

Procedure for the recovery of the mined area in the deposit gravel - sand Rio Sagua, Holguin. Cuba

Alexis Montes de Oca-Risco ^a, Mayda Ulloa-Carcassés ^b & Suraymi García-Cruz ^c

^a MsC Auxiliar, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa amontes@ismm.edu.cu

^b PhD Titular, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, mulloac@ismm.edu.cu

^c MsC Auxiliar, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, sgarcia@ismm.edu.cu

Recibido para revisar: 28-Febrero-2013, Aceptado: 20-Agosto-2014, versión final: 06-October-2014.

ABSTRACT

The gravel pits are exploitations to extract granular materials, sand and gravel in the alluvial river areas. Excavated voids are not very deep, unlike quarries and generally result in flooded areas. The company building materials in Holguin province has concessioned four deposit and within a gravel pit. The areas damaged by the exploitation of construction materials in the territory occupy about 75 ha, which causes a strong impact on the environment. For this reason it is proposed to develop a procedure to recover the deposit mined area in the gravel - sand Rio Sagua de Holguin as to achieve responsible mining. With the application of scientific methods analyzed the factors influencing the choice of recovery uses the mined area in the study area and developed a procedure consisting of five main stages. With the development of the procedure was shown that it can improve the social and environmental quality in the area affected by the mining activity

Key Words: Gravel pit, Environmental impact, Mined area, Recovery.

Procedimiento para la recuperación del área minada en el yacimiento grava – arena Río Sagua, Holguín. Cuba

RESUMEN

Las graveras son explotaciones para extraer materiales granulares, arenas y gravas en las zonas aluviales de los ríos. Los huecos excavados no son muy profundos, a diferencia de las canteras y generalmente dan lugar a zonas inundadas. La empresa de materiales de la construcción de la provincia Holguín tiene concesionados 4 yacimientos y dentro de ellos una gravera. Las áreas dañadas por la explotación de materiales de la construcción en el territorio ocupan alrededor de 75 ha, lo cual provoca un fuerte impacto al medio ambiente. Por tal razón se propuso elaborar un procedimiento para recuperar el área minada en el yacimiento grava – arena Río Sagua de Holguín que permita lograr una minería responsable. Con la aplicación de métodos científicos se analizaron los factores que influyen en la elección de los usos de recuperación del área minada en la zona de estudio y se elaboró un procedimiento que consta de cinco etapas principales. Con la elaboración del procedimiento se demostró que se puede mejorar la calidad ambiental y social en la zona afectada por la actividad minera.

Palabras clave: Gravera, Impacto ambiental, Área minada, Recuperación.

1. INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del siglo XX el sector de la minería ha experimentado un alto grado de mecanización, haciendo posible mover grandes volúmenes de rocas para extraer los minerales de los yacimientos de la corteza terrestre. Esta actividad, cuyo fin es abastecer a la sociedad de las materias

primeras necesarias, trae consigo una serie de alteraciones sobre el medio ambiente, entre las que cabe destacar: la degradación del paisaje, la desaparición del uso productivo de la tierra, el aumento de la erosión de la zona al desaparecer la cubierta vegetal y la posible contaminación por sustancias tóxicas (Paris, 2009).

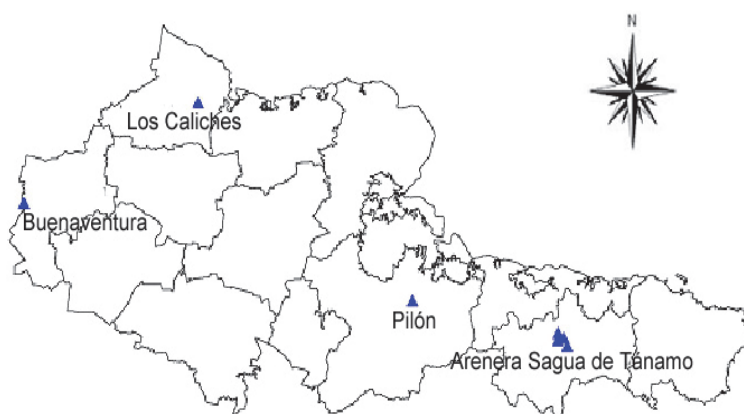


Figura. 1 Ubicación de los yacimientos de materiales de la construcción de la provincia Holguín.

En Cuba existen diferentes regulaciones ambientales para toda actividad que genere deterioro al entorno. En este sentido se ha promulgado la Ley 81 (Ley del Medio Ambiente), que establece la obligación de minimizar o mitigar los efectos negativos al medio ambiente, así como la Ley 76 de Minas que plantea en su artículo 41 que los concesionarios están obligados a preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, y deben elaborar estudios y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar el impacto derivado de la actividad minera, tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados.

El incumplimiento de lo establecido en los proyectos mineros en cuanto a legislación ambiental según (Watson, 2008) ha propiciado, que muchas veces los terrenos explotados no sean adecuadamente rehabilitados al cesar las labores de minería.

La empresa de materiales para la construcción de la provincia de Holguín tiene concesionados 4 yacimientos donde se explotan recursos destinados a la producción de materiales para la construcción que han ocasionado una afectación al medio ambiente debido al fuerte impacto de las áreas dañadas que ocupan alrededor de 75 ha en toda la provincia.

Del total del área afectada por la minería en la provincia 2,4 ha pertenecen al yacimiento grava – arena Río Sagua. Hasta el momento es insuficiente el trabajo dedicado a la rehabilitación de estas áreas, además que no se cuenta con un instrumento eficiente que recoja de forma integral los pasos a seguir en la recuperación de los espacios dañados por la extracción de arena y por esta razón es importante establecer un procedimiento para la recuperación de estas áreas.

En este trabajo se propone un procedimiento para la recuperación del área minada en el yacimiento grava – arena Río Sagua de la provincia Holguín.

Caracterización de la Industria de Materiales de Construcción de Holguín

La Industria de Materiales de Construcción de Holguín en la actualidad tiene en explotación 4 yacimientos (Los Caliches, Buenaventura, Pílon y Grava – Arena Río Sagua)

Tabla 1 Estado de la rehabilitación de los yacimientos de la industria de materiales de construcción de Holguín.

Yacimientos	Material que se extrae	Área minada no recuperada (ha)
Los Caliches	Caliza	34.83
Pílon	Caliza	21.39
Buenaventura	Arenas de granitoides	16.74
Río Sagua	Arena	2.395
Total		75.36

(Fig.1), los cuales están destinados a satisfacer las crecientes necesidades que se imponen en toda la provincia de materiales para la construcción.

Algunos yacimientos se explotan hace más de 20 años con la finalidad de obtener materia prima para la construcción. En la provincia las áreas afectadas por esta actividad minera ocupan alrededor de 75 ha. (Tabla 1)

Ubicación y caracterización del yacimiento grava – arena Río Sagua

El Yacimiento grava – arena Río Sagua se encuentra en las márgenes del río del mismo nombre, en el poblado del Jobo, perteneciente al municipio Sagua de Tánamo de la provincia de Holguín. En su extremo este, la yacencia mineral se encuentra ubicada en las terrazas del Río Sagua y Miguel (Afluente) tanto al Sur como al Norte del pueblo de Sagua de Tánamo.

Las coordenadas geográficas son:

N 20° 35' 54"

W 75° 14' 6"

El área se encuentra en explotación desde 1993 (20 años) y sus plantas constituyen las principales abastecedoras de arena de los municipios Moa, Frank País, Mayarí y la propia Sagua de Tánamo.

Relieve

En las llanuras de inundación de estos ríos se presentan valles muy amplios, propios de cauces perfectamente

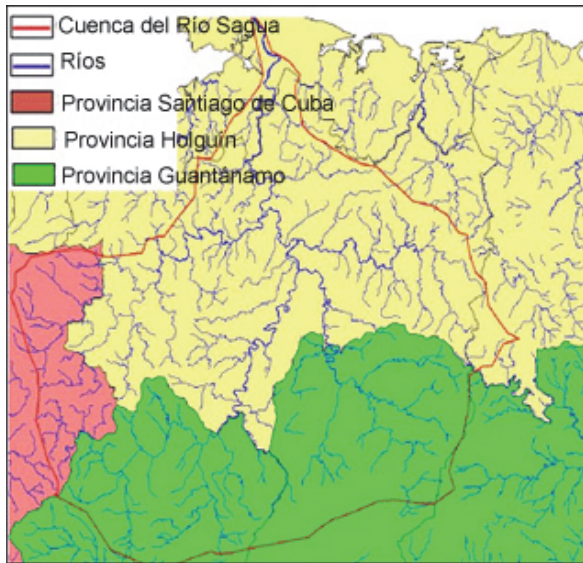


Figura 2. Hidrografía de la región de estudio.



Foto 1. Presencia de vegetación en el yacimiento

desarrollados, además se presentan áreas de elevaciones medianas.

Hidrografía

En la región existe una red hidrográfica representada por ríos y arroyos que corren en dirección de Sur a Norte (Fig. 2). Dentro de los elementos hidrográficos más importantes se pueden citar los ríos Sagua (48 km de longitud) y sus afluentes Santa Catalina (12 km), Miguel (32 km) y Castro (30 km). Estos ríos tienen una profundidad media de 0,5 a 0,7 m, un ancho de 10 a 15 m y corren durante todo el año.

Condiciones de yacencia del mineral y de las rocas encajantes.

El Yacimiento de Grava – Arena Río Sagua se caracteriza desde el punto de vista geológico por estar constituido por una mezcla grava-arena-arcilla típica de depósitos de terrazas de río de alta capacidad de arrastre, demostrado por el alto contenido de grava que lo compone. Estos cuerpos son de forma alargada y estrecha, paralelos al cauce del río, con un ancho máximo que en algunos casos alcanza los 200-250 m y los 50 m como mínimo.

Este yacimiento tiene las siguientes condiciones:

- Las potencias útiles son variables desde 2.3 hasta 9.12 m con 4.5 m como promedio.
- La potencia de destape promedio es menor de 2.0 m.
- La masa gravo-arenosa tiene un peso volumétrico de 2.7 g/cm³ como promedio.
- La masa útil está caracterizada por un 25 % de componentes carbonatados alcalinos y el resto por componentes feldespáticos – silícicos fundamentalmente silícicos (50 %).
- Las intercalaciones de estériles están poco presentes en el yacimiento pero están bien localizadas y representadas en

los perfiles. Están compuestas por arcillas plásticas algo arenosas y con un 10 % de grava.

Clima

El clima es tropical húmedo, característico de la posición geográfica, los vientos predominantes en la zona son del Este-Noreste (ENE) con velocidades de 14 a 18 km/h. El valor de la temperatura media anual es de 24.8 °C. La humedad relativa promedio anual de la región es de 82 %. Las precipitaciones son en forma de lluvias torrenciales del tipo orográficas, las que pueden ocurrir en cualquier época del año. Las lluvias máximas diarias sobre la cuenca del Río Sagua pueden llegar hasta 450 mm.

Descripción del medio biológico (Flora y fauna)

Desde el punto de vista florístico es un área de abundante vegetación, prevaleciendo un hierbazal que sobrepasa 1.5 m de altura como promedio. Entre las especies herbáceas que predominan tenemos la Phyla nudiflora (oro azul), Triumfetta semitriloba (guisazo de caballo), Bambusia vulgaris (Bambú), entre otras. También en el área se cuenta con el árbol nacional de Cuba, (la palma real) Roystonea regia, perteneciente a la familia de las palmáceas (Ver foto 1).

Las comunidades hidrófilas están representadas en el río Sagua, por varias especies de peces y camarones que habitan los remansos y charcas de menos corriente. En el fondo de los ríos aparecen moluscos gasterópodos muy comunes y abundantes de la especie *Atrevia uranífera*. Las comunidades antropógenas en la zona de estudio están compuestas por tres grupos fundamentales, reptiles, aves y moluscos.

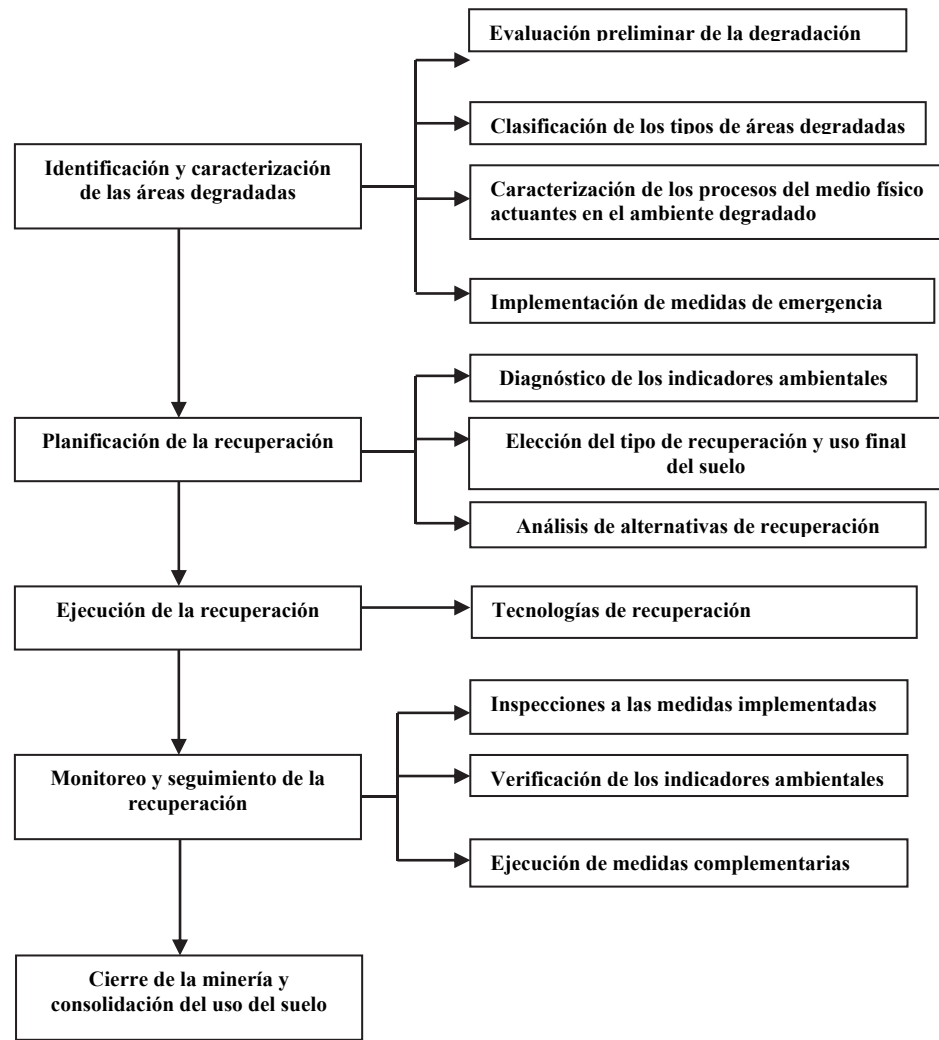


Figura.3 Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas por la minería en Canteras y Graveras.

Demografía y economía de la región

El Jobo es un asentamiento rural perteneciente al municipio de Sagua de Tánamo, con una población de 5 948 habitantes. El mayor porcentaje de la población está constituido por obreros y campesinos. El 89 % de la población dispone de servicio de acueducto. El resto se sirve a través de pozos.

La economía regional está matizada por el notable desarrollo de la agricultura basada fundamentalmente en los cultivos de viandas, frutas y café. La energía eléctrica proviene de la red nacional. La red de comunicaciones de la región está bastante desarrollada. Se destaca por su importancia la carretera Holguín - Moa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

El procedimiento de recuperación elaborado, consta de 5 etapas fundamentales y se tuvieron en cuenta 4 grupos de

prácticas, entre las que mencionamos las prácticas edáficas, prácticas topográficas y geotécnicas, prácticas hídricas y prácticas ecológicas.

Las prácticas edáficas están relacionadas con el manejo y protección del suelo, recurso escaso y de gran importancia en la recuperación de áreas dañadas. Este tipo de prácticas incluye la remoción selectiva del suelo y prevención de la erosión.

Las prácticas de carácter topográfico y geotécnico incluyen el remodelamiento del terreno afectado, tanto en escombreras como frentes de excavación.

Las prácticas geotécnicas buscan la estabilidad física del área, mientras que las prácticas topográficas buscan lograr un área de forma armoniosa con su entorno o establecer condiciones geomorfológicas similares a las que tenía el área antes de la minería.

Las prácticas hídricas buscan la conservación de la cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Las prácticas de carácter ecológico se refieren a acciones relativas al manejo de la fauna y la vegetación, donde se busca el establecimiento de una comunidad vegetal en áreas designadas de la mina y su entorno

Procedimiento para recuperar el área minada del yacimiento grava – arena Río Sagua

Considerando los diversos aspectos incluidos en la recuperación de áreas degradadas por la minería se especifican las etapas y procedimientos básicos que deben guiar el trabajo en el caso del yacimiento grava – arena Río Sagua. (Fig.3).

Descripción del procedimiento elaborado

Partiendo del procedimiento elaborado, a continuación se presenta la secuencia de actividades técnicas que deben componer el plan básico para determinadas áreas degradadas que tienen como objetivo preliminar asegurar a corto plazo la estabilidad del medio ambiente de la zona y que dependen de una vinculación con un proyecto de rehabilitación futuro.

Se decidió aplicar el procedimiento al yacimiento grava – arena Río Sagua debido a su situación ambiental relacionada con su explotación sin proyecto de rehabilitación hace alrededor de 20 años y su impacto ecológico en el área de extracción.

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Identificación y caracterización de las áreas degradadas

Evaluación preliminar de la degradación

El primer paso del procedimiento de recuperación del área minada en el yacimiento grava – arena Río Sagua, es la evaluación preliminar de la degradación, a través de un cuidadoso diagnóstico de los procesos que allí actúan y de sus consecuencias ambientales. En visitas realizadas al yacimiento se realizó una evaluación preliminar de las áreas dañadas por la extracción de arena, se constató que los frentes en explotación presentan taludes inestables con derrumbes parciales en algunas zonas. En las escombreras se evidencia procesos erosivos y la propagación de polvo a la atmósfera y en las obras de infraestructura el mayor impacto se observa en la contaminación por polvo de las plantas de preparación mecánica, así como el aumento del ruido y las vibraciones.

Finalmente en esta evaluación preliminar se realizó un estudio preciso de la información disponible sobre todos los aspectos que pueden condicionar la recuperación de las zonas minadas, entre los que se pueden mencionar la topografía, geología, usos del suelo, redes de comunicación, flora, fauna, etc.

En la tabla 2 se muestran los factores afectados por la explotación del yacimiento y su impacto al medio ambiente.

Tabla 2. Impactos ambientales producidos por la actividad minera en el yacimiento grava – arena Río Sagua.

Factores afectados	Impacto
Suelo y orilla del río	- Pérdida o alteración del suelo fértil por operaciones de excavación, construcción de caminos, acopio de material y escombreras. - Inestabilidad y hundimiento en las orillas. - Aumento de la erosión y sedimentación.
Aguas superficiales y subterráneas	- Incremento del nivel de sólidos en suspensión por remoción de los materiales del fondo, al realizar la extracción y por el tráfico de camiones. - Contaminación por combustibles y lubricantes. - Incremento de la temperatura de las aguas superficiales por la pérdida de vegetación. - Alteración de la calidad del agua subterránea por variación en la infiltración.
Atmósfera	- Incremento en el nivel de ruidos. - Disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo y partículas. - Modificaciones a nivel microclimático, como consecuencia de la eliminación de la vegetación.
Flora y fauna	- Pérdida de la vegetación ribereña y acuática. - Reducción de especies ocasionada por la tala de árboles. - Pérdida de unas especies y colonización del espacio por otras de menor calidad. - Desplazamiento de los animales hacia otros medios similares.
Población	- Incremento del nivel de empleo. - Mejoramiento de la red de transporte. - Variación demográfica. - Mejoramiento de las comunicaciones. - Afectaciones a la salud de los pobladores que utilizan el agua del río para su consumo
Paisaje y morfología	- Modificación de las características visuales del paisaje. - Cambios en la morfología. - Disminución del atractivo paisajístico.

Clasificación de los tipos de áreas degradadas

Sobre la base de los tipos de áreas degradadas (Yazbek, 2000) que se consideran para las canteras de materiales de construcción establecidas en la metodología, se p

Tabla 3. Clasificación de las áreas degradadas en el yacimiento grava – arena Río Sagua.

Tipos de áreas degradadas	
Áreas explotadas	Frentes de explotación y taludes
Áreas de depósitos de estériles y desechos	Escombreras
Áreas de infraestructura	Área de almacenaje y expedición de mineral, Vías de circulación

Caracterización de los procesos del medio físico actuantes en el medio ambiente degradado

Dentro de las alteraciones sobre el recurso tierra, las primeras modificaciones se producen sobre el suelo que como resultado del destape se eliminan totalmente. Posteriormente durante la extracción del material por la acción de la dragalina se afecta el suelo y el medio ambiente en general lo cual trae consigo que se produzcan cambios en el relieve donde se transforma la topografía y se altera generalmente de forma radical el drenaje natural.

Las alteraciones a las aguas superficiales se producen por los cambios en su composición físico – química, producto del arrastre de partículas por erosión. El agua subterránea se ve sometida a cambios en su composición físico – química por infiltración, afectándose también los niveles freáticos.

En las superficies desnudas por destape, aparecen los procesos de deflación y por tanto de contaminación del aire, así como también en ellas ocurren procesos erosivos de arrastres de partículas que contaminan las aguas superficiales. Estos procesos negativos son de carácter temporal.

El escurrimiento y la red de drenaje natural se alteran generalmente, provocándose un intenso arrastre de partículas por erosión desde estas superficies, que contaminan las aguas superficiales del río.

En las escombreras al igual que en los frentes de extracción se evidencian procesos erosivos intensos con formación de surcos, cárcavas y deslizamientos provocando la contaminación de las aguas. El efecto de la erosión tiene carácter temporal en estas superficies.

Tabla 4. Procesos que producen impactos en el área minada.

Tipo de área degradada	Procesos del medio físico que producen impactos
Frente de explotación	Erosión, Compactación, sedimentación alteraciones a las aguas superficiales
Escombrera	Erosión, sedimentación y compactación
Área de almacenaje y expedición de mineral, Vías de circulación	Contaminación del suelo Compactación alteraciones a las aguas superficiales

Tabla 5. Aspectos necesarios que deben considerarse para la elección del uso final de las áreas en explotación.

Tipo de área degradada	Uso final	Aspectos necesarios
Zona en explotación (Foto 2)	Hábitat Natural	<ul style="list-style-type: none"> · Suelo fértil bien reconstituido · Selección de especies · Modelado de orillas y excavaciones

En la tabla 4 se muestran los procesos del medio físico que producen impactos en el área degradada que tiene el yacimiento grava – arena Río Sagua.

1.4 Medidas de emergencia para la recuperación

De acuerdo a la caracterización efectuada en esta primera etapa, son necesarias medidas inmediatas y urgentes para el mantenimiento de las zonas minadas:

- La revegetación de taludes y caminos internos
- Protección y manejo de la vegetación remanente
- Manejo de sectores abandonados en el sentido de favorecer la recuperación espontánea.

Planificación de la recuperación

Diagnóstico de los indicadores ambientales

En el área de explotación se tuvieron en cuenta dos indicadores ambientales fundamentalmente: la concentración de polvo en el aire y la contaminación de las aguas.

Los principales contaminantes del aire son las nubes de polvo causadas por el tráfico de camiones por caminos no pavimentados, escombreras desnudas, la producción de la planta de preparación mecánica que producen partículas en suspensión en función de su granulometría, humedad y vientos predominantes, que son transportadas a distancias variables, y que en temporadas de estiaje o sequía se incrementan en gran medida, lo que disminuye la calidad del recurso natural aire.

El cauce activo del río muestra un comportamiento dinámico al transportar una determinada cantidad de sedimentos como carga de fondo (grava y arena) y en suspensión (arcillas, limos y arena fina) desde el lugar de extracción hasta su área de deposición.

Elección del tipo de recuperación y uso final

El tipo de explotación que se ha desarrollado es un factor determinante para la elección de uno u otro método de restauración. Según la tabla de la relación entre los tipos de explotaciones y sus usos (Fig.4) y teniendo en cuenta las características de la gravera se propone para el uso final una reserva natural tipo humedal.

Para la elección del uso final de la gravera se plantea por el autor darle un uso final Hábitat natural al área que actualmente se encuentra en explotación (Foto 2), para lo cual, se tuvo en cuenta los aspectos necesarios que debe cumplir estos terrenos para este uso en función del tipo de minería. (Tabla 5)

TIPOS DE EXPLOTACIONES		USOS						
		AGRÍCOLA	FORESTAL	RESERVA NATURAL	RESERVA NATURAL (humedal)	RECREATIVO	URBANÍSTICO	INDUSTRIAL
CANTERAS A MEDIA LADERA								
CANTERAS EN HUECO DESCENDENTE								
GRAVERAS EN SECO								
GRAVERAS EN HÚMEDO								

Sí
 No
 En zonas llanas o de poca pendiente
 Con relleno

Figura. 4 Relación de los tipos de explotaciones y sus usos (tomado del Manual del Gobierno de Aragón).



Foto 2. Zona en explotación

3. EJECUCIÓN DE LA RECUPERACIÓN

Medidas de recuperación en el área de explotación del yacimiento grava – arena Río Sagua

El uso futuro que se le propone al área que actualmente se encuentra en explotación (Foto 1 y 2) es Hábitat natural, para darle este uso final, habrá que tomar las medidas que hay que integrar al proyecto de explotación para obtener un adecuado uso final del área degradada.

También para lograr la recuperación completa del yacimiento se deben cumplir una serie de medidas en las demás áreas del yacimiento, entre las que podemos mencionar: Medidas de recuperación en el área de la

escombrera y medidas de recuperación en áreas de almacenaje y expedición de mineral, vías de circulación.

4. MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN

En esta fase se realiza el monitoreo de la calidad ambiental de la recuperación y se da el seguimiento de la efectividad de la misma, realizándose estudios de supervivencia de flora, así como la toma de muestra de las aguas expuestas a tratamiento para conocer si cumplen con los parámetros ambientales de vertimiento establecidos.

En función de la evolución del humedal, se promovería la utilización posterior del entorno creado para el turismo cultural y ecológico en cuanto a la investigación de la flora y la fauna de áreas palustres, identificación de especies y conocimiento del proceso de restauración minera, demostrándose la posibilidad de su integración en el entorno natural y social.

Inspecciones a las medidas implementadas

- a) Monitoreo de las Aguas Superficiales
- b) Monitoreo del Suelo
- c) Monitoreo de la Biodiversidad
- d) Monitoreo del Paisaje

Verificación de los indicadores ambientales

Esta verificación se realizará por entidades acreditadas y avalados por estudios de evaluación de impactos, estudio de supervivencias y estudio de la calidad ambiental del agua. A

partir de los resultados obtenidos se verificará el comportamiento de los indicadores ambientales. Serán chequeados los parámetros de pH, sólidos sedimentables y la presencia de vida acuática en los efluentes recuperados; respecto al suelo se analizará la estabilidad de los taludes, así como la revegetación en taludes y en escombreras; el relieve se analizará como este se va integrando al paisaje con la aplicación de todas las medidas recuperadoras.

Implementación de medidas complementarias

Después de verificados los indicadores ambientales, si existe algún indicador que no responda a las expectativas esperadas serán implementadas medidas complementarias para lograr que el uso final propuesto se cumpla sin contratiempos.

5. CIERRE DE LA MINERÍA Y CONSOLIDACIÓN DEL USO DEL SUELO

El objetivo de la actividad de cierre, en el yacimiento grava – arena Río Sagua será asegurar para la etapa de abandono, la estabilidad física y química de las instalaciones y estructuras, así como también la del uso del suelo, de modo de evitar daño a las personas y al medio ambiente a largo plazo.

Aquí se proponen una serie de medidas que integradas con las medidas de recuperación aplicadas en cada área degradada lograrán que en la cantera se logre un cierre adecuado.

CONCLUSIONES

- El procedimiento elaborado para la recuperación de las áreas minadas en el yacimiento grava – arena Río Sagua de la provincia Holguín permitirá el mejoramiento de la calidad ambiental y social en las zonas afectadas por la actividad minera y el logro de una minería responsable.
- Se aplicó el procedimiento en el yacimiento grava – arena Río Sagua de la provincia Holguín y se eligió el uso final de reserva natural tipo humedal para el área que actualmente se encuentran en explotación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Alaminos, M., 2011. Caracterización del estado actual del Río Saona (provincia de Cuenca) y propuesta de actuaciones para su restauración ambiental, Universidad Politécnica de Madrid, pp. 144.

[2] Botía, C. & Castro, L., 2011. Sistema de indicadores para el seguimiento de proyectos ambientales aplicado a procesos de recuperación y restauración ambiental de predios mineros, Azimut, Vol. 3, Enero-Diciembre 2011, pp. 16-30.

[3] Bradshaw, A., 1993. Restoration of mined Lands-Using Natural Processes, Ecological Engineering, Vol. 8, pp. 255-269.

[4] Carabassa, V. & Vizcano, M., 2010. Getting Real: A procedure for self-evaluation of quarry restorations. 7th European Conference on Ecological Restoration. Avignon, France.

[5] Carbonell, F., 2003. Evaluación del impacto ambiental que se genera durante la explotación del yacimiento la Yaya y en el proceso industrial de la calera, Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, pp. 97.

[6] Chaviano, A. et al., 2011. Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: municipio de Moa, Cuba, DELOS: Desarrollo Local Sostenible Vol. 4, N° 10.

[7] Gardner, J., 2011. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de Jarrah de Australia Occidental. Consulta en línea. [http://www.fao.org/docrep/004/y2795s/y2795s03.htm]. Fecha de acceso: 12 de agosto de 2013

[8] Gobierno de Aragón, 2006: Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA) Manual de restauración de explotaciones mineras a cielo abierto de Aragón.

[9] Ley 76, Ley de Minas, 1994, La Habana.

[10] Ley 81, Ley de Medio Ambiente, 1997, La Habana.

[11] Meli, P. & Carrasco, V., 2011. Restauración ecológica de riberas, Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona, pp. 66.

[12] Milián, E. et al., 2012. Evaluación minero ambiental del yacimiento polimetálico, Santa Lucía de Pinar del Río, Cuba. Revista Geología Minería. Vol. 28, No 3, pp. 68-75.

[13] Montes de Oca, A., 2012. Recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba. Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa, Tesis de Maestría, pp. 119

[14] Paris, M., 2009. Proyecto de restauración de la cantera “El Pascol” en el término municipal de Caldes de Montbui, Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 113.

[15] Parrota, A. & Knowles, H., 2001. Restoring tropical forests on lands mined for bauxita: Examples from the Brazilian, Ecological Engineering, Vol 17, pp. 219-239.

[16] Rabilero, M., 2013. Metodología para la rehabilitación biológica que propicie la recuperación paulatina de los terrenos minados de la empresa Pedro Soto Alba Moa-Níquel S.A, Quinta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias 2013, La Habana.

[17] Rodríguez, C., & Falcó, O., 2008. Proyecto de Explotación Actualizado Período 2007-2011, Concesión del Yacimiento Grava - Arena Río Sagua y Zona Limba, pp. 50.

[18] Terry, C., 2010. Manejo de aguas residuales en la Gestión ambiental, CIGEA, pp. 121.

[19] Urbino, J. & Díaz, B., 2011. Rehabilitación ambiental minera, una opción holística. Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, Geociencias 2011, La Habana.

[20] Watson, R., 2008. Situación actual y perspectiva de la explotación de yacimientos de materiales de construcción. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, pp. 20.

[21] Yazbek, O., 2000. II Curso Internacional de aspectos geológicos de protección ambiental, Recuperación de áreas degradadas por la minería en regiones urbanas, Campinas, Sao Paulo, Brasil.

[22] Yazbek, O., 1997. Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, pp. 184.