



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

Clotilde Jandira Naluziath Gonçalves

Especialidad: Ingeniería en Minas

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: Se realizó el diagnóstico tecnológico de la cantera Los Caliches y el análisis de los parámetros característicos de la técnica minera. 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 permiten obtener el valor final del índice mECA (43 %), por lo que la cantera se evalúa de regular.

Palabras clave: cantera; áridos; índice mEca.

* Trabajo tutorado por la Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés y la Dra. C. Naisma Hernández Jatib.
Recibido: 12 enero 2016 / Aceptado: 13 septiembre 2016.

Technological diagnosis of Los Caliches aggregates quarry in Holguín province

Abstract: The technological diagnosis of Los Caliches quarry and the analysis of the characteristic parameters of mining engineering were carried out. To do this, the evaluation matrix quarrying was used, which allows to check the implementation degree of the available techniques for the evaluated aspects and designing technological improvements to contribute to the raise of the quality and efficiency of mining production and reducing negative environmental impacts. For the application of the technological diagnosis at Los Caliches quarry it was necessary to identify the variables and indicators that make up the Evaluation Matrix. The values obtained for each variable allowed obtaining the final value of the index evaluation matrix quarrying (43%) giving the quarry a regular evaluation.

Key words: Quarry; aggregates; Evaluation Matrix Quarrying index.

Introducción

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 la última década el desarrollo del sector de la construcción, el perfeccionamiento industrial, los logros técnicos, así como 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 de 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).

El yacimiento Los Caliches, ubicado en el municipio de Gibara, es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico de la provincia debido al volumen de materia prima que extrae, lo cual lo convierte en 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.

Vega (2015) realizó un estudio en la cantera El Caliche para determinar el método de arranque a emplear, sin embargo, no se han realizado estudios, científicamente argumentados, sobre los aspectos técnicos, medioambientales y socioeconómicos de la misma.

Por ello el trabajo propone 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 que ocasiona.

Caracterización general de la cantera Los Caliches

La cantera Los Caliches se encuentra ubicada en el municipio de Gibara, provincia de Holguín. Está situada a unos 10 km al suroeste de dicho pueblo y a unos 3,5 km de la carretera Holguín–Gibara.

Composición petrográfica

Las rocas estudiadas del yacimiento son piedras de construcción; están representadas por calizas pelitomórficas, pelitomórficaorganógenas, calizas organógenas detríticas, calizas brechosas y conglomerados calcáreos.

Son rocas muy duras, compactas, de color blanco y, menos frecuentemente, blanco cremoso, 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, expuestas a la acción de las olas y los mares.

Características tecnológicas

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

- Peso volumétrico – seco: $2,52 \text{ gr/cm}^3$ promedio
- Peso volumétrico – saturado: $2,60 \text{ gr/cm}^3$ 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: 1 051 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 gr/cm² 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.

En cuanto al grado de infiltraciones es bajo, lo cual 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 se 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.

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 socioeconómico.

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 otras 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, seguridad y socioeconómico.

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 realice 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) y Trigueros y demás investigadores (2007) han desarrollado modelos de estudio similares, pero refiriéndose únicamente a aspectos parciales.

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, 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 la 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; disponer 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.

La planta debe disponer 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 almacenes y protecciones contra el viento; altura de caída adecuada; que la carga del material de los almacenes 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.

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 medioambientales:** número de incidentes medioambientales, técnico de minas en cantera.

Del resultado obtenido de la valoración de 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.

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, así como su capacidad.

El parque de máquinas está constituido por equipos que realizan las distintas etapas de la actividad minera que se describen en las Tablas 1 y 2.

Tabla 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

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 cuenta con tres etapas de reducción de tamaño de la materia prima y 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 2. Equipos de la planta de tratamiento

EQUIPO	ORIGEN	MODELO	CANTIDAD
Trituradora de mandíbula	Chino	PE 600×900	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

Descripción de los aspectos evaluados en la cantera Los Caliches

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.

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 FortelTM TempusTM, AmexTM, SenatelTM MagnafracTM.
- 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.

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.

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 1 000 kVA, las líneas de voltajes de operación con que dispone son de 440 V.

Aspecto medioambiental

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, el incremento en el nivel de ruidos en las actividades mineras, la 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.
- Cumplir con lo establecido en el pasaporte de barrenación y voladura.
- No utilizar 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 metro cúbico 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 la 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 valorar de regular y 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 necesario (tapones, mascarillas y espejuelo), aunque todos los años la empresa dispone de presupuesto para la compra de medios de protección individual 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 termomagnéticas contra sobrecarga y cortocircuito.

Aspecto socioeconómico

En términos económicos se puede resaltar que la empresa cuenta con una producción anual de 3 911 000 m³. El número total de trabajadores es de 124, de ellos un 80 % es 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.

Tabla 3. Índices técnico-económicos de explotación y producción

Nº	ÍNDICES TÉCNICOS	U/M	VALOR
1	Índice de consumo de 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 × 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.

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 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 %	1,50	
Altura de los bancos	12	3	30 %	0,90	
Sistema de explotación	Bd	3	50 %	1,50	4,00
Nivel de rehabilitación	Regular		0 %		3,90
Impacto visual	Medio		0 %		98 %

En la Tabla 4 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). 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 98 %.

En el recorrido horizontal de la mECA (Tabla 5) el valor final del aspecto medioambiental y de seguridad del frente de cantera es de 99 %, debido, en gran parte, a la importancia asignada al impacto visual y al nivel de rehabilitación.

Para terminar el recorrido horizontal de la mECA se muestra el aspecto socioeconómico (Tabla 6), en el cual los indicadores de esta variable no tienen influencia directa sobre el mismo.

Tabla 5. Valoración del aspecto medioambiental y de seguridad de la variable Frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO MEDIOAMB. Y SEG.				
	c	v(0-5)	i	p	Valor
Frente de cantera					
Altura total del frente	40		0 %	0,00	
Altura de los bancos	12	5	40 %	2,00	
Sistema de explotación	Bd	2	40 %	0,80	8,00
Nivel de rehabilitación	Regular	3	80 %	2,40	7,90
Impacto visual	Medio	3	90 %	2,70	99 %

Tabla 6. Valoración del aspecto socioeconómico de la variable Frente de cantera

VARIABLE E INDICADORES	ASPECTO SOCIOECONÓMICO				
	c	v(0-5)	i	p	Valor
Frente de cantera					
Altura total del frente	40		0 %	0,00	
Altura de los bancos	12		0 %	0,00	
Sistema de explotación	Bd		0 %	0,00	0,00
Nivel de rehabilitación	Regular		0 %	0,00	0,00
Impacto visual	Medio		0 %	0,00	0 %

Tabla 7. Valoración final de la variable Frente de cantera en el recorrido horizontal

ASPECTO TÉCNICO					ASPECTO MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				ASPECTO SOCIOECONÓMICO				
c	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	
				4,00				8,00				0,00	12,00
				3,90				7,90				0,00	11,80
				98 %				99 %				0 %	98 %

El valor final del recorrido horizontal (98 %) en la Tabla 7 permitió llegar a la conclusión de que debido a sus características y a las condiciones del país la variable frente de cantera se encuentra en una posición favorable respecto a la mejor situación en una explotación.

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 buena, lo cual se corrobora con la existencia de métodos adecuados de explotación, consumos por norma general aceptables y un adecuado uso de la energía.

De acuerdo con 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 mostrados en la Figura 1.



Figura 1. Importancia de los aspectos de evaluación a partir del análisis de la matriz (mECA).

La Tabla 8 muestra el resultado final (índice mECA) para la cantera evaluada, al utilizar los valores ponderados que se exponen en la Figura 1 para cada uno de los aspectos evaluados; además, se muestran los índices específicos e índices globales obtenidos.

Tabla 8. Resultados de la cantera evaluada

ASPECTOS	PONDERADORES	ÍNDICES ESPECÍFICOS	ÍNDICES GLOBALES	
Técnico	20 %	35 %	7 %	
Medioambiental-seguridad	60 %	59 %	35 %	ÍNDICE mECA

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 105,4, el cual permite calificar el estado tecnológico de la maquinaria utilizada en la instalación acorde con los requerimientos y las garantías exigidas en Cuba.

En el aspecto medioambiental y de seguridad se obtuvo un valor de 174,8, lo que evidencia que no se emplean técnicas adecuadas para mitigar los impactos medioambientales y su proyecto de rehabilitación cumple las normas exigidas; además, los obreros no cuentan con suficientes medios de seguridad individual.

El resultado en la valoración socioeconómica es de 18,5 debido, fundamentalmente, a la inexistencia de inversiones en la cantera. Además, se puede agregar que no existen accidentes mortales e incidentes medioambientales que afecten a los trabajadores y a la población.

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

Referencias bibliográficas

- DUBOURDIEU, B. 2006: Indicadores medioambientales: un primer paso hacia el desarrollo sostenible. En: I Congreso Nacional de Áridos. Zaragoza.
- GONZÁLEZ, C. 2006: Un proyecto de minería de áridos para el futuro. En: I Congreso Nacional de Áridos, Zaragoza.
- HERNÁNDEZ, 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.
- 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.
- MARTÍNEZ, 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.

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

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.