entrevistaron especialistas de la producción para elaborar el listado primario de indicadores de gestión ambiental para medir el desempeño ambiental de una cantera de materiales de construcción.

Como resultado de la etapa se elaboró la lista preliminar de indicadores a evaluar por criterios de expertos.

#### **3. Determinación los indicadores de gestión ambiental aplicables en las canteras de materiales de construcción a través de criterio de expertos**

El criterio de experto a través de la aplicación del Método Delphi se desarrolló de la forma siguiente:

1. Elaboración del cuestionario
2. Determinación del número de expertos
3. Selección de los expertos

4. Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos
5. Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis.

### 1. Elaboración del cuestionario

Se tuvieron en cuenta los principios de la teoría de la comunicación y, además, se crearon mecanismos para reducir los sesgos en las respuestas. También, en principio, se inició la encuesta con preguntas abiertas, a manera de enfoque pre investigativo del problema, y en los cuestionarios subsiguientes se concretaron las preguntas, cerrando el entorno de las respuestas a los puntos neurálgicos del problema tratado. Se facilitó que el experto valorara alternativas a sus respuestas y se solicitó que expusiera sus argumentos; esto último permitirá la ramificación de las preguntas en las próximas rondas de encuestas. La inclusión de preguntas que determinen la capacidad de valoración del tema por parte del experto, constituye un elemento importante para derivar posteriormente la encuesta hacia los expertos, cuya opinión pueda ser significativa.

### 3. Determinación del número de expertos

El número de expertos (n) se determinó mediante la fórmula 1, tomada de Legrá & Silva (2007):

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

Donde:

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

**p:** proporción o probabilidad de fallo al escoger el experto (su valor está entre 0 y 1).

**$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ :** constante cuyo valor está asociado con el nivel de confianza

Tabla 1. Valores de la constante del nivel de confianza

Nivel de confianza	A	$1-\frac{\alpha}{2}$	Z
90	0,10	0,950	1,64
95	0,05	0,975	1,96
99	0,01	0,995	2,58

### 3. Selección de los expertos

Para seleccionar los expertos, se recogieron propuestas entre los especialistas. Para cada experto propuesto se evaluaron aspectos de interés con una escala cualitativa tal como ALTO, MEDIO y BAJO.

La necesidad de evaluar el grado de conocimiento y confiabilidad de los expertos, se obtuvo aplicando una encuesta, formada por dos tablas:

- Una basada en la opinión propia del experto acerca de su nivel de conocimiento del problema.
- Otra basada en distintas fuentes de argumentación.

A través de esta metodología, la competencia de los expertos se determinó por el coeficiente k, el cual se calcula de acuerdo con la opinión del experto sobre su nivel de conocimiento acerca del problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios.

El coeficiente de competencia se calculó por la siguiente fórmula:

Fórmula (2)

$$K = \frac{1}{2} (k_c + k_a)$$

Donde:

k<sub>c</sub>- coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0,1; de esta forma, la evaluación "0" indica que el experto que no tiene absolutamente ningún conocimiento de la problemática correspondiente, mientras que la evaluación "10" significa que el experto tiene pleno conocimiento de la problemática tratada. Entre estas dos evaluaciones extremas hay nueve intermedias. El experto deberá marcar con una cruz en la casilla que estime pertinente.

k<sub>a</sub>- coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto, obtenido como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón.

Estas evaluaciones se cuantificaron utilizando la tabla patrón siguiente:

Tabla 2. Evaluación de cuantificación

Fuente de Argumentación	Alto	Medio	Bajo	Nulo
Análisis Teóricos Realizados	0,3	0,2	0,1	0
Experiencia Obtenida	0,5	0,3	0,2	0
Trabajo de autores nacionales que conoce	0,05	0,04	0,02	0
Trabajo de autores extranjeros que conoce	0,05	0,04	0,02	0
Conocimiento propio sobre el estado del tema	0,05	0,04	0,02	0
Su institución	0,05	0,04	0,02	0
Suma	1	0,66	0,38	0

Las sumas de Alto, así como las sumas de Medio y Bajo no deben exceder del valor 1.

A los expertos se le presentó esta tabla sin cifras, orientándosele marcar con una cruz cuál de las fuentes él considera que ha influido en su conocimiento de acuerdo con el grado A, M o B. Posteriormente, utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calculó el número de puntos obtenidos en total.

Para determinar la competencia del experto se usó los criterios:

- Competencia ALTA si  $K_{comp} > 0,8$
- Competencia MEDIA si  $0.5 < K_{comp} \leq 0,8$
- Competencia BAJA si  $K_{comp} \leq 0,5$

#### 4. Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos

Se confeccionaron encuestas que se les 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 acerca de los aspectos que mayor incidencia tienen en los procesos analizados.

- Primera ronda: se presenta a los expertos, el listado de los indicadores preseleccionados, con el fin de que estos decidieran si estos

indicadores bastaban para conformar el sistema o si a sus criterios era necesario adicionar o modificar alguno.

- En la segunda ronda se procedió a listar y presentar a los expertos los indicadores resultantes de la ronda anterior, con vistas a que realizaran la votación según los procedimientos establecidos, es decir, evaluando con un 1 aquellos indicadores con los que estén de acuerdo y con un 0 aquellas con los que estuvieran en desacuerdo.
- Tercera ronda: se seleccionan los criterios y se evaluó la concordancia de los expertos. Esta ronda se realizó para obtener la influencia de cada indicador seleccionado.

Para decidir esto se calculó el Coeficiente de Concordancia de Kendall (Ecuación 3)

Fórmula (3)

$$K = \frac{12 \sum_{j=1}^p (S_j - S_{med})^2}{M^2(P^3 - P)}$$

Donde:

P: número de criterios que se valoran

M: cantidad de expertos encuestados

S<sub>j</sub>: suma de los valores asignados por los expertos a cada criterio j

S<sub>med</sub>: valor medio de (S<sub>j</sub>) con respecto al número de criterio P

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

Se realiza la prueba de significación para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos.

Los autores Bravo y Arrieta citado por Legrá (2007) asumen intuitivamente que se acepte la concordancia de los expertos cuando  $K > 0,7$  y que se asuma discordancia cuando  $K < 0,4$ . En este caso queda sin precisarse la concordancia de los expertos cuando K está en  $[0,4; 0,7]$ . Mediante la siguiente prueba se puede responder completamente la pregunta.

Sean las hipótesis estadísticas:

**Hipótesis Nula:**

H0: No hay comunidad de intereses entre los expertos con relación a los criterios.

**Hipótesis Alternativa:**

H1: Los expertos están de acuerdo con los criterios, es decir, hay comunidad de intereses.

Siendo:

P-1 los grados de libertad, se calculan los valores

Fórmula (4)

$$X^2_{\text{calculada}} = M (P - 1) K$$

$X^2_{\text{tabulada}}$  (Nivel de significación, Grados de Libertad)

Si:  $X^2_{\text{calculada}} > X^2_{\text{tabulada}}$ , entonces se acepta Ho (Hipótesis Nula).

**4. Criterios de valoración de cada indicador**

Debido a las características y ventajas que presenta la escala ordinal se optó por ella, ya que la misma establece preferencias, no mide magnitudes, es de fácil diseño, de fácil comprensión, sin sesgos en su redacción y no fatiga si hay que jerarquizar pocos conceptos (Sabina, 1992).

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

### **CAPITULO III. INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE CANTERAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

El presente capitulo tiene como fin de determinar los indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de canteras de materiales de construcción a través de la metodología establecida.

#### **3.1 Identificación de los indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras**

Como resultado de esta etapa se identificaron 43 indicadores de gestión ambiental para ser sometidos a criterio de expertos (tabla 3).

Tabla 3. Relación preliminar de indicadores de gestión ambiental

No	Indicadores
1	Porcentaje de materiales utilizados que son materiales reciclados
2	Altura de los bancos
3	Sistema de explotación
4	Nivel de rehabilitación
5	Impacto visual
6	Consumo energético interno
7	Dispone de vallado externo de explotación.
8	Dispone de pantalla vegetales o cordones de tierra perimetrales
9	Dispone de captadores de polvo perimetrales
10	Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad
11	Reducción del consumo energético
12	Fracturación del frente
13	Captación total según la fuente
14	Ancho de las pistas (según normativas)
15	Emisiones directas de efecto invernadero
16	Anchura de trabajo(según normativa)
17	Limpieza del frente
18	Intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero
19	Equipos cumplen normativa vigente del medio ambiente
20	Existen pantallas acústicas
21	Sistema de eliminación de polvo
22	Sistema de eliminación de ruido
23	Estudio de niveles de ruido

24	% total de residuos gestionados, según tipo y método de tratamiento
25	Generación de polvo
26	Estudio de vibraciones
27	Mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios
28	Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga
29	Desglose de los gastos e inversiones para la protección del medio ambiente
30	La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación o reducción de los niveles sonoros
31	Dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
32	Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
33	Disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
34	Sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
35	Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustible y aceite
36	Sistema de eliminación de polvo en las pistas
37	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001
38	Disponen de gestión la calidad ISO 9001
39	Porcentaje de nuevos proveedores que se examinaron en función de criterios ambientales
40	Horas de Especialización
41	Horas de formación
42	Número de incidentes medio ambientales
43	Existencia de un técnico de minas técnico en cantera

### 3.2 Determinación de los indicadores de gestión ambiental

#### 3.2.1 Elaboración del cuestionario

Para determinar los indicadores que influyen en la gestión ambiental de canteras se elaboró un cuestionario (anexo 2) teniendo en cuenta el listado preliminar de indicadores (tabla 3).

#### 3.2.2 Determinación del número de expertos

Una vez elaborado el listado de indicadores, se realizó la selección de los expertos a partir del cálculo del número de expertos (fórmula 1).

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

Donde

$$d=0,25$$

$$p=0,2$$



$Z_{1-\alpha/2}$ : Para un nivel de confianza del 95 %, se tomó  $Z = 1,96$

### 3.2.3 Selección de los expertos

Se determinaron los coeficientes de conocimiento (tabla 4) y de argumentación (tabla 5) de los 12 expertos seleccionados preliminarmente, a partir de los datos recogidos en el anexo1 para obtener el coeficiente de competitividad (tabla 6) de cada uno. Finalmente, resultaron seleccionados 10 expertos, con un grado de competitividad ALTO, según sus características técnico-profesionales.

Tabla 4 Coeficiente de conocimiento de los expertos ( $K_c$ )

Experto1	<b>0,9</b>
Experto2	<b>0,8</b>
Experto3	<b>0,9</b>
Experto4	<b>0,8</b>
Experto5	<b>0,8</b>
Experto6	<b>0,3</b>
Experto7	<b>0,7</b>
Experto8	<b>0,3</b>
Experto9	<b>0,8</b>
Experto10	<b>0,67</b>
Experto11	<b>0,5</b>
Experto12	<b>0,9</b>

Tabla 5. Coeficiente de argumentación de los expertos

Expertos	Coeficiente de argumentación
Para el experto No 1	$K_a=0,3+0,3+0,05+0,05+0,05+0,04=0,78$
Para el experto No 2	$K_a=0,3+0,5+0,05+0,05+0,04+0,05=0,99$
Para el experto No 3	$K_a=0,3+0,5+0,05+0,04+0,04+0,05=0,9$

Para el experto No 4	$K_a=0,2+0,5+0,04+0,04+0,04+0,05=0,8$
Para el experto No 5	$K_a=0,1+0,2+0,02+0,02+0,02+0,04=0,4$
Para el experto No 6	$K_a=0,3+0,3+0,02+0,02+0,04+0,04=0,72$
Para el experto No 7	$K_a=0,2+0,2+0,04+0,02+0,02+0,04=0,52$
Para el experto No 8	$K_a=0,3+0,3+0+0+0,02+0,05=0,67$
Para el experto No 9	$K_a=0,2+0,3+0,04+0,02+0,02+0,02=0,6$
Para el experto No 10	$K_a=0,1+0,3+0,04+0+0+0,05=0,49$
Para el experto No 11	$K_a=0,2+0,3+0+0+0+0,04=0,54$
Para el experto No 12	$K_a=0,3+0,5+0,05+0,05+0,05+0,05=1$

Tabla 6 coeficiente de competencia

Experto	Cálculo del Coeficiente de Competencia	Coeficiente de Competencia
Número 1	$K = \frac{1}{2}(0,9 + 0,78) = 0,84$	ALTO
Número 2	$K = \frac{1}{2}(0,8 + 0,99) = 0,89$	ALTO
Número 3	$K = \frac{1}{2}(0,9 + 0,98) = 0,94$	ALTO
Número 4	$K = \frac{1}{2}(0,8 + 0,87) = 0,83$	ALTO
Número 4	$K = \frac{1}{2}(0,8 + 0,87) = 0,83$	ALTO
Número 5	$K = \frac{1}{2}(0,3 + 0,4) = 0,35$	Bajo
Número 6	$K = \frac{1}{2}(0,7 + 0,72) = 0,71$	Medio
Número 7	$K = \frac{1}{2}(0,3 + 0,52) = 0,41$	Bajo
Número 8	$K = \frac{1}{2}(0,8 + 0,67) = 0,73$	Medio
Número 9	$K = \frac{1}{2}(0,67 + 0,6) = 0,63$	Medio
Número 10	$K = \frac{1}{2}(0,5 + 0,49) = 0,49$	Bajo
Número 11	$K = \frac{1}{2}(0,5 + 0,54) = 0,52$	Medio
Número 12	$K = \frac{1}{2}(1 + 1) = 1$	Alto

### 3.2.4 Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos

Las encuestas confeccionadas (anexo, 2 y 3) se enviaron 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 acerca de los indicadores ambientales que miden el desempeño de una cantera con .

- **Primera ronda del Método Delphi**

En esta ronda se somete al criterio de los expertos el cuestionario del anexo 2, que recoge la tabla 3, para seleccionar los indicadores más importantes en la gestión ambiental en las canteras. Se analizaron los indicadores propuestos y fueron adicionados dos, por sugerencia de los expertos: estudio de la flora y fauna para su conservación, calidad del agua superficial y subterránea. Finalmente, se aceptaron 45 indicadores (Tabla 7) que pasaron a la siguiente ronda.

Tabla 7. Listado ampliado de indicadores

No	Indicadores
1	Porcentaje de materiales utilizados que son materiales reciclados
2	Altura de los bancos
3	Sistema de explotación de explotación
4	Nivel de rehabilitación
5	Impacto visual
6	Consumo energético interno
7	Dispone de vallado externo de explotación.
8	Dispone de pantalla vegetales o cordones de tierra perimetrales
9	Dispone de captadores e polvo perimetrales
10	Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad
1	Reducción del consumo energético
12	Fracturación del frente

13	Captación total según la fuente
14	Ancho de las pistas (según normativas)
15	Emisiones directas de efecto invernadero
16	Anchura de trabajo(según normativa)
17	Limpieza del frente
18	Intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero
19	Equipos cumplen normativa vigente del medio ambiente
20	Existen pantallas acústicas
21	Sistema de eliminación de polvo
22	Sistema de eliminación de ruido
23	Estudio de niveles de ruido
4	Peso total de residuos gestionados, según tipo y método de tratamiento
25	Generación de polvo
26	Estudio de vibraciones
7	Mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios
28	Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar ruido en la carga
29	Desglose de los gastos e inversiones para la protección del medio ambiente
30	La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación o reducción de los niveles sonoros
31	Dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
32	Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
33	Disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración

34	Sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
35	Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustible y aceite
36	Sistema de eliminación de polvo en las pistas
37	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001
38	Disponen de gestión la calidad ISO 9001
39	Porcentaje de nuevos proveedores que se examinaron en función de criterios ambientales
40	Horas de Especialización
41	Horas de formación
2	Número de incidentes medio ambientales
43	Existencia de un técnico de minas técnico en cantera
44	Estudio de la flora y fauna para su conservación
45	Calidad del agua superficial y subterránea

- **Segunda ronda**

En esta ronda, primeramente, se obtuvieron las tablas de frecuencia absoluta (anexo 5.1), después, la tabla de frecuencia acumulada (anexo 5.2) y más adelante, la tabla del inverso de la frecuencia absoluta acumulada (anexo 5.3), para la confección de esta última se dividió el valor de cada celda de la tabla anterior entre el número de expertos consultado, en este caso 10. Se eliminó la última columna porque se trata de cinco categorías y se requieren cuatro puntos de corte (anexo 5.4).

Posteriormente se buscan las imágenes de cada uno de los valores de las celdas de la tabla anterior, por la inversa de la curva (anexo 5.3) y se comparan los resultados obtenidos en cada una de los ítems que se consultaron, con los respectivos puntos de cortes, para llegar a conclusiones sobre la categoría que los expertos coinciden en ubicar el ítems sometido a su criterio (anexo 5.5)

entre los criterios seleccionados por los expertos, con los aspectos previamente considerados por el autor para determinar los indicadores de gestión ambiental.

Las categorías evaluativas empleadas fueron, en orden descendente: muy adecuado (MA), bastante adecuado (BA), adecuado (A), poco adecuado (PA) e inadecuado (I). Se seleccionaron los 24 indicadores (tabla 8) que pasaron a la tercera ronda y se eliminaron los que recibieron menor apoyo de los expertos.

Tabla8 Indicadores seleccionados de la segunda ronda

No	Indicadores
1	Nivel de rehabilitación
2	Impacto visual
3	Dispone de vallado externo de explotación.
4	Dispone de pantalla vegetales o cordones de tierra perimetrales
5	Dispone de captadores e polvo perimetrales
6	Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad
7	Emisiones directas de efecto invernadero
8	Equipos cumplen normativa vigente
9	Existen pantallas acústicas
10	Sistema de eliminación de polvo
11	Sistema de eliminación de ruido
12	Estudio de niveles de ruido
13	Generación de polvo
14	Estudio de vibraciones
15	Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar ruido en la carga
16	Dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
17	Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el

	alimentación y descarga de los equipos de trituración
18	Disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
19	Sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
20	Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustible y aceite
21	Sistema de eliminación de polvo en las pistas
22	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001
23	Estudio de la flora y fauna para su conservación
24	Calidad del agua superficial y subterránea

- **Tercera ronda**

Para obtener la influencia de cada indicador seleccionado (tabla 8), se sometieron los 24 indicadores al criterio de los 10 expertos, teniendo en cuenta una escala de valor 0(mínimo) hasta 1(máximo valor).

Con las evaluaciones realizadas por cada experto, se determinó el grado de concordancia a través del coeficiente de Kendall (Ken).

Del procesamiento de las encuestas se obtuvo el siguiente valor del coeficiente de Kendall = 0,71 lo que confirma la existencia de alta concordancia entre los expertos (anexo 5.6).

### **3.2.5 Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis**

Finalmente, se realizó la prueba de significación para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos. Al respecto, se definieron las siguientes hipótesis con un nivel de significación de 0,05.

De la tercera ronda se obtuvo que Ken= 0,71 lo que permitió calcular

$$X^2 \text{ calculada} = 10 (24-1) 0,72$$

$$X^2 \text{ calculada} = 165,6$$

$$X^2 \text{ tabulada } (0,05, 23)$$

$$X^2 \text{ tabulada } = 35,17$$

Puesto que  $X^2$  calculada  $> X^2$  tabulada se aceptó la hipótesis alternativa, por lo que se puede afirmar que existe concordancia entre los expertos.

Los expertos determinaron que los indicadores que permiten evaluar la gestión ambiental de las canteras se corresponden con los expuestos en la tabla 8

### 3.4. Criterios de valoración de cada indicador

Los criterios de asignación de puntuación y peso a cada indicador utilizado para analizar los aspectos medioambientales, se obtuvieron a través de tormentas de idea y consultas de expertos partiendo de que la evaluación positiva mayor corresponda a la reducción o eliminación del efecto ambiental negativo.

Tabla 9. Criterio de valoración de los indicadores de gestión ambiental de canteras de materiales de construcción

No	Indicadores	Valor	Criterio de valoración
1	Nivel de rehabilitación	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
2	Impacto visual	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
3	Dispone de vallado externo de explotación.	0	Ningún tipo de vallado externo
		3	El 50% de la cantera posee de vallado externo
		5	Disponen de vallado externo
4	Dispone de pantalla vegetales o cordones de tierra perimetrales	0	Ningún tipo de pantalla vegetales
		3	El 50% de la cantera posee de pantalla vegetales
		5	Disponen de pantalla vegetales
5	Dispone de captadores	0	No disponen captadores e polvo



	e polvo perimetrales		perimetrales
		3	El 50% de la cantera posee captadores e polvo perimetrales
		5	Dispone de captadores e polvo perimetrales
6	Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad	0	La cantera no está señalizada
7		3	50% de la cantera esta señalizada
		5	100% de la cantera está señalizada
8	Emisiones directas de efecto invernadero	0	Alto
		3	Medio
		5	Bajo
	Equipos cumplen normativa vigente del medio ambiente	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
9	Existen pantallas acústicas	0	No posee de pantallas acústica
		3	50% de la cantera posee de pantallas acústica
		5	100% posee de pantalla acústica
10	Sistema de eliminación de polvo	0	No posee de sistema de eliminación de polvo
		3	50% de la cantera posee sistema de eliminación de polvo
		5	100% de la cantera posee sistema de eliminación de polvo
11	Sistema de eliminación de ruido	0	No posee de sistema de eliminación de ruido
		3	50% de la cantera posee sistema de

			eliminación de ruido
		5	100% de la cantera posee sistema de eliminación de ruido
12	Estudio de niveles de ruido	0	Bajo
		3	Mediano
		5	Alto
13	Generación de polvo	0	Alto
		3	Mediano
		5	Bajo
14	Estudio de vibraciones	0	Bajo
		3	Mediano
		5	Alto
15	Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar ruido en la carga	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
16	Dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)	0	No dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
		3	50% dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
		5	100% dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)
17	Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el	0	No dispone de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los

	alimentación y descarga de los equipos de trituración		equipos de trituración
		3	50% disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
		5	100% Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
18	Disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración	0	No disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
		3	50% disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
		5	100% disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración
19	Sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos	0	No posee sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
		3	50% posee sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos
		5	100% posee sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos

20	Disponen de trampas para evitar el vertido de combustible y aceite	0	No disponen de trampas para evitar el vertido de combustible y aceite
		3	50% de la cantera No disponen de trampas para evitar el vertido de combustible y aceite
		5	100% disponen de trampas para evitar el vertido de combustible y aceite
21	Sistema de eliminación de polvo en las pistas	0	No posee sistema de eliminación de polvo en las pistas
		3	50% posee sistema de eliminación de polvo en las pistas
		5	100% posee Sistema de eliminación de polvo en las pistas
22	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001	0	No Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001
		5	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001
23	Estudio de la flora y fauna para su conservación	0	Bajo
		3	Medio
		5	Alto
24	Calidad del agua superficial y subterránea	0	Contaminada
		3	Levemente contaminada
		5	No contaminada

## CONCLUSIONES

1. Las consultas de diferentes fuentes bibliográficas y a especialistas de medio ambiente de las canteras de materiales de construcción permitió identificar un listado preliminar de 43 indicadores ambientales para medir el desempeño ambiental de una cantera.
2. A través del criterio de expertos se determinaron 24 indicadores de gestión ambiental aplicable a las canteras de materiales para la construcción de Cuba.
3. Se estableció el criterio de evaluación de cada indicador a partir una escala variable entre 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.

## **RECOMENDACIÓN**

Continuar la investigación para determinar indicadores que caractericen otros aspectos, para la evaluación integral de canteras de materiales de construcción y para otros sectores de la minería, como la roca ornamental y la minería metálica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AZAPAGIC. F. (1998). *Indicators of sustainable development for the minerals extraction industry: Environmental considerations. End Technological challenges posed by sustainable development: the mineral extraction industries*. Madrid: CYTED/IMAAC/UNIDO, pp. 202-217.
2. BOGOTÁ, D.C. (2008). Manual de indicadores. Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.
3. CESIGMA (1998). División América. Auditoría ambiental y diseño del Sistema de Gestión Ambiental de la empresa de explotación minero-metalúrgica de níquel y cobalto Comandante Ernesto Che Guevara. La Habana, pp 86.
4. CCE (Comisión de las Comunidades Europeas). (2001). Propuesta de Decisión del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece el Programa Comunitario de Acción en materia de Medio Ambiente para el 2001-2010. Bruselas.pp 120
5. CONESA,F,(1997).Concepto del Medio Ambiente. Consultado en (febrero 2017). Disponible en <https://books.google.com.cu/books?isbn=8471146975>
6. CORREIA F. (2016). Diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos El Pílon de la provincia Holguín.Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, c. 58h.
7. Delphi. Manual de ayuda, Versión 1.0, pp. 19.
8. FERNÁNDEZ DE CASTRO, A. & LÓPEZ, A. (2013). Validación mediante método Delphi de un sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto sobre el desarrollo local de los proyectos de investigación en el sector agropecuario. Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria. 22, pp. 54-60.
9. FIDALGO, E. C. (2003). Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, pp. 239.
10. Gaceta Oficial de la República de Cuba (1995). Ley No.76, Ley de Minas.
11. Gaceta Oficial de la República de Cuba No 7. (1997). Ley 81 de “Medio Ambiente.
12. GRI. (*Global Reporting Initiative*). (2005). Suplemento GRI del Sector de Minería y Metales Versión piloto 1. 0.

13. GUARDADO LACABA, R. y O. VALLEJO. Proposal of pectoral environmental indicators for the territory of Moa. En Indicators of Sustainability for the mineral extraction industry. Río de Janeiro: CNPq/CYTED, 2002. p. 351-366.
14. GUERRERO D, R. GUARDADO & R. BLANCO. (2003). La conservación del patrimonio geológico y minero como medio para alcanzar el desarrollo sostenible. Revista Minería y Geología.
15. IGLESIAS. C. (2006). El método Delphi gestión por competencias investigación científica. Consultado: (mayo 2017). Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/el-metodo-delphi/>
16. LEGRÁ, L. A. & SILVA, D. O. (2011). La investigación científica, Conceptos y reflexiones. Habana: Félix Varela, pp.445.
17. LEGRÁ, L. A. (2012). Aplicación Informática para aplicar el Método de Expertos
18. LÓPEZ, N. (2007). Diagnostico socio-ambiental de las piedras y la paz, Pautas para la gestión integrada de una zona urbano-rural. Facultad de Ciencias Universidad de la Republica Uruguay.
19. MARTÍNEZ SEGURA, A. (2009). *Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la región de Murcia*. [en línea] Trigueros Tornero. (tutor). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, [Consultado: febrero 2017]. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/1343>
20. MINING MINERALS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROYECT, (MMSD) (2002): Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en América del Sur. Equipo de América del Sur. Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente, CIPMA y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, IDRC- Iniciativa de Investigación sobre Políticas Mineras, IIPM, pp 624.
21. MONTES DE OCA A. y M. ULLOA. (2013). Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera Los Guaos, Santiago de Cuba. Revista Luna Azul. 37, pp. 74-88.
22. MONTES DE OCA. (2012). Recuperación de áreas minadas decanteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba. Tesis de Maestría, Instituto Superior Miner Metalúrgico de Moa, pp 98.



23. PADRÓN F. (2010). Validación mediante método Delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al windsurf. Tesis de grado, Universidad Estatal de Colombia, pp 123.
24. WATSON R. (2008). Situación actual y perspectiva de la explotación de yacimientos de materiales de construcción Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 20 p.
25. RAMÍREZ, M. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá. Universidad Nacional de Colombia, pp. 145.
26. ROBLES C. (2017). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística aplicada. Tesis de maestría. Universidad politécnica de Madrid, pp 123.
27. VALLEJO O. y R. GUARDADO (2000). Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. Minería y Geología.
28. YANN. V (2016) La industria minera: Importancia y sus actividades. Consultado(febrero de 2017). Disponible en [http://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwjHxsr0m4vSAhUs34MKHTb2BEIQFggxMAQ&url=http%3A%2F%2Fboletinderecho.upsjb.edu.pe%2Farticulos%2Findustria\\_minera.doc&u sg=AFQjCNG6BtUEdNcLCyvxgohd4qV4FR66pw](http://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwjHxsr0m4vSAhUs34MKHTb2BEIQFggxMAQ&url=http%3A%2F%2Fboletinderecho.upsjb.edu.pe%2Farticulos%2Findustria_minera.doc&u sg=AFQjCNG6BtUEdNcLCyvxgohd4qV4FR66pw).

# ANEXOS

## ANEXO 1. ENCUESTA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE COMPETENCIA DEL EXPERTO

Nombre y apellidos:

Usted ha sido seleccionado como posible experto para ser consultado respecto al grado de relevancia de los indicadores que han sido utilizados por varios investigadores para la evaluación de la gestión ambiental para el desempeño de canteras de materiales de construcción. Necesitamos antes de realizarle la consulta correspondiente, como parte del método empírico de investigación “consulta a expertos”, determinar su coeficiente de competencia en este tema, a los efectos de reforzar la validez del resultado de la consulta que realizaremos. Por esta razón, le rogamos que responda las siguientes preguntas de la forma más objetiva posible.

1.- Marque con una cruz (X), en la tabla siguiente, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento que usted posee sobre el tema “Indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras de materiales de construcción”.

Considere que la escala que le presentamos es ascendente, es decir, el conocimiento sobre el tema referido va creciendo desde 1 hasta 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2.- Realice una autovaloración del grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación ha tenido en su conocimiento y criterio sobre la “Indicadores de gestión ambiental para la evaluación de canteras de materiales de construcción”.

Para ello marque con una cruz (X), según corresponda, en A (alto), M (medio) o B (bajo).

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajo de autores nacionales			
Trabajo de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

Valoramos altamente su colaboración y esperamos su confirmación de participación. Le rogamos proponga otros especialistas que usted considere con potencialidad para participar en esta investigación.

Muchas gracias por su colaboración

## ANEXO 2. CUESTIONARIO ENVIADO A LOS EXPERTOS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_.

Institución a la que pertenece: \_\_\_\_\_.

Cargo actual: \_\_\_\_\_.

Calificación profesional, grado científico o académico:

Profesor: \_\_\_\_\_. Licenciado: \_\_\_\_\_. Especialista: \_\_\_\_\_. Master: \_\_\_\_\_. Doctor: \_\_\_\_\_.

Años de experiencia en el cargo: \_\_\_\_\_.

Años de experiencia docente y/o en la investigación: \_\_\_\_\_.

Le estoy enviando un listado de indicadores para la evaluación de la gestión ambiental para el desempeño de canteras de materiales que se utilizarán en el trabajo de diploma: Indicadores para la evaluación de gestión ambiental de canteras para materiales de la construcción.

- 1) Seleccione los indicadores que usted considera más importantes para la evaluación de gestión ambiental de las canteras de materiales de construcción. Marque con una cruz (X), en la tabla siguiente:

No	Indicadores	Selección
1	Porcentaje de materiales utilizados que son materiales reciclados	
2	Altura de los bancos	
3	Sistema de explotación de explotación	
4	Nivel de rehabilitación	
5	Impacto visual	
6	Consumo energético interno	
7	Dispone de vallado externo de explotación.	
8	Dispone de pantalla vegetales o cordones de tierra perimetrales	

9	Dispone de captadores e polvo perimetrales	
10	Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad	
11	Reducción del consumo energético	
12	Fracturación del frente	
13	Captación total según la fuente	
14	Ancho de las pistas (según normativas)	
15	Emisiones directas de efecto invernadero	
16	Anchura de trabajo(según normativa)	
17	Limpieza del frente	
18	Intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero	
19	Equipos cumplen normativa vigente del medio ambiente	
20	Existen pantallas acústicas	
21	Sistema de eliminación de polvo	
22	Sistema de eliminación de ruido	
23	Estudio de niveles de ruido	
24	Peso total de residuos gestionados, según tipo y método de tratamiento	
25	Generación de polvo	
26	Estudio de vibraciones	
27	Mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios	
28	Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar ruido en la carga	
29	Desglose de los gastos e inversiones para la	

	protección del medio ambiente	
30	La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación o reducción de los niveles sonoros	
31	Dispone de sistema de eliminación de polvo(aspersores, campanas)	
32	Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en el alimentación y descarga de los equipos de trituración	
33	Disponen de sistemas que reduzcan o elimine el polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración	
34	Sistema de eliminación de reducción de polvo en la descarga de los silos	
35	Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustible y aceite	
36	Sistema de eliminación de polvo en las pistas	
37	Disponen de sistema de gestión medio ambiental ISO 14001	
38	Disponen de gestión la calidad ISO 9001	
39	Porcentaje de nuevos proveedores que se examinaron en función de criterios ambientales	
40	Horas de Especialización	
41	Horas de formación	
42	Número de incidentes medio ambientales	
43	Existencia de un técnico de minas técnico en cantera	

- 2) Añada otros indicadores que usted considere deben tenerse en cuenta para obtener el nivel de desempeño ambiental de las canteras:

Muchas gracias por su colaboración

### **ANEXO 3**

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_.

Institución a la que pertenece: \_\_\_\_\_.

Cargo actual: \_\_\_\_\_.

Calificación profesional, grado científico o académico:

Profesor: \_\_\_\_\_. Licenciado: \_\_\_\_\_. Especialista: \_\_\_\_\_. Master: \_\_\_\_\_. Doctor: \_\_\_\_\_.

Años de experiencia en el cargo: \_\_\_\_\_.

Años de experiencia docente y/o en la investigación: \_\_\_\_\_.

Valore la importancia de cada indicador elegido por Uds. teniendo en cuenta una escala de valor 0 (mínimo) hasta 1 (máximo valor).

Indicador	Valor




Muchas gracias por su colaboración

#### Anexo 4. Características de los expertos seleccionados

Calificación profesional			
Centro de trabajo	Cantidad	Descripción	Labor que realizan
Centro docente nacional	2	ISMM	Docencia-investigación
Centro de investigación	0		Investigación-producción
Producción y servicio	10	Empresa de Materiales de Construcción de Holguín y Santiago de Cuba	Producción
Centro Extranjero	0		Docencia-Investigación
Total	12		
Calificación académica			
Graduados universitarios	Especialidad de postgrado	Maestría	Doctor en Ciencias
	1	9	2
Años de experiencia			
Rangos	Docencia-investigación	Producción	Investigación-producción
1 – 5 años			
6 – 10 años			
11 – 15 años	2		
16 – 20 años		9	
21 – 25 años			
Más de 26 años		1	
Sub-Total	2	10	

Total	12
-------	----

## ANEXO 5. RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA

Anexo 5.1 Tabla de frecuencia absoluta

TABLA I	MA	BA	A	PA	I	Columna1
CONTENIDOS	C1	C2	C3	C4	C5	TOTAL
C 1	1	0	0	0	9	10
C 2	1	0	0	0	9	10
C 3	1	0	0	0	9	10
C 4	7	0	0	2	1	10
C 5	7	0	1	1	1	10
C 6	1	1	1	4	3	10
C 7	5	5	0	0	0	10
C 8	7	3	0	0	0	10
C 9	6	4	0	0	0	10
C 10	7	3	0	0	0	10
C 11	2	0	0	5	3	10
C 12	1	0	0	3	6	10
C 13	1	0	0	4	5	10
C 14	1	0	0	7	2	10
C 15	1	0	0	5	4	10
C 16	1	0	1	5	3	10
C 17	1	0	0	5	4	10
C18	6	3	1	0	0	10

C19	9	0	1	0	0	10
C20	8	1	1	0	0	10
C21	6	1	3	0	0	10
C22	9	1	0	0	0	10
C23	7	1	2	0	0	10
C24	1	0	0	1	8	10
C25	8	0	2	0	0	10
C26	8	2	0	0	0	10
C27	1	0	0	3	6	10
C28	7	2	1	0	0	10
C29	1	0	1	5	3	10
C30	1	0	1	2	6	10
C31	5	5	0	0	0	10
C32	6	4	0	0	0	10
C33	5	5	0	0	0	10
C34	7	2	1	0	0	10
C35	5	5	0	0	0	10
C36	5	5	0	0	0	10
C37	4	6	0	0	0	10
C38	1	0	0	5	4	10
C39	1	0	0	5	4	10
C40	2	0	0	1	7	10
C41	3	0	2	0	5	10

C42	1	0	0	1	8	10
C43	1	0	0	1	8	10
C44	8	1	0	1	0	10
C45	10	0	0	0	0	10

### Anexo 5.2 Tabla de frecuencia acumulada

CONTENIDOS	MA	BA	A	PA	I
C 1	1	1	1	1	10
C 2	1	1	1	1	10
C 3	1	1	1	1	10
C 4	7	7	7	9	10
C 5	7	7	8	9	10
C 6	1	2	3	7	10
C 7	5	10	10	10	10
C 8	7	10	10	10	10
C 9	6	10	10	10	10
C 10	7	10	10	10	10
C 11	2	2	2	7	10
C 12	1	1	1	4	10
C 13	1	1	1	5	10
C 14	1	1	1	8	10

C 15	1	1	1	6	10
C 16	1	1	2	7	10
C 17	1	1	1	6	10
C18	6	9	10	10	10
C19	9	9	10	10	10
C20	8	9	10	10	10
C21	6	7	10	10	10
C22	9	10	10	10	10
C23	7	8	10	10	10
C24	1	1	1	2	10
C25	8	8	10	10	10
C26	8	10	10	10	10
C27	1	2	4	4	10
C28	7	9	10	10	10
C29	1	1	2	7	10
C30	1	1	2	4	10
C31	5	10	10	10	10
C32	6	10	10	10	10
C33	5	10	10	10	10
C34	7	9	10	10	10
C35	5	10	10	10	10
C36	5	10	10	10	10
C37	4	10	10	10	10

C38	1	1	1	6	10
C39	1	1	1	6	10
C40	2	2	2	3	10
C41	3	3	5	5	10
C42	1	1	1	2	10
C43	1	1	1	2	10
C44	8	9	9	10	10
C45	10	10	10	10	10

### Anexo 5.3. Tabla del inverso de la frecuencia absoluta acumulada

TABLA III	MA	BA	A	I
CONTENIDOS	C1	C2	C3	C4
C 1	0.1	0.1	0.1	0.1
C 2	0.1	0.1	0.1	0.1
C 3	0.1	0.1	0.1	0.1
C 4	0.7	0.7	0.7	0.9
C 5	0.7	0.7	0.8	0.9
C 6	0.1	0.2	0.3	0.7
C 7	0.5	1	1	1



C 8	0.7	1	1	1
C 9	0.6	1	1	1
C 10	0.7	1	1	1
C 11	0.2	0.2	0.2	0.7
C 12	0.1	0.1	0.1	0.4
C 13	0.1	0.1	0.1	0.5
C 14	0.1	0.1	0.1	0.8
C 15	0.1	0.1	0.1	0.6
C 16	0.1	0.1	0.2	0.7
C 17	0.1	0.1	0.1	0.6
C18	0.6	0.9	1	1
C19	0.9	0.9	1	1
C20	0.8	0.9	1	1
C21	0.6	0.7	1	1
C22	0.9	1	1	1
C23	0.7	0.8	1	1
C24	0.1	0.1	0.1	0.2
C25	0.8	0.8	1	1
C26	0.8	1	1	1
C27	0.1	0.2	0.4	0.4
C28	0.7	0.9	1	1
C29	0.1	0.1	0.2	0.7
C30	0.1	0.1	0.2	0.4

C31	0.5	1	1	1
C32	0.6	1	1	1
C33	0.5	1	1	1
C34	0.7	0.9	1	1
C35	0.5	1	1	1
C36	0.5	1	1	1
C37	0.4	1	1	1
C38	0.1	0.1	0.1	0.6
C39	0.1	0.1	0.1	0.6
C40	0.2	0.2	0.2	0.3
C41	0.3	0.3	0.5	0.5
C42	0.1	0.1	0.1	0.2
C43	0.1	0.1	0.1	0.2
C44	0.8	0.9	0.9	1
C45	1	1	1	1

#### Anexo 5.4. Determinación de los puntos de corte

TABLA IV	Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8
CONTENIDOS	C1	C2	C3	C4	Suma	Promedio	N - Prom.	
C 1	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	-5.12	-1.28	2.12	INADECUADO
C 2	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	-5.12	-1.28	2.12	INADECUADO
C 3	-1.28	-1.28	-1.28	-1.28	-5.12	-1.28	2.12	INADECUADO
C 4	0.52	0.52	0.52	1.28	2.84	0.71	0.13	MUY ADECUADO
C 5	0.52	0.52	0.84	1.28	3.16	0.79	0.05	MUY ADECUADO
C 6	-1.28	-0.84	-0.52	0.52	-2.12	-0.53	1.37	POCO ADECUADO
C 7	0	3.49	3.49	3.49	10.47	2.62	-1.78	MUY ADECUADO
C 8	0.52	3.49	3.49	3.49	10.99	2.75	-1.91	MUY ADECUADO
C 9	0.25	3.49	3.49	3.49	10.72	2.68	-1.84	MUY ADECUADO
C 10	0.52	3.49	3.49	3.49	10.99	2.75	-1.91	MUY ADECUADO
C 11	-0.84	-0.84	-0.84	0.52	-2	-0.5	1.34	POCO ADECUADO
C 12	-1.28	-1.28	-1.28	-0.25	-4.09	-1.02	1.86	POCO ADECUADO
C 13	-1.28	-1.28	-1.28	0	-3.84	-0.96	1.8	POCO ADECUADO
C 14	-1.28	-1.28	-1.28	0.84	-3	-0.75	1.59	POCO ADECUADO
C 15	-1.28	-1.28	-1.28	0.25	-3.59	-0.9	1.74	POCO ADECUADO
C 16	-1.28	-1.28	-0.84	0.52	-2.88	-0.72	1.56	INADECUADO
C 17	-1.28	-1.28	-1.28	0.25	-3.59	-0.9	1.74	POCO ADECUADO
C18	0.25	1.28	3.49	3.49	8.51	2.13	-2.13	MUY ADECUADO
C19	1.28	1.28	3.49	3.49	9.54	2.39	-2.39	MUY ADECUADO

C20	0.84	1.28	3.49	3.49	9.1	2.28	-2.28	MUY ADECUADO
C21	0.25	0.52	3.49	3.49	7.75	1.94	-1.94	MUY ADECUADO
C22	1.28	3.49	3.49	3.49	11.75	2.94	-2.94	ADECUADO
C23	0.52	0.84	3.49	3.49	8.34	2.09	-2.09	MUY ADECUADO
C24	-1.28	-1.28	-1.28	-0.84	-4.68	-1.17	1.17	POCO ADECUADO
C25	0.84	0.84	3.49	3.49	8.66	2.17	-2.17	MUY ADECUADO
C26	0.84	3.49	3.49	3.49	11.31	2.83	-2.83	ADECUADO
C27	-1.28	-0.84	-0.25	-0.25	-2.62	-0.66	0.66	INADECUADO
C28	0.52	1.28	3.49	3.49	8.78	2.2	-2.2	ADECUADO
C29	-1.28	-1.28	-0.84	0.52	-2.88	-0.72	0.72	POCO ADECUADO
C30	-1.28	-1.28	-0.84	-0.25	-3.65	-0.91	0.91	INADECUADO
C31	0	3.49	3.49	3.49	10.47	2.62	-2.62	POCO ADECUADO
C32	0.25	3.49	3.49	3.49	10.72	2.68	-2.68	ADECUADO
C33	0	3.49	3.49	3.49	10.47	2.62	-2.62	ADECUADO
C34	0.52	1.28	3.49	3.49	8.78	2.2	-2.2	ADECUADO
C35	0	3.49	3.49	3.49	10.47	2.62	-2.62	ADECUADO
C36	0	3.49	3.49	3.49	10.47	2.62	-2.62	ADECUADO
C37	-0.25	3.49	3.49	3.49	10.22	2.56	-2.56	ADECUADO
C38	-1.28	-1.28	-1.28	0.25	-3.59	-0.9	0.9	POCO ADECUADO
C39	-1.28	-1.28	-1.28	0.25	-3.59	-0.9	0.9	POCO ADECUADO
C40	-0.84	-0.84	-0.84	-0.52	-3.04	-0.76	0.76	POCO ADECUADO
C41	-0.52	-0.52	0	0	-1.04	-0.26	0.26	POCO ADECUADO
C42	-1.28	-1.28	-1.28	-0.84	-4.68	-1.17	1.17	POCO ADECUADO

C43	-1.28	-1.28	-1.28	-0.84	-4.68	-1.17	1.17	POCO ADECUADO
C44	0.84	1.28	1.28	3.49	6.89	1.72	-1.72	MUY ADECUADO
C45	3.49	3.49	3.49	3.49	13.96	3.49	-3.49	MUY ADECUADO
Suma	-11.44	31.93	54.32	75.63	150.44	37.66		
Punto de corte	-0.25	0.71	1.21	1.68	3.34	0.84	= N	

### 5.5. Tabla de conclusiones generales

Indicadores	MA	BA	A	PA	IA
C 1	-	-	-	Sí	-
C 2	-	-	-	Sí	-
C 3	-	-	-	sí	-
C 4	sí	-	-	-	-
C 5	sí	-	-	-	-
C 6	-	-	-	sí	-
C 7	sí	-	-	-	-
C 8	sí	-	-	-	-
C 9	sí	-	-	-	-
C 10	sí	-	-	-	-
C 11	-	-	-	sí	-
C 12	-	-	-	sí	-
C 13	-	-	-	sí	-
C 14	-	-	-	sí	-
C 15	-	-	-	sí	-
C 16	-	-	-	-	Sí
C 17	-	-	-	sí	-
C18	sí	-	-	-	-
C19	sí	-	-	-	-
C20	sí	-	-	-	-
C21	sí	-	-	-	-

C22	-	-	sí	-	-
C23	sí	-	-	-	-
C24	-	-	-	sí	-
C25	sí	-	-	-	-
C26	-	-	sí	-	-
C27	-	-	-	-	Sí
C28	-	-	sí	-	-
C29	-	-	-	Sí	-
C30	-	-	-	-	Sí
C31	-	-	-	sí	-
C32	-	-	sí	-	-
C33	-	-	sí	-	-
C34	-	-	sí	-	-
C35	-	-	sí	-	-
C36	-	-	sí	-	-
C37	-	-	sí	sí	-
C38	-	-	-	sí	-
C39	-	-	-	sí	-
C40	-	-	-	sí	-
C41	-	-	-	sí	-
C42	-	-	-	sí	-
C43	-	-	-	sí	-
C44	sí	-	-	-	-

C45	sí	-	-	-	-
-----	----	---	---	---	---



## ANEXO 5.6. RESULTADOS DE LA TERCERA RONDA

Columna1	Columna2	Columna3	Columna4	Columna5	Columna6	Columna7	Columna8	Columna9	Columna10	Columna11	Columna12	Columna13	Columna14	Columna15	Columna16	Columna17	Columna18	Columna19	Columna20	Columna21	Columna22	Columna23	Columna24	Columna25
M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
exp 1	24	24	5	3	0	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp2	24	24	0	0	12	5	0	24	15	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp3	24	24	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	15	24	24	24
exp4	24	24	0	5	0	6	0	24	18	24	24	24	10	5	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp5	24	24	0	0	10	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp6	24	24	0	0	0	0	0	24	12	24	24	12	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp7	24	24	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	10	10	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp8	24	24	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp9	24	24	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
exp10	24	24	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	10	0	0	24	0	0	0	0	0	24	24	24
Si	240	240	5	8	22		0	240	11	240	240	228	100	15	0	240	0	0	0	0	15	240	240	240
Smed	115.70																							
(Sj-Smed)	124.29	124.29	-110	-107	-93	-104	-115	124.29	97.29	124.29	124.29	112.29	-15	-100	-115	124.29	-115	-115	-115	-115	-100	124.29	124.29	124.29

(Sj-Smed)2	154 48.4 184	154 48.4 184	122 56.3 351	116 01.0 851	878 1.2	109 63.8 351	133 88.4 1	1544 8.41	946 5.66	154 48.4 18	154 48.4 1	126 09.4 1	246	101 42.1 6	133 88.4 1	154 48.4 1	133 88.4 1	133 88.4 1	133 88.4 1	133 88.4 1	101 42.1 6	15448. 4184	15448 .41	15448. 41
sumatoria	Sj-Smed)2	305 574. 958																						
Ken	0.72																							