



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

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero en Minas

Título: *Diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos Los
Caliches en la provincia de Holguín*

Autora: *Clotilde Jandira Naluziath Gonçalves*

Tutores: *Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés*

Dra. C. Naisma Hernández Jatib

Curso

2015 – 2016

Año 58 de la Revolución



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

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero en Minas

Título: *Diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos Los Caliches en la provincia de Holguín*

Autora: *Clotilde Jandira Naluziath Gonçalves*

Tutores: *Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés*

Dra. C. Naisma Hernández Jatib

Curso

2015 – 2016

Año 58 de la Revolución

DEDICATORIA

*A toda mi familia en especial a mi madre Bibiana Naluziath
por su amor incondicional y por ser siempre mi pilar.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida, también por darme especialmente un hogar, un lugar entre los hermanos y hermanas en Cristo.

A mi novio Vando Patricio Fernandes Leitão Ribeiro por todo el apoyo y por nunca haber desistido ante mis fallas.

A mis tutores: Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés y Dra. C. Naisma Hernández Jatib por ayudarme a conseguir el resultado final de mi carrera, así como al Ing. Olven Falcó Oropeza.

A todos lo que de una forma u otra me brindaron su ayuda y colaboración, al departamento de Minería y a todos los profesores que me condujeron para que pudiera llegar hasta el final.

La gratitud especial a la Dr. C Naisma Hernández Jatib por ser más que una amiga y por haberme recibido en su casa como una hija, también al Dr. C Roberto L. Watson Quesada, al Esp. Julio Montero Matos, además agradezco al MSc. Alexis Montes de Oca Risco, al Dr. C. Ramón Polanco Almanza y a mis compañeros de aula y especial agradecimiento a mis colegas Helder Mucuta Lito, Alberto Bunga y Francisca Víctor, así como, la profesora Susana Carralero Rodríguez.

PENSAMIENTO

El éxito lo consiguen aquellos que siempre son humildes y aun siendo grandes no se olvidan ni de dónde vienen ni quiénes son.

Anónimo.

RESUMEN

Esta investigación es parte del proyecto de investigación “Caracterización minero-ambiental de las canteras de materiales de construcción del este de Cuba” que se desarrolla en las cinco provincias del este del país. Tiene como objetivo general realizar el diagnóstico tecnológico de la cantera Los Caliches, el análisis de los parámetros característicos de la técnica minera, los aspectos medioambientales y de seguridad y su situación socio-económica. Para ello, se aplicó la matriz de evaluación de canteras (mECA), que permite 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. Los valores obtenidos de cada variable permitieron obtener el valor final del índice mECA (43%) lo cual evalúa a la cantera de regular.

ABSTRACT

This research is part of the investigative project "Mining-environmental characterization of the quarries of building material in the eastern Cuba" developed in the five provinces of this country. Which has a general objective of carrying out a technological diagnosis of the quarry site Los Caliches; an analysis of the characteristic parameters of mining engineering; the environmental and safety aspects and its socio-economic situation. For this purpose, the quarry assessment matrix (mECA) was applied. It allows checking the degree of implementation of the available techniques for the evaluated aspects as well as designing technological improvements which contribute to raise the efficiency and quality of mining production, and reduce negative impacts to the environment. For the application of the technological diagnostic in the quarry site Los Caliches, it was necessary to identify the variables and indicators that compose the mECA, The resulting values for each variable allowed obtaining the final value of the mECA index in (43%) which evaluates the quarry site as regular.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	5
1.1. Importancia de los áridos	5
1.2. Particularidad de la producción de áridos	5
1.3. Producción de áridos en Cuba	7
1.4. Diagnóstico tecnológico	7
1.5. Matriz de evaluación de canteras de áridos (mECA)	8
1.6. Situación actual de la temática en Cuba	9
1.7. Fundamento legal de la investigación	10
CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CANTERA DE ÁRIDOS.....	13
2.1. Variables e indicadores de la mECA	13
2.2. Descripción de la mECA para la cantera Los Caliches	16
2.3. Descripción del procedimiento de la aplicación de la mECA	17
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE LA CANTERA LOS CALICHES.....	22
3.1. Caracterización general de la cantera Los Caliches	22
3.2. Selección de las variables y los indicadores que componen la mECA.....	28
3.3. Aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches	31
3.4. Descripción de los aspectos evaluados en la cantera Los Caliches.....	32
3.4.1. Aspecto técnico	32
3.4.2. Aspecto medioambiental y de seguridad	34
3.4.3. Aspecto socio-económico	36
3.5. Cálculo de la mECA para la cantera Los Caliches	37
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXO	

INTRODUCCIÓN

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales que, con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos mediante procesos de manufactura con un creciente desarrollo tecnológico (Bendler, 2009; citado por Rilva 2012).

En el Congreso de Áridos de España (Luaces, Carretón & Maceda, 2015a) se planteó que los agregados pétreos son el segundo producto más consumido por el hombre después del agua, a la vez que constituyen un insumo fundamental para la construcción, una de las principales fuentes de crecimiento económico y por tanto de bienestar para la sociedad. Paralelamente a esta situación, existen normas en materia de prevención de riesgos laborales, calidad y medioambiente, que han provocado la aparición de sistemas para la gestión de estas variables, con el objetivo de facilitar a la empresa su aplicación y control.

Martínez (2009) expresa que estos materiales representan la porción de menor costo en una obra y constituyen el mayor volumen de los componentes del producto final, lo que permite aseverar que el aumento de la demanda en este sector durante los últimos años, ha generado un incremento en la extracción de materia prima y en consecuencia una mayor tecnificación del sector, mejores equipos, más técnicos y trabajadores con mayor calificación, transformándose la dimensión empresarial del sector.

Como toda actividad minera, que se lucra con la explotación de recursos naturales no renovables, lo que implica la responsabilidad política y social, además del análisis de la relación costo/beneficio, hay que garantizar un mínimo impacto ambiental mediante actividades de mitigación, conservación y compensación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

En Cuba la industria de materiales de construcción es una de las principales ramas de la economía en la que juega un papel fundamental la explotación de estos yacimientos para la producción de áridos y materiales que deben integrarse y compatibilizarse en dos ámbitos: la participación en los planes y programas de la Revolución y su contribución a los requerimientos de las políticas nacionales y provinciales que estén en correspondencia con el papel de cada territorio y su

vinculación con el desarrollo sostenible para la prosperidad y satisfacción de las necesidades de la sociedad. Sin embargo, según Hernández (2015) la industria de materiales para la construcción en el país no ha alcanzado el desarrollo tecnológico necesario ni la adecuada introducción de la dimensión ambiental en todas las etapas de la minería.

En consecuencia, en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en Cuba (Partido Comunista de Cuba, 2011) se enfatiza la necesidad de recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país. En ellos se ha declarado que se debe definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial y se indica: "...que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país, a fin de promover su modernización. Asimismo, debe priorizarse que las entidades económicas, en todas las formas de gestión, contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas..."

El yacimiento Los Caliches, ubicado en el municipio de Gibara, es de gran importancia para el desarrollo socio-económico de la provincia debido al volumen de materia prima que extrae, esto lo convierte en un objeto social de producción y comercialización de áridos. La calidad de la materia prima que se extrae se debe a que posee una planta de preparación mecánica que posibilita la obtención de los materiales de construcción como: grava, granito, arena y polvo de piedra. Esta cantera es la más importante en la provincia Holguín, sin embargo, no se han realizado estudios, científicamente argumentados, sobre los aspectos técnicos, medioambientales y socio-económicos de la misma.

La revisión bibliográfica, permitió comprobar que en el país no se han realizado diagnósticos integrales que analicen, las tecnologías existentes, determinen el nivel técnico de las canteras en explotación y su desempeño ambiental.

Partiendo de lo anterior se declara como **problema** de la investigación la necesidad de realizar un diagnóstico tecnológico de la cantera Los Caliches que permita evaluar de forma integral su desempeño y contribuya a elevar la eficiencia, la calidad de su producción y disminuir el impacto ambiental.

El **objeto de estudio** es el diagnóstico tecnológico de cantera de áridos y el **campo de acción** la cantera de áridos Los Caliches.

El **objetivo general** es realizar un diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos Los Caliches para evaluar de forma integral su desempeño y contribuir a elevar la eficiencia, la calidad de producción y disminuir el impacto ambiental.

La **hipótesis** de esta investigación es que si se caracteriza la cantera Los Caliches, se seleccionan las variables y los indicadores que componen la mECA y se aplica la misma, entonces se podrá obtener un diagnóstico tecnológico de la cantera que permita evaluar de forma integral su desempeño.

Del objetivo general se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

- Caracterizar la cantera Los Caliches.
- Seleccionar las variables y los indicadores que componen la mECA para la cantera Los Caliches.
- Aplicar la mECA en la cantera Los Caliches.

Los principales métodos de investigación científica empleados en el trabajo se exponen a continuación:

Empíricos:

- Observación: para conocer la realidad de la cantera de áridos, las características tecnológicas y el estado actual del medio ambiente.
- Entrevista a especialistas para fundamentar la elección de los principales indicadores que inciden en la evaluación tecnológica de la cantera.
- Compilación: permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

Teóricos:

- Histórico-lógico: para analizar la trayectoria tecnológica de la cantera.
- Deductivo-Inductivo: para la identificación de los principales indicadores que inciden en la evaluación desde el punto de vista tecnológico, medioambiental y socio-económico de las canteras de áridos.

- Hipotético-Deductivo: para la formulación de la hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.

Las etapas en las que se desarrolla el presente trabajo son las siguientes:

Primera etapa:

El diseño de la investigación y el análisis bibliográfico del tema.

Segunda etapa:

Elaboración de la mECA para la cantera Los Caliches.

Que comprende:

- Recopilar y organizar la información existente en el proyecto de explotación y de medio ambiente de la cantera y seleccionar la información relacionada con los planes de producción.
- Visitar la cantera objeto de estudio para comprobar la información que ha sido recopilada, consultar con los especialistas necesario sobre los aspectos de interés que no aparecen en la documentación analizada y seleccionar las variables y sus indicadores.

Tercera etapa:

Evaluación de la cantera de áridos a través de la aplicación de la mECA.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

El objetivo del presente capítulo es ofrecer una visión general sobre el diagnóstico tecnológico de una cantera de áridos. A partir del conocimiento de los antecedentes ha sido seleccionada y analizada la información más importante, para establecer y aplicar una metodología que permita determinar el estado tecnológico.

1.1. Importancia de los áridos

Los áridos son materias primas minerales directamente relacionadas con el desarrollo socio-económico de un país y, consecuentemente, con la calidad de vida de la sociedad. Al utilizarse, fundamentalmente en la construcción de viviendas, hospitales, escuelas, centros comerciales y en las obras de infraestructura: carreteras, vías de ferrocarril, puertos, embalses, aeropuertos, constituyen un buen índice de su actividad económica en cada momento. Así, la producción de áridos para obras civiles y para la construcción de edificios es una de las mayores industrias del mundo.

En la última década el desarrollo del sector de la construcción, el perfeccionamiento industrial, los logros técnicos, el crecimiento del consumo de áridos convierten a la industria de materiales de construcción como la industria minera más importante del mundo en términos de volúmenes de producción, ya que extrae más del 69% del total de materias primas minerales del mundo, además que el consumo por habitante/año consecuentemente es superior al de toda la minería. Los áridos procedentes de rocas trituradas son los más consumidos (46,3%), seguidos por las arenas y gravas (40,5%) y los áridos marinos (2,2%). En cuanto al consumo de áridos de fuentes secundarias, los áridos reciclados y reutilizados representaron el 8,3% mientras que los artificiales alcanzaron el 2,6%. (Luaces, Carretón & Maceda, 2015b).

1.2. Particularidad de la producción de áridos

Según los datos obtenidos del Banco Mundial, la producción de áridos a nivel internacional en el año 2015, fue de 37 500 millones de toneladas, lo que representa un consumo medio de 4 800 kilogramos por habitante/año, se cita China como el mayor productor con el 40%, India y el resto de Asia 26% del total,

Iberoamérica 5%, Oceanía y Norteamérica 6%, África 7%, Estados Unidos de América 5% y Europa 11% del consumo mundial (Luaces, Carretón & Maceda, 2015c).

En los países más industrializados de Europa Occidental (Alemania, Reino Unido, Francia, países nórdicos) se observan tendencias decrecientes en la extracción de arenas y gravas, a causa de las limitaciones restrictivas que por motivaciones medioambientales se vienen imponiendo. No obstante, en esos países la extracción de arenas y gravas de la plataforma continental está permitida y representa un importante volumen de producción, por lo que los áridos naturales en conjunto todavía representan más de 40% de la producción total (Rilva, 2012).

En el Reino Unido, aproximadamente el 60% de los áridos producidos corresponden a áridos de trituración, el 34% fueron arenas y gravas continentales y el 6% fueron áridos marinos. En España, sin embargo, la producción de áridos de la plataforma solo se autoriza para las obras de regeneración de playas y la construcción de puertos, por lo que no se incluyen en las estadísticas del comercio de áridos, por esa razón la extracción de gravas y arenas solo representa el 30% de la producción.

Rilva (2012) plantea que en América los indicadores económicos muestran que el sector de la construcción es uno de los sectores que más ha crecido. En República Dominicana durante décadas los ríos han aportado los grandes volúmenes de agregados demandados por la industria de la construcción, lo que ha provocado severos impactos negativos en los cauces, las márgenes y las terrazas de los ríos. Ante esa situación se impone la producción de agregados a partir de fuentes alternativas, entre las que se destacan los paleocauces, las terrazas fluviales, los abanicos aluviales y las canteras de rocas ígneas y sedimentarias.

En Argentina es muy empleada las arenas de ríos, las que aportan anualmente cinco millones de toneladas de arena para la construcción, son extraídas por 47 empresas areneras. Más del 70% de esa extracción es enviada a Buenos Aires para la construcción.

1.3. Producción de áridos en Cuba

En Cuba en 2010 la producción de rajón en cantera, alcanzó un volumen de 3 548 568 m³, dando la posibilidad de producción de piedra triturada en plantas de 3 016 283 m³. Pero según datos ofrecidos por el GEICON, la producción de áridos fue de 2 470 555 m³. Estos resultados están asociados a demoras en la reparación general de algunas unidades de barrenación por la insuficiencia de aseguramientos y una incorrecta política en la actividad de mecanización.

A partir de la demanda de materiales para la construcción debido a los programas nacionales de inversión en el sector, se constató que en el país en las canteras existe poca preparación o nivelación de las superficies de las áreas a barrenar, incorrecta identificación de la demanda en algunas canteras y la no concordancia de las redes de perforación, la capacidad de la cuchara de los equipos de carga y con la abertura de alimentación de las trituradoras primarias, así como, atrasos en la ejecución de las voladuras por problemas técnicos, organizativos, de aseguramiento y financieros, que provocan la pérdida de barrenos sin explotar y las paralizaciones de las plantas de procesamiento por deficiencias tecnológicas.

1.4. Diagnóstico tecnológico

Los diagnósticos tecnológicos se abordan desde diferentes aristas. Diversos autores utilizan términos como: gestión tecnológica, auditoría, mejora continua y otros. Garzón (1990) explica en su metodología una herramienta que permite realizar un diagnóstico tecnológico desde el punto de vista estratégico y de competencias de una empresa con lo que además se permite conocer el grado en que una tecnología aporta a la sostenibilidad de la estrategia de una entidad al desarrollar en ella un proceso de auditoría tecnológica.

Por su parte Martínez (2009) expone que el diagnóstico tecnológico, considera como nivel tecnológico de una instalación lo correspondiente a la modernidad de sus equipos, que actualmente el análisis es más profundo, realizando un estudio más completo de todos los elementos que componen el sistema de producción, como la organización de los recursos humanos, la eficiencia de los procesos o la disposición en planta.

Además de lo antes referido se tiene en cuenta, para la realización de un diagnóstico tecnológico, lo relacionado con el inventario de maquinarias y el efecto que estas causan sobre el medio ambiente y se valoran los impactos tanto positivos como negativos.

Una tecnología, en el caso de los minerales, es sustentable si permite que se exploten las reservas para la cual se diseñó, sin afectar la capacidad de la naturaleza de recomponerse. Pero, además, es sustentable si es capaz de crear sistemas tecnológicos abiertos que permitan utilizar los desechos de la producción, para obtener otras producciones y utilizar los minerales acompañantes.

El empleo de tecnologías modernas permite crear materias primas artificiales las cuales sustituyen las naturales en el proceso de producción. Esto facilita la protección de innumerables recursos, especialmente cuando existen restricciones legales, lo cual contribuye al proceso de regeneración natural al no estar sometidos a los niveles de sobre explotación actual.

Existen otros enfoques disciplinarios sobre el diagnóstico tecnológico desde el punto de vista social. Shinn (1982) y Callon (1992) tratan sobre grupos sociales relevantes y flexibilidad interpretativa; Collins (1985) se refiere al marco tecnológico, ensamble socio-técnico y Wiebe (1995) contempla en su estudio las políticas de la investigación científica y tecnológica.

1.5. Matriz de evaluación de canteras de áridos (mECA)

La mECA, es una herramienta que permite obtener, una imagen integral del estado de una explotación de áridos, teniendo en cuenta todos los aspectos que afectan la cantera.

Martínez (2009) elaboró la metodología mECA en la que se analiza el estado tecnológico y se comparan los parámetros característicos de cada explotación con una cantera de referencia (benchmark). Esta matriz, cuyo principio es un cuestionario elaborado para las visitas, contempla 15 variables y 200 indicadores que son evaluados para los aspectos: técnico, medioambiental, seguridad y socio-económico.

Este autor considera que en la actualidad, no es suficiente realizar un análisis de viabilidad económica a la hora de definir una explotación o proceder a su

apertura, se debe tener en cuenta otros componentes de la viabilidad: la tecnología (eficiencia y calidad), el medio ambiente, seguridad y aceptación social y además, existe la necesidad de disponer de una herramienta para la gestión y tratamiento de los datos, en la que se distribuyan por áreas de trabajo los aspectos técnico, medioambiental, en seguridad y socio-económico.

La matriz establecida por Martínez se adapta a toda explotación a cielo abierto y subterránea, teniendo en cuenta que se analicen y consideren todos los parámetros que deben ser evaluados, sin embargo, para aquellas regiones en las que el nivel tecnológico y su desarrollo no sean óptimos, es prácticamente imposible aplicar la metodología en su totalidad.

La matriz presenta las siguientes ventajas:

- Es una herramienta de fácil utilización.
- Es simple, clara y objetiva.
- Permite comprobar el grado de implantación de las mejores técnicas disponibles, para cada uno de los aspectos evaluados.

Además de su carácter global, se ha diseñado para que se realicen análisis individuales, de los distintos campos que forman la matriz, haciendo posible una planificación, sobre los aspectos críticos y peor evaluados.

En Cuba no es posible utilizar esta metodología de forma integral debido a que el desarrollo tecnológico y minero no permite considerar todos los indicadores y tampoco los rangos establecidos para evaluar algunos de los aspectos; sin embargo, la matriz resulta determinante para establecer un procedimiento que permita evaluar las canteras a partir de las condiciones concretas y particulares del país.

Otros autores como: González (2006); Dubourdieu (2006); Trigueros (2006, 2008); Mota (2007); Trigueros et al., (2007) han desarrollado modelos de estudio similares, pero refiriéndose únicamente a aspectos parciales.

1.6. Situación actual de la temática en Cuba

El diagnóstico tecnológico de canteras, en un concepto amplio, no se ha aplicado en Cuba.

Numerosos investigadores han abordado la evaluación de canteras, fundamentalmente desde el punto de vista medio ambiental. Montes de Oca (2012), García (2013), Guindo (2013), Ahmed (2014), Almenares (2014), Lobaina (2015), Mena (2015), Pérez (2015), realizan la caracterización minero-ambiental de la industria de materiales de construcción por provincias, así como la identificación de los efectos ambientales negativos generados por la explotación de estas canteras y proponen medidas para desarrollar una minería responsable, sin embargo, no aborda lo referido al diagnóstico tecnológico de forma integral.

En términos generales, en Cuba no se han realizado hasta la actualidad estudios científicamente argumentados que reflejen el desarrollo tecnológico del sector de los áridos, tampoco se registran datos oficiales sobre el crecimiento del sector a nivel nacional y en menor medida se publica la situación de los áridos a nivel provincial solo desde el punto de vista de la construcción de viviendas.

Se puede afirmar que la situación tecnológica de las canteras en Cuba ha transitado por un periodo de crisis a partir de la década de los 90 y ello se evidencia en el incumplimiento de los planes de producción y el deficiente desarrollo minero y en gran medida se realiza la minería selectiva a causa de la falta de equipamiento.

1.7. Fundamento legal de la investigación

La base legal de la investigación se sustenta en la Ley 76 de Minas, aprobada el 21 de diciembre de 1994, que constituye el instrumento jurídico más importante en cuanto a la gestión de los recursos minerales, y especifica en la segunda sección, en el artículo 41 inciso c) "...hay que preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades...", mientras que en el inciso n) plantea:..."hay que realizar investigaciones técnico-productivas e introducir innovaciones tecnológicas relacionadas con la actividad minera, para mejorar la eficiencia económica y el aprovechamiento de los recursos minerales...".

Otra de las leyes que sustentan la presente investigación es la Ley 81 de Medio Ambiente promulgada el 11 de julio de 1997, refleja el reconocido esfuerzo del estado, respecto a la protección del medio ambiente, en el marco de una política

de desarrollo consagrada a lo largo de cuatro décadas de transformaciones revolucionarias, tanto políticas como socioeconómicas, en estrecha correspondencia con el artículo 27 de la Constitución de la República, al establecer 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”.

En el artículo 28 inciso e), de la mencionada Ley del Medio Ambiente, queda establecido que la minería se encuentra dentro de las actividades sujetas al proceso de evaluación de impacto ambiental. El proceso de evaluación de impacto ambiental en las actividades de la minería requerirá en casi todos los casos de un estudio de impacto ambiental, para proceder con el otorgamiento de la licencia ambiental.

En el artículo 57 inciso b) recoge que “...hay que impulsar y promover la investigación científica y la innovación tecnológica, que permitan el conocimiento y desarrollo de nuevos sistemas, métodos, equipos, procesos, tecnologías y dispositivos para la protección del medio ambiente, así como la adecuada evaluación de procesos de transferencia tecnológica y el inciso d) hace referencia a la aplicación de mejoras tecnológicas que permitan prevenir, evaluar, controlar y revertir el deterioro ambiental ...”.

Esta investigación además se sustenta en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en VI Congreso del Partido. En consecuencia, se citan los lineamientos:

132. Perfeccionar las condiciones organizativas, jurídicas e institucionales para establecer tipos de organización económica que garanticen la combinación de investigación científica e innovación tecnológica, desarrollo rápido y eficaz de nuevos productos y servicios, su producción eficiente con estándares de calidad apropiados y la gestión comercializadora interna y exportadora, que se revierta en un aporte a la sociedad y en estimular la reproducción del ciclo. Extender estos conceptos a la actividad científica de las universidades.

134. Las entidades económicas en todas las formas de gestión contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los

resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas.

135. Definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de pro-mover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas. Considerar al importar tecnologías, la capacidad del país para asimilarlas y satisfacer los servicios que demanden, incluida la fabricación de piezas de repuesto, el aseguramiento metrológico y la normalización.

138. Prestar mayor atención en la formación y capacitación continuas del personal técnico y cuadros calificados que respondan y se anticipen al desarrollo científico-tecnológico en las principales áreas de la producción y los servicios, así como a la prevención y mitigación de impactos sociales y medioambientales.

218. Prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado, en particular, en las ramas de la química; la industria del petróleo y la petroquímica; la minería, en especial el níquel; el cemento y otros materiales de construcción; así como en los territorios más afectados; incluyendo el fortalecimiento de los sistemas de control y monitoreo.

233. Recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país (turismo, viviendas, industriales, entre otros), la expansión de las exportaciones y la venta a la población. Desarrollar producciones con mayor valor agregado y calidad. Lograr incrementos significativos en los niveles y diversidad de las producciones locales de materiales de construcción y divulgar sus normas de empleo.

CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CANTERA DE ÁRIDOS

En este capítulo se describe la matriz (mECA) en función de las variables que son tenidas en cuenta para evaluar de forma integral la calidad de la producción de áridos y disminuir el impacto ambiental

2.1. Variables e indicadores de la mECA

La matriz descrita por Martínez, 2009 está compuesta por 15 variables y 200 indicadores, la misma fue analizada por especialistas de empresas de materiales de construcción y otros investigadores de la rama para establecer cuáles podrán ser utilizadas en las explotaciones a cielo abierto en Cuba.

1. **Cantera:** altura total frente; altura de los bancos; método de explotación; nivel de restauración e impacto visual.
2. **Límites explotación:** dispone de vallado externo de la explotación; dispone de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales; dispone de captadores de polvo perimetrales y señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad.
3. **Estabilidad del frente:** fracturación del frente; saneo del frente; frente invertido y presencia de cuñas.
4. **Estado de las plataformas:** anchura de trabajo (según normativa) y limpieza.
5. **Estado de las pistas:** ancho de las pistas (según normativa); pendientes (según normativa); dispone de sistemas anticaída en las pistas; dispone de sistemas de señalización en cantera y asfaltado de las pistas y accesos.
6. **Perforación:** los equipos cumplen con la normativa vigente; existen pantallas acústicas; se realizan estudios de niveles de ruido; sistemas de eliminación de polvo; sistemas de eliminación de ruido; tipo de martillo; diámetro de perforación y perforación específica.
7. **Voladura:** sistema de iniciación; consumo específico; tipo de explosivo; fragmentación adecuada; generación de polvo; proyecciones; cordón detonante y estudio de vibraciones.

- 8. Carga y transporte:** sistema de carga y transporte; el sistema de carga es el adecuado; el sistema de transporte es el adecuado; distancia del frente a la tolva del primario; acoplamiento carga transporte; consumo de gasoil; dispone de sistemas de control de la carga; dispone de sistemas de control de los consumos; los equipos cumplen la normativa vigente; sistemas de apantallamiento natural o artificial; los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga; cubrición de la carga en cantera y se circula a través de alguna población.
- 9. Planta de tratamiento:** esquema de planta; es adecuado el esquema de planta; acopios próximos a la tolva del primario; tipo de Zahorra; dispone de Prestock; acoplamiento primario secundario; líneas de clasificación; equipos cumplen normativa vigente; sistemas de apantallamiento natural o artificial; señalización adecuada de las instalaciones; dispones de sistemas de control de la producción; grado de automatismo; cerramiento de la tolva de alimentación de la machacadora.

La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación o reducción de los niveles sonoros; dispone de sistemas de eliminación de polvo; la tolva de alimentación dispone de barrera no franqueable; la tolva de alimentación dispone de sistema de amortiguación de bolos; existen fragmentos de material en los accesos; dispone de caseta de control de operaciones del primario; dispone la misma de medios audiovisuales para controlar la descarga; dispone de medios para controlar el funcionamiento de los molinos.

La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo; las cintas transportadoras disponen de detectores de metales, de sistemas de control de producción, se encuentran capotadas, de sistemas de seguridad antiatrapamiento, de protección de las correas de los motores, protección de los tambores, de escalerilla de acceso y pasarela de vista.

Los tambores de cola están a una altura adecuada; cerramiento del prestock; cerramiento de los equipos de trituración, de molienda, de clasificación; dispone de caseta de control de operaciones en la zona de clasificación, dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga; dispone de control remoto para el funcionamiento de los molinos.

Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido y polvo en el alimentación y descarga de los equipos de trituración; cerramiento de los acopios, los acopios disponen de protecciones contra el viento, se emplean agentes químicos como medidas de protección contra el viento; altura de caída adecuada; la carga del material de los acopios se realiza por cinta transportadora; sistemas de eliminación o reducción de polvo en la descarga de los silos.

Sistemas de lavado de ruedas; disponen de circuito exclusivo para lavado de ruedas; situación de la planta con respecto a la orografía del terreno; señalización adecuada de las instalaciones; nivel de mantenimiento de la instalación; sistema de alimentación eléctrica, potencia instalada, potencia disponible, factor de coincidencia, se dispone de arrancador de frecuencia, se dispone de instalación de condensadores, consumo eléctrico.

Disponen de sala de cuadros eléctricos, estado de la sala de cuadros eléctricos, estado de las canalizaciones eléctricas; disponen de taller, estado del taller, disponen de cubetas para evitar el vertido de combustibles y aceites, consumo de gasoil; existencia de un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos; autorización de productor de residuos peligrosos; dispone de surtidor propio.

Consumo de agua para el lavado de los áridos; riegos de pistas al día; sistema de eliminación de polvo en las pistas; dispone de sala comedor para los trabajadores, dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo; dispone de marcado en la Comunidad Europea (CE) de los áridos; cantidad de productos con marcado CE; dispone de laboratorio en planta; dispone de sistemas de gestión medioambiental; dispone de sistemas de gestión la calidad; dispone de sistemas de gestión de la seguridad; subcontratación de la perforación y voladura; subcontratación de la carga y transporte.

10. Empleo: número medio de empleo directo; número medio de empleo indirecto; número de jornadas trabajadas e índice de ausentismo.

- 11. Accidentes:** número de horas perdidas como resultado de los accidentes; número de accidentes mortales; índice de incidencia y número de accidentes por miles de toneladas producidas (Mt).
- 12. Formación:** horas de especialización; horas de formación en seguridad y salud y horas de formación.
- 13. Inversión:** volumen de negocio; costes de exploración; comunicación con la comunidad local; dispone la empresa de hoja de reclamaciones al servicio del ciudadano.
- 14. Transporte:** distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera; distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por tren; distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por agua; proporción de transporte por carretera con respecto al total; número medio de empleo indirecto; número de jornadas trabajadas; índice de absentismo; proporción de transporte por agua con respecto al total y proporción de transporte por tren con respecto al total.
- 15. Incidentes medio ambientales:** número de incidentes medio ambientales y técnico en cantera.

2.2. Descripción de la mECA para la cantera Los Caliches

Sobre la base de la mECA de Martínez (2009) se elaboró la matriz para el caso de estudio.

En el aspecto técnico se utilizan los datos sobre maquinaria, las variables de voladura y la geometría de la explotación, procediendo a la toma de datos de:

- Las fragmentaciones resultantes de las voladuras, incidiendo sobre la proporción de piedras sobre medidas.
- Los ciclos de trabajo, según la disposición de las diferentes zonas de cantera y planta.
- Las capacidades de producción que permiten los equipos de carga y transporte de que se dispone.
- Los consumos energéticos y el costo por metro cúbico del procesamiento de la materia prima.

En el aspecto medioambiental y de seguridad los datos se toman de los informes de la cantera y se comprueba la existencia, o no, de medidas encaminadas a eliminar o reducir los impactos ambientales, como: ruido, polvo, impacto visual, la correcta gestión del agua y los peligros en zonas de presencia de trabajadores, así como, su señalización.

En el aspecto socio-económico se analiza el número medio de empleos directos e indirectos, se realiza una valoración de los impactos, así como los índices técnicos que se miden en la cantera.

2.3. Descripción del procedimiento de la aplicación de la mECA

Para aplicar el diagnóstico tecnológico en la cantera se realiza la valoración de la mECA que a continuación se muestra.

La variable frente de cantera contiene los siguientes indicadores a evaluar (tabla 2.1): altura total del frente, altura de los bancos, sistema de explotación, nivel de restauración e impacto visual (Martínez, 2009).

Tabla 2.1. Matriz para el aspecto técnico de la variable frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO TÉCNICO				
	c	v(0-5)	i	p	Valor
Frente de cantera					
Altura total del frente					
Altura de los bancos					
Sistema de explotación					VMCe
Nivel de rehabilitación					VCe
Impacto visual					PCe

En la valoración del aspecto técnico, la subcolumna (c) corresponde a los datos obtenidos en el campo, referido a cada variable. La subcolumna (v) es la valoración y se confiere valores entre 0 y 5, quedando sin valor los que no tienen influencia. La importancia de las variables dentro del conjunto global de los aspectos, se identifica con la letra (i), la cual se evalúa entre el 10-100%, valorando de 0% los indicadores que no se tienen en cuenta.

La puntuación final corresponde a la subcolumna (p), y se obtiene al multiplicar la valoración (v) por la importancia (i). En la última subcolumna aparecen tres celdas, con la palabra “valores”, las que se sitúan desde la celda superior al inferior:

- Valor máximo del campo (VMCe): corresponde a la máxima puntuación que una cantera puede obtener al sumar los valores de la subcolumna (p).
- Valor obtenido del campo (VCe): se obtiene al sumar los valores de la subcolumna (p).
- Porcentaje (PCe): se obtiene del porcentaje de lo obtenido entre la división de VCe y VMCe.

De esta manera se obtiene el primer resultado parcial para el aspecto técnico del frente de cantera. Los aspectos medioambiental y socio-económico siguen la misma secuencia que el anterior.

Para terminar el análisis, se suman los valores de la evaluación de los tres aspectos analizados, integrándolos en uno solo, donde se indica la situación de cada variable que ha sido evaluada (tabla 2.2).

- Valor máximo del campo (**VMC**): se consideran todos los criterios de evaluación. Se suman todos los VMCe en horizontal.
- Valor obtenido del campo (**VC**): es la suma de los valores obtenidos en todas las valoraciones VCe en la horizontal.
- Relación porcentual entre lo obtenido y lo máximo (**PC**): es el resultado de dividir VC por VMC.

Tabla 2.2. Recorrido horizontal de la mECA

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO TÉCNICO					ASPECTO MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				ASPECTO SOCIO-ECONÓMICO				
	c	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	
Frente de cantera														
					VMCe				VMCe				VMCe	VMC
					VCe				VCe				VCe	VC
					PCe				PCe				PCe	PC

La tabla 2.2, muestra el recorrido horizontal de la mECA, que permite visualizar las evaluaciones generales de cada variable en función de los resultados de los aspectos evaluados a tener en cuenta, lo cual debe considerarse para el mejoramiento futuro de las mismas.

Tabla 2.3. Recorrido vertical de la mECA

El resultado final (*) corresponde a la suma de todas las puntuaciones finales (p) de los indicadores en cada aspecto.

Al mismo tiempo, la utilización del criterio de los especialistas entrevistados otorga cada valor según la importancia o nivel de significación que tenga para el estudio. Con el objetivo de mantener una misma escala de información, todos los pesos asignados a los aspectos que integran las variables se consideran entre los valores de 10 y 30 (escala que se toma de forma racional, de acuerdo a los intereses del investigador), otorgándose el menor o mayor valor en dependencia de la importancia o nivel de significación que tenga (figura 2.1).



Figura 2.1. Importancia de los aspectos de evaluación a partir del análisis de la mECA.

Para completar la asignación final de todo el estudio, se utiliza de nuevo el valor de asignación de peso ponderadores (segunda columna, tabla 2.4) que hace referencia a la importancia que, para el evaluador, van a tener los aspectos analizados.

El índice específico se obtiene al sumar la puntuación final de cada uno de los aspectos en el recorrido vertical (tabla 2.3) y representa el 100 %. Después de obtenido dicho valor se determina el porcentaje que representa éste del 100% y se sitúa en la tabla 2.4. El índice global (cuarta columna, tabla 2.4) es el resultado de multiplicar la importancia de cada ponderador por el índice específico. Y, por último, se obtendrá un valor como suma de todos los índices globales, representando el valor cuantitativo entre 0 y 100% y al que se le denomina índice mECA. El 100% corresponde a una explotación que cumple con todos los criterios técnicos, medioambientales, de seguridad y socio-económicos.

Se establecieron los rangos de Excelente, Muy Bien, Bien, Regular y Mal para evaluar las canteras.

- 91% -100% (Excelente).
- 70% - 90% (Muy Bien).
- 50% - 69% (Bien).
- 21% - 49% (Regular).
- 0% - 20% (Mal).

Tabla 2.4. Resultados del índice mECA

ASPECTOS	PONDERADORES	ÍNDICES ESPECÍFICOS	ÍNDICES GLOBALES	
Técnico				
Medioambiental y de seguridad				ÍNDICE mECA
Socio-económico				

La secuencia que se ha seguido hasta obtener los resultados globales (índice mECA) ubicará la cantera analizada en relación con una explotación que utiliza todos los medios conocidos para eliminar riesgos laborales y que además emplea técnicas apropiadas para mitigar los impactos medioambientales. Desde el punto de vista técnico el resultado obtenido debe conducir a la evaluación de la cantera relacionado con la existencia de métodos adecuados de explotación y consumos, en función de las normas generales y un adecuado uso de la energía.

De manera general, la matriz diseñada se considera una excelente herramienta de análisis, que aporta un mecanismo de evaluación sencillo para la administración a la hora de evaluar las canteras, definiendo el estado de las mismas, y por último, para los procesos de auditorías, que necesitan disponer de criterios que ya están incorporados en el propio soporte de sus evaluaciones y además propone una ficha en la que se recojan los datos generales de la cantera (anexo 1).

CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE LA CANTERA LOS CALICHES

El objetivo del presente capítulo es realizar el diagnóstico de la cantera Los Caliches a través de la mECA.

3.1. Caracterización general de la cantera Los Caliches

- **Ubicación geográfica**

Se encuentra ubicada en el municipio de Gibara, provincia de Holguín (figura 2.1). Está situada a unos 10 km al suroeste de dicho pueblo y a unos 3,5 km de la carretera Holguín–Gibara.

Las coordenadas geográficas del yacimiento son las siguientes:

- 21° 4'1" latitud norte
- 76° 13' 6" longitud oeste

Las coordenadas en el sistema Lambert son:

- X = 563777, 44 m
- Y = 269456, 00 m

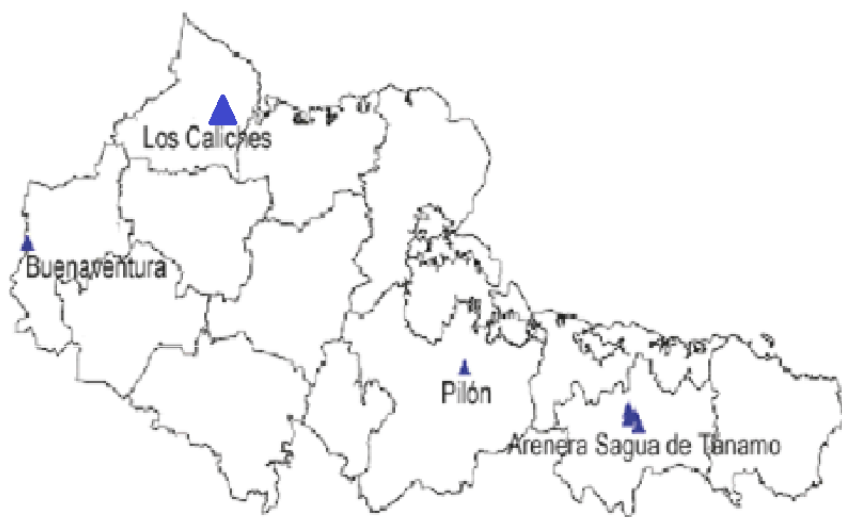


Figura 2.1. Ubicación geográfica del yacimiento de materiales de construcción “Los Caliches”.

- **Relieve**

La zona de trabajo está formada por elevaciones calcáreas pertenecientes a las llamadas Alturas de Candelaria, las cuales forman parte del cinturón Catuco, cuya cota oscilan desde 0 hasta 250 m sobre el nivel de mar. En el área del yacimiento las cotas varían desde 24 hasta 153 m de altura. Al norte se encuentran las cotas más altas y en el sur el gradiente del terreno es más abrupto.

- **Hidrografía**

La red hidrográfica de la zona está compuesta por los ríos Cacoyogüín, Yabazón y Gibara, el primero corre a unos 2 km paralelos al flanco sur del yacimiento.

- **Clima**

La zona se caracteriza por un clima seco en líneas generales, siendo los meses de mayo a noviembre los de mayores precipitaciones. La zona no tiene ningún arroyo que atravesase el yacimiento. Los valores de temperaturas registradas en la zona son de 16 °C como mínimo y 34 °C como máximo.

- **Economía de la región**

La economía de la región se encuentra poco desarrollada existiendo pequeñas parcelas dedicadas a la agricultura y plantas forrajeras para la ganadería fundamentalmente. La región cuenta con algunos centros fabriles siendo los más importantes la hilandería y el astillero, la cooperativa pesquera y algunos centros de producción artesanal, todos estos en el poblado de Gibara. Existe también un molino de piedra triturada y la pequeña cantera La Vigía que se encuentra en explotación. La zona cuenta con una buena red de comunicaciones, existe una carretera asfaltada de segundo orden entre Holguín y Gibara a unos 3,5 km. El área de trabajo y las zonas rurales también tienen una red de caminos bastante densos, aunque la mayoría de ellos se encuentran en malas condiciones.

- **Geología del yacimiento**

El yacimiento Los Caliches está enmarcado en la porción sur de la formación Gibara, limita al oeste con la bahía de Gibara, al sur con la línea Cacoyuguín - La Púa - Velasco a lo largo de una escarpa abrupta. Al norte no tiene límite definido, desapareciendo gradualmente debajo de las formaciones del Neógeno.

- **Litología del yacimiento y sus rocas encajantes**

Esta formación está constituida por calizas microcristalinas, compactas, duras sin material terrígeno, muy puras de color blanco parduzco, margas calcáreas color blanco amarillento.

Con relación al estudio petrográfico el yacimiento está constituido por calizas organógenas detríticas con variable grado de re-cristalización. Estas rocas están formadas por organismos, fragmentos de organismos y fragmentos de rocas calcáreas unidas todas por un cemento calcáreo generalmente más recrystalizado que los otros elementos de las rocas. La estructura de estas rocas es organógeno, pelitomórfica, criptocristalina, organógeno – detrítica y fragmentaria.

En el orden siguiente de predominio aparecen las calizas pelito mórfica–organógenas y pelitomórfica, las cuales se caracterizan por ser masivas de color blanco lechoso con variable grado de re-cristalización y presentan moldes fósiles sustituidos por calcitas macro-cristalinas.

Las rocas presentan muchas grietas con potencia de 1 a 3 mm rellenas por calcitas, las cuales no presentan ángulos definidos.

Debido al grado de calcificación y formación de las rocas no se pueden establecer elementos de yacencia de las mismas, excepto en la pared vertical de una gran cueva ubicada en la parte oeste del yacimiento.

- **Morfología estructural y tectónica del yacimiento**

El yacimiento tiene un área de 1,16 km² con una forma alargada de oeste a este. Presenta un relieve accidental y las cotas oscilan entre 24 m en el flanco sur y 153 m en la parte norte.

Todo el flanco sur de este a oeste representa una pendiente abrupta generalmente, en partes casi verticales. En la parte noroeste y este se presentan llaneras con elevaciones aisladas de hasta 146 m. La parte sur forma una escarpa abrupta. La mitad oriental del yacimiento presenta un relieve formado por elevaciones y depresiones.

En toda el área del yacimiento existe un amplio desarrollo del carso en forma de diente de perro fundamentalmente en toda la franja sur, la mitad oriental y en las

partes elevadas de la porción oeste. Este diente de perro tiene de 10 a 15 m de altura.

El carso en superficie se presenta en forma de cavidades cársticas de dimensiones variables y generalmente aparecen rellenas por arcilla, en profundidad aparece relleno principalmente por alita. Aparecen escasas cavernas vacías y de poca potencia, el carso en profundidad está evidenciado además por las diferentes depresiones de dimensiones variadas que se observan en el yacimiento.

En el flanco sur del yacimiento donde la aflorabilidad es mayor se manifiesta la tectónica de manera más intensiva coincidiendo con las áreas de mayor desarrollo del carso superficial. Aquí las fallas presentan extensión submeridionales formando sistemas casi paralelos.

- **Composición petrográfica**

Las rocas estudiadas del yacimiento son piedras de construcción, están representadas por calizas pelitomórficas, pelitomórfica – organógenas, calizas organógenas detríticas, calizas brechosa y conglomerados calcáreos.

Son rocas muy duras, compactas de color blanco y blanco cremoso menos frecuente, con tonalidades rosáceas que yacen masivamente formando grandes espesores.

En general son calizas muy puras con un contenido muy alto de CO_3Ca , solo se observan componentes terrígenos en los conglomerados calcáreos en que aparecen pequeños clastos de cuarzo en cantidades de 1 a 2%.

Las rocas más abundantes en el yacimiento son las calizas organógenas detríticas con variable grado de recristalización. La característica de todas estas rocas es que se han formado en condiciones litorales y neríticas someras en un medio ambiente dinámico expuesto a la acción de las olas y los mares.

- **Composición química**

En total se tomaron 167 muestras químicas y los compuestos químicos determinados fueron: CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , So_3 , Cl y PPI .

El contenido CaCO_3 está por encima del 90 % y el de SiO_2 oscila desde las trazas hasta 0,5%.

La suma de los por cientos obtenidos de magnesio, sílice y aluminio no excede el 3% en su totalidad.

- **Características tecnológicas**

Las características tecnológicas que presentan este tipo de rocas como materia prima son las siguientes:

- Peso volumétrico – seco: 2,52 gr/cm³ promedio
- Peso volumétrico – saturado: 2,60 gr/cm³ promedio
- Absorción: 2,20% promedio
- Marca obtenida de trituración: 400 representativa

Tipos tecnológicos de la materia prima:

Primer tipo: Es el que más predomina en el yacimiento

- Resistencia a la compresión: 1051 gr/cm²
- PV seco: 2,53 gr/cm³
- Absorción: 4,2 %
- Materia prima resistente, poco absorbente y poco porosa.

Segundo tipo: Se encuentra muy bien enlazada con el primer tipo y en muchos casos es imposible distinguirla aisladamente. Microscópicamente se diferencia en que es una caliza organógeno detrítica, presentando organismos de color blanco y blanco crema al igual que la otra masiva y dura. Tecnológicamente sus propiedades son similares siendo su resistencia de 300 a 600 gr/cm² poco absorbente, poco porosa, duras, compactas, masivas. Químicamente estas rocas son puras sin elementos nocivos.

Tercer tipo: Es aquel material que presenta una resistencia menor de 300 gr/cm², son calizas que contienen rocas débiles poco resistentes untuosas al tacto. Se presenta como una caliza brechosa, blanca, bastante fracturada con granos gruesos de los otros tipos de calizas, no debiéndose usar como material de la construcción según se expresa en la tarea técnica.

- **Condiciones hidrogeológicas del yacimiento**

El yacimiento por encontrarse en condiciones no anegadas solo se afecta por las precipitaciones atmosféricas, pero estas, son escasas, por lo que el volumen de agua de las precipitaciones no es elevado.

El grado de infiltraciones es bajo, lo que se justifica por la morfología del yacimiento que facilita el escurrimiento superficial y los diferentes parámetros que favorecen la evaporación. Todo esto nos conlleva a inferir que la alimentación de las aguas subterráneas o las aguas de lluvias es muy limitada.

- **Elementos generales del laboreo minero**

Las condiciones minero-técnicas del yacimiento son favorables para continuar con la explotación por el método a cielo abierto.

Considerando los factores técnicos y organizativos y las condiciones minero técnicas ya referidas, en la explotación del yacimiento Los Caliches seguirá en lo sucesivo el esquema tecnológico de transporte para la ejecución de los trabajos mineros con el acarreo de la roca de estéril hacia las escombreras, el material útil hacia las tolvas receptoras o almacén de mineral. Todas las rocas se extraen con la granulometría primaria durante los trabajos de voladura.

Los parámetros de la explotación en esta cantera son:

Altura del escalón...12 m

Talud del escalón en su estado de trabajo..... 80°

Talud del escalón en su estado final.70°

Ancho de la berma de seguridad..... 4 m

Al consultar varios especialistas de la empresa de materiales de la construcción, sobre el nivel de tecnología empleado en sus equipos y procesos, el 100% considera estar operando con tecnología media. Es importante resaltar que, los sistemas de producción de este tipo de agregados no han variado de manera importante en los últimos 40 años, que las mejoras e innovaciones incluidas en los nuevos equipos de trituración básicamente, son para mejorar la seguridad de los operarios y facilitar su mantenimiento, pero el principio de molienda y las partes móviles de los equipos siguen siendo básicamente iguales.

3.2. Selección de las variables y los indicadores que componen la mECA

Para la selección de las variables y los indicadores que componen la mECA se consultaron especialistas que provienen de centros vinculados con la investigación, la docencia, la producción y los servicios (Empresa de Servicios Minero Geológico de Ciudad de la Habana; Empresa de Materiales de la Construcción de Holguín; el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y Centro Técnico de Materiales de Construcción).

A partir de la valoración realizada por los especialistas, se escogieron las variables y sus indicadores, los que se relacionan de acuerdo al nivel de importancia y aplicación indicado por los mismos:

1. **Frente de cantera:** altura total del frente; altura de los bancos; sistema de explotación; nivel de rehabilitación e impacto visual.
2. **Límites de la explotación:** debe disponer de vallado externo de la explotación, de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales, de captadores de polvo perimetrales y señalización adecuada de las instalaciones que indiquen el tipo de actividad.
3. **Estabilidad del frente:** elementos referidos a fracturación del frente en caso de existir.
4. **Estado de las plataformas:** anchura de trabajo (según normativas) y limpieza.
5. **Estado de los caminos:** ancho de las pistas y pendientes (según normativas) así como sistemas de señalización en cantera y asfaltado de las pistas y accesos.
6. **Perforación:** los equipos deben cumplir con la normativa vigente; existencia de pantallas acústicas, estudios de niveles de ruido y sistemas de eliminación de ruido; tipo de martillo; diámetro de perforación.
7. **Voladura:** sistema de iniciación utilizado; consumo específico; tipo de explosivo; fragmentación adecuada; generación de polvo; proyecciones, cordón detonante y estudio de vibraciones.
8. **Carga y transporte:** el sistema de carga y transporte debe ser adecuado así como el acoplamiento del mismo, los equipos de transporte deben

presentar sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga y cubrir la misma desde el frente de cantera hasta la planta; distancia del frente a la tolva del primario (según normativa), control del consumo de petróleo, disponer de sistemas de control de los consumos, los equipos deben cumplir normativa vigente, existencia de sistemas de apantallamiento natural; circulación a través de asentamiento población.

- 9. Planta de tratamiento:** debe contar con el esquema de la planta; los almacenes deben encontrarse próximos a la tolva del primario; acoplamiento primario secundario, sistemas de apantallamiento natural, contar con la señalización adecuada de las instalaciones de manera general deben cumplir con la normativa vigente, disponer de sistemas de control de la producción, grado de automatización, así como, cierre de la tolva de alimentación de la trituradora; la tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros y de sistemas de eliminación de polvo además debe disponer de barrera no franqueable y sistemas de amortiguación de rocas; dispone de caseta de control de operaciones del primario, los operarios deben disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga y medios para controlar el funcionamiento de los trituradores.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo; que las cintas transportadoras dispongan de detectores de metales y sistemas de control de producción, así como que dispongan de sistemas de seguridad blindaje, protección de las correas de los motores y de los tambores, escalerillas de acceso y pasarela de vista, que los tambores de cola estén a una altura adecuada, los equipos de trituración, molienda y clasificación dispongan de cierre; contar con caseta de control de operaciones en la zona de clasificación; disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga.

La planta debe disponer además de control remoto para el funcionamiento de los molinos; que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene del trabajo; sistemas que reduzcan o eliminen el ruido y el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración; cierre de los almacén y protecciones contra el viento; altura de caída adecuada; que la

carga del material de los almacén se realice por cinta transportadora; disponer de circuito exclusivo para lavado de ruedas y de la carga de camiones; situación de la planta con respecto a la orografía del terreno; señalización adecuada de las instalaciones; nivel de mantenimiento de la instalación.

Se debe contar con sistemas de alimentación eléctrica, potencia disponible, factor de coincidencia, arrancador de frecuencia, instalación de condensadores y un registro de consumo eléctrico; así como sala de cuadros eléctricos, canalizaciones eléctricas y llevar su control.

La instalación debe contar con un taller automotor y controlar el vertido de combustibles y aceites y consumo de petróleo; debe existir un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos, autorización de productor de residuos peligrosos y disponer de surtidor propio.

En relación al consumo de agua para el lavado de los áridos se debe tener conocimiento del gasto aproximado; riegos de pistas al día; sistema de eliminación de polvo en los caminos; dispone de sala comedor para los trabajadores; dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo; la instalación debe disponer de laboratorios para medir la granulometría de la materia prima obtenida.

Los sistemas de gestión medioambiental, de gestión de la calidad y gestión de la seguridad, deben estar avalados por las normas ISO; así como, la subcontratación de la perforación y voladura; subcontratación de la carga y transporte.

10. Empleo: número medio de empleo directo (%), número medio de empleo indirecto (%), número de turno, índice de ausentismo.

11. Accidentes: número de horas perdidas como resultado de los accidentes, número de accidentes mortales; índice de incidencia y número de accidentes por miles de toneladas producidas (Mt).

12. Formación: horas de especialización, horas de formación en seguridad y salud, horas de formación.

13. Transporte: distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera.

14. Incidentes medio ambientales: número de incidentes medio ambientales, técnico de minas en cantera.

Del resultado obtenido de la valoración realizada por los especialistas entrevistados, se seleccionaron 14 variables y 132 indicadores que resultan de la metodología propuesta por Martínez (2009) y que conforman la matriz como herramienta del diagnóstico tecnológico, de acuerdo al nivel de importancia y aplicación sugeridas por los mismos.

3.3. Aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

La cantera objeto de estudio cuenta con máquinas de extracción, carga y transporte, así como planta de tratamiento, cada uno con los datos necesarios reflejados en los catálogos obtenidos en la empresa donde se describen los modelos y marcas de los equipos y su capacidad.

El parque de máquinas está constituido por equipos que realizan las distintas etapas de la actividad minera que se describen a continuación (tabla 3.1 y 3.2).

Tabla 3.1. Equipos utilizados en la cantera

DESCRIPCIÓN	MARCA	CAPACIDAD	MODELO	CANTIDAD
Desbroce y acarreo	KOMATSU	---	D-85A	1
Carga	GRANER	1,9 m ³	EK400	1
Equipo de transporte	BELAZ	20 m ³	7540B	1
	HOVA	24 m ³	ZZ9607	2

Como se puede observar, en la cantera se trabaja con equipos mineros y de transporte que operan con motores de combustión interna. Cuenta además con un taller de mantenimiento automotor e industrial, que brinda servicios de mantenimiento y reparaciones ligeras, tanto a los equipos móviles como fijos. El nivel de mantenimiento de los equipos es regular.

La planta de tratamiento y clasificación (anexo 2) cuenta con tres etapas de reducción de tamaño de la materia prima obtiene tres tipos de productos: grava de 19-10 mm; granito de 10-5 mm; arena de 5- 0,15 mm y polvo de piedra.

Tabla 3.2. Equipos de la planta de tratamiento

EQUIPO	ORIGEN	MODELO	CANTIDAD
Trituradora de mandíbula	Chino	PE 600x900	2
Alimentador de estera	Ruso	C885	1
Triturador de martillo	Chino	PF1210	2
	Italiano	ML75	1
Cribas vibratorias	Rusa	CMD748	1
	China	3YK1860	1
Hidrociclón	---	Eral	1

3.4. Descripción de los aspectos evaluados en la cantera Los Caliches

3.4.1. Aspecto técnico

El laboreo del yacimiento se realiza a través del sistema de explotación por bancos descendiente (Bd), la altura total aproximada de los frentes es de 40 m (figura 3.2).



Figura 3.2. Sistema de explotación por bancos descendiente de la cantera Los Caliches.

Debido a la dureza de la roca y considerando el poco desarrollo tecnológico de la cantera, el método de arranque que se emplea es perforación y voladura, que utiliza equipos de última generación. Las fragmentaciones resultantes que se obtienen de las voladuras se encuentran alrededor de 12%, siendo lo establecido hasta un 10%.

El material se extrae con la granulometría primaria obtenida de los trabajos de voladura que se realiza a través de servicios contratados a EXPLOMAT, utilizando

carretilla barrenadora Atlas Copco - 404 - A con diámetro de broca igual a 115 mm.

Los parámetros de la voladura son los siguientes:

- El sistema de iniciación con un detonador eléctrico, conectado al sistema nonel.
- La sustancia explosiva de la carga es Fortel™ Tempus™, Amex™, Senatel™ Magnafrac™.
- Se utiliza como promedio 20 taladros por cada voladura, con una inclinación de 85° y la red de barrenación es de $3,5 \times 4 = 14 \text{ m}^2$.
- El consumo específico de explosivos es de $0,36 \text{ Kg/m}^3$.

El desbroce y acarreo de las rocas voladas se realiza mediante el trabajo con Buldócer Komatsu, para la carga de la roca tanto de estéril como de mineral se utiliza una retroexcavadora Graner de $1,9 \text{ m}^3$ de capacidad en el cubo, mientras que la transportación se realiza con camiones Belaz y Hova (anexo 3).

La distancia entre el frente de cantera y la planta de procesamiento es de 900 m, y guarda estrecha relación con el consumo de combustible de los equipos que es de $1,17 \text{ l/m}^3$, con un turno de trabajo de 12,5 horas.

La planta de tratamiento en su primera etapa utiliza un triturador de mandíbula, en la segunda y tercera etapa se emplean trituradores de martillo y cuenta además con una etapa de clasificación. En el proceso de cribado en la primera etapa se utiliza una criba de barrote que separa el estéril del rajón, en la segunda y tercera etapa el proceso se realiza con cribas vibratorias (figura 3.3).



Figura 3.3. Planta de tratamiento y clasificación de áridos.

El consumo energético es de 4,29 kW/m³ de piedra y el costo por metro cúbico del procesamiento de la materia prima es 10,63 \$/m³. La planta trabaja 12 horas diarias con periodo de mantenimiento cada 15 días. Relacionado con el abastecimiento de energía eléctrica, la cantera tiene instalado un transformador de 1000 kVA, las líneas de voltajes de operación con que dispone son de 440 Volt, y se cuenta además con un taller de mantenimiento automotor e industrial, que se brinda servicios de mantenimiento y reparaciones ligeras, tanto a los equipos tecnológicos como los no tecnológicos. El nivel de mantenimiento de los equipos es regular.

3.4.2. Aspecto medioambiental y de seguridad

Las alteraciones ambientales producidas por la extracción y procesamiento de la materia prima en el yacimiento, son similares a las ocasionadas por otro tipo de minería a cielo abierto, aunque en este caso los volúmenes de estériles generados son pequeños y la mayoría son comercializados como material de relleno en diferentes tipos de construcciones.

El impacto visual, el ruido, el polvo y la gestión del agua y residuos, se encuentran entre los impactos ambientales que se tienen en cuenta para el análisis.

Los impactos al paisaje y la morfología se deben a la modificación de las características visuales del paisaje, cambios en la morfología y disminución del atractivo paisajístico. Una de las medidas para la reducción de esta afectación es el plan de rehabilitación una vez que se concluyan las labores mineras.

Los principales impactos a la atmósfera son el ruido y el polvo, en las actividades mineras el incremento en el nivel de ruidos, disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo y partículas. Como medidas correctivas encaminadas a la reducción de los impactos generados por los equipos se pueden citar:

- Mantenimiento correcto de la maquinaria para lograr el funcionamiento adecuado de estos.
- Cumplimiento con lo establecido en el pasaporte de barrenación y voladura.
- No utilización de cordón detonante lo que conlleva una reducción significativa de la onda aérea.

- Mejoramiento de las vías de acceso dentro del área de la instalación industrial.
- Cumplimiento del régimen de velocidad para los vehículos.

En la planta de procesamiento y clasificación, el análisis gira en torno a las áreas que generan polvo y ruido. Como medidas de seguridad se realizan entregas de medios de protección individual a los operarios.

El agua que se utiliza para el lavado, en la planta de procesamiento, se recircula y se aprovecha nuevamente en el proceso, lo que garantiza un aprovechamiento máximo del agua de hasta el 70%, es decir de 75 l que se consumen por cada m³ de áridos procesados se recirculan 52 l, y se tiene un gasto de 15 000 m³ de agua al mes. El centro cuenta con un sistema de tratamiento de residuales de la planta y recirculación de las aguas muy eficiente.

La empresa cuenta con un plan de entrega de residuos a CUPET mensualmente, lo que indica que no existe contaminación al medio en este sentido.

Valoración en seguridad, la empresa de materiales de construcción de Holguín cuenta con proyectos que muestran medidas encaminadas a mejorar la gestión en el área de seguridad, salud y medio ambiente en el trabajo, además de ofrecer conferencias a cada dirigente y trabajador, considerando que la premisa fundamental en una empresa es el hombre, su integridad física, bienestar y el ambiente que le rodea y fundamentada en la instrucción para la preparación de los equipos para su uso y la vinculación de los mismos en la prevención de los accidentes y enfermedades.

La cantera no registra accidentes, aunque los sistemas de señalización de las vías de circulación dentro de la explotación se pueden evaluar de regular, sin embargo en la planta de procesamiento el estado de las instalaciones se evalúa de bien. En cuanto a la utilización de medios de protección, los trabajadores no cuentan con todos los necesarios (tapones, mascarillas y espejuelo), a pesar de que todos los años la empresa dispone de presupuesto para la compra de estos y chequeo médico a sus trabajadores.

En el caso de las instalaciones eléctricas se cuenta con protecciones colocadas según las necesidades, todas las pizarras de distribución general tienen protecciones termo magnéticas contra sobre carga y corto circuito.

3.4.3. Aspecto socio-económico

En términos económicos se puede resaltar que la empresa cuenta con una producción anual de 177 000 m³, el número total de trabajadores es de 124, de ellos un 80% están directo a la producción y un 20% asignables de manera indirecta.

Una valoración positiva de los impactos está asociada al incremento del nivel de empleo, mejoramiento de la red de transporte y aprovechamiento de los estériles para el desarrollo de obras de infraestructuras de los proyectos comunitarios en los asentamientos cercanos a la explotación.

En la cantera Los Caliches como en toda explotación se llevan a cabo los registros de los índices técnicos medidos, los cuales se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Índices técnico-económicos de explotación y producción

N°	ÍNDICES TÉCNICOS	U/M	VALOR
1	Índice de consumo combustible	l/m ³	1,17
2	Índice de consumo eléctrico	kW /m ³	4,29
3	Índice de consumo de explosivo	kg/m ³	0,36
4	Número de trabajadores	u	124
5	Costo por metro cúbico	\$/m ³	10,63
6	Valor anual de producción	\$	3 911 000
7	Producción total	m ³	177 000
8	Recuperación en planta	%	89
9	Pérdidas	%	0
10	Dilución	%	0
11	Costo de producción	\$	2 426 700
12	Red de barrenación	m ²	3,5 x 4
13	Altura del escalón	m	12
14	Capacidad anual de planta	m ³ /año	150 000

Los índices técnicos muestran que hay ganancias en más de un millón de pesos, lo cual indica que es una empresa rentable, los niveles de consumo de energía y combustible están dentro del rango permisible, pero se puede mejorar la recuperación en planta conociendo los valores por pérdidas y dilución del material lo cual representa un 11% para completar el 100% de la recuperación. Las distancias medias de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo son variables según las vías de comunicación utilizadas. La cantera cuenta con un técnico de minas.

3.5. Cálculo de la mECA para la cantera Los Caliches

El cálculo de la mECA se realiza según la secuencia de la misma. Se utilizan los datos obtenidos en la empresa y en la cantera, y se analizan cada uno por separado.

Tabla 3.4. Valoración del aspecto técnico de la variable Frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO TÉCNICO				
	c	v(0-5)	i	p	Valor
Frente de cantera					
Altura total del frente	40	5	30%	1,5	
Altura de los bancos	12	3	30%	0,9	
Sistema de explotación	Bd	3	50%	1,5	5,5
Nivel de rehabilitación	Regular		0%		3,9
Impacto visual	Medio		0%		71%

En la tabla anterior se muestra la variable Frente de cantera con sus indicadores y en la segunda columna el aspecto técnico con los parámetros a evaluar. En la subcolumna (c) se introducen los datos obtenidos en el campo, para cada uno de los indicadores descritos. A partir de estos datos se obtiene la valoración en el aspecto técnico que varía entre 3 y 5 en la subcolumna (v), anexo 4. Se considera que la altura total de los frentes, altura del banco y el sistema de explotación, son los que tienen una mayor incidencia sobre el aspecto técnico del frente de cantera por lo que se considera que es favorable para las condiciones de la cantera.

Los tres indicadores valorados en la subcolumna (i), tienen una importancia de 30, 30 y 50%, respectivamente, dejando en cero los que no tienen influencia.

Una vez realizado todos los cálculos relacionados con el aspecto técnico, se obtiene el primer resultado parcial para la variable frente de cantera, con un valor de 71%.

En el recorrido horizontal de la mECA, (tabla 3.5), el valor final del aspecto medioambiental y de seguridad, del frente de cantera es de 63%, debido en gran parte a la importancia asignada al impacto visual y el nivel de rehabilitación.

Para terminar el recorrido horizontal de la mECA se muestra el aspecto socio-económico (tabla 3.6), en el cual los indicadores de esta variable no tienen influencia directa sobre el mismo.

Tabla 3.5. Valoración del aspecto medioambiental y de seguridad de la variable Frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO MEDIOAMB. Y SEG.				
Frente de cantera	c	v(0-5)	i	p	Valor
Altura total del frente	40		0%	0,0	
Altura de los bancos	12	5	40%	2,0	
Sistema de explotación	Bd	2	40%	0,8	12, 5
Nivel de rehabilitación	Regular	3	80%	2,4	7,9
Impacto visual	Medio	3	90%	2,7	63%

Tabla 3.6. Valoración del aspecto socio-económico de la variable Frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO SOCIO-ECONÓMICO				
Frente de cantera	c	v(0-5)	i	p	Valor
Altura total del frente	40		0%	0,0	
Altura de los bancos	12		0%	0,0	
Sistema de explotación	Bd		0%	0,0	0,0
Nivel de rehabilitación	Regular		0%	0,0	0,0
Impacto visual	Medio		0%	0,0	0%

Tabla 3.7. Valoración final de la variable Frente de cantera en el recorrido horizontal

VARIABLE E INDICADORES		ASPECTO TÉCNICO				ASPECTO MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				ASPECTO SOCIO- ECONÓMICO				
Frente de cantera	c	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	
					5,5				12,5				0,0	18,0
					3,9				7,9				0,0	11,8
					71%				63%				0%	66%

El valor final del recorrido horizontal (66%) en la tabla 3.7, permitió llegar a la conclusión de que debido a sus características y las condiciones del país la variable Frente de cantera, se encuentra sobre la media respecto a la mejor situación en una explotación.

El cálculo de las demás variables con sus indicadores sigue la misma secuencia y se presentan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Frente de cantera	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Altura total del frente	40	5	30%	1,5			0%	0			0%	0	
Altura de los bancos	12	3	30%	0,9		5	40%	2			0%	0	
Sistema de explotación	Bd	3	50%	1,5	5,5	2	40%	0,8	12,5		0%	0	0
Nivel de rehabilitación	Regular		0%	0	3,9	3	80%	2,4	7,9		0%	0	0
Impacto visual	Medio		0%	0	71%	3	90%	2,7	63%		0%	0	0%
Límites de la explotación													
Dispone de vallado externo de explotación. Tipo	No		0%	0		0	40%	0			0%	0	
Dispone de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales	No		0%	0	0	0	50%	0	11,5		0%	0	0
Dispone de captadores de polvo perimetrales	No		0%	0	0	0	40%	0	5		0%	0	0
Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad	Sí		0%	0	0%	5	100%	5	43%		0%	0	0%
Estabilidad del frente													
			0%	0	0		0%	0	3,5		0%	0	0
			0%	0	0		0%	0	3,5		0%	0	0
Fracturación del frente	Nulo		0%	0	0%	5	70%	3,5	100%		0%	0	0%

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
Estado de las plataformas	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
			0%	0	3		0%	0	8,5		0%	0	0	11,5
Anchura de trabajo (según normativas)	Media	3	50%	1,5	1,8	3	100%	3	5,1		0%	0	0	6,9
Limpieza	Regular	3	10%	0,3	60%	3	70%	2,1	60%		0%	0	0%	60%
Estado de los caminos														
Ancho de las pistas (según normativas)	Media	3	30%	0,9		3	100%	3			0%	0		
Pendientes cumplen (según normativas)	Sí	5	30%	1,5	4,5	5	100%	5	15		0%	0	0	19,5
Sistemas de señalización en cantera	Medio		0%	0	2,4	3	100%	3	11		0%	0	0	13,4
Asfaltado de las pistas y accesos	No	0	30%	0	53%	0	20%	0	73%		0%	0	0%	69%
Perforación														
Los equipos deben cumplir con la normativa vigente	Sí	5	50%	2,5		5	100%	5			0%	0		
Existe pantallas acústicas	Bajo		0%	0		0	60%	0			0%	0		
Se realizan estudios de niveles de ruido	No		0%	0		0	40%	0			0%	0		
Sistema de eliminación de polvo	No		0%	0		0	100%	0			0%	0		

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Perforación	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Sistemas de eliminación de ruido	No		0%	0	5	0	100%	0	22,5		0%	0	0
Tipo de martillo	MF		0%	0	5	5	50%	2,5	7,5		0%	0	0
Diámetro de perforación (mm)	115	5	50%	2,5	100%		0%	0	33%		0%	0	0%
Voladura													
Sistema de iniciación utilizado	Det. El	5	40%	2			0%	0			0%	0	
Consumo específico de explosivo (kg/m³)	0,36	5	60%	3			0%	0			0%	0	
Tipo de explosivo	Fort, Am, y Sen		0%	0			0%	0			0%	0	
Fragmentación adecuada	Media	3	90%	2,7			0%	0			0%	0	
Generación de polvo	Media		0%	0		3	100%	3			0%	0	
Proyecciones	No		0%	0	9,5	5	100%	5	18		0%	0	0
Se utiliza cordón detonante	No		0%	0	7,7	5	100%	5	13		0%	0	0
Estudio de vibraciones	No		0%	0	81%	0	60%	0	72%		0%	0	0%
Carga y transporte													
Sistema de carga y transporte	Camión+ retroex.		0%	0			0%	0			0%	0	
Sistema de carga es el adecuado	Sí	5	90%	4,5		5	30%	1,5			0%	0	
Sistema de transporte es el adecuado	Sí	5	90%	4,5		5	30%	1,5			0%	0	
Distancia del frente a la tolva del primario (m)	900		0%	0			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Carga y transporte	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Acoplamiento carga y transporte	1	5	80%	4			0%	0			0%	0	
Consumo de petróleo (l/m³)	1,17	1	40%	0,4			0%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de control de la carga	Sí	5	40%	2			0%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de control de los consumos	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	70%	3,5		5	80%	4			0%	0	
Sistemas de apantallamiento natural	Sí		0%	0		5	60%	3			0%	0	
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga	No		0%	0	23		50%	0	10		0%	0	2,5
Se cubrió de la carga en la cantera	No		0%	0	21,4		30%	0	10		0%	0	2,5
Se circula a través de alguna población	No		0%	0	93%		0%	0	100%	5	50%	2,5	100%
Planta de tratamiento													
Esquema de planta	1+1+1		0%				0%	0			0%	0	
Es adecuado el esquema de planta	Sí	5	80%	4			0%	0			0%	0	
Almacén próximo a la tolva del primario	No	5	10%	0,5			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Acoplamiento primario secundario	Diario	0	70%	0			0%	0			0%	0	
Líneas de clasificación	1		0%	0			0%	0			0%	0	
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	70%	3,5		5	70%	3,5			0%	0	
Sistemas de apantallamiento natural (% de efectividad)	50		0%	0		3	50%	1,5			0%	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispones de sistemas de control de la producción (% de los equipos)	100	5	70%	3,5			0%	0			0%	0	
Grado de automatismo (%)	0	0	70%	0			0%	0			0%	0	
Cierre de la tolva de alimentación de la trituradora	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de eliminación de polvo (aspersores, campanas)	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
La tolva de alimentación dispone de barrera no franqueable	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
La tolva de alimentación dispone de sistema de amortiguación de las rocas	No		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Existen fragmentos de material en los accesos	No		0%	0		0	50%	0			0%	0	
Dispone de caseta de control de operaciones del primario	Sí	5	60%	3		5	60%	3			0%	0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí	5	60%	3		5	70%	3,5			0%	0	
Dispone de medios para controlar el funcionamiento de los trituradores	Sí	5	60%	3		5	60%	3			0%	0	
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de detectores de metales (%)	0	0	10%	0			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de control de producción (balanzas %)	0	0	60%	0			0%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras se encuentran capotadas (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de seguridad blindaje (%)	0		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de las correas de los motores (%)	50		0%	0		3	100%	3			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de los tambores (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de escalerilla de acceso y pasarela de vista (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Los tambores de cola están a una altura adecuada (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Cierre de los equipos de trituración (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Cierre de los equipos de molienda (%)	0		0%	0			0%	0			0%	0	
Cierre de los equipos de clasificación (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispone de caseta de control de operaciones en la zona de clasificación	No	0	70%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	No	0	70%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de control remoto para el funcionamiento de los molinos	No	0	60%	0			0%	0			0%	0	
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo	No		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)	0		0%	0		0	70%	0			0%	0	
Confinamiento de los almacén (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Los almacenes disponen de protecciones contra el viento (%)	0		0%	0		0	50%	0			0%	0	
La altura de caída es adecuada	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
La carga del material de los almacenes se realiza por cinta transportadora (%)	0		0%	0		0	30%	0			0%	0	
Sistemas de lavado de ruedas y de la carga de camiones	No		0%	0		0	20%	0		0	20%	0	
Disponen de circuito exclusivo para lavado de ruedas	No		0%	0		0	20%	0			0%	0	
Situación de la planta con respecto a la orografía del terreno	Inferior		0%	0		5	50%	2,5			0%	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)	50		0%	0		3	80%	2,4			0%	0	
Nivel de mantenimiento de la instalación	Regular	3	60%	1,8			0%	0			0%	0	
Sistema de alimentación eléctrica	Red		0%	0			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Potencia disponible (kVA)	1 000		0%	0			0%	0			0%	0	
Factor de coincidencia	0,94		0%	0			0%	0			0%	0	
Se dispone de arrancador de frecuencia	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Se dispone de instalación de condensadores	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Consumo eléctrico (kW/m³)	4,29	0	50%	0			0%	0			0%	0	
Disponen de sala de cuadros eléctricos	Sí	5	70%	3,5		5	50%	2,5			0%	0	
Estado de la sala de cuadros eléctricos	Bien	5	70%	3,5		5	70%	3,5			0%	0	
Estado de las canalizaciones eléctricas	Bien	5	60%	3		5	30%	1,5			0%	0	
Disponen de taller	Si	5	70%	3,5		5	60%	3			0%	0	
Estado del taller	Regular	3	60%	1,8		3	60%	1,8			0%	0	
Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustibles y aceites	Sí	5	10%	0,5		5	80%	4			0%	0	
Consumo de petróleo (l/m³)	0	5	0%	0			0%	0			0%	0	
Existencia de un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos (reducción, recogida)	No		0%	0		0	40%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
Planta de tratamiento	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Autorización de productor de residuos peligrosos	No		0%	0		0	30%	0			0%	0	
Dispone de surtidor propio	No	0	0%	0			0%	0			0%	0	
Consumo de agua para el lavado de los áridos (m³ /mes)	15 000	1	50%	0,5		1	40%	0,4			0%	0	
Riegos de pistas al día (dependiendo de la zona de ubicación de la cantera)	No adecuado	0	5%	0		0	100%	0			0%	0	
Sistema de eliminación de polvo en los caminos	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de sala comedor para los trabajadores	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo	No		0%	0		0	80%	0			0%	0	
Dispone de laboratorio en planta	Sí	5	0%	0			0%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de gestión medioambiental NC ISO 14015	Sí		0%	0		5	80%	4			0%	0	
Dispone de sistemas de gestión la calidad ISO 9001	Sí		0%	0		5	80%	4			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Dispone de sistemas de gestión de la seguridad OHSAS	No		0%	0	77,1	5	80%	4	183		0%	0	1
Subcontratación de la perforación y voladura	Sí	5	90%	4,5	48,1		0%	0	101,1		0%	0	0
Subcontratación de la carga y transporte	No	0	50%	0	62%		0%	0	55%		0%	0	0%
Empleo													
Número medio de empleo directo (%)	80		0%	0			0%	0		5	60%	3	
Número medio de empleo indirecto (%)	20		0%	0	2,5		0%	0	0	3	50%	1,5	5,5
Número de turno	1		0%	0	2,5		0%	0	0		0%	0	4,5
Índice de ausentismo	0	5	50%	2,5	100%		0%	0	0%		0%	0	82%
Accidentes													
Número de horas perdidas como resultado de los accidentes (leves y graves)	0	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Número de accidentes mortales	0		0%	0	5	5	50%	2,5	2,5	5	50%	2,5	6,5
Índice de incidencia	0	5	50%	2,5	5		0%	0	2,5	5	50%	2,5	6,5
Número de accidentes por Mt	0		0%	0	100%		0%	0	100%	5	30%	1,5	100%

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera Los Caliches

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS														
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO					
Formación	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor		
Horas de especialización	0	0	60%	0	9	0	40%	0	6,5		0%	0	0	15,5	
Horas de formación en seguridad y salud (%)	50	3	60%	1,8	3,6	3	50%	1,5	2,7		0%	0	0	6,3	
Horas de formación (%)	50	3	60%	1,8	40%	3	40%	1,2	42%		0%	0	0%	41%	
Transporte															
			0%	0	0		0%	0	2		0%	0	1,5	3,5	
			0%	0	0		0%	0	2		0%	0	1,5	3,5	
Distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera	Variable		0%	0	0%	5	40%	2	100%	5	30%	1,5	100%	100%	
Incidentes medio ambientales															
			0%	0	4		0%	0	6		0%	0	3,5	13,5	
Número de incidentes medio ambientales	No	5	10%	0,5	4	5	50%	2,5	6	5	30%	1,5	3,5	13,5	
Técnico de minas a tiempo completo en cantera	Sí	5	70%	3,5	100%	5	70%	3,5	100%	5	40%	2	100%	100%	
				105,4					177,3					18,5	

En la tabla 3.9 se presenta el recorrido vertical de todas las variables. La puntuación final para el aspecto técnico es de 105,4; el medioambiental y de seguridad 177,3 y el socio-económico es de 18,5.

Tabla 3.9. Recorrido vertical de las variables

VARIABLES E INDICADORES	ASPECTO TÉCNICO					ASPECTO MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				ASPECTO SOCIO- ECONÓMICO			
	c	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor
105,4						177,3					18,5		

El resultado del recorrido vertical de todas las variables y sus indicadores se comparó con la data de casos de estudios establecidas por Martínez (2009) y en la que la media tiene semejanzas con la cantera objeto de estudio.

Se puede concluir que la situación desde el punto de vista técnico es regular, lo que se relaciona con el inadecuado cumplimiento de las variables y los indicadores evaluados.

Los resultados de la valoración medioambiental y seguridad son evaluados de regular, teniendo en cuenta que el nivel de rehabilitación obtenido hasta la fecha no es apropiado debido a la falta de sistema de reducción y eliminación del polvo y ruido en la planta de trituración que está por encima de los niveles permisibles, así como, las insuficiencias de medios de protección individual, entre otros.

Los resultados en la valoración socioeconómica son insignificantes debido fundamentalmente a la inexistencia de inversión en la cantera, estas no son con fines lucrativos, se produce lo que planifica la empresa y el beneficio se utiliza en las inversiones sociales. No existen accidentes mortales e incidentes medioambientales que afecten a los trabajadores y la población.

De acuerdo a la revisión bibliográfica los pesos asignados a los aspectos que integran los criterios fueron considerados entre los valores de 10 y 30. Se otorga el menor o mayor valor en dependencia de la importancia o nivel de significación. Los valores escogidos para la ponderación en el caso de estudio están en correspondencia con las condiciones del país, así como con las regulaciones y exigencias medioambientales.

Se tomaron para cada aspecto los valores de ponderación que se muestran en la figura 3.3.



Figura 3.3. Importancia de los aspectos de evaluación a partir del análisis de la mECA.

La tabla 3.10, muestra el resultado final (índice mECA) para la cantera evaluada, al utilizar los valores ponderados que se exponen en la figura 3.3 para cada uno de los aspectos evaluados; además se muestran los índices específicos e índices globales obtenidos.

Tabla 3.10. Resultados de la cantera evaluada

ASPECTOS	PONDERADORES	ÍNDICES ESPECÍFICOS	ÍNDICES GLOBALES	
Técnico	20%	35%	7%	
Medioambiental y Seguridad	60%	59%	35%	ÍNDICE mECA
Socio-económico	20%	6%	1%	
				43%

El valor del índice mECA, permite aproximarse a la realidad de la situación global de la cantera analizada. Este índice se evalúa entre 0-100%; el 100% es aquel que cumple con todos los aspectos. El resultado que se obtuvo para el caso de estudio es de 43% y según los rangos establecidos para la calificación el valor obtenido está por debajo del 50% que es la media, lo que permite evaluar la cantera objeto de estudio de regular.

Este trabajo tiene como referencia el estudio realizado por Martínez (2009) en la región de Murcia, España, en la que se tomó como muestra 50 canteras con distintas características, ninguna obtuvo un índice mECA superior al 80% y la mayor cantidad se localiza entre el 50-20%. El 19,4% de todas las canteras calificaron por debajo de 50%.

CONCLUSIONES

En función de la realidad objetiva de la cantera y consultas a especialistas se seleccionaron 14 variables y 132 indicadores de la mECA.

La aplicación de la mECA en el caso de estudio Los Caliches proporcionó los siguientes resultados:

- El valor obtenido en el aspecto técnico es de 35% el cual permite calificar el estado tecnológico de la cantera de regular.
- En el aspecto medioambiental y de seguridad, se obtuvo un valor de 59% fundamentalmente por deficiencia en el empleo de técnicas adecuadas para mitigar los impactos medioambientales e insuficiencia de medios de seguridad individual.
- El resultado en la valoración socioeconómica es de 6% debido fundamentalmente a la inexistencia de inversiones en la cantera.

El diagnóstico tecnológico realizado en la cantera de áridos Los Caliches permitió evaluar de forma integral su actividad y obtener el valor final del índice mECA (43%) el cual indica que el desempeño de la cantera es regular.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la matriz tanto en el sector de los áridos en Cuba, como en cualquier explotación a cielo abierto aportando nuevos indicadores según las características de cada cantera y de cada empresa.
- Continuar esta investigación con la aplicación de la matriz DAFO para determinar las estrategias que permitan a la cantera mejorar su índice mECA.

BIBLIOGRAFÍA

Acercar cada vez más la producción a la demanda. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba/2014-06-30/acercar-cada-vez-mas-la-produccion-a-la-demanda>.

AHMED HASSAN, A. (2014). *Plan de manejo ambiental para las canteras de materiales de construcción de la provincia de Holguín.* MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 70h.

ALMENARES AGUILAR, A. (2014). *Caracterización Minero – Ambiental de las Canteras de Materiales de Construcción de la Provincia Granma.* MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 65h.

CALLON, M. (1992): The dynamics of tecno-economic networks. En: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P. Y WALSH, V. *Technological changes and company strategies: economical and sociological perspectives.* Londres: Harcourt Brace Jovanovich Publishers. pp. 72-102.

COLLINS, H.M. (1995). *Changing order: replication and induction order in scientific practice.* 2. ed. Chicago: university of Chicago.

CUBA. (1994). Ley 76. Ley de Minas. La Habana.

CUBA. (1997). Ley 81. Ley de Medio Ambiente. La Habana.

DUBOURDIEU, B. (2006). Indicadores medioambientales: un primer paso hacia el desarrollo sostenible. En: *I Congreso Nacional de Áridos.* Zaragoza.

EXPLOMAT (2010). *Análisis de los principales indicadores en la explotación de yacimientos y la incidencia de Explomat: Barrenación.* [Presentación en powerpoint].

FALCÓ OROPEZA, O. (2013). *Proyecto planta de procesamiento para minerales sólidos.* Holguín: Empresa de Materiales de Construcción de Holguín.

FALCÓ OROPEZA, O. (2014). *Proyecto de explotación del yacimiento Los Caliches.* Holguín: Empresa de Materiales de la Construcción de Holguín.

- GARCÍA NORIS, O. (2013). *Caracterización minero-ambiental del Grupo Empresarial de la Construcción del MICONS de Holguín*. MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 63 h.
- GARZÓN GAITÁN, C.A. (1990). Auditorías tecnológicas. Ingeniería e investigación 50. Gestión tecnológica en la empresa, Colombia.
- GUINDO GÁMEZ, A. (2013). *Caracterización Minero Ambiental de la Industria de Materiales de la Construcción en la Provincia Guantánamo*. MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 51 h.
- GONZÁLEZ C. (2006). *Un proyecto de minería de áridos para el futuro*. En: I Congreso Nacional de Áridos, Zaragoza.
- HERNÁNDEZ JATIB, N. (2015). *Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos*. OTAÑO NOGUEL, J. (tutor) Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 120 h.
- LOBAINA YIBRE, T. (2015). *Caracterización minero ambiental del yacimiento de arena natural Tibaracón del Toa*. ULLOA CARCASSÉS, M. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 58 h.
- LUACES, C.; CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015a). Situación económica del sector de los áridos en 2015. En IV Congreso Nacional de Áridos. Madrid.
- LUACES, C. CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015b). Perspectiva económica del sector europeo de los áridos. Lecciones de la crisis. En *IV Congreso Nacional de Áridos*. Madrid.
- LUACES, C. CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015c). El sector de los áridos, primera industria extractiva del mundo. En *IV Congreso Nacional de Áridos*. Madrid.
- MARTÍNEZ SEGURA, M.A. (2009). *Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la región de Murcia*. TRIGUEROS TORNERO, E. (tutor). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, 325 h.
-

Materiales de construcción se reanima en 2014. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.guerrillero.cu/index.php/en/noticias/pinar-del-rio/4436-materiales-de-construccion-se-reanima-en-2014>.

MENA GUTIÉRREZ, I. (2015). *Efecto sobre el medio ambiente de la explotación del yacimiento de calizas El Pilón*. ULLOA CARCASSÉS, M. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 62 h.

MONTES DE OCA RISCO, A. (2012). *Recuperación de áreas minadas decanteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba*. ULLOA CARCASSÉS, M. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 75 h.

MOTA, E. (2007). Consejos Prácticos. En: *II Jornadas sobre Gestión Integral de Explotaciones de Áridos. Jornada Técnica*, Madrid.

Nuevas buenas para la producción de áridos en Ciego de Ávila en 2014. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba/2014-10-28/nuevas-buenas-para-la-produccion-de-aridos-en-ciego-de-avila>.

OCHOA, R., REGUEIGEROS, M., CRUZ, J. (1981). *Informe final sobre los trabajos de explotación orientativa y detallada del yacimiento de caliza Los Caliches, Municipio Gibara, provincia de Holguín*. Santiago de Cuba: Empresa de geología Santiago de Cuba.

OTAÑO NOGUEL, J. (1998). *Fragmentación de rocas con explosivo*. La Habana: Editorial Félix Varela.

PARTIDO COMUNISTA DE CUBA. (2011). "Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución". En: *VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*, pp. 39.

PÉREZ SALAZAR, A. (2015). *Caracterización Minero-Ambiental de las Canteras en la Industria de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba*.

El plan de construcción en Cuba para 2014 se cumplió en un 102 %. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en:

<http://cubainformacion.tv/index.php/economia/60475-el-plan-de-construccion-de-viviendas-en-cuba-para-2014-se-cumplio-en-un-102>

Producción de árido en cuba. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2013/02/14/cuba-produccion-y-venta-de-materiales-precisan-mas-eficiencia/#.Vtw3RZeYZQc>.

RILVA PÉREZ, M. (2012). *Propuesta de utilización de la arenisca de Cárdenas en morteros de albañilería en la vivienda social en la provincia de Matanzas*.

MOLA, J.F. (tutor). Tesis de maestría. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). 93 h.

SHINN, T. (1982). Scientific disciplines and organizational specificity: the social and cognitive configuration of laboratory activities, Reidel, Dordrecht, pp. 239-264.

TRIGUEROS, E. (2006). *Nuevas propuestas en la aplicación para la restauración de canteras*. Nuevas Tendencias Medioambientales y Restauración de Canteras de Áridos. En: Jornada Técnica, Murcia.

TRIGUEROS, E. (2008). *Líneas Estratégicas del Sector de Fabricación de los Áridos*. Fabricación de Áridos en la Región de Murcia. Estrategias y Desarrollo. En Jornada Técnica, Murcia.

TRIGUEROS, E.; ALCARAZ, M.; MARTÍNEZ, M. A. (2007). *Análisis del Proyecto de La Cantera Ideal*. Cartagena: Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas. Universidad Politécnica de Cartagena.

VEGA MARTÍNEZ, L. (2015). *Elección del método de arranque de las rocas en la cantera de áridos Los Caliches*. HERNÁNDEZ JATIB, N. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería.

WIEBE.E., B. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a theory of Sociotechnical Change*. Cambridge: MIT Press.

ANEXO

Anexo 1. Cantera Los Caliches

DATOS GENERALES

Cantera: Los Caliches

Ubicación: municipio de Gibara, provincia de Holguín

Coordenadas en el sistema Lambert (X; Y): 563777, 44 m; 269456, 00m

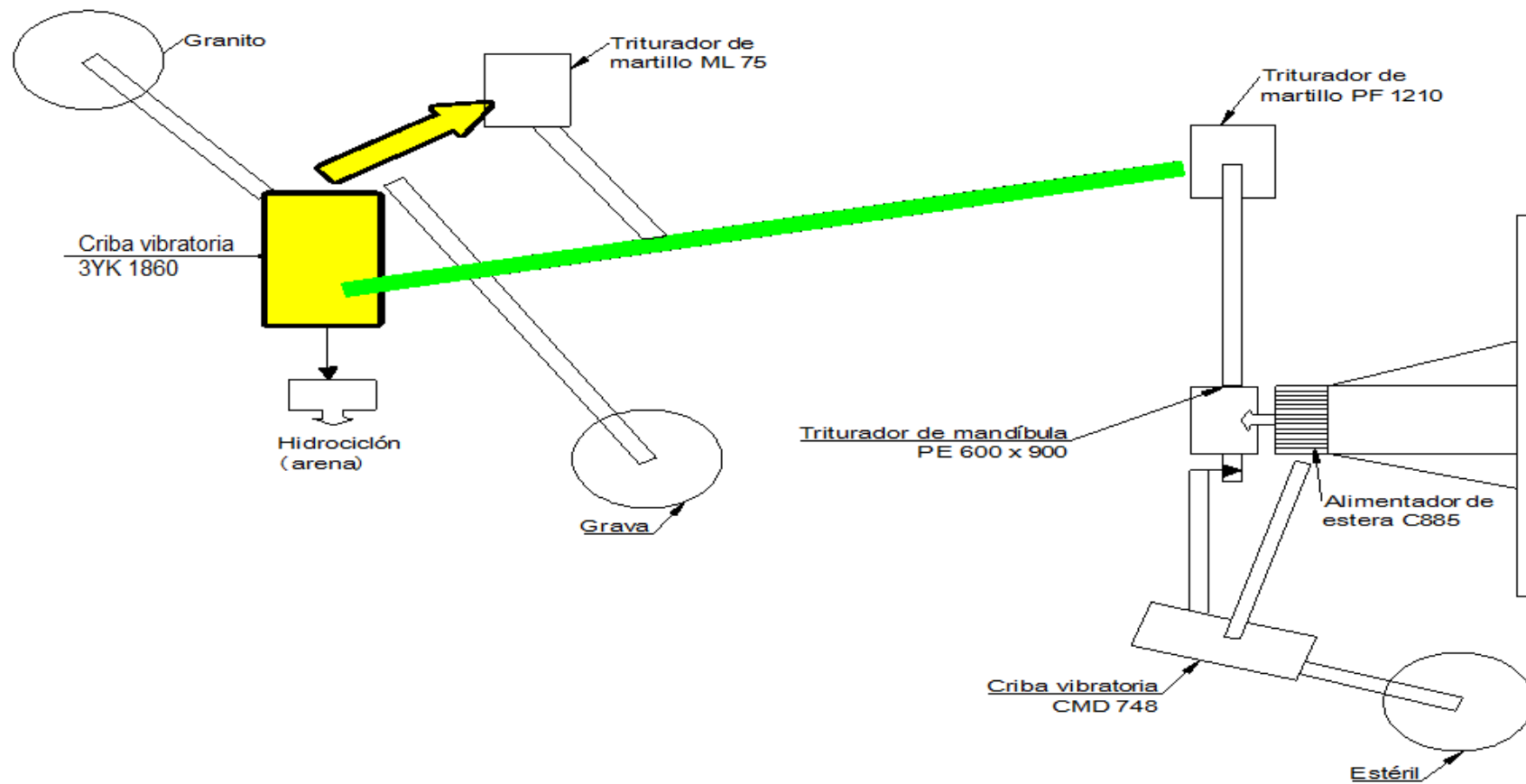
Material explotado: Calizas



Producción anual: 177 000 m³

Número de trabajadores: 124

Anexo 2. Esquema tecnológico del molino de la cantera Los Caliches



Anexo 3. Equipos de transporte (Camión Hova y Belaz) existentes en la cantera Los Caliches



Anexo 4. Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

VARIABLES - INDICADORES		VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS			
Frente de cantera	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Altura total del frente	>20	5			
	20-15	4			
	15	3			
	15-10	2			
	<10	1			
Altura de los bancos	30-20	5	<20	5	
	20-10	3	>20	0	
	10-5	0			
Sistema de explotación	Vertido	5	Vertido	0	
	Explotación tipo Corta	5	Explotación tipo Corta	4	
	Banco descendente	3	Banco descendente	2	
	Banco ascendente	3	Banco ascendente	1	
Nivel de rehabilitación			Bien	5	
			Regular	3	
			Mal	0	
Impacto visual			Nulo	5	
			Medio	3	
			Importante	0	
Límites de la explotación					
Dispone de vallado externo de explotación. Tipo			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Dispone de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Dispone de captadores de polvo perimetrales			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Estabilidad del frente	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Fracturación del frente			Nulo 5 Medio 3 Importante 0		
Estado de las plataformas					
Anchura de trabajo (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0		Sí 5 Medio 3 No 0		
Limpieza	Bien 5 Regular 3 Mal 0		Bien 5 Regular 3 Mal 0		
Estado de los caminos					
Ancho de las pistas (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0		Sí 5 Medio 3 No 0		
Pendientes (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0		Sí 5 Medio 3 No 0		
Sistemas de señalización en cantera			Sí 5 Medio 3 No 0		
Asfaltado de las pistas y accesos	Sí 5 Medio 3 No 0		Sí 5 Medio 3 No 0		
Perforación					
Los equipos deben cumplir con la normativa vigente	Sí 5 Medio 3 No 0		Sí 5 Medio 3 No 0		
Existe pantallas acústicas			Índice alto 5 Intermedio 3 Bajo 0		
Se realizan estudios de niveles de ruido			Sí 5 Medio 3 No 0		
Sistema de eliminación de polvo			Sí 5 Medio 3 No 0		
Sistemas de eliminación de ruido			Sí 5 Medio 3 No 0		
Tipo de martillo			MF 5 MC 0		

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Voladura	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Diámetro de perforación (mm)	> 100	5			
	100	4			
	75	2			
	<75	0			
Sistema de iniciación utilizado	Det E+ Sistema nonel	5			
	Det NE+Tubo	4			
	Det NE+Det	4			
	El+Hilo	4			
	Det E+Mecha	4			
	Det Electrónicos	5			
Consumo específico(kg/m³)	<0,40	5			
	0,40-0,50	3			
	>0,50	0			
Tipo de explosivo					
Fragmentación adecuada	Sí	5			
	Medio	3			
	No	0			
Generación de polvo			Nula	5	
			Medio	3	
			Importante	0	
Proyecciones			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Cordón detonante			Sí	5	
			No	0	
Estudio de vibraciones			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte					
El sistema de carga es el adecuado	Sí	5	Sí	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No	0	No	0	
El sistema de transporte es el adecuado	Sí	5	Sí	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No	0	No	0	
Distancia del frente a la tolva del primario					

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Carga y transporte	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica	
Acoplamiento carga y transporte	> 1,5	0				
	1,3	3				
	1	5				
	<1	0				
Consumo de petróleo (l/m ³)	< 0,30	5				
	0,60	3				
	>0,90	1				
Dispone de sistemas de control de la carga	Sí	5				
	Medio	3				
	No	0				
Dispone de sistemas de control de los consumos	Sí	5				
	Medio	3				
	No	0				
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	Sí	5		
	Medio	3	Medio	3		
	No	0	No	0		
Sistemas de apantallamiento natural			Sí	5		
			Medio	3		
			No	0		
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga			Sí	5		
			Medio	3		
			No	0		
Se cubre la carga en la cantera			Sí	5		
			Medio	3		
			No	0		
Se circula a través de alguna población					Sí	5
					Medio	3
					No	0
Planta de tratamiento						
Esquema de planta						
Es adecuado el esquema de planta	Sí	5				
	Medio	3				
	No	0				

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Acopios próximos a la tolva del primario	Diario	0			
	Fin de semana	3			
	No	5			
Acoplamiento primario y secundario	> Una jornada	5			
	Una jornada	3			
	0h	0			
Líneas de clasificación					
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Sistemas de apantallamiento natural (% de efectividad)			100	5	
			50	3	
			0	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)			100	5	
			50	3	
			0	0	
Dispone de sistemas de control de la producción (% de los equipos)	100	5			
	50	3			
	0	0			
Grado de automatismo (%)	100	5			
	50	3			
	0	0			
Confinamiento de la tolva de alimentación de la trituradora			Sí	5	
			No	0	
La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de eliminación de polvo (aspersores, campanas)			Sí	5	
			No	0	

Anexo 4. (continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
La tolva de alimentación dispone de barrera no franqueable			Sí 5 No 0		
La tolva de alimentación dispone de sistema de amortiguación de las rocas			Sí 5 No 0		
Existen fragmentos de material en los accesos			Sí 5 No 0		
Dispone de caseta de control de operaciones del primario	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
Dispone la misma de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
Dispone de medios para controlar el funcionamiento de los trituradores	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e Higiene en el trabajo			Sí 5 No 0		
Las cintas transportadoras disponen de detectores de metales (%)	100 5 50 3 0 0				
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de control de producción (balanzas)	100% 5 50% 3 0% 0				

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico	Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Las cintas transportadoras se encuentran capotadas (%)		100 50 0	5 3 0	
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de seguridad blindaje (%)		100 50 0	5 3 0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de las correas de los motores (%)		100 50 0	5 3 0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de los tambores (%)		100 50 0	5 3 0	
Las cintas transportadoras disponen de escalerilla de acceso y pasarela de vista (%)		100 50 0	5 3 0	
Los tambores de cola están a una altura adecuada (%)		100 50 0	5 3 0	
Cierre de los equipos de trituración (%)		100 50 0	5 3 0	
Cierre de los equipos de molienda (%)		100 50 0	5 3 0	
Cierre de los equipos de clasificación (%)		100 50 0	5 3 0	

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Dispone de caseta de control de operaciones en la zona de clasificación	Sí No	5 0	Sí No	5 0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí No	5 0	Sí No	5 0	
Dispone de control remoto para el funcionamiento de los molinos	Sí No	5 0			
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo			Sí No	5 0	
Dispone de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)			100 50 0	5 3 0	
Dispone de sistemas que reduzcan o eliminen el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)			100 50 0	5 3 0	
Confinamiento de los almacén (%)			100 50 0	5 3 0	
Los almacenes disponen de protecciones contra el viento (%)			100 50 0	5 3 0	

Anexo 4. (continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico	Medioambiental y seguridad	Socio-económica
Altura de caída adecuada		Sí 5 No 0	
La carga del material de los almacenes se realiza por cinta transportadora (%)		100 5 50 3 0 0	
Sistemas de lavado de ruedas y de la carga de camiones		Sí 5 No 0	
Dispone de circuito exclusivo para lavado de ruedas		Sí 5 No 0	
Situación de la planta con respecto a la orografía del terreno		Inferior 5 Igual 0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)		100 5 50 3 0 0	
Nivel de mantenimiento de la instalación	Muy bueno 5 Bien 4 Regular 3 Mal 2 Muy malo 1 No existe 0		
Sistema de alimentación eléctrica			
Potencia disponible (kVA)			
Factor de coincidencia			
Se dispone de arrancador de frecuencia	Sí 5 No 0		

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Se dispone de instalación de condensadores	Sí	5			
	No	0			
Consumo eléctrico (kW /m³)	<1,5	5			
	1,5-2	4			
	2	3			
	2-2,5	2			
	2,5-3	1			
	> 3	0			
Dispone de sala de cuadros eléctricos	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Estado de la sala de cuadros eléctricos	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Estado de las canalizaciones eléctricas	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Dispone de taller	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Estado del taller	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustibles y aceites	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Consumo de petróleo(l/m³)	< 0,30	5			
	0,60	3			
	>0,90	1			
Existencia de un plan de gestión de residuos asimilables			Sí	5	
			No	0	
Autorización de productor de residuos peligrosos			Sí	5	
			No	0	
Dispone de surtidor propio	Sí	5			
	No	0			

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Consumo de agua para el lavado de los áridos (m³ /mes)	0	5	0	5	
	5 000	3	5 000	3	
	1 000	2	1 000	2	
	15 000	1	15 000	1	
	>15 000	0	>15 000	0	
Riegos de pistas al día (dependiendo de la zona de ubicación de la cantera)	Adecuado	5	Adecuado	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No	0	No	0	
	adecuado		adecuado		
Sistema de eliminación de polvo en los caminos			Sis. Comb	5	
			Aspersores	5	
			Camión	3	
			No	0	
Dispone de sala comedor para los trabajadores			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sala de laboratorio en planta	Sí	5			
	No	0			
Dispone de sistemas de gestión medioambiental NC ISO 14015			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de gestión la calidad ISO 9001			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de gestión de la seguridad OHSAS			Sí	5	
			No	0	
Subcontratación de la perforación y voladura	Sí	5			
	No	0			
Subcontratación de la carga y transporte	Sí	5			
	No	0			

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Empleo	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica	
Número medio de empleo directo (%)					80 30 0	5 3 0
Número medio de empleo indirecto (%)					50 20 0	5 3 0
Número de turno						
Índice de ausentismo	10 5 0	0 3 5				
Accidentes						
Número de horas perdidas como resultado de los accidentes (leves y graves)	0 167 200	5 3 0				
Número de accidentes mortales			0 >0	5 0	0 >0	5 0
Índice de incidencia	0 137 200	5 3 0			0 137 200	5 3 0
Número de accidentes por Mt					0 4,6 10	5 3 0
Formación						
Horas de especialización (%)	100 50 0	5 3 0	100 50 0	5 3 0		
Horas de formación en seguridad y salud (%)	100 50 0	5 3 0	100 50 0	5 3 0		
Horas de formación (%)	100 50 0	5 3 0	100 50 0	5 3 0		
Transporte						
Distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera (km)			70 30 Variable	0 3 5	70 30 Variable	0 3 5

Anexo 4. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Incidentes medio ambientales	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica	
Número de incidentes medio ambientales	Sí	0	Sí	5	Sí	5
	No	5	No	0	No	0
Técnico en cantera	Sí	5	Sí	5	Sí	5
	No	0	No	0	No	0

En las casillas de la tabla antes presentada el criterio de valoración esta entre: bien (5), regular (3) y mal (0), quedando a juicio del evaluador asignar otra puntuación para obtener una evaluación más precisa.