



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADO POR LA
EXPLOTACIÓN ARTESANAL DE MATERIALES DE LA CANTERA
CUTIMBO – PUNO**

PRESENTADA POR:

YESSICA NOEMI MACHACA FERNÁNDEZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mis padres Raúl y Sonia y hermanos
Danitza y Luis.

Yessica M.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado vida y salud logrando alcanzar mis objetivos, dándome fuerzas para seguir adelante y no tropezar con los problemas que se me presentaban.

A la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano, por darme la oportunidad de ser estudiante y ser un medio de alcanzar este sueño de obtener el grado de Magister Scientiae en ingeniería ambiental.

A mi asesora de tesis Dra. Sofía Benavente Fernández por brindarme su apoyo y asesoramiento para el desarrollo de esta tesis, sin ella no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

A mis padres, por su apoyo incondicional y sugerencias en todo el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis amigos y a los que me apoyaron en diferentes etapas para lograr el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todos ellos GRACIAS.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico	2
1.1.1 Cantera	2
1.1.2 Impacto ambiental	6
1.1.3 Marco legal	25
1.2 Antecedentes	25
1.2.1 Antecedentes a nivel internacional	25
1.2.2 Antecedentes a nivel nacional	29
1.2.3 Antecedentes a nivel local	30

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema	31
2.2 Enunciados del problema	32
2.2.1 Problema general	32
2.2.2 Problemas específicos	32
2.3 Justificación	32
2.4 Objetivos	33
2.4.1 Objetivo general	33
2.4.2 Objetivos específicos	34
2.5 Hipótesis	34
2.5.1 Hipótesis general	34



2.5.2 Hipótesis específicas	34
-----------------------------	----

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	35
3.2 Población	35
3.3 Muestra	36
3.4 Método de investigación	41
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	41
3.5.1 Identificar los impactos ambientales generado por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	41
3.5.2 Evaluar los impactos ambientales generado por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	45
3.5.3 Proponer una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de los impactos ambientales	46
4.1.1 Resultado estadístico	49
4.1.2 Discusión	49
4.2 Evaluación de los impactos ambientales	50
4.2.1 Valoración de los impactos ambientales	50
4.2.2 Discusión	57
4.3 Propuesta de una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	58
4.3.1 Programa de abandono	59
4.3.2 Discusión	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXOS	68

Puno, 2 de diciembre de 2021

ÁREA: Recursos naturales y medio ambiente

TEMA: Impactos ambientales en explotación de canteras

LÍNEA: Monitoreo y evaluación del impacto ambiental en minería



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Ancho mínimo de faja marginal	8
2. Impactos ambientales potenciales de la minería no metálica	9
3. Acciones listadas en el eje horizontal de la matriz de Leopold	11
4. Factores listados en el eje vertical de la matriz de Leopold	13
5. Calificación de intensidad del impacto	15
6. Calificación de extensión del impacto	16
7. Calificación de momento del impacto	17
8. Calificación de persistencia del impacto	17
9. Calificación de reversibilidad del impacto	18
10. Calificación de sinergia del impacto	18
11. Calificación de acumulación del impacto	19
12. Calificación de efecto del impacto	19
13. Calificación de la periodicidad del impacto	20
14. Calificación de la recuperabilidad del impacto	20
15. Interpretación de la calificación ICA- PE	23
16. Identificación de impactos ambientales	44
17. Identificación de impactos ambientales	47
18. Matriz de Leopold	51
19. Matriz de Conesa simplificado	54
20. Resultados análisis parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	56



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	2
2. Extracción de agregado a cielo abierto en la cantera Cutimbo (marzo – 2020)	4
3. Retiro de vegetación y suelo superficial en la cantera Cutimbo (marzo-2020)	5
4. Delimitación de faja marginal del río Cutimbo (marzo – 2020)	8
5. Ubicación de la cantera de agregado Cutimbo	35
6. Cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	36
7. Flujograma de muestreo de agua y suelo	37
8. Planificación (marzo-2020)	37
9. Preparación de materiales	38
10. Frascos para la toma de muestras de agua	38
11. Muestreo de Suelo (marzo-2020)	40
12. Decapeo en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	42
13. Proceso de excavación en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	43
14. Acopio y transporte en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	43
15. Diagrama de flujo de explotación de la cantera de agregado Cutimbo	44
16. Deterioro del paisaje en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	48
17. Migración de la fauna en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	49
18. Contaminación de origen antrópico en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)	56



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	69
2. Resultados de laboratorio	70
3. Planos	83



RESUMEN

El problema principal es la alteración del medio ambiente, que se genera por el proceso de explotación artesanal de los agregados del área de influencia de la cantera Cutimbo, ocasionando impactos ambientales en el medio físico y biológico. El presente trabajo de investigación se desarrolló en la cantera Cutimbo, ubicada en el km 23 de la carretera Laraqueri- Puno. El objetivo fue analizar los impactos ambientales generado por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera. Se realizó el estudio basado en el método explicativo; es decir, estuvo dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos. Se utilizó la matriz de Leopold y la matriz de Conesa Simplificado para identificar y evaluar los impactos ocasionados en la etapa de explotación, y también se halló el índice de calidad del agua para lo cual se realizó dos puntos de muestreo. Obteniendo de la matriz de Leopold que las acciones que generan más impacto a las condiciones ambientales son la extracción de agregados, construcción de frente de explotación y zarandeo. De los 13 impactos evaluados la matriz de Conesa Simplificado nos indica el 70 % son impactos negativos, con un nivel de importancia moderada, y el 30 % también son impactos negativos, con un nivel de importancia irrelevante. Para lo que se concluye que los impactos generados por la explotación artesanal son negativos, por lo cual se debe proponer un plan de manejo ambiental como medida preventiva.

Palabras clave: Alteración, artesanal, cantera, explotación e impacto ambiental.



ABSTRACT

The main problem is the alteration of the environment, which is generated by the process of artisanal exploitation of the aggregates in the area of influence of the Cutimbo quarry, causing environmental impacts on the physical and biological environment. The present research work was developed in the Cutimbo quarry, located at km 23 of the Laraqueri-Puno highway. The objective was to analyze the environmental impacts generated by the process of artisanal exploitation of materials from the quarry. The study was carried out based on the explanatory method; that is, it was aimed at responding to the causes of physical events and phenomena. The Leopold matrix and the Simplified Conesa matrix were used to identify and evaluate the impacts caused in the exploitation stage, and the water quality index was also found, for which two sampling points were carried out. Obtaining from the Leopold matrix that the actions that generate the most impact on environmental conditions are the extraction of aggregates, construction of the exploitation front and shaking. Of the 13 impacts evaluated, the Conesa Simplified matrix indicates 70% are negative impacts, with a moderate level of importance, and 30% are also negative impacts, with an irrelevant level of importance. For which it is concluded that the impacts generated by artisanal exploitation are negative, for which an environmental management plan must be proposed as a preventive measure.

Keywords: Alteration, artisanal, environmental impact, exploitation, quarry.



INTRODUCCIÓN

Esta investigación realizó un análisis de los impactos ambientales generado por la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, puesto que en la ciudad de Puno se ha elevado la demanda de materiales de construcción, para la realización de proyectos de infraestructura, sin embargo, con esta demanda de materiales se produce una explotación no sostenible con el medio ambiente, generando impactos negativos en el recurso agua, suelo y aire, por lo cual, esta investigación, identifica, evalúa y analiza dichos impactos para así proponer una plan de manejo ambiental con lo cual se garantiza una explotación sostenible en la cantera de agregado Cutimbo. Esta investigación pertenece al área de ingeniería ambiental, línea de investigación recursos naturales y medio ambiente y sub línea de investigación calidad ambiental.

La estructura de la presente investigación está constituida de cuatro capítulos; el capítulo I desarrolla todo el marco teórico que servirá de base para toda la investigación, define el proceso de explotación de materiales y los impactos ambientales que este genera en los componentes agua, suelo y aire y los antecedentes referidos para el presente trabajo de investigación; el capítulo II describe el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos e hipótesis planteadas; El capítulo III describe la metodología realizada para cada objetivo específico en la presente investigación; y el capítulo IV describe los resultados encontrados y discusiones con otros autores. Finalmente se citan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico

1.1.1 Cantera

Las canteras son lugares donde se ejecuta la explotación para la producción de agregados orientado a obras de infraestructura, es indispensable que sea un depósito uniforme, masivo y de considerable extensión, para que sea explotable y sus operaciones se realizan de manera manual o poco mecanizado (Herrera & Ortiz, 2006).



Figura 1. Cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

1.1.1.1 Los agregados pétreos

Son combinaciones de arena, grava o roca triturada en su estado normal o procesado. Son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por la corriente de agua o yacimientos de rocas ígneas o metamórficas con condiciones especiales de calidad (Ferreira & Torres, 2014).

Los agregados pétreos se clasifican en 4 grandes grupos: Depósitos aluviales, materiales de arrastre, las calizas, los ígneos y metamórficos. Los agregados son usados principalmente en la fabricación de mezclas de concreto, asfalto, mortero, como bases y sub-bases en la construcción de vías, drenajes o para vías de ferrocarril (Ordoñez & Villanueva, 2012).

Los agregados son productos minerales imprescindibles para la sociedad, en general son materiales de bajo costo, abundantes en la naturaleza, por lo que deben estar situados cerca a los centros de consumo, teniendo en cuenta su alta sensibilidad a los costos de transporte (Asogravas, 2020).

1.1.1.2 Explotación minera no metálica

La extracción de los minerales no metálicos se realiza a través de la minería a cielo abierto o superficial, porque las labores para la extracción se inician a partir de la superficie (Herrera & Ortiz, 2006).

Es de consideración señalar que esta técnica mencionada produce cambios sobre el paisaje como erosión y su alteración de este mismo, al término de su extracción la superficie queda desnuda y estéril, y es necesario recuperarla y restaurarla (UICN, 2009).



Figura 2. Extracción de agregado a cielo abierto en la cantera Cutimbo (marzo – 2020)

1.1.1.3 Explotación artesanal

La minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) son actividades informales que lo realizan grupos o comunidades, generalmente en países en vías de desarrollo, ya que no cuenta con la suficiente tecnología y maquinaria especializada (Interempresas, 2017).

La explotación de los recursos minerales de canteras se realiza por el medio artesanal, esta explotación se da para agregados de construcción (Armstrong & Menon, 2001).

De acuerdo a la Dirección general de asuntos ambientales mineros (2007) “nos indica que las canteras de material de construcción son posibles emisores de contaminantes”, las cuales son:

- Retiro de vegetación y suelo superficial
- Retiro del material de cubierta
- Voladuras
- Retiro de material de desbroce y desmonte
- Movimiento de tierras
- Transporte y apilamiento de material de desbroce, desmonte o material

- Generación de polvo por tráfico y erosión
- Extracción, transporte y descarga de materiales
- Operaciones de talleres y plantas de energía
- Erosión eólica de las áreas de canteras y otras áreas expuestas



Figura 3. Retiro de vegetación y suelo superficial en la cantera Cutimbo (marzo-2020)

A. Proceso en la etapa inicial

Se debe realizar una planificación adecuada, para garantizar una operación continua y segura (UICN, 2009).

- Limpieza y remoción de la vegetación en las áreas de trabajo, en donde se construirán las plataformas, se dispondrán escombreras, campamentos y fosas séptica (UICN, 2009).
- Se abren las vías de acceso a los frentes y sitios de stock de material, con el fin de que la maquinaria pueda entrar y salir de manera eficiente durante la operación del proyecto (UICN, 2009).
- Se rehabilitan los caminos de acceso a los frentes de explotación y el mejoramiento de los caminos de acceso es la actividad que genera comparativamente mayores impactos ambientales (UICN, 2009).

B. Proceso en la etapa de explotación de la cantera

La Guía de Gestión Ambiental para Minería No Metálica (2009) nos indica que “durante esta etapa se generan los mayores impactos ambientales”, ya que se realizan las siguientes actividades:

Corte, carga y transporte de material al área de almacenamiento.

- Acumulación de material de arrastre
- Selección de material de arrastre
- Cargado de material de arrastre

Transporte de los escombros a los sitios de botadero.

Mantenimiento de los caminos de acceso y de las instalaciones. Normalmente y de manera natural, acompañando a la explotación de una cantera va el procesamiento y clasificación de los materiales y minerales, que necesitan maquinaria e infraestructura específica, que involucra la planta trituradora, las zarandas, patios de almacenamiento, talleres, oficinas, básculas, etc.

- Excavadora
- Cargador
- Zarandeo
- Volquete

1.1.2 Impacto ambiental

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente (componentes) ya sea de manera positiva o negativa, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada (Vásquez, 2018).

SENACE (2014), nos indica que contaminante ambiental es “toda materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el ambiente, degrada su calidad original a un nivel que afecta la salud, el bienestar humano y pone en peligro los ecosistemas”.

Los factores ambientales representan componentes del medio ambiente, como el aire o el agua, que podrían ser potencialmente afectados por la explotación artesanal de la cantera (Walsh, 2005).

A continuación, Walsh (2005) menciona los siguiente factores ambientales y aspectos ambientales que afectan a estos factores:

- **Aire**
 - Contaminación con polvo
 - Ruido
- **Suelo**
 - Erosión del suelo
 - Residuos solidos
- **Agua**
 - Contaminación de aguas superficiales
 - Contaminación de aguas subterráneas
- **Flora / fauna**
 - Reducción del hábitat
- **Paisaje**

1.1.2.1 Faja marginal

Área inmediata superior al cauce o álveo de la fuente de agua, natural o artificial, en su máxima creciente, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios, constituye bien de dominio público hidráulico (ANA, 2010).

- **Cauce o Álveo:** Continente de las aguas durante sus máximas crecientes, constituye un bien de dominio público hidráulico (ANA, 2010).

- **Riberas:** Áreas de los ríos, arroyos, torrentes, lagos y lagunas, comprendidas entre el nivel mínimo de sus aguas y el nivel de su máxima creciente (ANA, 2010).
- **Nivel de máxima creciente:** Nivel de las aguas durante su máxima crecida y en una sección transversal específica del cauce, arroyo, lago, laguna y reservorio; calculado en función de la información existente en la unidad hidrográfica (ANA, 2010).

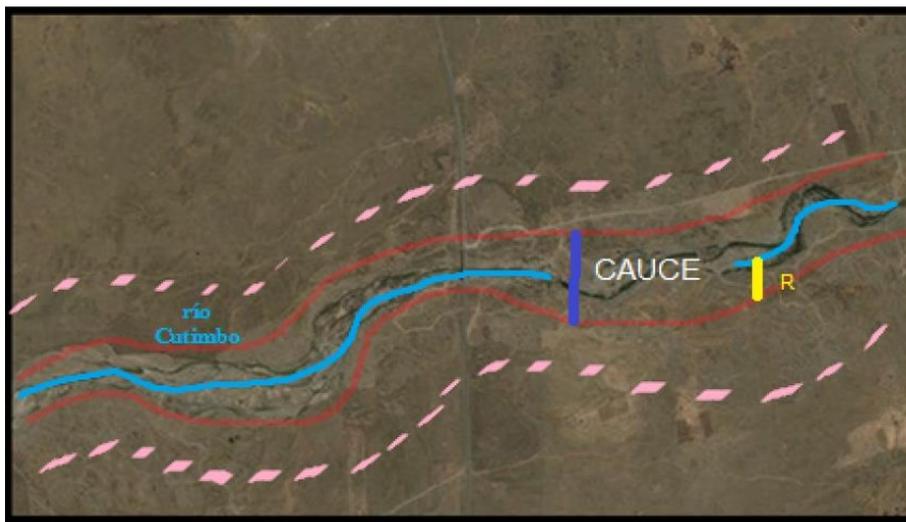


Figura 4. Delimitación de faja marginal del río Cutimbo (marzo – 2020)

Tabla 1

Ancho mínimo de faja marginal

Tipo de fuente	Ancho mínimo (m) ¹
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso	3
Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado	4
Tramos de ríos con pendiente media (1-2%)	5
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y presencia de defensas vivas.	6
Tramos de ríos con baja pendiente (menores a 1%) y riberas desprotegidas	10

(1) Medidos a partir del límite superior de la ribera

Fuente: Reglamento RJ 332-2016

1.1.2.2 Impactos ambientales potenciales de la minería no metálica

Debido que toda acción genera efectos en los componentes del medio ambiente, es necesario identificarlos y evaluarlos (valoración) (UICN, 2009).

A continuación, se muestra los impactos potenciales de la minería no metálica.

Tabla 2

Impactos ambientales potenciales de la minería no metálica

Factor ambiental	Impacto potencial
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial contaminación a partir de emisiones de partículas y gases por la actividad de la maquinaria y por las labores de extracción mineral. • Potencial contaminación por generación de ruido y vibraciones originados por la maquinaria que operará en el proyecto. • “Golpe de aire” producido por voladuras.
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de la capa vegetal. • Potencial contaminación por posibles derrames de hidrocarburos, (ej. por goteo de la maquinaria o accidentes). • Pérdida temporal de la capa fértil. • Cambio temporal del uso de la tierra. • Cambios en la morfología y topografía del AP. • Afectación de características físico-químicas del suelo. • Vibración.
Aguas superficiales	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración local del sistema de drenaje pluvial. • Potencial contaminación por aporte de partículas sedimentarias (turbidez) o por hidrocarburos provenientes de la maquinaria y equipo.
Aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos en la capacidad de recarga de infiltración de la zona bajo el área de operación. • Potencial contaminación por hidrocarburos provenientes de la maquinaria y equipo.
Medio biótico	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación a posibles nichos de fauna local por la eliminación de la cubierta vegetal. • Restauración de cobertura vegetal y promoción de instalación de biotopos terrestres.
Medio social	<ul style="list-style-type: none"> • Plazas de trabajo y utilización de bienes y servicios. • Riesgos de trabajo por desarrollo de labores en condiciones peligrosas. • Aporte de material para el desarrollo de agregados minerales para la construcción. • Potenciación de la vulnerabilidad por amenazas naturales o antrópicas.
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto visual por la presencia de maquinaria y el desarrollo del proyecto minero. • Impacto visual por obras de restauración del proyecto.
Producción de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial impacto por producción de residuos sólidos. • Potencial contaminación por la generación de aguas negras y servidas de los usuarios.

Fuente: Guía de gestión ambiental para minería no metálica (2009)

1.1.2.3 Identificación y evaluación de impactos ambientales

A. Matriz de impactos de las actividades

Esta matriz contiene las acciones que generan un tipo de impacto ambiental se sitúan en la primera columna de la izquierda y los impactos potenciales ya sea en lo físico, biótico y social se sitúa en la fila superior (Ramos, 2004).

Las relaciones entre cada una de las actividades y sus posibles impactos se realizan mediante una equis, en el centro de la matriz. Una sola actividad puede generar varios impactos y, a la vez, un impacto puede ser generado por varias actividades (Ramos, 2004).

Ramos (2004) nos indica que esta es una matriz dinámica, ya que si se necesita obtener qué impactos provocan las actividades de un proceso, se entra por la columna de actividades y si se necesita obtener con qué actividades está relacionado un impacto determinado, se entra por la fila de impactos.

B. Matriz de Leopold

Esta matriz contiene acciones que causan impacto ambiental (eje horizontal) y condiciones ambientales (eje vertical). Este formato provee un examen amplio de las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales (Ponce, 2019).

El número de acciones que figuran en el eje horizontal es de 100 (Tabla 3). El número de los factores ambientales que figuran en el eje vertical es de 88 (Tabla 4). Esto resulta en un total de 8,800 interacciones. En la práctica, sólo algunas de las interacciones involucran impactos de tal magnitud e importancia para justificar un tratamiento detallado (Ponce, 2019).

Tabla 3

Acciones listadas en el eje horizontal de la matriz de Leopold

A. Modificación del régimen	a. Introducción de flora o fauna exóticas
	b. Controles biológicos
	c. Modificación de hábitat
	d. Alteración de la cobertura vegetal del suelo
	e. Alteración del flujo de agua subterránea
	f. Alteración de patrones de drenaje
	g. Control de ríos y modificación de flujo
	h. Canalización
	i. Irrigación
	j. Modificación del clima
	k. Quema de bosques
	l. Pavimentación
	m. Ruido y vibraciones
B. Transformación del terreno y construcción	a. Urbanización
	b. Sitios y edificios industriales
	c. Aeropuertos
	d. Carreteras y puentes
	e. Caminos y senderos
	f. Ferrocarriles
	g. Cables y ascensores
	h. Líneas de transmisión, gasoductos y corredores
	i. Barreras, incluyendo cercas
	j. Dragado y enderezamiento de canales
	k. Revestimiento de canales
	l. Canales
	m. Presas y embalses
	n. Muelles, malecones, marinas, y terminales marítimos
	o. Estructuras de altamar
	p. Estructuras de recreación
	q. Perforación y voladura
r. Corte y relleno	
s. Túneles y estructuras subterráneas	
C. Explotación de recursos	a. Perforación y voladura
	b. Excavación de superficie
	c. Excavación del subsuelo
	d. Perforación de pozos
	e. Dragado
	f. Tala de bosques
	g. Pesca comercial y caza
D. Procesamiento	a. Agricultura
	b. Ganadería y pastoreo
	c. Plantas de engorde de ganado
	d. Plantas de producción de leche
	e. Generación de energía
	f. Procesamiento de minerales
	g. Industria metalúrgica
	h. Industria química
	i. Industria textil
	j. Automóviles y aeronaves
	k. Refinación de petróleo
l. Alimentos	
m. Madera	

	n. Pulpa y papel
	o. Almacenamiento de productos
E. Modificación del terreno	a. Control de erosión y terrazas
	b. Sellado de minas y control de desechos
	c. Rehabilitación de minas a tajo abierto
	d. Paisajismo
	e. Dragado de puertos
	f. Drenaje de humedales y pantanos
F. Renovación de recursos	a. Reforestación
	b. Gestión de vida silvestre
	c. Recarga de agua subterránea
	d. Aplicación de fertilizantes
	e. Reciclaje de residuos
G. Cambios en el tráfico	a. Red ferroviaria
	b. Automóviles
	c. Camiones
	d. Transporte de carga
	e. Aviones
	f. Ríos y canales
	g. Botes de placer
	h. Senderos
	i. Cables y ascensores
	j. Comunicación
	k. Tuberías y conductos forzados
H. Emplazamiento y tratamiento de residuos	a. Vertido en los océanos
	b. Rellenos sanitarios
	c. Colocación de residuos mineros
	d. Almacenamiento debajo del terreno
	e. Eliminación de basura
	f. Inundación de pozos de petróleo
	g. Colocación de pozos de petróleo
	h. Agua de enfriamiento industrial
	i. Aguas servidas municipales, incluyendo irrigación
	j. Descarga de efluentes municipales
	k. Lagunas de estabilización y oxidación
	l. Tanques sépticos, comerciales y domésticos
	m. Emisiones de chimeneas al aire libre
n. Lubricantes usados	
I. Tratamientos químicos	a. Fertilización
	b. Deshielo de carreteras
	c. Estabilización de suelos
	d. Control de malezas
	e. Control de insectos con pesticidas
J. Accidentes	a. Explosiones
	b. Vertidos y filtraciones
	c. Falla operacional

Fuente: Guía de gestión ambiental para minería no metálica (2009)

Tabla 4

Factores listados en el eje vertical de la matriz de Leopold

A. Características físicas y químicas	1. Tierra	a. Recursos minerales
		b. Materiales de construcción
		c. Suelos
		d. Forma del terreno
		e. Ondas electromagnéticas y radiación de fondo
		f. Condiciones físicas únicas
	2. Agua	a. Superficial
		b. Océano
		c. Subterránea
		d. Calidad del agua
		e. Temperatura
		f. Recarga
		g. Nieve, hielo y hielo perenne
	3. Atmósfera	a. Calidad del aire (gases, partículas)
		b. Clima (micro, macro)
		c. Temperatura
4. Procesos	a. Avenidas	
	b. Erosión	
	c. Deposición (sedimentación, precipitación)	
	d. Solución	
	e. Adsorción (intercambio iónico)	
	f. Compactación y asentamiento	
	g. Estabilidad de taludes (deslizamientos)	
	h. Esfuerzo-deformación	
	i. Movimientos de masas de aire	
B. Condiciones biológicas	1. Flora	a. Árboles
		b. Arbustos
		c. Pastos
		d. Productos agrícolas
		e. Microflora
		f. Plantas acuáticas
		g. Especies en peligro
		h. Barreras
		i. Corredores
	2. Fauna	a. Pájaros
		b. Animales terrestres, incluyendo reptiles
		c. Peces y moluscos
		d. Organismos bénticos
		e. Insectos
		f. Microfauna
		g. Especies en peligro
		h. Barreras
		i. Corredores
C. Factores culturales	1. Uso de la tierra	a. Vida silvestre y espacios abiertos
		b. Humedales
		c. Bosques
		d. Pastoreo
		e. Agricultura
		f. Residencial
		g. Comercial
		h. Industrial
		i. Minería y extracción de materiales
	2. Recreación	a. Caza

	b. Pesca
	c. Navegación por placer
	d. Natación
	e. Camping y caminatas
	f. Salidas al campo
	g. Centros de vacaciones y placer
	a. Vistas escénicas
	b. Calidad de vida silvestre
	c. Calidad de espacio abierto
	d. Diseño del paisaje
3. Interés estético y humano	e. Condiciones físicas únicas
	f. Parques y reservas forestales
	g. Monumentos
	h. Especies o ecosistemas raros y únicos
	i. Sitios y objetos históricos o arqueológicos
	j. Presencia de elementos raros
	a. Patrones culturales (estilo de vida)
4. Aspectos culturales	b. Salud y seguridad
	c. Empleo
	d. Densidad de población
	a. Estructuras
5. Facilidades y actividades humanas	b. Red de transporte
	c. Redes de servicios
	d. Manejo de residuos
	e. Barreras
	f. Corredores
	a. Salinización de recursos hídricos
	b. Eutroficación
D. Relaciones ecológicas	c. Insectos vectores de enfermedades
	d. Cadenas tróficas
	e. Salinización del terreno
	f. Aumento del área arbustiva

Fuente: Guía de gestión ambiental para minería no metálica (2009)

En general, sólo alrededor de una docena de acciones serán significativas. Cada acción se evalúa en términos de la magnitud del efecto sobre las características y condiciones medioambientales que figuran en el eje vertical. Se coloca una barra diagonal (/) en cada casilla donde se espera una interacción significativa (Ponce, 2019).

Se evalúan las casillas marcadas más significativas, y se coloca un número entre 1 y 10 en la esquina superior izquierda de cada casilla para indicar la magnitud relativa de los efectos (1 representa la menor magnitud, y 10 la mayor). Asimismo, se coloca un número entre 1 y 10 en la esquina inferior derecha para indicar la importancia relativa de los efectos (Ponce, 2019).

El siguiente paso es evaluar los números que se han colocado en las casillas. Es conveniente la construcción de una matriz reducida, la cual consiste sólo de las acciones y factores que han sido identificados como interactuantes. Debe

tomarse especial atención a las casillas con números elevados. El alto o bajo número en cualquier casilla indica el grado de impacto de las medidas (Ponce, 2019).

C. Matriz de Conesa simplificado (2010)

1. Naturaleza

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores ambientales considerados (Conesa, 2010).

Se considera un impacto positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental produce una mejora de la calidad ambiental y se considera un impacto negativo cuando ese resultado produce una disminución de la calidad ambiental.

2. Intensidad (IN)

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor. Expresa el grado de destrucción del factor considerado, independientemente de la extensión afectada.

Tabla 5

Calificación de intensidad del impacto

Intensidad	Valor	Descripción
Baja o mínima	1	Afección mínima y poco significativa
Media	2	Afectación media sobre el factor
Alta	4	Afectación alta sobre el factor
Muy alta	8	Afectación muy alta sobre el factor
Total	12	Expresa una destrucción total del factor en el área de influencia directa

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

El rango de valores varía entre 1 y 12. El valor 12 expresa la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto. La intensidad del impacto es en grado total. El valor 1 implica una afección mínima y poco significativa, intensidad baja o mínima (Conesa, 2010).

3. Extensión (EX)

La extensión es el atributo que refleja la fracción del medio afectada por la acción del Proyecto. Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto en que se sitúa el actor (Conesa, 2010).

La calificación de Extensión está referida al área geográfica donde ocurre el impacto; es decir, donde el componente ambiental es afectado por una acción determinada. Si bien el área donde está presente el componente ambiental puede ser medida cuantitativamente (en metros cuadrados, hectáreas, kilómetros cuadrados), se opta por utilizar términos aplicables a todos los componentes (Conesa, 2010).

Tabla 6

Calificación de extensión del impacto

Extensión	Valor	Descripción
Puntual	1	Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado
Parcial	2	El efecto se manifiesta de manera apreciable en una parte del medio
Amplio o extenso	4	Aquel cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado
Total	8	Aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

4. Momento (MO)

Es el plazo de manifestación del impacto. Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado (Conesa, 2010).

Tabla 7

Calificación de momento del impacto

Momento	Valor	Descripción
Largo plazo	1	Cuando el efecto tarde en manifestarse más de 10 años
Medio plazo	2	Cuando el tiempo transcurrido entre la acción y el efecto varía de 1 a 10 años
Corto plazo	3	Cuando el tiempo transcurrido entre la acción y el efecto es inferior a 1 año
Inmediato	4	El tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto es nulo
Crítico	(+4)	Aquel en que el momento de la acción es crítico independientemente del plazo de manifestación

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

5. Persistencia (PE)

Está referido al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción (Conesa, 2010).

Tabla 8

Calificación de persistencia del impacto

Persistencia	Valor	Descripción
Fugaz o efímero	1	Cuando la permanencia del efecto es mínima o nula. Cesa la acción y cesa el impacto
Momentáneo	1	Cuando la duración es menor de 1 año
Temporal o transitorio	2	Cuando la duración varía entre 1 a 10 años
Pertinaz o persistente	3	Cuando la duración varía entre 10 a 15 años
Permanente y constante	4	Cuando la duración supera los 15 años

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

6. Reversibilidad (RV)

Está referido a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que ésta deja de actuar sobre el medio. El efecto reversible puede ser asimilado por los procesos naturales del medio, mientras que el irreversible no, o puede ser asimilado, pero al cabo de un largo periodo de tiempo. El impacto será reversible cuando el factor ambiental

alterado puede retornar, sin la intervención humana, a sus condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. El impacto irreversible supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce (Conesa, 2010).

Tabla 9

Calificación de reversibilidad del impacto

Reversibilidad	Valor	Descripción
Corto plazo	1	Cuando el tiempo de recuperación es inmediato o menor de 1 año
Medio plazo	2	El tiempo de recuperación varía entre 1 a 10 años
Largo plazo	3	El tiempo de recuperación varía entre 10 a 15 años
Irreversible	4	El tiempo de recuperación supera los 15 años

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

7. Sinergia (SI)

La sinergia se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de los efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea (Conesa, 2010).

Tabla 10

Calificación de sinergia del impacto

Sinergia	Valor	Descripción
Sin sinergismo o simple	1	Cuando la acción no es sinérgica
Sinergismo moderado	2	Sinergismo moderado en relación con una situación extrema
Muy sinérgico	4	Altamente sinérgico donde se potencia la manifestación de manera ostensible

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

8. Acumulación (AC)

Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. El valor de acumulación considerado permite identificar los impactos acumulativos

importantes, relacionando estos impactos con otras actividades y definiendo si el impacto acumulativo resultante es significativo (Conesa, 2010).

Tabla 11

Calificación de acumulación del impacto

Acumulación	Valor	Descripción
Simple	1	Cuando la acción se manifiesta sobre un solo componente o cuya acción es individualizada
Acumulativo	4	Cuando la acción al prolongarse el tiempo incrementa la magnitud del efecto

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

9. Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación Causa-Efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Los impactos son directos cuando la relación causa-efecto es directa, sin intermediaciones anteriores. Los impactos son indirectos cuando son producidos por un impacto anterior, que actúa como agente causal (Conesa, 2010).

Tabla 12

Calificación de efecto del impacto

Efecto	Valor	Descripción
Indirecto o secundario	1	Producido por un impacto anterior
Directo o primario	4	Relación causa efecto directo

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

10. Periodicidad (PR)

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que lo producen permanecen constantes en el tiempo), o de manera discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular o intermitente, o irregular o esporádica en el tiempo) (Conesa, 2010).

Tabla 13

Calificación de la periodicidad del impacto

Periodicidad	Valor	Descripción
Irregular (aperiódico y esporádico)	1	Cuando la manifestación discontinua del efecto se repite de una manera irregular e imprevisible
Periódico o intermitente	2	Cuando los plazos de manifestación presentan regularidad y una cadencia establecida
Continuo	4	Efectos continuos en el tiempo

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

11. Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (medidas correctoras o restauradoras) (Conesa, 2010).

Tabla 14

Calificación de la recuperabilidad del impacto

Recuperabilidad	Valor	Descripción
Recuperable de manera inmediata	1	Efecto recuperable de manera inmediata
Recuperable a corto plazo	2	Efecto recuperable en un plazo < 1 año
Recuperable a medio plazo	3	Efecto recuperable entre 1 a 10 años
Recuperable a largo plazo	4	Efecto recuperable entre 10 a 15 años
Mitigable, sustituible y compensable	4	Indistinta en el tiempo
Irrecuperable	8	Alteración es imposible de reparar

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

1.1.2.4 Índice de Calidad

En el Perú, la evaluación de la calidad del agua se realiza a través de la comparación de los resultados de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA - Agua según la categoría del cuerpo de agua superficial correspondiente (ANA, 2018).

Los Índices de Calidad de Agua (ICA), necesitan datos de varios parámetros permitiendo transformar esa información en una escala única de medición de calidad del agua (ANA, 2018).

Los indicadores ambientales tienen dos funciones principales:

- Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requieran para hacer una representación exacta de una situación (ANA, 2018).
- Simplifican el proceso de comunicación de los resultados de la medición (ANA, 2018).

Los índices de calidad de agua comunican información de manera sencilla sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general. Siendo la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 - 100, donde 0 (cero) es mala calidad y 100 es excelente (ANA, 2018).

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés), el cual propone una evaluación más amplia de la calidad del agua en un periodo de tiempo determinado teniendo en cuenta el número de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (ANA, 2018).

Con la finalidad de integrar toda la información obtenida y evaluar el estado de la calidad del cuerpo de agua, con un valor único que califica el estado de la calidad del agua (ICA) (ANA, 2018).

Este ICA es denominado por la Autoridad como ICA - PE, durante el desarrollo del procedimiento y aplicación.

1.1.2.4.1 Cálculo del índice de calidad de agua

Para hallar el índice de calidad de agua se considera los siguientes factores: alcance, frecuencia y amplitud, lo que da como resultado un valor entre los rangos de 0 a 100, que va representar y describir el estado de la calidad del agua de un punto de monitoreo, un curso de agua, un río o cuenca (ANA, 2018).

A. F1 - Alcance: representa la cantidad de parámetros de calidad que no cumplen los valores establecidos en la normativa.

$$F1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA} - \text{Agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

B. F2 - Frecuencia: representa la cantidad de datos que no cumplen la normativa ambiental (ECA- Agua) respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (mínimo de 4 monitoreos).

$$F2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA} - \text{Agua de los Datos Evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

Dónde:

Datos = Resultados de los monitoreos

C. F3 - Amplitud: es la suma de los excesos de todos los datos respecto al número total de datos.

$$F3 = \frac{\text{Suma Normalizada de Excedente}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} * 100$$

Donde:

Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedente} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}}{\text{Total de Datos}}$$

D. Excedente: se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA - Agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA - Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Excedente}_i = \frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA} - \text{Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en ECA} - \text{Agua}} - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA - Agua, incumpliendo la condición señalada.

$$\text{Excedente} = \frac{\text{Valor establecido del parámetro en el ECA} - \text{Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple el ECA} - \text{Agua}} - 1$$

Una vez obtenido el valor de los factores (F1, F2, y F3) se procede a realizar el Cálculo del Índice de Calidad de Agua, siendo este la diferencia de 100 y la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de los tres (03) factores, F1, F2 y F3; valor que se presenta en un rango de 100, como un ICA de excelente calidad a 0, como valor que representa un ICA de pésima calidad (tabla 15). Se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{ICA} - \text{PE} = 100 - \sqrt{\frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3}}$$

Tabla 15

Interpretación de la calificación ICA- PE

ICA-PE	Calificación	Interpretación
90-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados
75-89	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
45-74	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento
30-44	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0-29	Pésimo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: ANA (2018)

1.1.2.5 Plan de manejo ambiental

El plan de manejo ambiental (PMA) permite mitigar o controlar los impactos ambientales y sociales generados por las actividades de un proyecto dado, en función a los impactos identificados, valorados y obtenido su significación (Gutierrez & Valencia, 2006).

Este proceso permite planificar, definir y facilitar el desarrollo de medidas ambientales y sociales destinadas a prevenir los impactos encontrados (Direccion General de Formalizacion Minera, 2017).

El Plan de Manejo Ambiental comprende los siguientes programas y planes:

1. Programa de prevención, corrección y/o mitigación ambiental:

Establecer un conjunto de medidas a ser implementadas por el personal que desarrollará las actividades del proyecto con el fin de prevenir, controlar, corregir, evitar o mitigar los efectos sobre el medio ambiente y durante las etapas de construcción, operación y abandono del proyecto (Walsh, 2015).

2. Programa de manejo de residuos: El objetivo del presente programa es el de proteger, preservar y mantener la integridad de los trabajadores mediante la identificación, reducción y control de los riesgos a efecto de minimizar la ocurrencia de accidentes, incidentes y enfermedades profesionales (Walsh, 2015).

3. Programa de salud, higiene y seguridad ocupacional: El objetivo del presente programa es el de proteger, preservar y mantener la integridad de los trabajadores mediante la identificación, reducción y control de los riesgos a efecto de minimizar la ocurrencia de accidentes, incidentes y enfermedades profesionales (Walsh, 2015).

4. Programa de monitoreo ambiental: El objetivo del programa de monitoreo es dar información que nos permita garantizar que los impactos pronosticados para las actividades del proyecto se encuentren dentro de los límites ambientales establecidos por la regulación vigente y el EIA (Walsh, 2015).

1.1.3 Marco legal

- Ley general del ambiente (Ley 28611)
- Guía para la Elaboración de la Evaluación Ambiental Preliminar. sub sector Minería.
- Guía de Manejo Ambiental para Minería no metálica. sub. sector Minería.
- Guía de clasificación ambiental de las actividades desarrollados por los pequeños mineros.
- Ley N° 27446. Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Reglamento de la Ley N°26737.
- Reglamento de N° 29338 Ley De Recursos Hídricos.
- Reglamento para delimitación y mantenimiento de fajas marginales

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes a nivel internacional

Torres *et al.* (2019) realizaron una investigación sobre “propuesta de un procedimiento para la rehabilitación minera en explotaciones a cielo abierto”, tuvieron como objetivo proponer un procedimiento para incorporar los aspectos económicos y social, utilizaron como metodología información de revistas científicas y trabajo en campo obtuvieron como resultado ocho etapas lo cual facilita aspectos en la rehabilitación minera, económica y social, llegando a la conclusión que esta aplicación contribuye a la sostenibilidad del ecosistema afectado.

Cacilda *et al.* (2019) realizaron una investigación sobre los “impactos ambientales de la explotación mecanizada de materiales para la construcción en Sumbe (Angola)”, siendo su objetivo identificar y evaluar dichos impactos ambientales de la explotación mecanizada de yeso (mina Supper-Geso) y arena (cauce del río Cubal) en el municipio de Sumbe, la metodología que utilizaron fue el análisis de la información productiva y ambiental (localización, caracterización, encuestas, valoración y acciones para el ordenamiento territorial), dando como resultado impactos ambientales positivos como

la generación de empleos y negativos en el paisaje, en la calidad del agua, fauna y suelo en ambas explotaciones, los autores llegaron a la conclusión que para una incidencia menor de impactos ambientales el municipio de Sumbe debe contratar empresas extractivas que cumplan con las prácticas ambientales.

Marchevsky *et al.* (2018) realizaron una “evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa” en la provincia de San Luis, Argentina”, siendo su objetivo evaluar el impacto ambiental de la cantera de piedra laja, la metodología que utilizaron fue una matriz de doble entrada para poder estimar los impactos ambientales en el medio receptor dando como resultado que el paisaje es el único elemento ambiental que tiene una afectación negativa, sin embargo, también se evidencio un importante mejoramiento en la calidad de vida de los pobladores de la zona, llegando a la conclusión que la explotación de piedra laja es primordial para la manutención de varias familias, como también es importante tomar medidas para que puedan amortizar la afectación paisajística.

Bastidas-Orrego *et al.* (2018) realizaron una investigación sobre “conflictos socioambientales y minería a cielo abierto en la sierra norte de Puebla, México” cuyo objetivo fue analizar el conflicto generado por los proyectos de minería de oro a cielo abierto, los cuales se encuentran en etapa de exploración y presentan conflictos con la comunidad, su metodología de trabajo fue utilizar un cuestionario a las familias que se encuentra en el área directa, como resultado se muestra que la comunidad tiene temor sobre los impactos ambientales especialmente en el recurso hídrico y a la salud de la población.

Montero *et al.* (2017) realizaron una investigación sobre “cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba” cuyo objetivo fue proponer una metodología para el cierre sostenible de canteras, utilizaron la metodología Delphi, análisis de documentos, estudios de caso y criterio de expertos, como resultado lograron establecer 12 criterios que influyen directamente en el cierre sostenible de canteras, llegando a diseñar una metodología con un enfoque sistémico e integral que consiste de cinco etapas (diagnostico, planificación, revisión y aprobación, ejecución y seguimiento y control) lo cual permite ejecutar el cierre de canteras de manera sostenible.

Ortega (2017) realizó una investigación sobre “Impactos ambientales ocasionados por la explotación artesanal de materiales de construcción en el municipio de San Juan del Cesar” cuyo objetivo fue realizar un análisis de los impactos ocasionados por la explotación, utilizó como metodología la matriz de Conesa modificada, dando como resultado problemas ambientales como deterioro paisajístico, fauna, flora y afectación en el recurso agua, llegando a la conclusión que la manera de explotación está dañando el medio ambiente por lo cual se sugiere realizar el trabajo respetando la política ambiental.

Montero *et al.* (2016) realizaron un estudio sobre “procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba” siendo su objetivo diseñar un procedimiento sustentable de cierre para canteras, la metodología que utilizaron fue primero identificación, caracterizar y valoración de los impactos ambientales ocasionados, dando como resultado deficiente control técnico, acumulación de pasivos ambientales, explotación desorganizada, generación de fuertes pendiente, afloramiento de agua subterránea y desconocimiento de un proceso de cierre de minas, logrando proponer un procedimiento sustentable de cierre para canteras que consiste de seis etapas (conocimiento de leyes, diagnóstico, utilización, recuperación minero-ambiental, evaluación económica y seguimiento y control del proceso de cierre) lo cual permite disminuir los impactos ambientales ocasionados por la explotación de las canteras.

Escobar (2016) realizó una investigación sobre “Afectaciones ecológicas y sociales que causa la explotación de material de arrastre en el río Nima, en el municipio de Palmira, Valle de Cauca” siendo su objetivo analizar dichas afectaciones, utilizó como metodología entrevistas estructuradas, obtuvo como resultado problemas ambientales en la flora, la fauna, suelo, agua y aire concluyó indicando que el municipio de Palmira debe establecer estrategias de educación ambiental.

López *et al.* (2015) realizaron una investigación sobre “Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque” cuyo objetivo tuvieron definir los impactos, proponer actividades de rehabilitación y aportar información en planes de cierre sustentables, como metodología realizaron la caracterización relacionada al factor tiempo-evolución, como resultado obtuvieron

que mayores impactos negativos se da en el recurso aire y concluyeron realizar un cierre progresivo.

Hernández *et al.* (2014) realizaron un estudio sobre “árbol de excavabilidad para elegir método de arranque en canteras de áridos de la construcción: yacimiento El Cacao” su objetivo fue proponer un procedimiento para la elección de métodos de arranque a lo largo de la explotación de canteras de materiales de construcción, para lo cual analizaron todos los métodos de ruptura de terreno y los parámetros, dando como resultado un árbol de la excavabilidad del macizo rocoso (carga puntual y el tamaño del bloque), llegando a la conclusión que el sistema propuesto cumple con los criterios económicos y sostenibles.

Fuentes & Hernández (2014) realizaron una investigación sobre “gestión ambiental de canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas, Cuba” cuyo objetivo fue la elaboración de un procedimiento metodológico para disminuir los efectos ambientales, la metodología que utilizaron fue la identificación, caracterización, recopilación de datos y procesamiento estadístico, como resultado hallaron problemas ambientales como deterioro paisajístico, fauna, erosión y aparición de agua subterránea, por lo cual elaboraron un procedimiento para disminuir los impactos ambientales que consiste en diagnóstico, programas de manejo, seguimiento y control y la sostenibilidad financiera.

Hernandez *et al.* (2014) realizaron una “evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba”, siendo su objetivo evaluar el impacto ambiental que produce la explotación del yacimiento de calizas, para poder evaluar cada impacto utilizaron varias fases metodológicas en las que se resumen las técnicas, procedimientos y métodos de estudio, llegando a la conclusión que los impactos más significativos ocurren durante el desbroce, destape y que los componentes ambientales más afectados son el suelo, aire y agua.

Matamoros (2013) realizo una investigación sobre “Evaluación ambiental del proceso de explotación de materiales en el lecho del río San Agustín en la cantera Vega Rivera” cuyo objetivo fue realizar dicha evaluación, para lo cual uso como metodología la identificación y caracterización de los impactos, dando como

resultado la identificación de 73 impactos negativos y 15 positivos, llegando a la conclusión que tiene un efecto moderado como evaluación global.

Montes de Oca & Ulloa (2013) realizaron una investigación sobre “Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba” cuyo objetivo fue elaborar un procedimiento para recuperar las áreas minadas en las canteras de materiales de construcción, como metodología utilizaron métodos científicos, logrando como resultado un procedimiento que consta de cinco etapas y como conclusión demostraron que se puede lograr una mejora en la calidad ambiental, social y económica en las zonas afectas.

Hernández *et al.* (2011) realizaron un estudio sobre “impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de construcción El Cacao” cuyo objetivo fue identificar los impactos ambientales que produce la explotación, usaron como metodología la identificación y caracterización de los impactos, obtuvieron como resultado impactos negativos en suelo, aire, flora y fauna, llegando a la conclusión que los principales impactos se dan durante la explotación de calizas.

Ramírez (2008) llevo a cabo una investigación sobre “Sostenibilidad de la Explotación de materiales de construcción en el Valle de Aburrá” cuyo objetivo fue evaluar la sostenibilidad de la extracción de materiales de construcción, utilizo como metodología la caracterización, identificación y análisis y concluyo que los trabajos de las actividades mineras lo realizan bajo parámetros de insostenibilidad.

1.2.2 Antecedentes a nivel nacional

Pinasco (2017) realizo una investigación sobre “Grados de aplicación de políticas públicas sociales y ambientales de canteras de arena en la carretera Iquitos – Nauta, Loreto – Perú” cuyo objetivo fue determinar el grado de aplicación de dichas políticas, utilizo como metodología el análisis documental y encuesta y obtuvo como resultado que cada unidad porcentual que incrementa la dimensión social, la dimensión ambiental disminuye y concluyo que no existe influencia significativa social ni ambiental en la explotación de canteras de arena en la carretera Iquitos – Nauta.

Alvarez & Irigoín (2014) realizaron una investigación sobre “Efectos de la extracción y comercialización de arena cuarzosa blanca de canteras del área de influencia de la

carretera Iquitos. Nauta” cuyo objetivo fue identificar y caracterizar los efectos ambientales y determinar la sostenibilidad de dicha actividad, como metodología se realizó la caracterización, identificación y análisis del test de sostenibilidad dando como resultado la destrucción de la flora, fauna y modificación de superficies y concluyeron que en las condiciones actuales la cantera es no sostenible hasta el año 2027.

Aguedo (2008) realizó una investigación sobre “Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima” cuyo objetivo fue identificar zonas con problemas ambientales debido a la explotación de canteras, utilizó como metodología la caracterización, identificación y análisis técnico – legal, obtuvo como resultado que el distrito con mayores concesiones mineras es Carabayllo las cuales no están cumpliendo con las normas ambientales y concluyó que se deben efectuar auditorías de medio ambiente para así disminuir el impacto negativo hacia el medio ambiente.

1.2.3 Antecedentes a nivel local

Turpo (2015) realizó una investigación sobre “Protección ambiental y social para la explotación sostenible y producción de concretos de calidad en el río Cutimbo Puno” cuyo objetivo fue establecer las características físico resistentes de los agregados, con protección de medio ambiente y social, utilizó como metodología caracterización, identificación y análisis de los agregados y la matriz modificada de Leopold, obtuvo como resultado parámetros resistentes de los agregados e impactos negativos en el medio ambiente y positivos en el aspecto social y concluyó que se debe realizar la explotación de los agregados previa formulación de un plan de protección ambiental y social.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

Actualmente la demanda de materiales de construcción (arena, grava, gravilla y piedra) obedece a procesos de desarrollo urbano y a la necesidad de realizar proyectos de infraestructura, para así satisfacer las necesidades básicas de la población y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el proceso de explotación se da de una manera artesanal, lo que conlleva a impactos ambientales negativos para el medio ambiente, como aumento de la presión sobre el recurso y a una progresiva desestimación del grave impacto que tiene las actividades de explotación sobre el medio físico y biológico.

En Perú, la explotación de materiales de arrastre se lleva a cabo en distintos puntos del país con el fin de obtener agregados para la construcción de viviendas e infraestructura, convirtiéndose en un pilar del desarrollo y bienestar económico. “La ejecución de un proyecto de explotación minera incluye un conjunto de acciones que alteran o impactan el medio ambiente, las que deben estudiarse de forma específica para cada tipo de mineral y método de explotación” (Hernandez *et al.*, 2014).

Para proyectos de infraestructura del distrito de Puno, se explota materiales de la cantera Cutimbo, esto se viene desarrollando de manera artesanal, por personas que ven en esta actividad extractiva una manera de mejorar sus condiciones económicas, pero con el agravante de que es inestable e informal, situación que se ha visto reflejado en problemas para el medio ambiente, como erosión de suelo, residuos sólidos, contaminación de aguas superficiales, contaminación de aguas subterránea, contaminación con polvo, ruido, reducción de hábitat de especies y alteración del paisaje. ya que se realiza sin ningún tipo de técnicas eficientes para la explotación sostenible de estos recursos, debido en gran

parte a la escasa formación en el área minero ambiental por parte de los actores involucrados.

Para ello es necesario establecer un plan de manejo ambiental en cada proceso de explotación de la cantera Cutimbo en los aspectos de acumulación del material de arrastre, selección de material de arrastre y cargado de material de arrastre para que así sea un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo, protegiendo así el medio físico (suelo, agua y aire) y medio biológico (fauna y paisaje).

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

¿Cómo son los impactos ambientales generados por la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?
- ¿Cómo son los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?
- ¿Cuál es la medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?

2.3 Justificación

La cantera del río Cutimbo es vital para el desarrollo de la ciudad de Puno ya que se emplea los agregados naturales provenientes de este, para la producción del concreto. Sin embargo, al momento de su explotación se realiza de una manera inadecuada e irresponsable de agregados produciendo modificaciones en el ambiente físico y biótico de la zona, por lo que se debe de realizar una investigación para poder realizar una explotación adecuada sin perjudicar al medio ambiente, ya que en los últimos años se viene dando impactos negativos como:

- Alteración de manera permanente el cauce del río.
- Contaminación del agua del río.

- Contaminación de los suelos adyacentes al área de explotación.

Con respecto al aspecto técnico, las construcciones de la ciudad de Puno, en su mayoría utilizan material de la cantera Cutimbo, en volúmenes considerables, sin embargo al momento de realizar su explotación no se toma en cuenta aspectos técnicos ya que lo realizan de una manera artesanal y desordenada, además que no tienen accesos adecuados, áreas de extracción determinados, cuidado de los otros recursos naturales, como el agua, fauna, flora y otros, ordenamiento de componentes de áreas de trabajo establecidos y explotación sostenible de los agregados en la cantera. Por lo que es necesario realizar una investigación que abarque estos temas que es vital para el cuidado del medio ambiente.

Con respecto al aspecto social, todos los trabajos que se realiza para la extracción de los materiales en la cantera Cutimbo se efectúan en los terrenos de las comunidades campesinas de la zona, donde los pobladores se dedican a la agricultura y ganadería; sin embargo, la explotación de agregados altera todas sus actividades:

- El ruido a consecuencia del funcionamiento de maquinaria pesada
- Contaminación del rio, donde beben los animales, debido a los derrames de los combustibles.
- Contaminación de suelos, a consecuencia de derrames de combustibles y lubricantes.

Se puede evitar y controlar con un plan de manejo ambiental que contenga medidas de mitigación.

La contaminación ambiental también influye en lo económico, por estas razones, cada vez es más necesario que los profesionales que realizan los proyectos conozcan los medios, mecanismos y elementos que deben considerar e integrar en los proyectos para que éstos resulten respetuosos con el medio ambiente.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Analizar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno.

2.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno.
- Evaluar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno.
- Proponer una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

Los impactos ambientales son generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de agregados en la cantera Cutimbo – Puno.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, son negativos y positivos.
- Los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, son moderados a altos.
- La medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno, es un plan de manejo ambiental.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El lugar de estudio comprende la explotación de agregados de construcción de la cantera Cutimbo, ubicada en el km 23, de la carretera Puno – Laraqueri – Moquegua (plano 01). La explotación de la cantera se ejecuta por corte directo a cielo abierto, utilizando maquinaria pesada como excavadoras, cargadores frontales, retroexcavadoras y volquetes de 15m³ de capacidad para el transporte de los materiales.

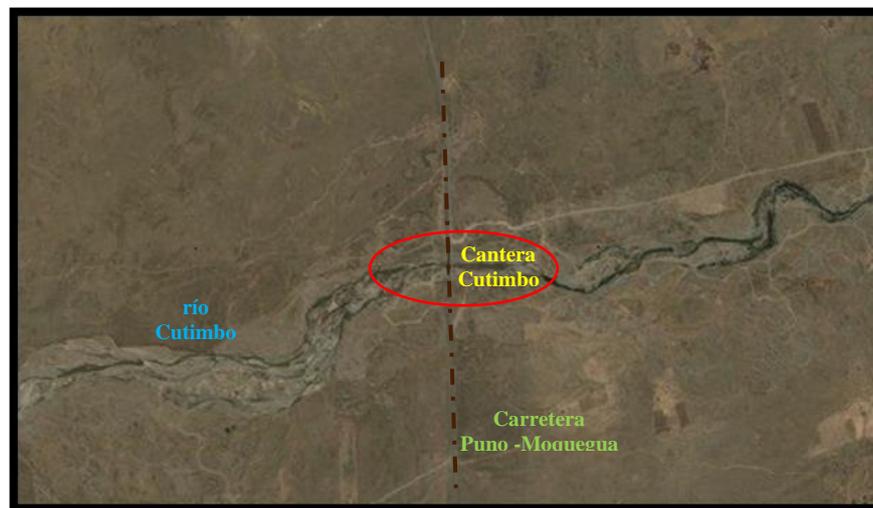


Figura 5. Ubicación de la cantera de agregado Cutimbo

3.2 Población

La población es la cantera de agregado Cutimbo, que actualmente se viene realizando el proceso de explotación artesanal (sin ningún tipo de técnicas eficientes para la explotación sostenible), ocasionado impacto ambiental en el medio físico y biológico.



COORDENADAS UTM		
	NORTE	ESTE
1	8227200	390600
2	8226300	390600
3	8226300	393300
4	8227200	393300

Figura 6. Cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

Las características de la cantera de agregado Cutimbo son las siguientes:

- Área explotable: 243.00 ha
- Prof. prom, de exc.: 2.50 m
- Vol. explot, anual: 1'040000 m³
- Utilidad: Concreto hidráulico y mezcla para relleno
- Tratamiento: Acumulación y zarandeo
- Origen: Aluvial

Dando a conocerse que el volumen explotado en los meses de lluvia se renueva en volúmenes similares.

3.3 Muestra

Con relación a las zonas de estudio, se realizó dos (02) puntos de muestro de agua y dos (02) puntos de muestreo de suelo (plano 02), estos se llevaron a cabo en sitios, donde se efectúan las labores de explotación de material.

A. Consideraciones técnicas para la toma de muestra en el cuerpo de agua

Para el muestreo de agua se siguieron los pasos que se muestran en la figura 7.

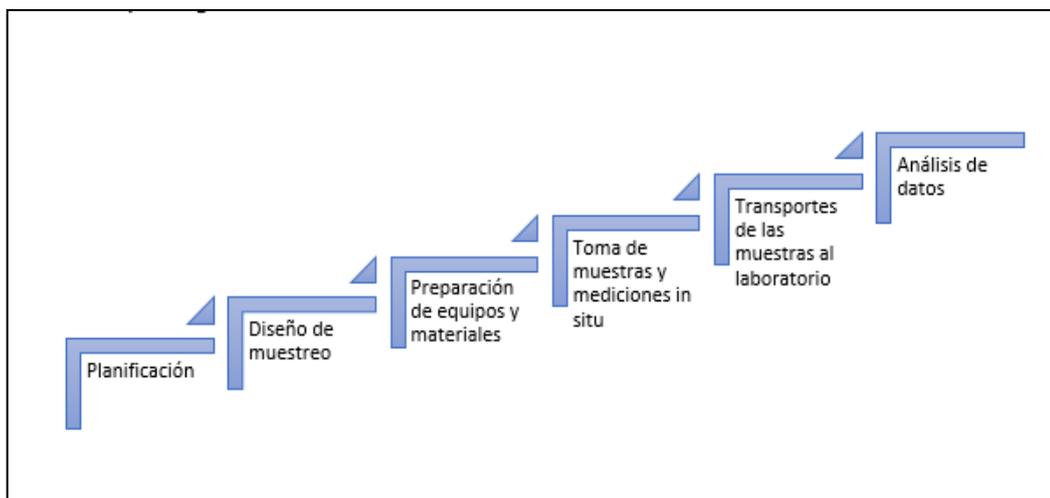


Figura 7. Flujograma de muestreo de agua y suelo

Primero se planifico, identificando los puntos de explotación en la cantera de agregado Cutimbo para así tomar las muestras en puntos específicos, y obtener sus coordenadas de dichos puntos.



Figura 8. Planificación (marzo-2020)

Se preparó los materiales y se tuvo en cuenta las manos limpias y se procedió a colocarse los guantes descartables y cubre boca; antes de manipular los frascos de las muestras.



Figura 9. Preparación de materiales



Figura 10. Frascos para la toma de muestras de agua

Para la toma de muestra se recolecto la muestra en un balde para los parámetros que necesitaban preservación.

Luego se procedió a recolectar la muestra a contracorriente, a 30 cm por debajo de la superficie y a la mitad del cuerpo de agua, evitando lo siguiente:

- Zonas de turbulencia.
- Remover fondos de lodos en el cuerpo de agua.
- Tomar la muestra en zonas donde no circula el agua.
- Tomar la muestra en zonas donde se evidencie que hay actividad (animal o residuos de actividad humana).

Se realizó la toma de muestras de los siguientes parámetros:

- Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Su presencia en los cuerpos de agua natural se relaciona con los factores estacionales y regímenes de caudal y es afectado por la precipitación, varía dependiendo del lugar, según sea la hidrodinámica del cauce, el suelo, la cubierta vegetal, el lecho, las rocas y actividades antrópicas como la agricultura, minería, entre otros (ANA, 2018). Su evaluación en la calidad del agua es de mucha utilidad, porque afecta la claridad del agua y la penetración de la luz, la temperatura y el proceso de la fotosíntesis (ANA, 2018).

- Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO se usa como una medida del oxígeno equivalente del contenido de materia orgánica. Es una variable importante que puede medirse rápidamente para determinar la contaminación de los cuerpos naturales de agua superficiales por las aguas servidas y desechos industriales de tipo orgánico (ANA, 2018).

- Demanda biológica de oxígeno (DBO)

La DBO es un parámetro relacionado como aporte de la materia orgánica, mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para oxidar, degradar o estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas, su determinación es en base a la oxidación natural de degradación (ANA, 2018).

- pH

El pH en las cuencas hidrográficas donde escurren aguas naturales sin actividad antrópica, en cierta forma está determinado por la geología de la cuenca y se rige por los equilibrios dióxido de carbono-bicarbonatocarbonato (ANA, 2018). El pH en la mayoría de las aguas varía entre 6.5 a 8.5 (turbulencia y aireación) (ANA, 2018).

- Microbiológicos

La presencia de este parámetro en los cuerpos de agua superficial se debe a la contaminación fecal, cuyo origen puede deberse a los vertidos domésticos sin tratamiento a los cuerpos receptores (ríos, quebradas) y otros de los factores, puede

ser por la inadecuada disposición de residuos sólidos que se depositan en los cauces de los ríos (ANA, 2018).

- Oxígeno disuelto (OD)

Es un parámetro importante para evaluar la calidad del agua superficial, su presencia en el agua se debe al aporte del oxígeno de la atmósfera y de la actividad biológica (fotosíntesis) en la masa de agua (ANA, 2018).

El oxígeno disuelto, es un parámetro ambiental vital, porque su evaluación permite informar y/o reflejar la capacidad recuperadora de un curso de agua y la subsistencia de la vida acuática (ANA, 2018).

B. Consideraciones técnicas para la toma de muestra en el cuerpo de suelo

Para el muestreo de suelo se siguieron los pasos que se muestran en la figura 7.

Se planifico, se identificó los puntos de muestreo y se obtuvieron sus coordenadas de dichos puntos. Se preparó los materiales (bolsas herméticas) para la toma de muestra. El muestreo de suelo es simple ya que nuestro suelo es homogéneo y se extrajo 1kg en cada punto la profundidad máxima a la que se obtuvo la muestra fue de 10 cm.

Se realizo la toma de muestras de los siguientes parametros:

- pH
- Aceites y grasas



*Figura 11. Muestreo de Suelo
(marzo-2020)*

3.4 Método de investigación

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que “nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos” (Hernández *et al.*, 2010).

El diseño de investigación es no experimental y transversal, puesto que se desarrolló en un contexto natural, la información se obtuvo de fuentes vivas o directas y no existió manipulación de los eventos de estudio.

De tipo explicativo, es decir, estuvo dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. Pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian (Hernández *et al.*, 2010).

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Identificar los impactos ambientales generado por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno

Para la identificación de los impactos ambientales primero se realizó el plano topográfico para ubicar cada actividad de la explotación artesanal de la cantera Cutimbo y los impactos generados sobre el medio ambiente (Físico y Biológico). Luego se empleó la matriz de impactos de las actividades y se identificó las actividades de la explotación artesanal, como son:

- 1. Decapeo:** El material orgánico que se encuentra en la parte superficial, recubriendo el banco de agregados tiene un espesor de 0.10m a 0.20m, este trabajo es realizado a pulso con picos, palas, carretillas y camión.

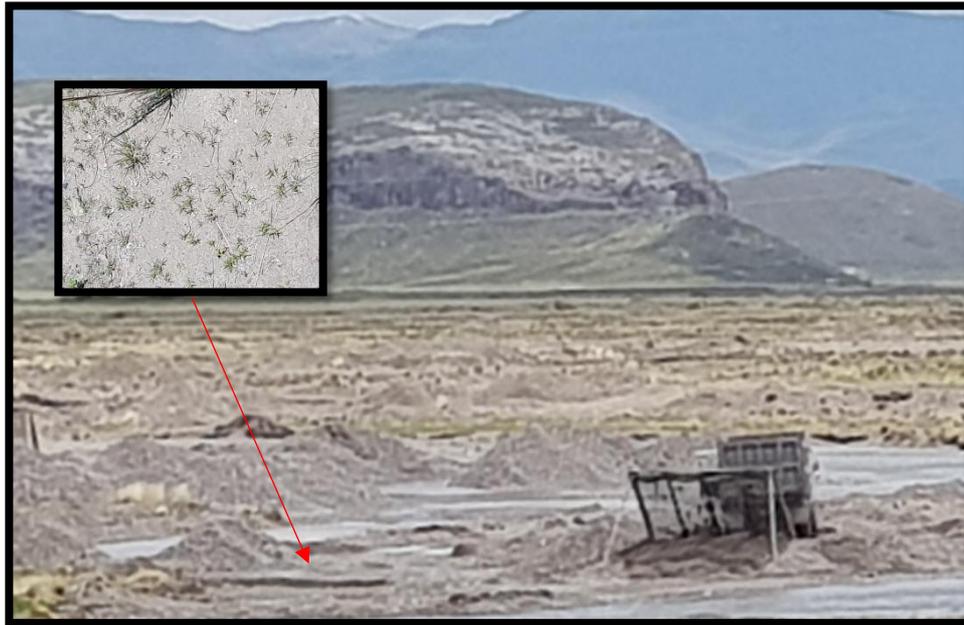


Figura 12. Decapado en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

2. Desbroce: Esta actividad se realiza con la finalidad de separar la lámina de material que no es agregado que se encuentra entre la materia orgánica y el agregado el desbroce es mínimo, y este material separado es utilizado como relleno en la etapa de abandono.

3. Construcción del frente de explotación:

Una vez realizado la limpieza o remoción de la capa superficial de materia orgánica y expuesta la cantera de agregados, se procede a abrir un frente para la explotación, consiste en abrir un tajo, para poder excavar, y extraer el material con maquinaria pesada.

4. Excavación (cavado): La cantera es explotada por el método a cielo abierto, utilizando maquinaria pesada como: excavadora, cargador frontal y volquetes de 15 m³ de capacidad.

La explotación es a pequeña escala de materiales de construcción y su posterior zarandeo obteniendo como producto final agregado fino y agregado grueso de 1" para su comercialización.



Figura 13. Proceso de excavación en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

- 5. Acopio de material extraído.** El material extraído se acopio a unos cuantos metros del área de excavado acumulando volúmenes de reserva para su almacenamiento.
- 6. Transporte:** El producto es cargado por la excavadora a los volquetes de 15 m³ y transportado para su comercialización.



Figura 14. Acopio y transporte en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

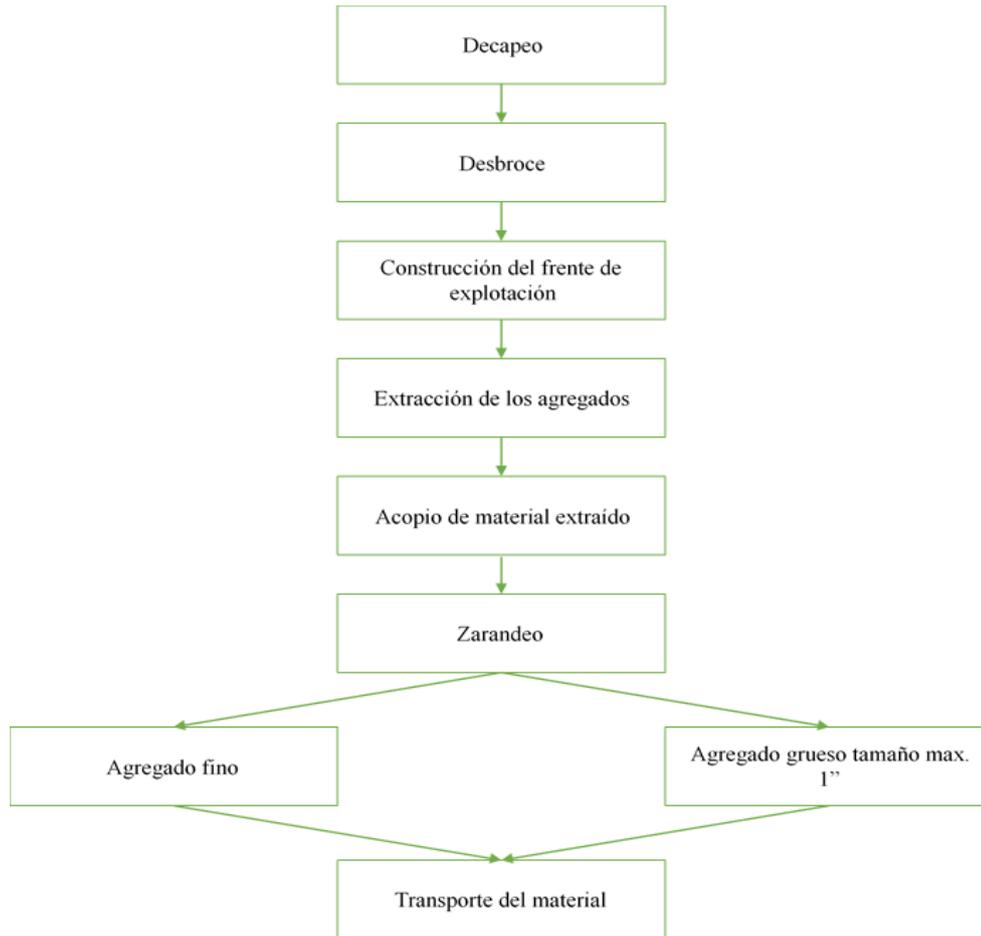


Figura 15. Diagrama de flujo de explotación de la cantera de agregado Cutimbo

Tabla 16

Identificación de impactos ambientales

Etapa	Actividad	Impacto identificado		
		Físico	Biológico	Socio económico
Explotación	Decapeo			
	Desbroce			
	Construcción de frente de explotación			
	Extracción de Agregados			
	Acopio de material Extraído			
	Zarandeo			
	Transporte del material			

3.5.2 Evaluar los impactos ambientales generado por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno

Para la evaluación de los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold, la cual contempla las acciones más significativas de la explotación artesanal de la cantera de agregado Cutimbo que causan impacto ambiental y los aspectos ambientales que se ven afectadas por estas acciones, para luego evaluar la magnitud e importancia y así poder saber el alto o bajo impacto que existe, en el proceso de explotación artesanal de la cantera Cutimbo.

También se utilizó la matriz de Conesa simplificado, que contempla las siguientes etapas: identificación de acciones impactantes del proceso de explotación artesanal y factores ambientales (medio físico y biológico) afectados y evaluación de la magnitud de impactos identificados.

Los Factores Ambientales son el conjunto de componentes del medio ambiente natural (aire, suelo, agua, seres vivos) y del medio ambiente social (relaciones sociales, actividades económicas, prácticas culturales), susceptibles de sufrir cambios, positivos o negativos a partir de una acción o conjunto de acciones de un proyecto.

Finalmente, con los resultados de laboratorio se halló el índice de calidad de agua.

3.5.3 Proponer una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno

Se buscó información especializada, reglamentos nacionales e internacionales, estándares. Se tomó en cuenta: protección del cauce natural del río, protección del medio físico, protección del medio biológico.

También se usó las técnicas de observación para poder recoger información para la investigación, con la intención de examinarlo, interpretarlo y obtener conclusiones sobre ello.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de los impactos ambientales

Cada actividad que conlleva la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo genera un impacto por lo tanto tiene un efecto sobre los componentes ambientales (medio físico, medio biológico y medio social).

Por ello se ha identificado las siguientes actividades:

- Decapeo
- Desbroce
- Construcción de frente de explotación
- Extracción de agregados
- Acopio del Material
- Zarandeo
- Transporte del material

Luego de la identificación de impactos se empleó la matriz de impactos de actividades.

Tabla 17

Identificación de impactos ambientales

Etapa	Actividad	Impacto identificado			
		Físico	Biológico	Socio económico	
Explotación	Decapeo	<ul style="list-style-type: none"> Erosión Incremento de la escorrentía 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la vegetación Migración de la fauna Deterioro del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo Riesgo de accidentes 	
	Desbroce	<ul style="list-style-type: none"> Erosión Incremento de la escorrentía Compactación del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la vegetación Migración de la fauna Deterioro del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo Riesgo de accidentes 	
	Construcción de frente de explotación		<ul style="list-style-type: none"> Modificación de la topografía Erosión Incremento de la escorrentía Compactación del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la vegetación Migración de la fauna Deterioro del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo Riesgo de accidentes
			<ul style="list-style-type: none"> Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo) Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas Incremento de ruidos 		
	Extracción de agregados	<ul style="list-style-type: none"> Modificación de la topografía Alteración del drenaje natural Modificación de la calidad de agua Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo) Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas Incremento de ruidos 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la vegetación Migración de la fauna Deterioro del paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo Riesgo de accidentes 	
Acopio del Material	<ul style="list-style-type: none"> Modificación de la topografía Alteración del drenaje natural 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la vegetación Migración de la fauna 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo Riesgo de accidentes 		

	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro del paisaje 	
Zarandeo	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo) • Incremento de ruidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Migración de la fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de empleo • Riesgo de accidentes
Transporte del material	<ul style="list-style-type: none"> • Compactación del suelo • Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo) • Contaminación del suelo por derrames de petróleo • Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas • Incremento de ruidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de la vegetación • Migración de la fauna 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de empleo • Riesgo de accidentes

De la tabla 17, se observa que la actividad construcción de frente de explotación genera más impacto sobre el componente suelo, la actividad extracción de agregados genera más impacto sobre el componente agua y la actividad de zarandeo genera más impacto sobre el componente aire.



Figura 16. Deterioro del paisaje en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

En la figura 16 se observa que cada actividad afecta evidente al paisaje, cuyos efectos inmediatos se revelan en la compactación del terreno en las márgenes del río, además de la generación de cavidades en el cauce poco profundo.



Figura 17. Migración de la fauna en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

En la figura 17 se observa la fauna del entorno que son afectadas por las emisiones sonoras, representadas por vibraciones y ruidos, provocando la fuga de la fauna.

Todas estas actividades conducen a la generación de empleos directos e indirectos durante diferentes etapas del desarrollo. Se satisface la demanda de material (agregados finos y gruesos) para la construcción civil, como fundamento del desarrollo socio-económico del territorio.

4.1.1 Resultado estadístico

Para contrastar la hipótesis se utilizó el programa RStudio para la prueba estadística Ji Cuadrada dando como resultado $p = 0.023$, con lo cual se acepta la hipótesis alterna.

Ha: Los impactos ambientales son generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de agregados en la cantera Cutimbo – Puno.

4.1.2 Discusión

De los resultados se identificó los impactos ocasionados por las actividades realizadas en el proceso de explotación de materiales siendo el paisaje el más afectado. Marchevsky *et al.* (2018) en su trabajo de investigación identifica al paisaje como el elemento con una afectación más negativa, llegando a la misma conclusión de tomar medidas preventivas para amortizar la afectación paisajística.

4.2 Evaluación de los impactos ambientales

4.2.1 Valoración de los impactos ambientales

A. Matriz de Leopold

Luego de la identificación de los impactos ambientales en la etapa explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo se ha utilizado la Matriz de Leopold, en el eje horizontal esta las acciones que causan el impacto ambiental y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que se ven afectadas por esas acciones.

Cada acción se evaluó en términos de la magnitud (1 representa la menor magnitud y 10 la mayor) y cada condición ambiental se evaluó en términos de importancia (1 representa la menor magnitud y 10 la mayor).

A continuación, se presenta la Matriz de Leopold, realizada en esta investigación.

Tabla 18

Matriz de Leopold

COMPONENTE AMBIENTAL			ETAPAS Y ACCIONES								EVALUACIONES				
			EXPLOTACIÓN								NUMERO DE INTERACCIONES	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS	MAGNITUD- IMPORTANCIA	TOTAL POR COMPONENTE
			Decapeo	Desbroce	Construcción de frente de explotación	Extracción de agregados	Acopio del Material	Zarandeo	Transporte del material	LIMPIEZA					
CARACTERISTICAS FISICAS QUIMICAS	SUELO	Forma del terreno (compactación suelo, modificación de la topografía)	-1	-4	-1	-9	-10	-5	-6	7	0	7	-36	-39	
		Erosion		-3	-3	-7				3	0	3	-13	10	
		Calidad del suelo		-3					-7	2	0	2	-10	6	
	AGUA	Calidad de Agua				-6	-9	-8		3	0	3	-23	-42	
		Incremento de la escorrentia		-6	-5	-8				3	0	3	-19	33	
	AIRE	Calidad de Aire				-4	-5		-2	3	0	3	-11	-41	
		Incremento de Material Particulado				-1	-6	-8	-3	4	0	4	-18	13	
Generacion de Ruidos						-3		-7	3	0	3	-12	10		
CONDICIONES BIOLÓGICAS	FLORA	Remocion de Cobertura Vegetal		-4	-2				2	0	2	-6	-6		
	FAUNA	Migracion de fauna		-5		-5		-7	3	0	3	-17	-17		
FACTORES CULTURAL	USOS DEL TERRITORIO	Visitas panorámicas y paisajes				-6	-6	-6	3	0	3	-22	-22		
	NIVEL CULTURAL	Seguridad		-2	-2	-2	-5	-6	-3	6	0	6	-30	-6	
EVALUACIONES	NUMERO DE INTERACCIONES		3	8	6	9	9	5	5	7					
	IMPACTOS POSITIVOS		1	1	1	1	1	1	1	1					
	IMPACTOS NEGATIVOS		2	7	5	8	8	4	4	6					
	MAGNITUD / IMPORTANCIA		0	-24	-10	-46	-49	-19	-25	-20	8	8	0	24	28
	TOTAL COMPONENTE M/I		-24	-10	-46	-49	-19	-25	-20						
			Decapeo	Desbroce	Construcción	Extracción	Acopio del	Zarandeo	Transporte del						

La matriz de Leopold nos indica que las acciones que generan más impacto a las condiciones ambientales son extracción de agregados, construcción de frente de explotación y zarandeo. Los componentes ambientales más afectados son el componente suelo tiene el más alto grado de impacto negativo seguido del componente agua y aire.

Con respecto a las actividades que ocurren en la faja marginal son los siguiente: decapeo y desbroce, generando impactos negativos.

B. Matriz de Conesa Simplificado

Esta matriz contempla las acciones de la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo y factores ambientales afectados, para poder determinar la magnitud de los mismos y se clasifco según su grado de significancia. Los criterios de valoración empleados fueron los siguientes:

- Naturaleza
- Intensidad (IN)
- Extensión (EX)
- Momento (MO)
- Persistencia (PE)
- Reversibilidad (RV)
- Sinergia (SI)
- Acumulación (AC)
- Efecto (EF)
- Periodicidad (PR)
- Recuperabilidad (MC)
- Importancia (I): Se estima de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

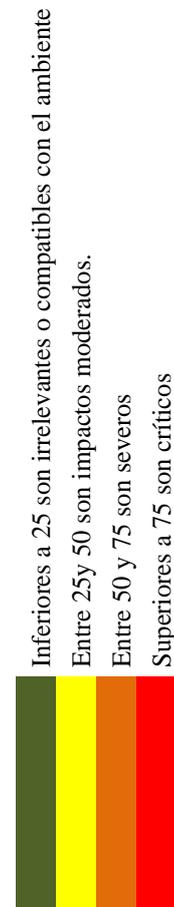


Los resultados de la evaluación de los impactos ambientales aplicando la metodología de Conesa Simplificado, se observa en la tabla 19.

Tabla 19

Matriz de Conesa simplificado

IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	IMPACTO
Erosión	NEGATIVO (-)	2	1	4	4	1	1	1	4	1	1	25	
Compactación del suelo	NEGATIVO (-)	8	1	4	4	1	1	1	4	1	2	44	
Modificación de la topografía	NEGATIVO (-)	8	4	4	4	1	1	1	4	1	2	50	
Contaminación del suelo por derrames de petróleo	NEGATIVO (-)	4	1	4	4	1	1	1	4	1	3	33	
Incremento de la escorrentía	NEGATIVO (-)	4	2	4	4	1	1	1	4	1	2	34	
Alteración del drenaje natural	NEGATIVO (-)	8	4	4	4	1	1	1	4	1	2	50	
Modificación de la calidad de agua	NEGATIVO (-)	4	8	4	4	1	1	1	4	1	2	46	
Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas	NEGATIVO (-)	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	24	
Contaminación atmosférica por emisiones de material particulado (polvo)	NEGATIVO (-)	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	24	
Incremento de ruidos	NEGATIVO (-)	2	2	4	1	1	1	1	4	1	1	24	
Perdida/Reducción cobertura vegetal	NEGATIVO (-)	4	1	4	4	1	1	1	4	4	4	37	
Migración de la fauna	NEGATIVO (-)	2	4	4	4	2	1	1	4	4	4	38	
Deterioro del paisaje	NEGATIVO (-)	4	4	4	4	3	1	1	4	4	8	49	



En la tabla 19 nos indica que los resultados de la evaluación permiten establecer que, de los 13 impactos evaluados, el 70 % de ellos corresponden a impactos negativos, con un nivel de importancia moderada, siendo los componentes ambientales agua y suelos, los de mayor afectación.

Los impactos que contribuyen son: Alteración del drenaje natural, modificación de la topografía, deterioro del paisaje, modificación de la calidad de agua, compactación del suelo, migración de la fauna, pérdida de cobertura vegetal, incremento de la escorrentía, contaminación de suelos por derrames de petróleo y erosión.

De igual manera, se determina que el 30 % de los impactos, se clasifica como negativos, con un nivel de importancia irrelevante, correspondiente a los componentes aire. Los impactos que contribuyen son la emisión de material particulado, gases y ruido.

Con respecto a los impactos que ocurren en la faja marginal son los siguiente: compactación del suelo, modificación de la topografía, contaminación del suelo por derrames de petróleo, pérdida/Reducción cobertura y migración de la fauna. (Ver plano 03)

C. Índice de calidad de agua

Debido a que el componente agua es el más afectado a causa de la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, se realizó dos puntos de monitoreo aguas abajo.

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 20

Resultados análisis parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetros a Evaluar		ECA CAT 4 - E2	1	2	
	Color	PtCo	20	40	36
	Conductividad	μS/cm	1000	246	201
Parámetros Fisicoquímicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	10	1	1
	Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 5	6	8
	Potencial de Hidrógeno (pH)	Unid. pH	6,5 a 9,0	8.14	7.94
	Solidos suspendidos totales	mg/L	≤ 100	14.7	21.8
Microbiológico	Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	2 000	92x10 ²	78x10 ²

Para el caso del parámetro Color se obtuvo 40 y 36 PtCo, los cuales están por encima del valor permisible, según lo establecido por la normatividad peruana, estándares de calidad ambiental, categoría 4 (conservación del ambiente acuático).

Para el caso del parámetro microbiológico coliformes termotolerantes los valores están por encima del valor permisible, según lo establecido por la normatividad peruana, estándares de calidad ambiental, categoría 4 (conservación del ambiente acuático), debido al factor de origen antrópico.



Figura 18. Contaminación de origen antrópico en la cantera de agregado Cutimbo (marzo-2020)

La evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA), aguas arriba y abajo de los sitios de extracción, se determinó en base a 7 parámetros, los cuales fueron:

- Color
- Conductividad
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Oxígeno disuelto
- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Solidos suspendidos totales
- Coliformes Termotolerantes

$$F1=28.57 \text{ y } 28.57$$

$$F2=28.57 \text{ y } 28.57$$

$$F3=39.76 \text{ y } 34.64$$

$$CCME_{WQI}=67.27 \text{ y } 69.27$$

ICA es Regular, es decir la calidad de agua natural (aguas abajo) ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.

4.2.2 Discusión

Se utilizó la matriz de Conesa simplificado (2010) para la evaluación de los impactos ambientales dando como resultado de los 13 impactos evaluados son negativos en el recurso agua, flora y fauna. Ortega (2017) en su trabajo de investigación utiliza la misma metodología teniendo como resultado problemas ambientales en la flora, fauna y el recurso agua, llegando a la misma conclusión de realizar el proceso de explotación de material respetando la política ambiental

4.3 Propuesta de una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno

Dada la intensidad moderada de los impactos ambientales negativos se impone la necesidad de adoptar algunas medidas que posibiliten minimizar los daños que se producen a consecuencia de la actividad de explotación.

Las medidas necesarias para el manejo de canteras son:

a. Método de extracción

- Los trabajos de la explotación se deberán ejecutarse en horario diurno.
- Se deberá evitar formar taludes inestables con la finalidad de no originar problemas de erosión lateral y posteriores arrastres de riberas.
- Se deberá proteger las riberas del río, para evitar desbordes durante las épocas de avenidas.

b. Apertura inicial de accesos

- Se deberá realizar accesos a la entrada de la cantera, ya que la cantera presenta pendientes mínimas, esta solo se realizará con cargador frontal, extrayendo material inicial, avanzando conforme la explotación del material, siendo afirmado estos accesos con el mismo material de la cantera.

c. Extracción de los materiales

- Al momento de la utilización de la maquinaria pesada como son la retroexcavadora y volquetes, es vital realizar su mantenimiento con la finalidad evitar los derrames de aceites, lubricantes y combustibles
- Se debe mantener inmutable los márgenes de los ríos y se dejará un borde perimetral de gravas de 5.0 m de ancho.
- La maquinaria utilizada para esta actividad es cargador frontal para su extracción, siendo luego cargado hacia volquetes, una vez realizado este trabajo se debe estabilizar los taludes, con una pendiente apropiada.

- Se deberá realizar limpieza periódica de los residuos originados, en toda el área de trabajo.
- Antes de empezar con los trabajos diarios, se realizará una charla de 10 minutos sobre el cuidado de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.
- Antes de empezar los trabajos, el personal deberá contar con los equipos de protección personal, con la finalidad de evitar cualquier accidente o riesgo laboral.
- Para evitar el polvo y la emisión de material particulado se deberá humedecer las zonas de trabajo como los patios de carga y maniobras.
- El área de almacenamiento de los materiales extraídos, se deberá ubicar en zonas desprotegidas de cobertura vegetal y retiradas de los cuerpos de agua.
- Aquellos materiales que no son aptos, deberá ser acopiado en lugares y formas adecuadas.
- Todas las zonas de trabajo, deberán estar delimitadas y señalados, con la finalidad de evitar el ingreso de personas ajenas a la explotación de la cantera, y así evitar accidentes en el futuro.

4.3.1 Programa de abandono

El presente programa estará enmarcado dentro de las siguientes consideraciones:

a. Limpiezas en general del área intervenida

- Se deberá revisar que en cada zona de trabajo se encuentre sin ningún residuo inorgánico u orgánico, si se encontrase se realizara las limpiezas adecuadas en dichas zonas, y estos residuos serán trasladados para su disposición y acondicionamiento final, en una zona de depósito.

b. Estabilización de taludes excavados en la cantera

- Se restituiría la morfología del cauce (márgenes del río), con la finalidad de evitar su desbordamiento en épocas de crecimiento y/o avenidas, esta actividad se realizará debido a que al momento de la extracción los taludes son alterados.



- Se deberá disminuir el ángulo de reposo natural del material suelto (pendiente de los taludes), con el objetivo de evitar que se produzcan desprendimiento o erosión riberas. Para lo cual se toma en consideración, la topografía, geología, tipo de material, propiedades físicas y mecánicas.

4.3.2 Discusión

Se propone medidas sostenibles en el proceso de explotación de materiales y programa de abandono para la sostenibilidad del ecosistema que es afectado por la explotación artesanal en la cantera Cutimbo. Torres *et al.* (2019) en su trabajo de investigación propone ocho etapas lo cual facilita aspectos en la rehabilitación minera, económica y social, llegando a la misma conclusión que esta aplicación contribuye a la sostenibilidad del ecosistema afectado.

CONCLUSIONES

- Primera:** La actividad que genera mayor impacto negativo en el componente suelo es en la etapa de construcción de frente, la que genera mayor impacto negativo en el componente agua es en la etapa de extracción de agregados y en la etapa de zarandeo se genera mayor impacto negativo al componente aire. El impacto positivo es la generación de empleo en las diferentes etapas.
- Segunda:** Los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, analizando con la matriz de Leopold nos indica que las acciones que generan más impacto a las condiciones ambientales son extracción de agregados, construcción de frente de explotación y zarandeo. Los componentes ambientales más afectados son el componente suelo tiene el más alto grado de impacto negativo seguido del componente agua y aire. La matriz de Conesa Simplificado nos da que una 70% son impactos negativos, con un nivel de importancia moderada y un 30% son impactos negativos, con un nivel de importancia irrelevante. Evaluando el índice de calidad del agua nos indica que es regular.
- Tercera:** Los impactos ambientales que genera la explotación artesanal de materiales de la cantera de Cutimbo hace que se proponga un plan de manejo ambiental como medida preventiva en lo que se refiere al proceso de explotación.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Es necesario realizar la identificación de impactos ambientales en otras canteras aledañas para su verificación.
- Segunda:** Se debe realizar evaluaciones con diferentes métodos y comparar los resultados.
- Tercera:** Para lograr una explotación sostenible las autoridades e instituciones gubernamentales deberán velar por que las empresas extractivas pongan en práctica las acciones que se proponen.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguedo, A. (2008). Problemática medioambiental de las canteras de materiales de construcción en Lima. In *Universidad Nacional de Ingeniería*. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/593>
- Alvarez, L., & Irigoien, U. (2014). Efectos de la extracción y comercialización de arena cuarzosa blanca de canteras del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, 2009-2010. In *Universidad Nacional de la Amazonia Peruana*. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4387>
- ANA. (2010). La regulación de las fajas marginales. In *Autoridad Nacional del Agua* (Vol. 6). <https://www.ana.gob.pe>
- ANA. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE. In *Ediciones ANA*. http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- Armstrong, J., & Menon, R. (2001). Minas y canteras. In *Enciclopedia de seguridad y salud en el trabajo* (Vol. 3). <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Sumario+del+Volumen+III.pdf>
- Asogras. (2020). *La industria*. La Industria. <https://asogras.org/la-industria/>
- Bastidas-Orrego, L. M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., Juárez-Sánchez, J. P., Martínez-Carrera, D., & Vaquera-Huerta, H. (2018). *Conflictos socioambientales y minería a cielo abierto en la sierra Norte de Puebla, México*. *Apa* 6, 35–66. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.72.003>
- Cacilda, J., Lastra, J., & Acevedo, P. (2019). Impactos ambientales de la explotación mecanizada de materiales para la construcción en Sumbe (Angola). *Minería y Geología*, 35(3), 338–357. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223559793007>
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. <https://books.google.com.co/books?id=wa4SAQAAQBAJ>
- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. (2007). *Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalúrgicas*. Ministerio de

- Energía y Minas.
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/VXXI_Calidad_Aire.pdf
- Dirección General de Formalización Minera. (2017). *Catálogo de Medidas Ambientales en el marco del IGAFOM*. [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/14 Anexo 1 - Casos tipo por regiones de PMA.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/14_Anexo_1_-_Casos_tipo_por_regiones_de_PMA.pdf)
- Escobar, A. (2016). Análisis de las afectaciones ecológicas y sociales que causa la explotación de material de arrastre en el río Nima a su paso por los corregimientos de Amaime, Boyacá y la Pampa, en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. In *Universidad de Manizales*. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2841>
- Ferreira Cuellar, D. A., & Torres Lopez, K. M. (2014). *Caracterización física de agregados pétreos para concretos caso: Cantera dromos (Mosquera) y mina Cemex (Apulo)* [Universidad Católica de Colombia]. [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1655/1/TRABAJO_DE_INVESTIGACION.pdf)
- Fuentes, R., & Hernández, A. (2014). Gestión ambiental de canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas, Cuba. *Minería y Geología*, 30(1), 17–32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223531234002>
- Gutierrez, H., & Valencia, A. (2006). *Plan de manejo ambiental arenera el vinculo*. [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11006/CAPÍTULO 5.pdf](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11006/CAPITULO_5.pdf)
- Hernández, N., Rosario, Y., Almaguer, Y., & Otaño, J. (2014). Árbol de excavabilidad para elegir método de arranque en canteras de áridos de la construcción: yacimiento El Cacao. *Minería y Geología*, 30(3), 67–84. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223532481005%0ACómo>
- Hernandez, N., Ulloa, M., Almaguer, Y., & Rosario, Y. (2014). Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba. *Luna Azul*, 38, 146–158. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321731214009>
- Hernández, N., Ulloa, M., & Rosario, Y. (2011). Impacto ambiental de la explotación del

- yacimiento de materiales de construcción El Cacao. *Minería y Geología*, 27(1), 38–52. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223522419003%0ACómo>
- Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta (ed.); Mc Graw Hi). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, J., & Ortiz, F. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Métodos de Minería a Cielo Abierto. <http://oa.upm.es/10675/>
- Interempresas. (2017, June 19). *MAPE*. 1. [https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212825-Mineria-artesanal-y-de-pequena-escala-\(MAPE\)-infra-mundo-laboral.html](https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212825-Mineria-artesanal-y-de-pequena-escala-(MAPE)-infra-mundo-laboral.html)
- López, J., Jaimez, E., Guerra, M., Escandón, C., Sáenz, Y., & Borrego, N. (2015). Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque. *Ciencias de La Tierra y El Espacio*, 16(1), 40–52. https://www.academia.edu/30246491/Lopez_kramer_et_al_cierre_canteras_mat_const
- Marchevsky, N., Giubergia, A., & Ponce, N. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51–61. <https://doi.org/10.14483/22487638.12907> Disponible
- Matamoros, N. (2013). Evaluación ambiental del proceso de explotación de materiales en el lecho del río San Agustín en la cantera Vega Rivera. In *Universidad de Guayaquil*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6124>
- Montero, J., Otaño, J., & Guerrero, D. (2016). Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería y Geología*, 32(1), 106–120. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223544262007%0ACómo>
- Montero, J., Restrepo, O., & Otaño, J. (2017). Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería y Geología*, 33(4), 448–463. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223553249006%0ACómo>
- Montes de Oca, A., & Ulloa, M. (2013). Recuperación de áreas dañadas por la minería

- en la cantera los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul*, 37, 74–88.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8170265>
- Ordoñez, K., & Villanueva, L. (2012). Elaboracion de bloques de mortero tipo estructural mediante secado natural empleando la calamina procedente de tenaris tubocaribe S.A. como aditivo. In *Universidad de San Buenaventura*.
<http://hdl.handle.net/10819/1597>
- Ortega, J. (2017). Impactos ambientales ocasionados por la explotación artesanal de materiales de construcción : el caso del transecto del Rio Cesar , en el municipio de San juan del Cesar, la Guajira. In *Universidad de Manizales*.
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/3321>
- Pinasco, C. (2017). Grados de aplicación de políticas públicas sociales y ambientales de canteras de arena en la carretera Iquitos-Nauta, Loreto-Perú. In *Universidad Nacional de la Amazonia Peruana*.
<http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5198>
- Ponce, V. (2019). *La matriz de Leopold*. Evaluacion de Impacto Ambiental.
http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html
- Ramírez, M. (2008). Sostenibilidad de la explotacion de materiales de construccion en el Valle de Aburra. In *Universidad Nacional de Colombia*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2591>
- Ramos, A. (2004). Metodologías matriciales de evaluación ambiental para países en desarrollo: matriz de Leopold y método MEL- ENEL. In *Universidad de San Carlos de Guatemala* (Vol. 2004).
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- SENACE. (2014). *Reglamento de protección y gestión ambiental para las actividades de explotación, beneficio, labor general, transporte y almacenamiento minero*.
<https://www.senace.gob.pe/download/senacenormativa/NAS-4-6-01-DS-040-2014-EM.pdf>
- Torres, Y., Rodríguez, R., & Reynaldo, C. (2019). Propuesta de un procedimiento para la rehabilitación minera en explotaciones a cielo abierto. *Minería y Geología*, 35(1), 17–30. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-



80122019000100025

- Turpo, B. (2015). Protección ambiental y social para la explotación sostenible y producción de concretos de calidad en el río Cutimbo Puno. In *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/372>
- UICN. (2009). *Guía de gestión ambiental para minería no metálica (Unicornio)*. www.iucn.org/mesoamerica
- Vasquez, N. C. (2018). Guía para la Identificación y caracterización de impactos ambientales. In *Ministerio de Ambiente - Perú* (pp. 1–45). <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Guia-Impactos.pdf>
- Walsh. (2005). *Estudio de Impacto Ambiental y Social Proyecto de Explotación de Cantera GNL-2 Cañete - Perú*. <https://perulng.com/wp-content/uploads/2016/04/Evaluación-de-Impacto-Ambiental-y-Social-del-Proyecto-de-Explotación-de-la-Cantera-GNL-2.pdf>
- Walsh. (2015). *Plan de manejo ambiental*. http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/6_0_Plan_Manejo_Ambiental.pdf



ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDEPENDIENTES
<u>Problema general</u> ¿Cómo son los impactos ambientales generados por la explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?	<u>Objetivo general</u> Analizar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	<u>Hipótesis general</u> Los impactos ambientales son generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de agregados en la cantera Cutimbo – Puno.	VARIABLE INDEPENDIENTE Explotación artesanal
<u>Problemas específicas</u> ¿Cuáles son los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?	<u>Objetivos específicos</u> Identificar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	<u>Hipótesis específicas</u> Los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, son negativos y positivos	VARIABLE DEPENDIENTE Impacto ambiental
¿Cómo son los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?	Evaluar los impactos ambientales generados por el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	Los impactos ambientales que genera el proceso de explotación artesanal de materiales de la cantera Cutimbo, son moderados a altos	
¿Cuál es la medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno?	Proponer una medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno	La medida preventiva para un proceso de explotación sostenible de materiales de la cantera Cutimbo – Puno, es un plan de manejo ambiental.	



RESULTADOS DE LABORATORIO



PLANOS