
FACULTAD DE INGENIERÍA

DPTO. CONSTRUCCIONES

SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS DE CANTERA

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Autor: Carlos Ernesto Del Toro Avilés.

Holguín 2023



SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS DE CANTERA

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Autor: Carlos Ernesto Del Toro Avilés.

Tutores: Dr. C. María Onelia Urbina Reynaldo (PT)

Ing. Roberto Miguel Rodríguez Benítez.

Holguín 2023



PENSAMIENTO

*“El ver mucho y leer mucho aviva los
ingenios de los hombres”.*

Miguel de Cervantes

DEDICATORIA

A toda persona y suceso de mi vida que me llevó a este punto.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, entre los cuales destacar a mis padres por su arduo trabajo de educación y apoyo, a mis tías por apoyarme cuando necesité de su ayuda en cada momento, a mis hermanas por contribuir en mi educación y ser mis primeras amigas. Al claustro de profesores que de una forma u otra moldearon mi pensamiento al día de hoy.

A mis tutores por su asesoría en esta investigación

A mis amistades que han estado en todo momento mostrándome como sacar una sonrisa en momentos difíciles, ser mis confidentes y compañeros de batallas
A mi ex por ser un punto de desarrollo personal y a mi pareja actual por enseñarme diferentes modos de ver la vida.

A Ibai Llanos y El Xokas por animarme con sus vídeos y enseñarme valores que no se aprenden en la casa ni en la escuela.

Por último a esa serie (One Piece) y su autor (Ichiro GODa) por mostrarme los valores que hoy en día tengo, enseñarme a defender mi pensamiento si creo que es lo correcto y demostrar que a veces una derrota solo es un paso para la siguiente victoria. Además de enseñarme que debemos vivir por alcanzar un sueño aunque los demás nos digan que no existe o es imposible.

A todos ellos por seguir aquí y los que no están también,
Gracias.

RESUMEN

La gestión ambiental constituye un objetivo fundamental en las condiciones actuales de la economía cubana y del nivel de sostenibilidad, que asegura, por su impacto directo en la calidad de vida de la sociedad, así como en la competitividad de los productos y servicios de las empresas. Por lo que el objetivo general de esta investigación es diseñar un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso para la producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín, que permita detectar los problemas ambientales durante el proceso de producción para la toma de acciones de mejoras en el momento oportuno y de forma proactiva. Su aporte radica en contar con un sistema de indicadores de gestión ambiental que permita medir la incidencia en lo económico, ambiental y social para garantizar que el consumo de recursos naturales y la producción obtenida de dicho proceso sea compatible con el medio ambiente. Para su concepción se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos, así como instrumentos para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de los datos. La propuesta fue aceptada y aprobada satisfactoriamente por los especialistas dando su validación a la hipótesis y cumplir con el objetivo de la investigación.

ABSTRACT

Environmental management constitutes a fundamental objective in the current conditions of the Cuban economy and the level of sustainability, which it ensures, due to its direct impact on the quality of life of society, as well as on the competitiveness of companies' products and services. Therefore, the general objective of this research is to design a system of environmental management indicators with a process approach for the production of aggregates in the 200 Mil Quarry of the Holguín Province, which allows detecting environmental problems during the production process for the taking improvement actions at the right time and proactively. The contribution of the research lies in having a system of environmental management indicators that allows measuring the economic, environmental and social impact to guarantee that the consumption of natural resources and the production obtained from said process is compatible with the environment. For its conception, theoretical, empirical and statistical methods were used, as well as instruments for the collection, processing, analysis and interpretation of data. The proposal was accepted and satisfactorily approved by the specialists, validating the hypothesis and fulfilling the objective of the research.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO PRÁCTICO REFERENCIAL DE LOS SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS DE LA CANTERA 200 MIL DE LA PROVINCIA HOLGUÍN	
I.1 La gestión ambiental con enfoque a proceso. Conceptualización.....	8
I.2 La producción de áridos de cantera. Caracterización general	13
I.3 Sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera. Concepciones y evolución.....	18
I.3.1 Experiencias de indicadores para la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera.....	23
I.3.2 Diagnóstico de la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín.....	28
Conclusiones parciales del capítulo.....	35
CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS DE LA CANTERA 200 MIL DE LA PROVINCIA HOLGUÍN	
II.1 Conceptos básicos para la propuesta de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de árido de cantera.....	36

II.2 Propuesta de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil de Holguín	38
2.3. Validación de la propuesta de sistema de indicadores.....	47
Conclusiones parciales del capítulo	51
CONCLUSIONES GENERALES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

La producción de áridos es una actividad fundamental en la industria de la construcción, ya que se utilizan como materias primas para la producción de concreto y otros materiales. Sin embargo, esta actividad no se libera del impacto negativo en el medio ambiente. En el proceso de extracción agregada, se generan varios problemas ambientales, lo que afectan los ecosistemas terrestres y acuáticos. Uno de los principales problemas ambientales causados por la producción de áridos es la destrucción del paisaje natural. Su extracción implica la eliminación de grandes volúmenes de la tierra y las razas, lo que cambia significativamente la morfología de la tierra. Esto conduce a una pérdida de hábitat natural, una disminución en la biodiversidad y la fragmentación de los ecosistemas. Además, las unidades pueden tener un grave impacto en los recursos hídricos. (Pinto, 2008)

Durante el proceso de extracción, se utilizan grandes volúmenes de agua para limpiar y clasificar las unidades, lo que puede conducir a un funcionamiento excesivo de horizontes y ríos que contienen agua. Del mismo modo, un cambio en los canales de agua natural puede causar la descomposición y la contaminación de las corrientes del río, afectando negativamente la calidad del agua y la vida del agua. (Pinto, 2008)

Otro problema ambiental asociado con la producción de unidades es la generación de emisiones de atmósfera contaminante.

Durante la extracción y procesamiento de las unidades, se liberan pequeñas partículas y gases contaminantes, como dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, lo que contribuye a la contaminación del aire y al cambio climático. Por lo tanto, la producción total es una actividad que tiene graves impactos ambientales que requieren medidas para reducir su rastro ecológico. Es por ello que el desarrollo de métodos más estables de extracción y procesamiento, el uso de materiales alternativos y la implementación de la gestión adecuada de los recursos hídricos, son las acciones necesarias para minimizar las consecuencias negativas y lograr el equilibrio entre la demanda de unidades y preservar la atmósfera del medio ambiente.

Desde la antigüedad el empleo de los áridos ha sido cuantioso y diverso en el desarrollo de la civilización humana. Se considera la materia prima más consumida por el hombre después del agua (Hernández y Guillarte, 2017). Su producción consiste básicamente en triturar y clasificar piedras según su tamaño. Sin embargo, en la práctica, el proceso es complejo, pues se deben obtener áridos homogéneos, de tamaños normalizados y con calidad, que respondan a las normas establecidas en el país.

Los áridos son conformados en diferentes fracciones comerciales, que varían desde 0,149 mm hasta un tamaño máximo especificado en la Norma Cubana NC: 251-2021. Áridos para hormigones hidráulicos - requisitos. Estos se clasifican en áridos gruesos y áridos finos. Se nombra árido grueso (gravilla o piedra) al que posee principalmente partículas de un tamaño superior a 4,76 mm y árido fino (arena), al compuesto por partículas de un tamaño desde 0,149 hasta 4,76 mm (Herrera y Gayoso, 2006)

Martínez-Segura (2009), Ganiron (2015) y Barbachi y et. al. (2017) citado por Hernández y Guillarte (2017), plantean que estos materiales representan la porción de menor costo en una obra y constituyen el mayor volumen de los componentes del producto final. Para Herrera, González y Castaño (2016), su consumo es un indicador importante del desarrollo de un país. Esto se evidencia por ser un material indispensable en la construcción por sus múltiples aplicaciones desde hormigones, morteros y aglomerados asfálticos, hasta la construcción de bases y sub-bases de carreteras, entre otras.

En los últimos años la producción global de arena llegó a los 18.000 millones de toneladas (Condorenz y Lima, 2015). Asia es líder en construcción, sin embargo, Europa en el uso de tecnología para la extracción de áridos y agregados, es el líder, ya que cuenta con sistemas tecnológicos muy avanzados (Rodríguez, 2019). Su producción se debe realizar en el marco de un desarrollo sostenible para obtener productos de calidad compatibles con el medio ambiente y la prevención de riesgos laborales.

Las afectaciones ambientales y desafíos de sostenibilidad que enfrentan los países latinoamericanos y caribeños con la producción de áridos son inmensos (Condorenz y Lima, 2015). Cada vez, es más evidente la necesidad de trazar e implementar políticas referentes a la protección del medio ambiente y a su sostenibilidad. Esto contribuye a mejorar los procesos de producción, así como el desempeño organizacional. En ese sentido el gobierno revolucionario traza políticas al respecto. Proteger el medio ambiente es un principio de la revolución a partir de 1959. En el año 1997 se instituye la Ley 81 Del medio Ambiente, en la cual en su Capítulo VII refiere;

Los pocos recursos con que se cuenta para realizar análisis estadísticos de resultados de gestión ambiental, tanto en el sector público como en el privado, se pueden focalizar de mejor forma, si se cuenta con información ordenada, jerarquizada y disponible, partiendo por las variables más decisivas e incorporando posteriormente nuevos indicadores y ampliando las series estadísticas. No obstante, en la dimensión ambiental, es más crítica la escasez de estadísticas ambientales básicas si se compara con la información de la dimensión económica y/o social. (p.14)

En forma creciente, los sistemas de información ambiental (bases de datos, estadísticas, indicadores, etc.), según el avance de cada país en la materia, se elaboran y difunden. A su vez, las instituciones se percatan de su importancia y de la necesidad de la cooperación interinstitucional. Asimismo las empresas divulgan informaciones actualizadas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente, así como de los recursos materiales de importancia para los procesos constructivos en boletines, plegables.

Se establecen estrategias, se realizan eventos técnicos y conversatorios relacionados con la gestión ambiental. Además se estimula la vinculación de las empresas con la Universidad, el CITMA y otros actores de relevancia en el territorio para el intercambio de conocimientos y experiencias. Entre las negativas de estos para la producción de áridos están:

- Generación de impactos ambientales negativos durante la producción de áridos.
- No contar con una herramienta eficaz para el monitoreo del proceso, la toma de decisiones, así como conocer su incidencia en lo económico, ambiental y lo social.

En el caso de la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín con siglas ECMH (Médano) cuenta con una certificación del Sistema de Gestión de la Calidad desde el año 2020 para las producciones que realizan (baldosas hidráulicas de terrazo, bloques huecos de hormigón tecnología Poyatos y PONEDORA, áridos, losetas hidráulicas). Específicamente en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Gibara, que produce áridos de cantera, existe la norma empresarial NE 7411-14, que establece las características del proceso tecnológico. También, tienen elaborada una estrategia ambiental donde identifican las afectaciones al medio ambiente y se declaran los valores y las acciones prioritarias a cumplir en cada uno de los objetivos estratégicos declarados.

Pese a ello, aun se genera gran cantidad de aguas lodosas consecuencia del proceso de lavado de los áridos, que se depositan en una laguna de decantación que presenta roturas en el muro de contención, está saturada, por lo que el lodo ha invadido áreas aledañas a las instalaciones. Igualmente, como parte del propio proceso de producción se emiten a la atmósfera grandes cantidades de polvo. Se evidencia, entonces, que los indicadores considerados en los instrumentos de gestión que se implementan aún son insuficientes, por lo que no permiten tener un conocimiento más acertado de la incidencia de estas afectaciones en lo económico, ambiental y social. Teniendo en cuenta lo anterior se define como **problema de investigación** las limitaciones en el conocimiento de la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín, no permiten medir la incidencia en lo económico, ambiental y social.

Se declara como **objeto de investigación** el proceso de producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín y como **objetivo general** diseñar un sistema

de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso para la producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín, que mida la incidencia en lo económico, ambiental y social.

En correspondencia se definió como **campo de acción** sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso para la producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín.

Para dar cumplimiento al objetivo general se plantean como **objetivos específicos** los siguientes:

1. Sistematizar los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan los sistemas de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil en Holguín.
2. Diseñar un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil en la Provincia Holguín.
3. Validar la propuesta de indicadores a partir del criterio de especialistas.

Para cumplir el objetivo general y solucionar el problema de investigación se propone como **hipótesis** la siguiente: si se diseña un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín, a partir de una matriz de relación, se podrá medir la incidencia en lo económico, ambiental y social.

En este planteamiento la variable independiente se refiere al sistema de indicadores y la variable dependiente la incidencia en lo económico, ambiental y social.

Métodos y técnicas de investigación:

Métodos del nivel teórico:

- Histórico–lógico: permite revisar el marco teórico en torno al objeto y el campo de la investigación.
- Hipotético – deductivo: para la formulación de la hipótesis y deducción de resultados científicos.

- Análisis - síntesis: posibilita el análisis de la información procedente de la caracterización histórica, teórico – metodológica y empírica del objeto, campo y las conclusiones de la investigación.
- Inducción – deducción: permite poder caracterizar el objeto y al campo de acción de la investigación, así como la valoración de conceptos y teorías.
- Sistémico estructural relacional: desarrolla el análisis del objeto de estudio, tanto teórico como práctico, a través de su descomposición en los elementos que lo integran, para determinar los aspectos que más inciden y su interrelación como resultado de un proceso de síntesis.

Métodos empíricos:

- Análisis documental: para la búsqueda de información relacionada con la caracterización histórica, teórica y empírica del objeto de la investigación con énfasis en su campo.
- Consulta a especialistas: método empleado con la finalidad de valorar la pertinencia de la propuesta.

Métodos estadísticos:

- Estadístico matemático: resulta de valor para precisar la población y muestra para la validación de la propuesta de indicadores.
- Estadístico descriptivo: para explicar los resultados del procesamiento de la validación de la propuesta de indicadores.

El **aporte** de la investigación radica en un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín. Su **novedad** está relacionada con la incorporación de una matriz de relación para medir la incidencia en lo económico, ambiental y social.

La tesis presenta **actualidad** por la pertinencia del tema para las empresas productoras de áridos del territorio y del país. Responde al objetivo de desarrollo sostenible 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Además, a una de las líneas de investigación de la Universidad y asumidas por el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería Gestión

organizacional y al área de conocimiento Gestión de la producción y comercialización de los materiales de la construcción.

La tesis se estructura del modo siguiente: introducción, que caracteriza la problemática y en la que se enuncia el problema científico a resolver. Capítulo 1, contiene el marco teórico-metodológico referencial, que sirve de soporte a la investigación realizada. Capítulo II, se detalla el sistema de indicadores, así como su validación por criterios de especialistas de la cantera 200 Mil de la Provincia Holguín. Se presentan, además, las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas empleadas y consultadas; y un grupo de anexos como complemento necesario de los resultados expuestos.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO PRÁCTICO REFERENCIAL DE LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS EN LA CANTERA 200 MIL DE LA PROVINCIA HOLGUÍN

En Cuba, la producción de áridos es una actividad importante en el sector de la construcción y la industria. Los áridos son materiales granulares utilizados principalmente en la construcción de carreteras, edificios y obras civiles. La producción de áridos se lleva a cabo en canteras, que son áreas donde se extraen las rocas y se procesan para obtener los materiales adecuados. En estas se extraen rocas de diferentes tipos y tamaños, como piedra caliza, basalto, granito y mármol, se pulverizan y se clasifican en diferentes tamaños de áridos, como arena, grava y gravilla, dependiendo de su uso final. En el presente capítulo se conceptualiza el término gestión ambiental con enfoque a proceso, la producción de áridos de cantera, así como las experiencias en sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera.

I.1 La gestión ambiental con enfoque a proceso. Conceptualización

La gestión es una ciencia empírica antigua, que siempre tuvo prácticos ilustres y numerosos profetas quienes la consideraron como el conjunto de actividades que se formulan para el cumplimiento de determinados objetivos. En la Ley 81 de Medio Ambiente de Cuba (1997) la gestión ambiental es definida como “el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente, y el control de la actividad del hombre”. (p.4). Para Bártulos (2004) es “el desarrollo de políticas ambientales y las acciones basadas en ellas. Incluye: el entorno físico, biótico y abiótico de la sociedad”. (p. 2)

Por su parte para Muriel (2006), constituye “el proceso que comprende determinadas funciones y actividades organizativas que los gestores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos y metas deseadas”. (p. 2). Aunque Rebolledo (2009), plantea que es “el proceso que determina los objetivos de la organización y establece las estrategias adecuadas para el logro de dichos objetivos” (p.47).

A nivel conceptual, Huergos (s.f), manifiesta que es;

Un proceso de construcción colectiva desde las identidades, las experiencias y las habilidades de quienes allí participan. [...] Necesariamente debe articularlos, construyendo procesos, donde lo colectivo no es lo homogéneo, sino una plataforma y un horizonte común, una trama de diferencias articuladas en una concreción social. (p.3)

Para Pérez (2006) en Urbina, Zúñiga y Valdivia (2018) la gestión es;

Planear, organizar, liderar y controlar las acciones en la entidad, desarrollado por un órgano de dirección que cuenta con grupos de personas, recursos y autoridad para el establecimiento, logro y mejora de los propósitos de constitución de la organización, sobre la base del conocimiento de las leyes y principios, de la sociedad, la naturaleza humana y la técnica, así como de información en general. (p. 152)

Para Fernández (2010) es “un conjunto de procedimientos que definen la mejor forma de realizar las actividades que sean susceptibles de producir impactos ambientales”. (p.15). Por su parte para Isaac y Rodríguez (2012) es;

El campo que busca equilibrar la demanda de recursos naturales de la Tierra con la capacidad del ambiente natural. Surge como el elemento fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad ambiental y su principal objetivo es conciliar las actividades humanas y el medio ambiente, a través de instrumentos que estimulen y viabilicen esa tarea. (p. 20)

Para estos autores, el término corresponde a un concepto integrador superior al del manejo ambiental: directrices, lineamientos y políticas formuladas desde los entes rectores, que terminan mediando la implementación. De igual manera, de acuerdo al

Diccionario de términos ambientales (2013) son “las medidas adoptadas por una empresa o cualquier entidad, encaminadas a disminuir la influencia negativa sobre el medioambiente de sus actividades”. (p.40)

En el caso de la NC ISO 14001 (2015) Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso, establece que “se emplea para gestionar aspectos ambientales, cumplir los requisitos legales, otros requisitos y abordar los riesgos y oportunidades”. (p. 2). Todas estas definiciones tienen en común su enfoque de preservación hacia el medioambiente, utilizando como medio, variadas herramientas. Para el desarrollo de la investigación, el autor asume el concepto brindado por Acosta (2019) en el que define la gestión ambiental como;

La estrategia o plan de actuación con el que se intenta organizar toda la serie de actividades humanas de forma que impacten lo menos posible en el medioambiente, buscando así un desarrollo sostenible y un equilibrio entre los intereses económicos y materiales del ser humano, y la conservación del medio ambiente. (p. 2)

En este sentido, coincidiendo con Urbina, Zúñiga y Valdivia (2021) no es hasta los años 70 del siglo XX que la gestión forma parte del progreso del pensamiento ambiental y como herramienta de diagnóstico y planificación a los problemas ambientales, cada vez más agudos en los países industrializados (Ochoa, 2014). Se comienza a entender que los problemas ambientales tienen su origen en los procesos productivos mal planificados, ejecutados y controlados, así como en el mal proceder de la sociedad en su conjunto. Inicia entonces el camino hacia la transformación de esos problemas y aparece el término gestión ambiental para acceder a una mejora integral del medio ambiente.

Por tanto, constituye la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales. Responde al cómo hay que hacer a fin de conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del ambiente.

La gestión ambiental con enfoque a proceso es un enfoque de gestión que se centra en el análisis y mejora de los procesos que tienen un impacto ambiental, con el objetivo de reducir ese impacto y mejorar la sostenibilidad ambiental de una organización. En este enfoque, se considera que los procesos son el corazón de una organización y que son ahí donde se generan los impactos ambientales. Por lo tanto, es necesario analizar cada uno de estos procesos, identificar los impactos ambientales asociados y buscar formas de minimizarlos o eliminarlos.

Es hoy una herramienta poderosa por su capacidad de contribuir de forma sostenida a los resultados (Cordoví, 2013). Por consiguiente gestionar toda la organización basándose en los procesos es entender estos como una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una entrada para conseguir un resultado, y una salida que a su vez satisfaga los requerimientos del cliente. Criterio más completo, sin perder de vista el sentido estratégico que le aporta la nueva versión de la ISO 9000: Calidad para la Gestión de Riesgos (2015) sobre la gestión de riesgo.

Para ello Bravo (2010), en Abreu (2018), establece nueve fases para la gestión de procesos:

- Incorporar la gestión por procesos: debe estar formulada en el plan estratégico. Establece un área de procesos conformando el equipo de trabajo. Incorpora la tecnología necesaria capacitando adecuadamente a todo el personal de acuerdo al área de desempeño dentro de la organización.
- Diseñar mapa de proceso: es un mapa que sirve de base para la elaboración de un plan estratégico que permite visualizar en forma global los procesos de la empresa.
- Representar procesos: son básicamente los flujogramas de información y lista de tareas que son modelos visuales.

- Gestión estratégica de procesos: parte del modelamiento visual, señala objetivos para optimizar los procesos, realizando mejora y rediseño de los mismos.
- Mejorar procesos: es definir los procesos y aplicar las mejoras para cumplir los objetivos establecidos en la gestión estratégica.
- Rediseñar procesos: establece los cambios que se requieren para dar una solución a los procesos señalados.
- Formalizar procesos: constituye elaborar los procedimientos como detalle completo de un proceso optimizado, asegurándose de que dichos procedimientos se incorporen y mantenga en la empresa.
- Controlar procesos: es dar seguimiento a los procedimientos estandarizados.

Por su parte en la norma ISO 9000:2015, una organización, debe realizar los siguientes pasos, para dotar de un enfoque basado en procesos a sus sistemas de gestión:

- identificación y secuencia de los procesos;
- descripción de cada uno de los procesos;
- seguimiento y medición para conocer los resultados que obtiene;
- mejora de los procesos con base en el seguimiento y medición realizada.

Para llevar a cabo la gestión ambiental con enfoque a proceso, se deben seguir los siguientes pasos: (NC ISO 14001:2015 Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso)

1. Identificación de los procesos: se deben identificar todos los procesos de la organización que tienen un impacto ambiental, ya sea directo o indirecto.

2. Evaluación de los impactos ambientales: implica analizar tanto el impacto en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, consumo de recursos naturales, generación de residuos, entre otros.
3. Establecimiento de objetivos de mejora: una vez que se han identificado los impactos ambientales, se deben establecer objetivos claros y medibles para reducirlos o eliminarlos.
4. Implementación de medidas de mejora: pueden incluir cambios en los procesos, el uso de tecnologías más limpias o la implementación de prácticas de trabajo más sostenibles.
5. Seguimiento y control: una vez implementadas las medidas de mejora, se debe realizar un seguimiento y control para asegurarse de que se están alcanzando los objetivos establecidos. Esto implica medir y evaluar regularmente los resultados obtenidos y realizar ajustes si es necesario.

En resumen, la gestión ambiental con enfoque a proceso busca identificar y mejorar los procesos que generan impactos ambientales, con el objetivo de reducirlos y mejorar la sostenibilidad ambiental de una organización. Este enfoque se basa en la idea de que los procesos son la clave para una gestión ambiental eficaz y sostenible.

I.2 La producción de áridos de cantera. Caracterización general

La producción de áridos de cantera es un proceso industrial que implica la extracción, trituración y clasificación de rocas y minerales para su uso en la construcción. Los áridos son materiales granulares que se utilizan como componentes principales en la fabricación de hormigón, asfalto, morteros y otros productos de construcción.

En la siguiente figura se detallan datos generales de extracción de áridos en algunos países. En este caso no se diferencian las cantidades destinadas a usos ornamentales, industriales y áridos de construcción.

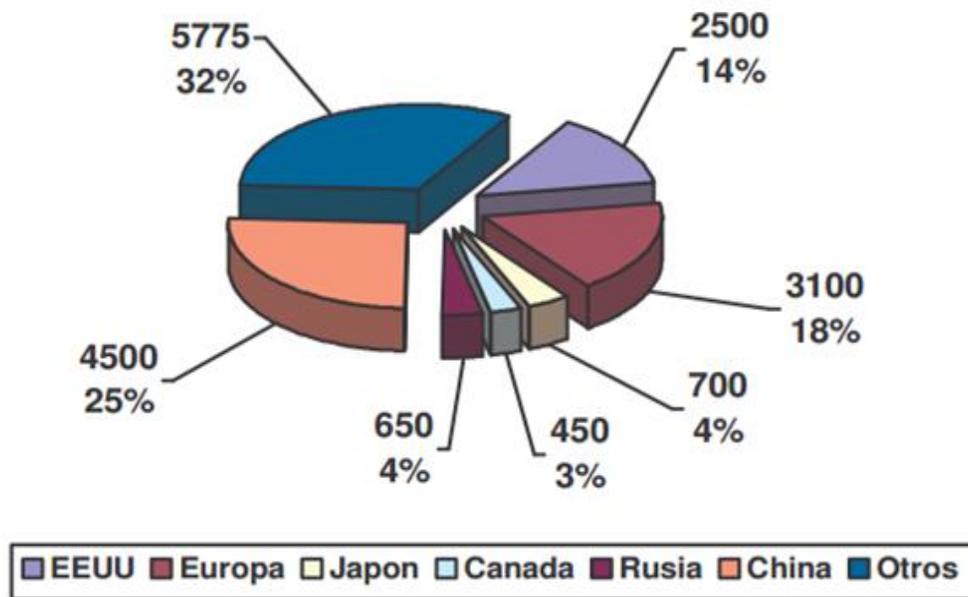


Figura 1.1. Producción mundial de áridos.

Fuente: González y Regueiro (2022)

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2023), una cantera es simplemente un “sitio de donde se saca piedra, greda u otro material análogo para la construcción”. El término englobaba antiguamente a aquellas explotaciones superficiales que:

- Tenían un tamaño pequeño, una escasa tecnificación y bajas producciones.
- Tradicionalmente contaban con uno o dos bancos o de banco único de gran altura.
- Eran anárquicas en sus formas y planteamientos.
- Estaban destinadas a suministrar materiales abundantes de origen mineral y de escaso valor económico.
- Explotaban un yacimiento en el que existían pocos problemas de reservas, agotamiento o de selección del material por haber suficientes recursos a escala global o local.

- El yacimiento tenía una calidad natural adecuada para las exigencias del mercado.

Con respecto a su diseño, este limitó tradicionalmente el número de bancos a uno solo, llegando a verdaderos extremos en este concepto por superar las alturas del mismo los límites razonables de seguridad y eficiencia. Por ello no es anormal encontrar cada vez más un mayor número de canteras con unos bancos de menor altura, pero todavía próximos a los 20 m, para compensar con los menores costes de operación, el lógico encarecimiento que en capital supone la apertura de un nuevo banco. También se tiende a buscar en profundidad las reservas explotables para no ocupar mayor superficie de terreno que es más caro y difícil de restaurar. (Herrera, 2018)

Actualmente, este concepto de cantera está desapareciendo rápidamente motivado, por un lado, por las presiones sociales y ambientales y, por otro, por las crecientes especificaciones técnicas que debe cumplir el material. Hoy día, en el sector de los áridos se está asistiendo a un cambio muy notable, en el que se ha pasado sin solución de continuidad de las mencionadas explotaciones, casi totalmente anárquicas en sus formas y planteamientos y en las que bastaba con unas simples autorizaciones para iniciar los trabajos, a un cúmulo de exigencias técnicas, de calidad, medioambientales, sociales, etc., que obligan al cumplimiento simultáneo de múltiples requisitos en el planteamiento y el desarrollo de un proyecto por pequeño que sea. (Herrera, 2018)

La demanda de productos de cantera tiene, en general, una clara trayectoria ascendente en función del crecimiento de la población y de la riqueza per cápita. Ya no es solo que las exigencias técnicas de la explotación se vean fuertemente incrementadas por las obligaciones ecológicas. Ahora, además, las diferentes administraciones sienten la necesidad de contar con los informes favorables de un amplio número de asociaciones, cuya oposición, muchas veces, no tiene gran justificación o solidez técnica, además de imponer el requisito de integrar las labores

extractivas dentro de la política de ordenación del territorio para un teórico uso más racional de este. (Herrera, 2018)

La extracción de áridos en cantera puede ser a cielo abierto, o subterráneas, dependiendo de las características del yacimiento. Según Moreno (2015), este proceso cuenta de cinco etapas (figura 1.2)

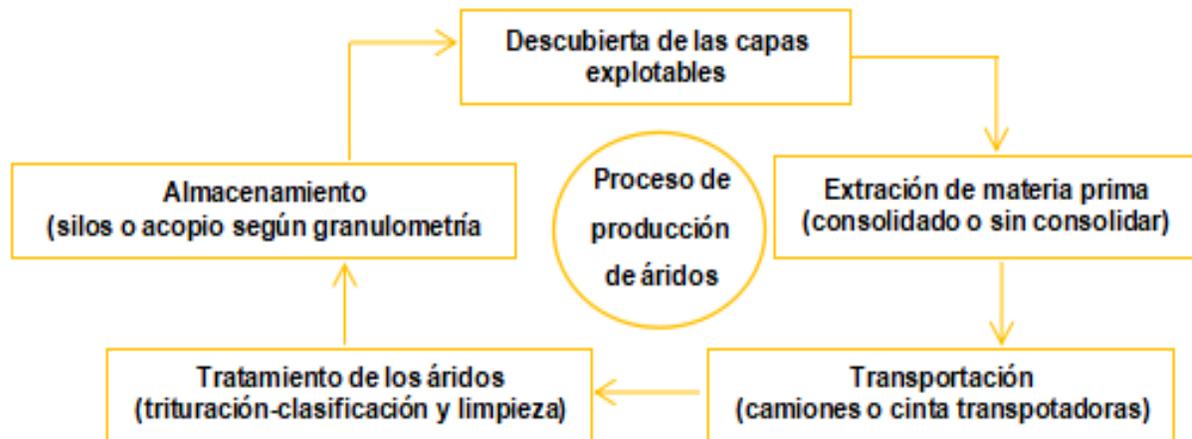


Figura 1.2. Etapas del proceso de producción de áridos.

Fuente: adaptado de Moreno (2015)

La etapa de extracción se desarrolla en dos fases principales (Herrera, 2018) que se realizan de forma consecutiva: la descubierta de las capas explotables y la extracción de la materia prima.

- Descubierta de las capas explotables. Antes de comenzar la extracción propiamente dicha, es necesario poner al descubierto el yacimiento explotable, retirando selectivamente la cubierta vegetal, los estériles y las rocas alteradas. Estos materiales no aptos como áridos son, sin embargo, de un gran valor para la restauración de las áreas ya explotadas.
- Extracción de los materiales. Para la extracción de áridos se emplean distintos métodos de arranque de la roca, adaptados a los diferentes tipos de yacimientos denominados graveras o canteras. La zona donde se obtiene la roca se denomina frente de extracción. Cuando la potencia del yacimiento, es

decir, el espesor del material, es grande, se forman bancos o escalones de altura limitada, diseñados de tal manera que permitan un acceso fácil a los equipos de carga y de transporte.

La producción de áridos de cantera es un proceso industrial que implica la extracción, trituración y clasificación de rocas y minerales para su uso en la construcción. Los áridos son materiales granulares que se utilizan como componentes principales en la fabricación de hormigón, asfalto, morteros y otros productos de construcción. Su obtención implica la perforación, voladura y extracción de rocas y minerales de una cantera. (Herrera, 2018)

Una vez que se extraen las rocas, se realiza la trituración para reducir su tamaño y obtener el tamaño de partícula deseado para los áridos con la utilización de tecnología requerida (ver los anexos 1, 2, 3, 5, 6 y 7). Este proceso se lleva a cabo a través de trituradoras y molinos, que pueden ser de mandíbula, cono o impactadores. Después de la trituración, los áridos se clasifican en diferentes tamaños mediante cribas y clasificadores. Es importante para obtener áridos con tamaños adecuados para su uso en diferentes aplicaciones de construcción, los cuales se clasifican en diferentes fracciones, como arena, grava y piedra triturada.

Una vez clasificados, se pueden lavar para eliminar impurezas y mejorar su calidad. El lavado se realiza mediante equipos de lavado y clasificación, como tornillos lavadores y clasificadores de espiral. La producción de áridos de cantera también puede incluir procesos de beneficio, como la separación magnética o la flotación, para eliminar impurezas indeseables y mejorar aún más la calidad de los áridos.

Es importante destacar que la producción de áridos de cantera debe cumplir con estándares de calidad y normativas ambientales, así como con requisitos específicos en términos de tamaño, forma, resistencia, contenido de material fino y otros parámetros establecidos por las normas técnicas de construcción NC 178: 2002 (ver el anexo 4). Estos se clasifican a consideración de Herrera (2017) según el tipo de roca en:

- Áridos naturales: procedentes de la corteza terrestre. Suponen el 99 % del consumo.
- Áridos reciclados: procedentes del tratamiento de residuos de construcción y demolición. Actualmente representan menos del 1 %.
- Áridos secundarios (artificiales): procedentes de escorias de otras industrias generadas en procesos térmicos. Actualmente su uso es escaso.

Según su aplicación:

- Construcción:
 - a) Áridos para hormigón
 - b) Áridos para morteros
 - c) Áridos para capas de rodadura (carreteras)
 - d) Áridos para bases y sub-bases (carreteras)
 - e) Áridos para balasto de ferrocarril
 - f) Áridos para escolleras (puertos, diques, presas)
 - g) Áridos ligeros
- Industria:
 - a) Áridos industriales

La forma de transporte es a través de los denominados camiones dumpers que pueden cargar y transportar a lo largo del tiempo miles de toneladas de áridos desde el lugar de extracción hasta la planta de tratamiento o el lugar de destino. Otra forma de transporte en las canteras o graveras son las cintas transportadoras, capaces de mover grandes tonelajes de áridos. El almacenamiento, gracias al control del proceso de fabricación, ya se dispone de productos de calidad clasificados según su granulometría, que se almacenan en silos o en apilamientos a la intemperie o cubiertos, llamados acopios.

Por consiguiente, la seguridad en las explotaciones de áridos, considerada desde la fase inicial del proyecto, es una exigencia social y debe ser una muestra del compromiso de las empresas con sus trabajadores. Por esta razón, cada vez son más numerosos los casos de aplicación de buenas prácticas en la prevención de riesgos laborales. La seguridad, que se basa en la integración de la prevención de riesgos laborales en el seno de la actividad de la empresa, es una de las prioridades del sector de los áridos, cuyo objetivo es "cero accidentes"

I.3 Sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera. Concepciones y evolución

El sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera se refiere a la implementación de métricas y medidas para evaluar y controlar el impacto ambiental de las actividades relacionadas con la extracción y procesamiento de áridos en canteras. Estos son materiales necesarios en la construcción y pueden incluir arena, grava, piedra triturada, entre otros. Sin embargo, la extracción y procesamiento de estos materiales puede tener efectos negativos en el medio ambiente, como la degradación del suelo, la alteración de los ecosistemas y la contaminación del agua y del aire.

Los indicadores ambientales deben tener ciertas características y cumplirlas, ya que son un instrumento que influye en la evaluación para tomar desde decisiones políticas sobre el medio ambiente, hasta en el manejo de una empresa para llegar a ser lo más sostenible posible. Entre las características de los indicadores ambientales están:

- Deben evaluar datos de calidad y fiables.
- Ser fáciles de manejar y comprender.
- Que puedan predecir si habrá alguna evolución negativa.
- Su coste debe estar equilibrado con su efectividad.
- Ser sensibles a los cambios.

- Ser específicos con el objetivo de que no se den diferentes interpretaciones.

Los indicadores ambientales, en función de los datos que están disponibles, se pueden clasificar en distintos tipos. (Reyes, 2009)

- Tipo I: para este tipo de indicadores los datos están siempre disponibles ya que son obtenidos gracias a un monitoreo permanente.
- Tipo II: se basan en cálculos de datos que provienen del monitoreo permanente, pero necesitan otros adicionales que pueden estar total o parcialmente disponibles.
- Tipo III: no tienen ninguna base matemática ni están basados en datos que estén disponibles. Son indicadores conceptuales.

Algunos ejemplos de indicadores ambientales a decir de forma general, son:

- Índice de bienestar económico sostenible (IBES).
- Índice de desarrollo humano (IDH).
- Índice de sostenibilidad ambiental (ISA)
- Índice de desempeño ambiental (EPI).
- Índice global de economía verde (GGEI).
- Huella ecológica (HE).
- Índice de planeta vivo (LPI).
- Huella de carbono.
- Huella hídrica.

Por su parte los indicadores de gestión: son medidas cuantitativas o cualitativas que permiten evaluar el desempeño de los procesos de producción de árido de cantera desde el punto de vista ambiental. Pueden estar relacionados con diferentes aspectos, como consumo de recursos naturales, generación de residuos, emisiones

atmosféricas, consumo de energía, entre otros. En el caso de indicadores de recursos a decir de (Reyes, 2009);

Aportan información relacionada con el comportamiento de las variables que intervienen en dicha ejecución. Estos pueden ser útiles para asegurar la conducción de la ejecución, pero también sirven como insumo para preparar y ejecutar nuevas actividades y proyectos. Informan sobre áreas críticas que pueden llegar a presentarse durante la ejecución de las mismas y sobre las cuales es posible tomar medidas de prevención. (p.42)

Por su parte “los indicadores de proceso, están referidos al desempeño de los diferentes elementos que en él intervienen a fin de producir los resultados deseados.” (Reyes, 2009, p.42) De esa manera, los indicadores de resultado;

Permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de las actividades de generalización de resultados y su contribución al cumplimiento de los objetivos propuestos. Para su definición, se deberá tener en cuenta las principales variables que determinan la operación, la producción y el efecto. Expresan el grado de obtención de los beneficios previstos con la actividad, además, suministra información para la obtención de parámetros de operación necesarios para la preparación de nuevas actividades. (Reyes, 2009, p.42)

Igualmente los indicadores de impacto, “miden los efectos buscados que han sido alcanzados por el proceso. Es decir, en qué grado la actividad desarrollada en el proceso mejora las condiciones iniciales en que le toca intervenir.” (Reyes, 2009, p.42)

De esta manera, los indicadores de gestión ambiental son una herramienta fundamental para evaluar y mejorar el desempeño ambiental de una organización, garantizando el cumplimiento de requisitos legales, la minimización de impactos ambientales, la transparencia y la mejora continua en la gestión ambiental. Permiten medir el grado de cumplimiento de los objetivos y metas ambientales establecidas por la organización. Ello facilita la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones para la implementación de acciones correctivas o preventivas; monitorear

y evaluar el impacto de las actividades de la organización en el medio ambiente, para identificar aspectos críticos y establecer medidas de control. También;

Posibilitan verificar si la organización cumple con los requisitos legales y normativos en materia ambiental, lo que contribuye a evitar sanciones y multas, así como a mejorar la reputación y confianza de los stakeholders; proporcionan información objetiva y cuantitativa sobre el desempeño ambiental de la organización, lo que facilita la comunicación con los stakeholders, creando transparencia y confianza en la gestión ambiental. Finalmente, establecen una base de referencia para la mejora continua en la gestión ambiental, estableciendo metas y objetivos que pueden ser analizados y revisados periódicamente. (Reyes, 2009, p.42)

Para poder establecer indicadores se debe contar con objetivos claros, cuantificables, precisos y específicos y las estrategias para lograrlos. Por lo que se hace necesario el establecimiento de patrones que permitan realizar la verificación de dichos objetivos o estrategias. Entendiendo que la “META” es como un objetivo o estrategia cuantificada el cual se quiere alcanzar.

Además, debe tener claro cuáles son los signos vitales o llamados también factores críticos que requieren ser monitoreados a fin de contar con un control íntegro y equilibrado de sus funciones y operaciones. Jaramillo (1998), presenta una definición de los diferentes factores críticos que deben ser considerados para la definición de indicadores de gestión. Es fundamental tener establecida la capacidad de gestión y los recursos disponibles para el desarrollo de las actividades.

De esta manera, el establecimiento de los indicadores que permitan el monitoreo de un proyecto, durante y después de la ejecución del proceso respectivo, deberá establecer un estado, un umbral y un rango de gestión. El estado es un valor actual o inicial para el indicador, basado en datos actuales o históricos. Por su parte el umbral es el valor del indicador que se quiere mantener o llegar y el rango de gestión son valores mínimo y máximo que el indicador pueda tomar.

De esta manera, se diseña la medición la cual consiste en establecer: las fuentes de información, frecuencia, presentación, asignación de los responsables de la recolección, tabulación, análisis y presentación. Se debe realizar la documentación, divulgación e integración del sistema de medición de indicadores de gestión en las operaciones. Es necesario mantener una mejora constante de los sistemas de indicadores de gestión a fin de que sean congruentes con el entorno cambiante de la empresa. Partiendo de que se requiere de una revisión constante de los objetivos, estrategias y procesos adecuados a la dinámica de los sectores en los que se encuentra inmersa la empresa, el sistema de indicadores de gestión debe de responder en forma precisa, ágil, confiable y sencilla a las necesidades de información para la adecuada toma de decisiones.

Algunas ventajas clave de implementar un Sistema de Indicadores de Gestión Ambiental (SGA), según Reyes (2009), son:

- Reducción de costos operativos

Uno de los beneficios más evidentes de adoptar un SGA es la reducción de costos operativos. Al optimizar el uso de recursos como el agua, la energía y los materiales, las empresas pueden disminuir sus gastos. Además, la gestión adecuada de residuos puede resultar en ahorros significativos. La reducción, reutilización y reciclaje de materiales no solo reduce los costos de eliminación de residuos, sino que también puede generar ingresos adicionales a través de la venta de materiales reciclados.

- Cumplimiento de regulaciones

El cumplimiento de las regulaciones ambientales es esencial para evitar multas y sanciones. Un SGA ayuda a las empresas a identificar y cumplir con las leyes y regulaciones ambientales aplicables. Esto no solo protege a la empresa de posibles repercusiones legales, sino que también mejora su reputación y la relación con los *stakeholders*.

- Eficiencia operativa mejorada

La implementación de un SGA impulsa la eficiencia operativa al optimizar los procesos internos. Al reducir el desperdicio, mejorar la gestión de recursos y minimizar los riesgos ambientales, las empresas pueden operar de manera más efectiva y rentable.

- Ventajas competitivas

En un mercado cada vez más consciente del medio ambiente, las empresas que adoptan prácticas sostenibles a menudo disfrutan de ventajas competitivas. Los consumidores y las partes interesadas valoran cada vez más las empresas comprometidas con la responsabilidad ambiental, lo que puede traducirse en un aumento de la lealtad del cliente y mayores oportunidades de negocio.

I.3.1 Experiencias de indicadores para la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera

La gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera implica el seguimiento y control de una serie de indicadores para garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales y minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente. Algunas experiencias de indicadores utilizados en este tipo de gestión son los expuestos por Vicente (2017):

- Consumo de agua: se mide la cantidad de agua utilizada en el proceso de producción de áridos, con el objetivo de identificar posibles fugas o desperdicios y tomar medidas para su reducción.
- Porcentaje de materiales utilizados que son materiales reciclados: se refiere a la proporción de materiales reciclados que se utilizan en la fabricación de un producto o en la construcción de una estructura. Esto implica que parte de los materiales necesarios provienen de la reutilización de materiales previamente utilizados en lugar de utilizar recursos naturales nuevos.

- Altura de los bancos: como indicador medioambiental puede ofrecer una idea general de la presencia y calidad del entorno natural en un área determinada.
- Sistema de explotación: se utiliza para medir y evaluar el impacto ambiental de una actividad o proceso de explotación en particular. Permite determinar si una actividad es sostenible desde el punto de vista medioambiental y para tomar medidas correctivas si es necesario.
- Nivel de rehabilitación: se refiere al grado de recuperación de un ecosistema o hábitat dañado. Este indicador se utiliza para evaluar el éxito de los esfuerzos de restauración y rehabilitación de áreas degradadas.
- Consumo de energía: se registra la cantidad de energía eléctrica o combustible utilizada en la extracción, trituración y transporte de los áridos, buscando oportunidades de eficiencia energética y el uso de fuentes renovables.
- Impacto visual: evalúa el impacto de una determinada actividad o proyecto en el paisaje y en el entorno natural. Se centra en la valoración de los cambios visuales que pueden producirse como consecuencia de una intervención humana en el medio ambiente.
- Equipos cumplen normativa vigente del medio ambiente: es un indicador importante para evaluar la sostenibilidad y el compromiso de los equipos con el medio ambiente.
- Sistema de eliminación de polvo: sirve para evaluar la calidad del aire y la efectividad de las medidas de control y prevención de la contaminación del polvo.
- Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): se cuantifica la cantidad de gases de efecto invernadero liberados durante las operaciones de producción, como el dióxido de carbono (CO₂) proveniente de la combustión de

combustibles fósiles. Estos datos permiten establecer estrategias de reducción y mitigación de emisiones.

- Sistema de eliminación de ruido: para evaluar la calidad ambiental de un lugar determinado. El ruido excesivo puede ser perjudicial para la salud humana y el medio ambiente en general, por lo que su control y reducción son aspectos importantes en la gestión ambiental.
- Estudio de niveles de ruido: se realiza para evaluar el impacto del ruido en el entorno natural y urbano. El ruido es considerado una forma de contaminación ambiental y puede tener efectos negativos en la salud humana, la fauna y el equilibrio ecológico.
- Generación de polvo: indicador medioambiental utilizado para evaluar la calidad del aire y la salud de los ecosistemas. El polvo puede provenir de diversas fuentes, como la actividad humana (industria, transporte, agricultura, construcción) o de procesos naturales (erosión del suelo, actividad volcánica).
- Generación de residuos sólidos: se registra la cantidad y tipo de residuos generados en el proceso de producción de áridos, como material de desecho de la trituración. Se busca optimizar el manejo de estos, promoviendo su reutilización, reciclaje o disposición adecuada.
- Desglose de los gastos e inversiones para la protección del medio ambiente: puede variar según las necesidades y objetivos específicos de cada país o entidad, algunos ejemplos son: gestión de residuos; conservación y restauración de ecosistemas; energías renovables y eficiencia energética.
- Horas de especialización: se utiliza para evaluar el grado de conocimiento y formación de una persona o grupo en temas relacionados con el medio ambiente.
- Consumo de recursos naturales: se evalúa el consumo de recursos naturales utilizados en la extracción de la cantera, como el agua, la energía, el suelo,

entre otros. Estos indicadores permiten identificar oportunidades de ahorro y uso eficiente de los recursos, así como la implementación de medidas de rehabilitación y restauración ambiental.

- Número de incidentes medio ambientales: refleja la cantidad de eventos adversos que ocurren en relación con el medio ambiente. Estos pueden incluir derrames de petróleo, contaminación del agua, incendios forestales, emisiones de gases contaminantes, entre otros.
- Existencia de un técnico de minas técnico en cantera: puede considerarse como un indicador medioambiental, ya que su presencia y funciones contribuyen a minimizar los impactos negativos en el entorno natural y garantizar una gestión responsable de los recursos naturales.
- Cumplimiento de normativas: se verifica el cumplimiento de las regulaciones ambientales establecidas por las autoridades competentes para la producción de áridos. Estos indicadores evalúan aspectos como calidad del agua, emisiones atmosféricas, gestión de residuos y protección de la biodiversidad.

Estas experiencias de indicadores para la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de cantera buscan promover una producción más sostenible y responsable, minimizando los impactos ambientales y garantizando el uso eficiente de los recursos naturales. El resumen de los indicadores analizados se muestra en la figura 1.3.

I.3.2 Diagnóstico de la gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la Cantera 200 Mil de la Provincia Holguín La cantera 200 Mil, perteneciente a la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín con siglas ECMH (Médano), se encuentra situada a unos 10 km al suroeste de la ciudad de Gibara y a unos 3,5 km. de la carretera Holguín – Gibara, en la provincia Holguín.



Figura 1.3. Resumen de los indicadores.

Fuente: elaboración propia.

Su misión es producir áridos con alto nivel competitivo, para satisfacer las necesidades del cliente en calidad, precios y plazos de entrega que permita expandirse en el mercado, logrando motivación de los recursos humanos, elevados valores políticos – ideológicos y protección del medio ambiente, a partir del proceso tecnológico que se muestra en la figura 1.4 - 1.10.

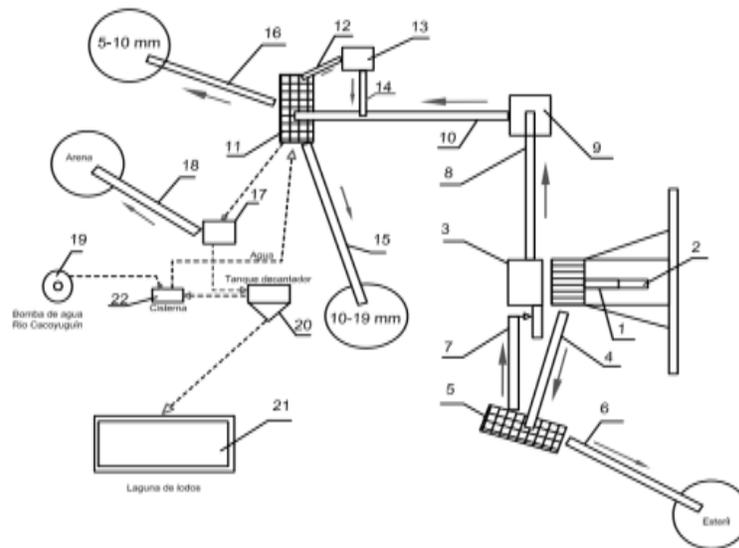


Figura 1.4. Esquema tecnológico 1.

Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

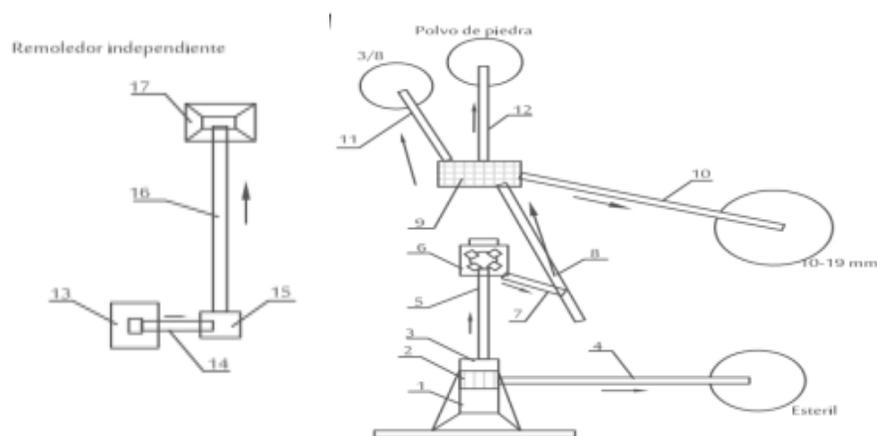


Figura 1.5. Esquema tecnológico 2

Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

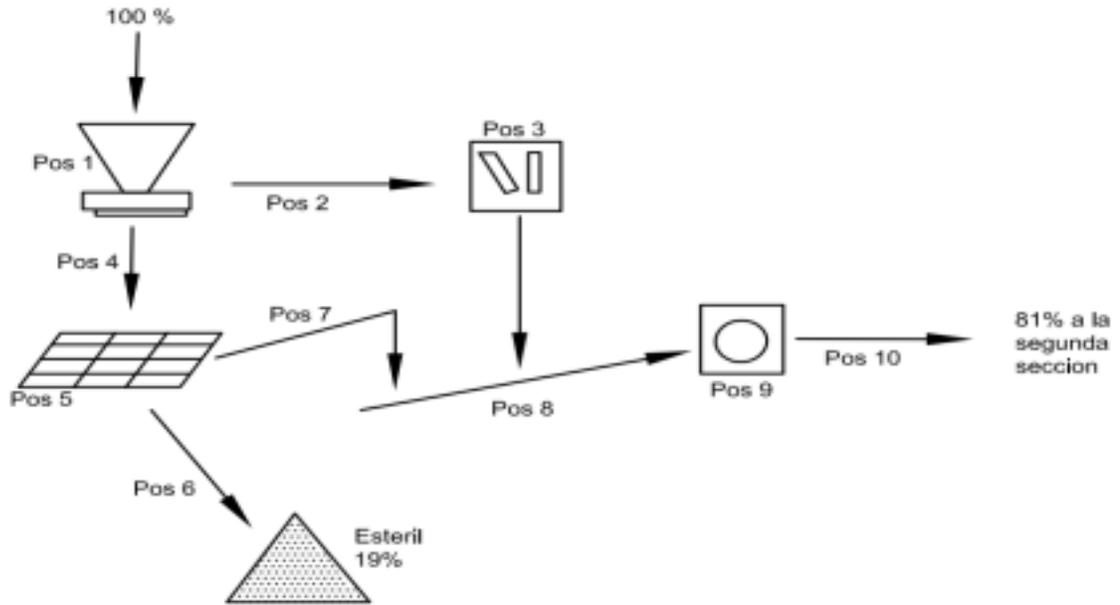


Figura 1.6. Molino sección 1
Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

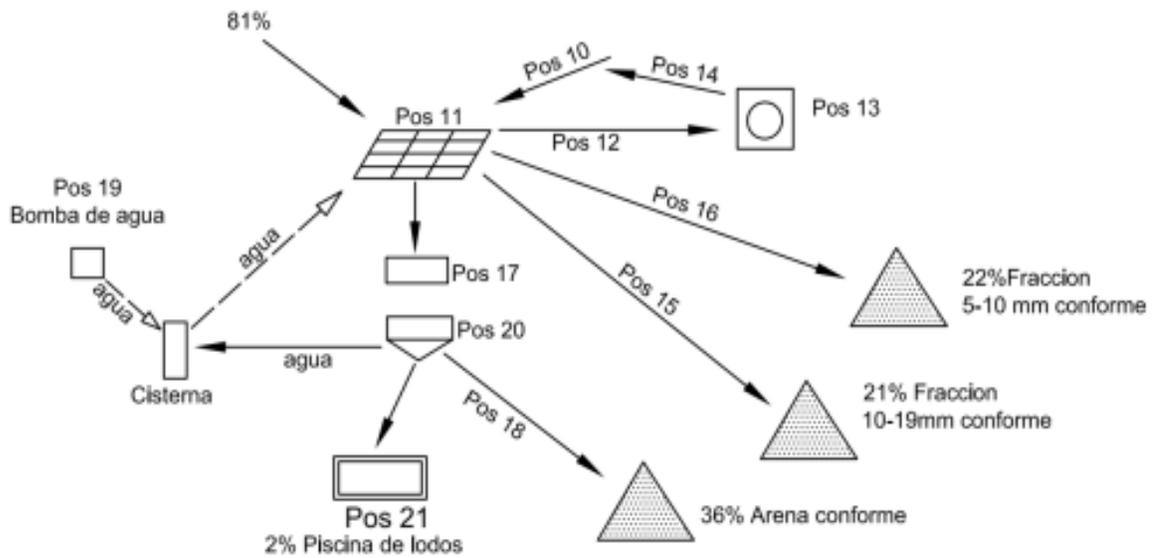


Figura 1.7. Molino sección 2
Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

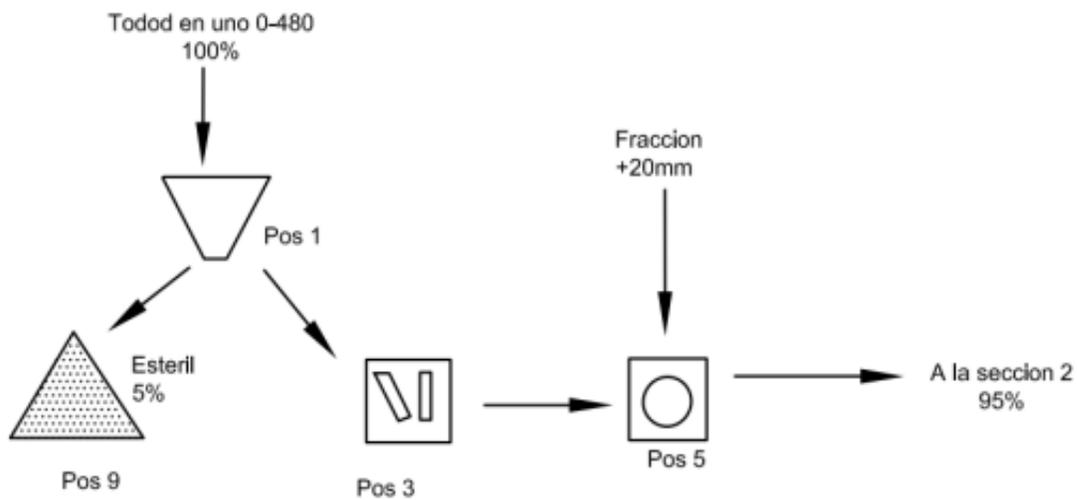


Figura 1.8. Molino sección 3
Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

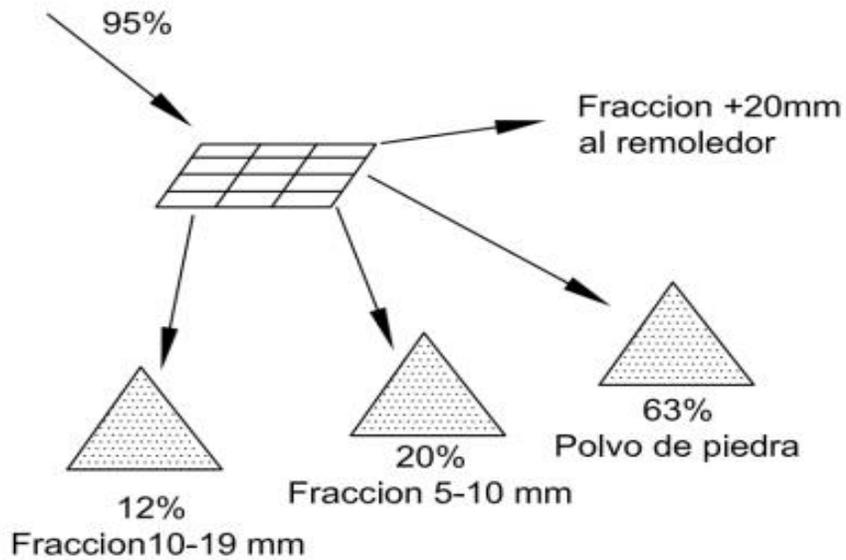


Figura 1.9. Molino. Clasificación
Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

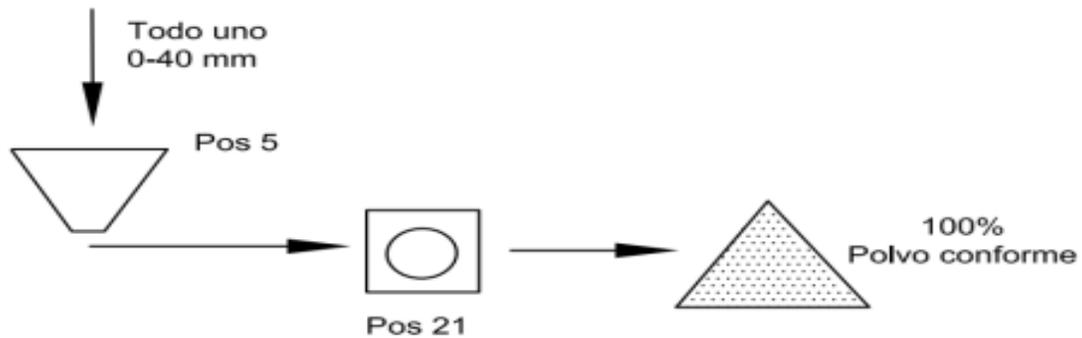


Figura 1.10. Remolador
Fuente: EMCH, MEDANO (2012)

Dentro de la proyección estratégica hasta el 2025, la entidad plantea:

1. Garantizar el crecimiento económico considerando el uso racional de los recursos naturales, la disminución de los impactos ambientales y la degradación del medio ambiente.
2. Reducir los impactos negativos al medio ambiente y a la salud de las personas mediante el desarrollo y reconversión de la infraestructura, logrando la gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales.

Sin embargo, se genera gran cantidad de aguas lodosas que por diseño de la instalación, se depositan en una laguna de decantación de la cual regularmente se deberían extraer los lodos. Después de varios años de explotación, esta presenta roturas en el muro de contención, también está saturada y el lodo ha invadido áreas aledañas a las instalaciones, lo que ha provocado extender canalizaciones, creándose grandes vertederos, además de modificar el paisaje local y generar cambios en la flora y fauna de la zona (figuras 1.11 y 1.12).



Figura 1.11. Laguna de decantación.
Fuente: EMCH, MEDANO (2021)



Figura 1.12. Capas de lodos en la Laguna
Fuente: EMCH, MEDANO (2021)

También se producen afectaciones paisajísticas y a la flora, fauna y suelo local por el desbroce y destape para la explotación de yacimientos a cielo abierto en el momento de explotación del frente de canteras el cual se recupera una vez concluido o agotado el mismo, reforestando el lugar. Se emite, igualmente, a la atmósfera polvo generado en los procesos de obtención de áridos y desechos en el procesamiento de material (estéril) (figura 1.13).



Figura 1.13. Emisión de polvo en el proceso de extracción de áridos.

Fuente: EMCH, MEDANO (2021)

Conclusiones parciales del capítulo

A partir de los fundamentos teórico-metodológicos se pudieron conocer las características de los áridos, así como su proceso de producción y etapas de obtención. A su vez, se identifican los tipos de indicadores y se sistematizan los criterios fundamentales de un sistema de gestión ambiental.

El diagnóstico realizado al proceso de producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín, evidenció limitaciones en la formulación de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso, que posibiliten minimizar las afectaciones ambientales.

CAPÍTULO II: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INDICADORES DE GESTIÓN AMBIENTAL CON ENFOQUE A PROCESO EN LA PRODUCCIÓN DE ÁRIDOS DE LA CANTERA 200 MIL DE HOLGUÍN

Para dar solución al problema científico definido y al tomar como base el marco teórico práctico referencial expuesto anteriormente, se propone un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos, que busca establecer herramientas para evaluar y mejorar el desempeño ambiental en la industria de esta producción. Finalmente se exponen los resultados de la validación de los mismos por especialista.

II.1 Conceptos básicos para la propuesta de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de árido de cantera

La propuesta de un sistema de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos es una iniciativa que busca establecer métricas y herramientas para evaluar y mejorar el desempeño ambiental en la industria de la producción de áridos. Se centrará en evaluar y monitorear el consumo de recursos naturales, los niveles de emisiones contaminantes, la gestión de residuos, la calidad del agua y la biodiversidad en las áreas de extracción. Además, se establecerán metas y objetivos específicos para reducir el impacto ambiental a lo largo del tiempo, para dar seguimiento a los problemas ambientales durante el proceso de producción de áridos, en consecuencia contribuyen a la disminución de los impactos ambientales negativos que se generan, lo que eleva la eficiencia y el desempeño ambiental de la empresa.

Tienen un enfoque a proceso por considerar que su análisis y seguimiento integran un ciclo continuo de retroalimentación en la producción de áridos que permite la toma de acciones de mejoras en el momento oportuno y de forma proactiva. Los indicadores propuestos persiguen como objetivos específicos:

- Facilitar a los directivos de la empresa los procedimientos y la herramienta que permita medir el cumplimiento de las normativas y regulaciones ambientales aplicables.
- Contribuir a elevar la gestión del conocimiento a través de una mayor preparación y participación de los recursos humanos en función de lograr la mejora del desempeño ambiental.
- Mejorar los resultados del desempeño ambiental en la empresa a partir del incremento de la efectividad en el cumplimiento de indicadores de gestión ambiental con enfoque a procesos.

Las condiciones de partida para la aplicación de los indicadores propuestos:

- Compromiso de la alta dirección con la implementación de los resultados que se deriven para el análisis y la toma de decisiones al respecto.
- Vigilancia del marco legal y establecimiento del proceso de mejora continua a partir de la retroalimentación.

Características fundamentales que presentan los indicadores de gestión ambiental propuestos

- Pertinencia: por la posibilidad que tienen de ser aplicados íntegramente para obtener mejoras.
- Generalidad: dada la posibilidad de su generalización como herramienta para identificar y controlar problemas ambientales en empresas similares.
- Flexibilidad: flexibles a cambios para su adaptación según la aparición de algún nuevo aspecto ambiental.
- Mejora continua: dado por el enfoque a proceso que permite la retroalimentación que incide en las tomas de decisiones para la mejora de la gestión ambiental.

- Utilidad práctica: proporciona una herramienta básica de información para elaborar informes que permiten la evaluación del desempeño ambiental de la empresa.

Entre sus atributos se encuentran la eficiencia la cual mostrará si utiliza y aprovecha de manera óptima los recursos durante el proceso de producción de árido, la calidad los cuales exponen la garantía de que el árido cumple con los estándares requeridos y las especificaciones técnicas establecidas y los que tengan que ver con la sostenibilidad en cual se ve la capacidad de producir árido de cantera sin agotar los recursos naturales y minimizando el impacto ambiental. (Taymer, Cruz, Machado y Campos, 2007)

Entre los enfoques está el enfoque de ciclo de vida el cual evalúa el impacto ambiental del árido de cantera desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. Se toma en cuenta el impacto en todas las etapas del ciclo de vida, incluyendo la extracción, procesamiento, transporte y uso del árido. También está el enfoque de prevención el cual busca prevenir o minimizar los impactos ambientales negativos asociados con la producción de árido de cantera a través de la implementación de medidas de prevención y control. Se prioriza la adopción de tecnologías limpias y buenas prácticas ambientales. (Rodríguez, 2023)

En resumen, la propuesta tiene como objetivo establecer un sistema de indicadores para evaluar y mejorar el desempeño ambiental en la producción de áridos, minimizando su impacto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, se diseña un conjunto de indicadores que permite no solo emitir un juicio sobre el desempeño del proceso, sino que, además, facilita a los responsables o coordinadores del mismo especificar cuáles son las áreas de oportunidad y las limitaciones dentro de las etapas en que se desarrolla.

II.2 Propuesta de indicadores de gestión ambiental con enfoque a proceso en la producción de áridos de la cantera 200 Mil de Holguín

Entre los indicadores a proponer se encuentran:

- Índice de consumo de agua por tonelada de áridos producidos.

Mide la eficiencia en el uso del agua durante el proceso de producción de áridos. Se busca reducir este consumo a través de la implementación de tecnologías más eficientes y la reutilización del agua en diferentes etapas del proceso.

$$Ca = Va / Ap \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Ca: Índice de consumo de agua por tonelada de áridos

Va: Volumen de agua utilizado.

Ap: toneladas de áridos producidas.

Frecuencia de medición: mensual.

Evaluación y control: anual.

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: $Ca \leq 100$

- Índice de generación de residuos sólidos por tonelada de áridos producidos.

Muestra la cantidad de residuos sólidos generados durante la producción de áridos. Busca incentivar la reducción en la generación de residuos y promover la implementación de prácticas de reciclaje y reutilización.

$$Grs = Rs / Ap \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

Grs: generación de residuos sólidos por tonelada de áridos producidos.

Rs: cantidad de residuos sólidos generados en toneladas.

Ap: toneladas áridos producidos.

Frecuencia de medición: mensual.

Evaluación y control: trimestral.

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: $Grs \leq 100$

- Índice consumo de energía por tonelada de áridos producidos.

Evalúa la eficiencia energética en la producción de áridos. Se busca la implementación de tecnologías más eficientes y el uso de fuentes de energía renovable para reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero. La ecuación para el indicador de Consumo de Energía por tonelada de áridos producidos sería:

$$Ce = E / Ap \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

Ce: consumo de energía por tonelada de áridos producidos (en unidades de energía por tonelada)

E: energía total utilizada en el proceso de producción de áridos (en unidades de energía)

Ap: toneladas de áridos producidos.

Frecuencia de medición: diario.

Evaluación y control: mensual.

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: Ce entre $\pm 3\%$ de desviación del 100

- Índice emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producidos.

Mide las emisiones de gases de efecto invernadero durante el proceso de producción de áridos. Se busca reducir estas emisiones a través de la implementación de tecnologías limpias y la adopción de prácticas de mitigación.

La ecuación para calcular el indicador de emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producido puede ser expresada de la siguiente manera:

$$IeGEI = EGEI / Ap \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

leGEI: es el valor del indicador en unidades de emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producidos.

EGEI: son las emisiones totales de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de áridos en unidades de emisiones.

Ap: toneladas de áridos producidos.

Frecuencia de medición: semestral

Evaluación y control: anual

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: $leGEI \leq 100$

- Índice eficiencia en el uso de recursos naturales.

Este indicador evalúa la eficiencia en el uso de los recursos naturales durante la producción de áridos. Se busca optimizar la utilización de estos recursos y minimizar su impacto sobre el medio ambiente. La ecuación para un indicador de eficiencia en el uso de recursos naturales puede ser:

$$Eficiencia = \frac{\text{Valor de los bienes y servicios producidos}}{\text{Valor de los recursos naturales utilizados}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Valor de los bienes y servicios producidos: es la cantidad total de bienes y servicios generados por un determinado proceso o actividad económica.

Valor de los recursos naturales utilizados: es la cantidad total de recursos naturales empleados en la producción de esos bienes y servicios.

Esta ecuación permite evaluar la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados, y cuantifica qué tan eficiente es una determinada actividad en el uso de los recursos naturales. Un indicador de eficiencia alto indica que se ha logrado generar una mayor producción con una menor cantidad de recursos naturales utilizados, lo cual es deseable para la sostenibilidad y conservación del medio ambiente.

Frecuencia de medición: mensual

Evaluación y control: trimestral

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: E>100

- Índice consumo de combustible en la producción de áridos.

El índice de consumo de combustible en la producción de áridos es una medida que indica la eficiencia en el uso de combustible durante el proceso de producción de áridos. Un índice de consumo de combustible bajo indica que la operación es eficiente en términos de consumo de combustible, lo que implica una menor emisión de gases de efecto invernadero y un menor impacto ambiental.

$$Cco = \frac{Cr}{Cp} * 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Cco: Consumo de combustible en por ciento

Cr: consumo real de combustible para la producción de áridos

Cp: consumo planificado de combustible para la producción de áridos

Frecuencia de medición: diario

Evaluación y control: mensual

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: Cco entre ± 5 % de desviación del 100%

- Índice de formación del Capital Humano.

Este índice tiene en cuenta factores como el nivel educativo, la calidad de la educación, la participación en programas de desarrollo humano y el acceso a servicios de salud. El objetivo es preparar al personal directo al proceso de producción de áridos, para que logren habilidades y capacidades que contribuyan a mejorar dicho proceso.

$$CF = \frac{TC}{TT} * 100 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

CF: capacitación y formación de los trabajadores que intervienen en la producción de áridos en por ciento

TC: trabajadores capacitados (Unidad)

TT: total de trabajadores (Unidad)

Frecuencia de medición: semestral

Evaluación y control: anual

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: CF=100 %

- Índice de satisfacción del cliente.

Permite medir y evaluar el nivel de satisfacción de los clientes con los productos, servicios o experiencias que ofrece una empresa. Se calcula a través de encuestas o cuestionarios que se les proporcionan a los clientes para que valoren diferentes aspectos de su experiencia, como la calidad del producto, la atención al cliente, la facilidad de uso, entre otros. Este índice brinda información valiosa establecer estrategias con el objetivo de mejorar la satisfacción y fidelidad de sus clientes.

$$SCte = \frac{CS}{TC} * 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

CS: cliente satisfechos (Unidad)

TC: total de clientes (Unidad)

Frecuencia de medición: trimestral

Evaluación y control: semestral

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: SCte ≥ 95%

- Indicador Contravenciones aplicadas.

Este indicador tiene como objetivo identificar y controlar las contravenciones que se puedan presentar durante el proceso de extracción de áridos, tales como el

incumplimiento de normas de seguridad, el deterioro del medio ambiente, el incumplimiento de permisos y autorizaciones, entre otros. A través de este indicador, se pueden establecer acciones correctivas y preventivas para evitar futuras contravenciones, así como conformar planes de capacitación y concientización para mejorar el cumplimiento de las normas y regulaciones.

$$CAp = CE + CP \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

CE: Contravenciones aplicadas a la empresa

CP: contravenciones personales aplicadas

Frecuencia de medición: semestral

Evaluación y control: anual

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: $CAp=0$ (ninguna).

- Índice de mantenimiento a equipos que intervienen en la producción de áridos.

Este índice se basa en la evaluación de diferentes aspectos relacionados con el mantenimiento, como la disponibilidad de los equipos, la frecuencia y duración de las paradas por averías, el coste de las reparaciones y el rendimiento de los equipos. El objetivo de este índice es identificar las áreas de mejora en el mantenimiento de los equipos, con el fin de optimizar su rendimiento y reducir los tiempos de parada no programados. Esto se logra a través de la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo, la realización de inspecciones regulares y la aplicación de acciones correctivas inmediatas ante averías o fallas en los equipos.

$$MEq = \frac{MR}{MP} * 100 \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

MR: mantenimiento realizado en unidades

MP: cantidad de mantenimiento planificado en unidades

Frecuencia de medición: trimestral

Evaluación y control: semestral

Nivel de referencia para comparar cumplimiento: MEq=100%

Estos indicadores se recogen en la matriz de incidencia en lo económico, ambiental y social (tabla 2.1)

II.3. Validación de la propuesta de sistema de indicadores

La validación de una propuesta de sistema de indicadores es esencial para asegurar que los mismos sean efectivos y confiables en la medición y evaluación de los resultados propuestos. Esta tarea implica un proceso riguroso de revisión y análisis que considera aspectos como la pertinencia, precisión, consistencia y relevancia de los indicadores propuestos.

El objetivo de la validación es garantizar que los indicadores seleccionados sean capaces de capturar de manera precisa los resultados esperados, brindando así una visión clara y objetiva del desempeño de un sistema o programa. Esto facilita la toma de decisiones informadas y la identificación de áreas de mejora.

Es importante destacar que la validación de la propuesta de sistema de indicadores no solo implica la revisión técnica de los indicadores propuestos, sino también, la consulta y participación de diferentes actores involucrados en el sistema o programa, como expertos, usuarios y beneficiarios. Ello permite validar la pertinencia y relevancia de los indicadores propuestos desde diferentes perspectivas y garantizar su aceptación y utilidad práctica.

La propuesta de sistema de indicadores se le envió a 10 especialistas de los cuales respondieron los 10 para un 100%. El instrumento evaluador para la recogida de criterios y el procesamiento de los datos, se basa en el método de escalonamiento de Likert (tabla 2.1) el cual es un método de investigación que utiliza una escala de calificación para conocer el nivel de acuerdo y desacuerdo de las personas sobre un tema.

Tabla 2.1. Matriz de incidencia en lo económico, ambiental y social

Incidencia	Nombre del Indicador	Fórmula de cálculo	Frecuencia de medición	Evaluación y control	Nivel de referencia	Incumplimiento- to/causas
Ambiental	Índice de consumo de agua por tonelada de áridos producidos (Ca)	$Ca = Va / Ap$ Rs: cantidad de residuos sólidos generados en toneladas. Ap: toneladas áridos producidos.	Mensual	Trimestral	$Ca \leq 100$	
Ambiental	Índice de generación de residuos sólidos por tonelada de áridos producidos (Grs)	$Grs = Rs / Ap$ Rs: cantidad de residuos sólidos generados en toneladas. Ap: toneladas áridos producidos.	Mensual	Trimestral	$Grs \leq 100$	
Ambiental	Índice consumo de energía por tonelada de áridos producidos (Ce)	$Ce = E / Ap$ E: energía total utilizada en el proceso de producción de áridos (en unidades de energía) Ap: toneladas de áridos producidos.	Diario	Mensual	Ce entre $\pm 3\%$ de desviación del 100	
Ambiental	Índice emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producidos (leGEI)	$leGEI = EGEI / Ap$ EGEI: son las emisiones totales de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de áridos en unidades de emisiones. Ap: toneladas de áridos producidos	Semestral	Anual	$leGEI \leq 100$	

Económico	Índice eficiencia en el uso de recursos naturales	$\text{Eficiencia} = (\text{Valor de los bienes y servicios producidos}) / (\text{Valor de los recursos naturales utilizados})$	Mensual	Trimestral	E>100	
Económico	Índice consumo de combustible en la producción de áridos(Cco)	$\text{Cco} = (\text{Cr}/\text{Cp}) * 100$ <p>Cco: Consumo de combustible en por ciento Cr: consumo real de combustible para la producción de áridos Cp: consumo planificado de combustible para la producción de áridos</p>	Diario	Mensual	Cco entre ± 5 % de desviación del 100%	
Social	Índice de formación del Capital Humano	$\text{CF} = (\text{TC}/\text{TT}) * 100$ <p>CF: capacitación y formación de los trabajadores que intervienen en la producción de áridos en por ciento TC: trabajadores capacitados (u) TT: total de trabajadores (u)</p>	Semestral	Anual	CF=100 %	
Social	Índice satisfacción del cliente (SCte)	$\text{SCte} = (\text{CS}/\text{TC}) * 100$ <p>CS: cliente satisfechos (u) TC: total de clientes (u)</p>	Trimestral	Semestral	SCte ≥ 95%	
Social	Indicador Contravenciones aplicadas (CAp)	$\text{CAp} = \text{CE} + \text{CP}$ <p>CE: Contravenciones aplicadas a la empresa CP: contravenciones personales aplicadas</p>	Semestral	Anual	CAp=0 (ninguna).	
Económico	Índice de mantenimiento a equipos que intervienen en la producción de áridos (MEq)	$\text{MEq} (\%) = (\text{MR}/\text{MP}) * 100$ <p>MR: mantenimiento realizado en unidades MP: cantidad de mantenimiento planificado en unidades</p>	Trimestral	Anual	MEq=100%	

Fuente: elaboración propia.

Se estructura en una escala tipificada de la siguiente forma: Muy Acertado (MA); Acertado (A); Regular (R) (ni acertado ni desacertado); Desacertado (D); Muy Desacertado (MD). A esta escala se le asignan indicadores empíricos o conceptos abstractos.

Las escalas para calificar a los indicadores, son las siguientes:

Muy Acertado.....5 puntos

Acertado.....4 puntos

Regular.....3 puntos

Desacertado.....2 puntos

Muy desacertado.....1 punto

Tabla 2.1. Instrumento para la validación del sistema de indicadores propuesto

No	Indicadores	Escalas				
		MA	A	R	D	TD
1	Índice de consumo de agua por tonelada de áridos producido					
2	Índice de generación de residuos sólidos por tonelada de áridos producidos					
3	Índice consumo de energía por tonelada de áridos producidos					
4	Índice emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producidos					
5	Índice eficiencia en el uso de recursos naturales					
6	Índice consumo de combustible en la producción de áridos					
7	Índice de formación del Capital Humano					
8	Índice satisfacción del cliente					
9	Indicador Contravenciones aplicadas					

10	Índice de mantenimiento a equipos que intervienen en la producción de áridos					
----	--	--	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados cuantitativos de cada uno y las sugerencias consideradas (gráfico 2.1)

1. Índice de consumo de agua por tonelada de áridos producidos: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. Además se aconsejó que mejor dividir este indicador por procesos para que se manejen volúmenes numéricos más pequeños.
2. Índice de generación de residuos sólidos por tonelada de áridos producidos: el 80% de los especialistas respondió con la categoría de acertado. El único señalamiento fue que a pesar de tener un indicador no hay formas de reducirlo en caso de que estuviera fuera del rango por lo que un especialista lo calificó como muy desacertado.
3. Índice consumo de energía por tonelada de áridos producidos: el 100% de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. No hubo ni propuestas ni señalamientos.
4. Índice emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada de áridos producidos: el 100% de los especialistas respondió con la categoría de acertado. No emitieron modificaciones, ni señalamientos.
5. Índice eficiencia en el uso de recursos naturales: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. No hubo propuestas de modificaciones, ni tampoco señalamientos.
6. Índice consumo de combustible en la producción de áridos: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. No hubo propuestas de modificaciones, ni tampoco señalamientos.

7. Índice de formación del Capital Humano: el 100% de los especialistas respondió con la categoría de acertado. No emitieron modificaciones, ni señalamientos.
8. Índice satisfacción del cliente: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de Regular. Se señaló que es un indicador muy difícil de manejar y que no lo encuentran muy cercano al proceso en cantera como tal.
9. Indicador Contravenciones aplicadas: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. No hubo propuestas de modificaciones, ni tampoco señalamientos.
10. Índice de mantenimiento a equipos que intervienen en la producción de áridos: el 100 % de los especialistas respondió con la categoría de muy acertado. No hubo propuestas de modificaciones, ni tampoco señalamientos.

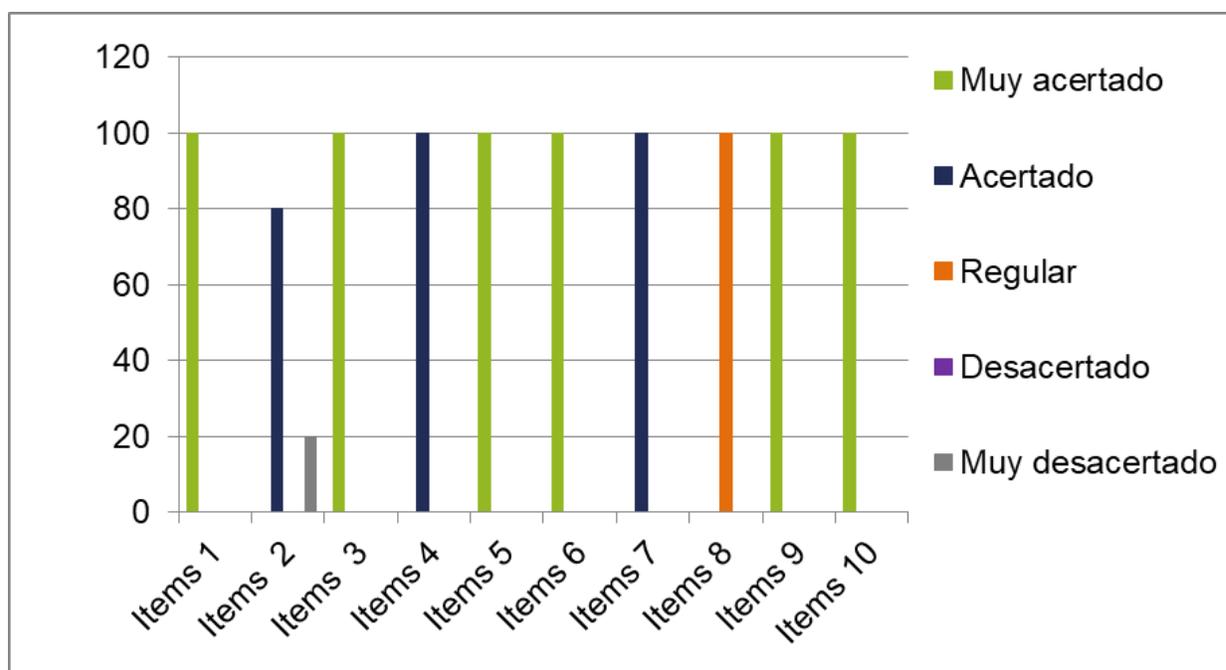


Gráfico 2.1. Resultados de validación de la propuesta de indicadores.

Fuente: elaboración propia,

Conclusiones parciales del capítulo

Se logra conseguir una propuesta de sistema de indicadores de gestión ambiental que posibilita dar solución al problema de la empresa para medir el daño causado al medio ambiente. La propuesta fue aceptada y aprobada satisfactoriamente por los especialistas y se tomará en cuenta las opiniones dadas al respecto.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1- El análisis del marco teórico-práctico-referencial, permitió entender la relación que existe entre la producción de áridos y su influencia negativa en el medio ambiente y cómo la creación de un sistema de indicadores de gestión ambiental puede ayudar a mejorar la situación
- 2- El diagnóstico realizado a la gestión ambiental en el proceso de producción de áridos en la cantera 200 Mil de la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín, evidenció limitaciones en la medición de los impactos medioambientales que se generan en el flujo tecnológico, lo que demuestra la necesidad de incorporar nuevas propuestas de soluciones que permitan la toma de acciones de mejoras en el momento oportuno y de forma proactiva.
- 3- La propuesta de un sistema de indicadores de gestión ambiental en la producción de áridos en la cantera 200 Mil con enfoque a proceso interrelaciona su pertinencia, generalidad, flexibilidad, mejora continua y la utilidad práctica, con la eficiencia, calidad, sostenibilidad y el enfoque de ciclo de vida que permite no solo emitir un juicio sobre el desempeño del proceso, sino que, facilita a los responsables o coordinadores del mismo, especificar cuáles son las áreas de oportunidad y las limitaciones dentro de las etapas en que se desarrolla.
- 4- El sistema de indicadores fue validado como muy acertado por los especialistas, lo que permite comprobar la hipótesis de investigación planteada en esta investigación.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación demandan realizar las siguientes recomendaciones:

Se sugiere a la Empresa de Materiales de Construcción de Holguín (Médano);

- Aplique los resultados de la investigación en la UEB 200 Mil de Gibara y en otras unidades donde se lleve a cabo este proceso productivo, para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales requeridos.
- Desarrolle curso de actualización y capacitación en el campo de los sistemas de indicadores de gestión ambiental en la producción de áridos con enfoque a proceso, a los directivos, técnicos y operarios que garanticen un conocimiento actualizado y su capacidad para implementar las mejores prácticas.

Al Departamento de Construcciones de la Universidad de Holguín;

- Incorpore dentro de la Disciplina Tecnología de la Construcción, el sistema de indicadores propuesto para fomentar en los ingenieros civiles el respeto por el medioambiente y la forma de evaluar la incidencia negativa de procesos industriales.

El autor y sus tutores, deberán generalizar los resultados obtenidos en esta investigación, a través de publicación de artículos en revistas indexadas y participación en eventos, de modo que los conocimientos adquiridos puedan beneficiar a la comunidad científica y al sector relacionado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, L. (2018). Procedimiento para la organización de obras constructivas con enfoque a procesos. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial. Universidad de Holguín. <https://repositorio.uho.edu.cu>.
- Acosta (2019). ¿Qué es la Gestión Ambiental? <https://www.ecologiaverde.com>.
- Asamblea Nacional del Poder Popular (1997). Gaceta Oficial Extraordinaria No. 7, de la República de Cuba. Ley 81:1997 Ley del medio Ambiente. www.gacetaoficial.gob.cu.
- Barbachi, M. (2017) Physical characterization of sea shell for a concrete formulation. *Journal of materials and Environmental Sciences*. 8(1): 332-337.
- Bártulos, L. M. (2004) ¿Cómo organizar un proceso de gestión ambiental en un barrio?
- Bravo, L. (2010) Relevancia de la gestión por procesos en la planificación estratégica y la mejora continua
- Condorenz, J. A., Lima, S. F. (2015). Modelo estratégico para el fortalecimiento organizacional y mejora en el proceso de producción de áridos y agregados.
- Cordoví, C. (2013) La mejora continua a partir de la implantación del Sistema Integrado de Gestión en la ECOING 5. En Memorias del XIII Encuentro TECNOGEST 2013. Gestión del Conocimiento y Empresas de Alto Desempeño. Tecnología, Innovación y Desarrollo Sostenible. La Habana. Cuba: TECNOGEST 2013.
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2023). <https://dle.rae.es/>
- Diccionario de términos ambientales (2013) https://www.academia.edu/11299740/DICCIONARIO_DE_T%C3%89RMINOS_AMBIENTALES.
- Fernández, V. (2010) Guía metodológica para la elaboración de la matriz. España: Instituto de Desarrollo Económico del Principado de Asturias.
- Ganiron, T. U. (2015) *Recycling Concrete Debris from Construction and Demolition Waste*.

- González, M. y Regueiro, M. (2022). La extracción de áridos en la Unión Europea en el marco de la estrategia del uso sostenible de los recursos naturales.
- Hernández, N. y Guillarte, I. (2017). Diagnóstico del desempeño de la cantera de áridos La Inagua, Cuba, utilizando una matriz de evaluación.
- Herrera, J. (2017) El sector de las explotaciones de cantera. (Presentación). Universidad Politécnica de Madrid.
- Herrera, R., Gayoso, R. (2007) Áridos para hormigón. Especificaciones y Ensayos.
- Herrera, J. (2018) Canteras de áridos y de minerales industriales.
- Huergos, J. (s.f.). Los procesos de gestión. <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/univpedagogica/especializaciones/seminario/materialesparadescargar/seminario4/huergo3.pdf/>
- Isaac, C. y Rodríguez, R. (2013). Manual de gestión ambiental organizacional. Universidad Politécnica territorial Andrés Bello Blanco. República Bolivariana de Venezuela. <http://bdigital.ula.ve/pdf/pdfrevista/enlace/n12/art14.pdf/>
- ISO 9000: Calidad para la Gestión de Riesgos (2015). ISO 9001:2015. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/tc176/sc02/public>.
- Jaramillo, M. (1998). Indicadores de gestión: guía práctica para estructurar acertadamente esta herramienta clave para el logro de la competitividad.
- Martínez-Segura, M. A. (2009). Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la Región de Murcia.
- Moreno, E. I. (2015). *Durability Indicators in High Absorption Recycled Aggregate Concrete. Advances in Materials Science and Engineering*, ISSN 16878442. DOI 10.1155/2015/505423
- Muriel R. (2006), La Gestión Ambiental. *Revista Ide@s Sostenibles*. No 13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2189307>
- Oficina Nacional de Normalización. NC 178: 2002 Áridos. Análisis granulométrico. <nc@ncnorma.cu>.
- Oficina Nacional de Normalización. NC ISO-14001:2015. Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. <nc@ncnorma.cu>.

- Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana NC: 251-2021. Áridos para hormigones hidráulicos - requisitos. nc@ncnorma.cu.
- Ochoa, M. B. (2014). Tecnología para la gestión ambiental integral en instituciones escolares. Aplicación en Holguín. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Holguín. Cuba. <https://repositorio.uho.edu.cu>.
- Pérez, R. (2006). Modelo y procedimiento para la gestión de la calidad del destino turístico holguinero. Tesis de Doctorado. Universidad de Holguín. <https://repositorio.uho.edu.cu>.
- Pinto, M. (2008). Estándares y criterios de rehabilitación de suelos sometidos a extracción de áridos.
- Rebolledo, S. (2009). Gestión, Calidad y Asignación de valor en información. <http://b3.bibliotecologia.cl/ar-gestion.html/>
- Rodríguez, M. (2023). Evaluación de impacto ambiental, Madrid España, Universidad Politécnica de Madrid <https://www.ecoembesthecircularcampus.com/evaluacion-de-impacto-ambiental-eia/>
- Taymer, A. Cruz, A. Machado, H. y Campos, M. (2007) El Desarrollo sostenible. Perspectivas y enfoques en una nueva época
- Urbina, M. O.; Zúñiga, L. M y. Valdivia, I. (2018). Gestión ambiental urbana del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios en espacios urbanos. Aplicación en la ciudad de Holguín. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Geográficas. Universidad de La Habana. <https://repositorio.uh.edu.cu>.
- Urbina, M.O.; Zúñiga, L.M. y Valdivia, I. (2021). Gestión ambiental urbana del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Holguín, Cuba. Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNNE). Argentina. ISSN 1666-6186. Volumen 26 N.º 26 (Junio de 2021) Pp. 007-030. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.30972/crn.26263788>.

Vicente, E. (2017). Indicadores de gestión ambiental para la evaluación integral de cantera de materiales para la construcción. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. <https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/2089>.