

Oportunidades de reducción de impactos ambientales de la producción de hormigón en Panamá

Opportunities to reduce environmental impacts of concrete production in Panama

Oportunidades para reduzir impactos ambientais da produção de concreto no Panamá

Recibido: 16/08/2022 | Revisado: 29/08/2022 | Aceptado: 30/08/2022 | Publicado: 01/09/2022

Gerald Alberto Medina Sandoval

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9384-3159>

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

E-mail: gerald.medina1@utp.ac.pa

Basilio Ameth Rodríguez Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1854-0975>

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

E-mail: basilio.rodriguez1@utp.ac.pa

Yazmin Lisbeth Mack-Vergara¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1313-9234>

Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

E-mail: yazmin.mack@utp.ac.pa

Resumen

Entre los materiales más utilizados dentro de la industria de la construcción en Panamá está, el hormigón, y se espera que continúe siendo así, dado el crecimiento de la población que demanda vivienda e infraestructura para una mejor calidad de vida. Sin embargo, según literatura a nivel internacional, la producción de hormigón genera importantes impactos ambientales y a pesar de que este material tiene una alta demanda en Panamá, existen pocos estudios sobre los procesos de producción utilizados y los impactos ambientales que ocasionan diversas actividades dentro de su producción. Debido a lo mencionado anteriormente esta investigación tiene como objetivo general identificar y proponer estrategias de reducción de impactos ambientales en la producción de hormigón en Panamá. En consecuencia, al estudio de la producción de hormigón en Panamá, se lograron identificar potenciales impactos ambientales, analizar diversos casos de éxito y proponer estrategias para minimizar los potenciales impactos ambientales. Aportando resultados útiles para la comunidad académica, gobierno e industria y principalmente a la sociedad, para abordar oportuna y adecuadamente las prácticas de sostenibilidad.

Palabras-clave: Impactos ambientales; Rutas tecnológicas; Construcción sostenible.

Abstract

Among the most used materials within the construction industry in Panama is, concrete, and it is expected to continue to be so, given the growth of the population that demands housing and infrastructure for a better quality of life. However, according to international literature, the production of concrete generates important environmental impacts and despite the fact that this material is in high demand in Panama, there are few studies on the production processes used and the environmental impacts caused by various activities within its production. For these reasons, this research has as a general objective to identify and propose strategies to reduce environmental impacts in the production of concrete in Panama. Consequently, when studying concrete production in Panama, it was possible to identify potential environmental impacts, analyze various success stories and propose strategies to minimize potential environmental impacts. Providing useful results for the academic community, government and industry and mainly to society, to timely and adequately address sustainability practices.

Keywords: Environmental impacts; Technological routes; Sustainable construction.

Resumo

Entre os materiais mais utilizados dentro da indústria da construção no Panamá está o concreto, e espera-se que continue assim, dado o crescimento da população que demanda moradia e infraestrutura para uma melhor qualidade de vida. No entanto, segundo a literatura internacional, a produção de concreto gera importantes impactos ambientais e apesar de esse material ser de alta demanda em o Panamá, há poucos estudos sobre os processos produtivos

¹ Autor de correspondencia: Yazmin Lisbeth Mack-Vergara (yazmin.mack@utp.ac.pa)

utilizados e os impactos ambientais causados por diversas atividades dentro de sua produção. Devido ao exposto, esta pesquisa tem como objetivo geral identificar e propor estratégias para reduzir os impactos ambientais na produção de concreto no Panamá. Consecuentemente, ao estudar a produção de concreto no Panamá, foi possível identificar potenciales impactos ambientales, analizar diversos casos de sucesso e propor estrategias para minimizar potenciales impactos ambientales. Proporcionando resultados útiles para a comunidade académica, governo e indústria e, principalmente para a sociedade, para abordar oportuna e adecuadamente as prácticas de sustentabilidade.

Palavras-chave: Impactos ambientales; Rotas tecnológicas; Construcción sustentável.

1. Introducción

El hormigón es el material más utilizado en la industria de la construcción, su consumo solo es superado por el agua (Saral et al., 2017). Sin embargo, la producción del hormigón conlleva distintos impactos en el medio ambiente los cuales deben ser considerados y gestionados (Sanguinetti & Ortiz, 2014). Los impactos ambientales se podrían definir como cualquier cambio que sufra el medio ambiente ya sea adverso o beneficioso, resultado de las actividades humanas (Loustaunau, 2014).

El sector de la construcción es considerado a nivel mundial como una de las principales fuentes de contaminación ambiental, ya que produce impactos ambientales, tanto de forma directa como indirecta (Enshassi et al., 2014). El alto índice de urbanización conduce a grandes inversiones en infraestructura y vivienda (Alfahad et al., 2022), donde el material de construcción predominante ha sido el hormigón en más de un 80 % (FICEM, 2020a). Aproximadamente 33 billones de toneladas de hormigón se utilizan cada año en todo el mundo, lo que resulta en emisiones globales de CO₂ de entre el 6 y el 8 %, principalmente de la producción de cemento Portland (FICEM, 2020b), por lo que el cemento, como insumo principal del hormigón, es un importante contribuyente al cambio climático (Lehne, Preston, 2018).

El hormigón es un elemento clave en la industria de la construcción, de muchos impactos ambientales, incluidos el potencial de calentamiento global (Ashley & Lemay, 2008), el agotamiento de los combustibles fósiles, el agotamiento de los recursos minerales (Petek Gursel et al., 2014), agotamiento de los recursos hídricos (Mack-Vergara & John, 2017), entre otros. Debido a que el hormigón no puede ser reemplazado por otros materiales de construcción a gran escala, es importante mejorar su desempeño ambiental, por lo que es necesario la implementación de métodos de evaluación capaces de medir los impactos ambientales de la producción de hormigón y monitorear los resultados de estas iniciativas de mejora (González Vallejo & González Vallejo, 2018).

La industria productora de hormigón es consciente del impacto ambiental que puede generar, por lo que esta enfrenta el gran desafío de lograr el equilibrio entre lo ambiental, lo económico y lo social hacia un desarrollo sostenible. En la mayoría de los casos, están trabajando para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, conservar los recursos naturales, disminuir los volúmenes de desechos y el consumo de agua y energía, buscando lograr una producción de hormigón más sostenible (Javadabadi et al., 2019).

Diversas investigaciones enfocadas a la producción sostenible de hormigón desarrolladas por empresas del sector hormigonero, han traído consigo el descubrimiento e implementación de nuevas técnicas y tecnologías, a través de las cuales se han obtenidos resultados exitosos en cuanto a la reducción de potenciales impactos ambientales. En este contexto, el objetivo de esta investigación es identificar y proponer estrategias de reducción de impactos ambientales en la producción de hormigón en Panamá.

2. Metodología

Se realizó una revisión de literatura sistemática para responder la pregunta de investigación ¿Cómo y en qué procesos podemos reducir los potenciales impactos ambientales de la producción de hormigón en Panamá? La revisión de la literatura se realizó mediante las siguientes fuentes de información: literatura gris a través del motor de búsqueda Google, páginas web de

empresas, organizaciones e instituciones; el contenido científico – académico mediante Google Académico y otras plataformas como Scielo y ScienceDirect. Algunos de los términos claves utilizados en combinación para realizar las búsquedas de información en inglés y español son: impactos ambientales, producción de hormigón, desarrollo sostenible, sostenibilidad, indicadores, rutas tecnológicas, cambio climático, emisiones de CO₂, consumo de recursos, materiales a base de cemento, construcción sostenible. La información recopilada de los buscadores y sitios web, fue analizada, sintetizada y discutida.

Se examinaron, identificaron y sintetizaron diversas tecnologías y métodos que han sido implementados de forma exitosa por la industria hormigonera a nivel internacional con el objetivo de reducir los impactos ambientales, ocasionados por la producción de hormigón, los casos de éxitos encontrados pertenecen en su mayoría a Cemex y Argos; el resto a publicaciones realizadas por la Federación Interamericana del Cemento (FICEM). Estos casos de éxito fueron agrupados en las categorías de logística, reciclaje, línea base y otros, lo que permitió identificar algunas oportunidades de reducción de impactos ambientales que pueden ser aplicadas en la producción de hormigón en Panamá, además de las oportunidades de reducción planteadas por los autores. Vale la pena indicar que no se presentarán fotos de las visitas por motivo de confidencialidad.

Por otra parte, se realizaron visitas técnicas a tres plantas productoras de hormigón premezclado ubicadas en la ciudad de Panamá. Durante las visitas se pudieron realizar entrevistas a expertos en el tema, permitiendo aclarar algunas interrogantes en cuanto a la producción de hormigón y aspectos ambientales que involucra, además en cada planta visitada se realizó un recorrido dentro de sus instalaciones, acompañados del personal encargado, en donde se observaron y se brindó información de procesos como dosificación y mezclado de las materias primas, logística sobre la distribución y transporte del hormigón, manejo de residuos, disposición de desechos, almacenamiento de materias primas (agua, cemento, agregados y aditivos) y funcionamiento de las instalaciones; siendo estas casos de estudios debido a sus similitudes y diferencias.

Además, se utilizó la técnica de SCAMPER, la misma maneja una serie de cuestionamientos dirigidos, que buscan estimular ideas, ya sean para complementar o transformar algo existente. También busca que se logre responder a preguntas que normalmente no se plantearían, generando ideas originales (Serrat, 2017). De esta forma se generan las oportunidades de reducción de impactos ambientales del hormigón en Panamá propuestas por los autores.

3. Resultados y discusión

A continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos en esta investigación.

3.1 Casos de éxito

A nivel mundial, la industria hormigonera ha implementado diferentes tecnologías, y metodologías, con el objetivo de reducir los potenciales impactos ambientales ocasionados por la producción de hormigón, obteniendo resultados exitosos. Las tecnologías y técnicas aplicadas en los casos de éxitos identificados fueron agrupados en las categorías de logística, reciclaje, línea base y otros; como se detalla a continuación.

3.1.1 Logística

3.1.1.1 Uso de vehículos menos contaminantes

La utilización de vehículos sostenibles ha permitido que actualmente Argos Colombia, cuente con una flota conformada por doce vehículos eléctricos, cinco vehículos a gas y un vehículo híbrido. Todo esta flota mencionada y su uso en conjunto ha permitido que para el año 2020 lograran evitar 550 toneladas de CO₂ (Argos, 2021).

3.1.1.2 Metodología logística para un proceso de distribución eficiente

La mayor parte de las emisiones de CO₂, está representada dentro del proceso de hormigón debido a su transporte,

pues el consumo de combustible fósil para este proceso es aproximadamente el 75 % del combustible utilizado para la operación de una planta de hormigón. Mencionado lo anterior, se han realizado diferentes esfuerzos para que la mayoría del hormigón premezclado se utilice a menos de 30 km del sitio producido, mediante la instalación de plantas de hormigón premezclado en sitios estratégicos (FICEM, 2021).

Para el 2018, Mixto Listo Guatemala, realizó la adaptación de medidas logísticas para lograr la eficiencia en el proceso de transporte, logrando una reducción de tiempo de viaje redondo para el año 2020 en comparación con el año 2018 de 8.69 %. El Departamento Estratégico de Gestión Ambiental (DEGA), según estudios realizados indican que cada minuto menos de circulación vehicular puede lograr la equivalencia de 0.45 kg de CO₂ reducidos (FICEM, 2021).

3.1.2 Reciclaje

3.1.2.1 Reciclaje de agregados

En Guatemala, en la empresa Mixto Listo, el 80 % de la producción de hormigón está amparada a través de sistemas que permiten reciclar y reintegrar los agregados a partir del hormigón de residuo, esto permite reducir el material de residuo en sitios de disposición final. Esto logra también una menor huella ecológica, pues evita la explotación de agregados vírgenes para la producción de hormigón y reduce el impacto producido por el transporte de estos. En el periodo 2014-2020, la empresa logro reciclar 44,005 m³ de agregados, que también representan 340 toneladas de CO₂ evitadas en el transporte de estos agregados reciclados (FICEM, 2021).

Empresas como EUROMECC producen sistemas como el EURO ECO, este sistema por medio de un tornillo sin fin separador permite el tratamiento del desecho de hormigón separando los sólidos y agua con cemento. El sistema permite recuperar los agregados, con un tamaño mayor de 0.3 mm, los cuales están presentes en el contenido de agua de los lavados del mixer de hormigón y las bombas de hormigón, estos agregados pueden ser reintroducidos en el proceso de hormigón. Tiene una capacidad de recepción de material de 15 m³ por hora (EUROMECC, 2021).

3.1.2.2 Reciclaje de Agua

En Guatemala, en la empresa Mixto listo, mediante un sistema de captación de agua procedente del lavado de los camiones y su posterior recirculación en el proceso de producción del hormigón, ha permitido disminuir el uso de agua limpia, pero también este valor ha disminuido debido a que han inducido un sistema para la captación de aguas lluvias, la que aprovechan para la dosificación del hormigón, para el periodo comprendido entre 2018 y 2020 han podido recuperar 16,480 m³ de agua (FICEM, 2021).

3.1.2.3 Smart Packs

Se han utilizado más de 95,000 sacos Smart packs en la región de Centroamérica y el Caribe en la producción de hormigón, esto ha logrado evitar la generación de residuos sin afectar la calidad de la mezcla. Estos sacos son anexados a la mezcla y se convierten en hormigón mortero, utiliza el 100 % de su contenido, lo que logra reducir el desperdicio de material y evita los residuos (Argos, 2020).

3.1.2.4 Reutilización del hormigón devuelto, para estructura prefabricadas

En la planta de hormigón Argos Tocumen, Panamá; implementaron acciones que han ayudado a aprovechar las devoluciones o sobrantes de hormigón hasta en un 38 %. Se destaca la utilización del hormigón devuelto para la producción de figuras prefabricadas destinadas a la adecuación de espacios propios o públicos en las áreas de influencia de las operaciones (Argos, 2021).

3.1.2.5 Reciclaje de hormigón para base y subbase vial

Este aspecto presenta varias ventajas, entre ellas: reducir cantidades en nuevos agregados vírgenes y sus costos ambientales de explotación y transporte asociado, reducir el desecho innecesario de materiales que pueden ser recuperados y reutilizados. Los residuos generados por las devoluciones de hormigón en planta pueden ser recuperados en caso de que este fraguara de manera irreversible, triturándolo y utilizándolo como agregado. El uso más común del agregado triturado es como subbase y base vial, esto se debe a que tiene mejores propiedades de compactación, adicionalmente es más económico que extraer materiales vírgenes. En Estados Unidos, ha sido aceptado de buena manera por la Administración Federal de Autopistas (FHWA), de manera que ellos han patrocinado una política en beneficio de su uso y han emprendido investigaciones en esta área. En Finlandia debido a diversas investigaciones, han encontrado que el reciclaje del hormigón, con diferentes características acordadas y específicas acerca de la calidad y composición de las capas bases y subbase, pueden reducir el espesor de estas capas, debido a que este material presenta buena capacidad de soporte (Iniciativa por la sostenibilidad del cemento, 2009).

3.1.2.6 Sistema MOBY DICK- lava ruedas, para el control de emisiones de polvo y reciclaje de agua

En Cemex, específicamente en la plata, Cemex-Kosmos en Lousvielle, Kentucky, en búsqueda de disminuir los rastros de cemento, lodo, agregados, hormigón y tierra que quedan inmersos en las llantas de los camiones y minimizar la contaminación ambiental generada por el polvo, producida por el tráfico de camiones, se introdujo el sistema MOBY DICK (Cemex, 2016). El sistema permite el lavado de las ruedas y por otra parte reciclar el agua (Moby Dick, 2021).

3.1.3 Línea Base

3.1.3.1 Sistema de gestión ambiental

El sistema de gestión ambiental logra facilitar y evaluar mediante la implementación de herramientas de gestión ambiental basadas en la medición de diversos aspectos de riesgos a lo largo de la operación. Este sistema consiste en dispositivos claves para lograr evaluar los diferentes impactos ambientales, tener un acercamiento con diversos grupos de interés y tener una respuesta a incidentes que sea basadas en diversos aportes de una alta gama de especialistas en ambiente y biodiversidad. Mediante dicho sistema se logran monitorear las emisiones mayores, para buscar establecer límites por debajo de lo que la ley establezca. Se han establecido niveles mínimos de desempeño, con los que año tras año se busca cumplir. Estos valores son comparables con una línea base trazada (Cemex, 2016).

Cada día son más las empresas que se unen en beneficio de un desarrollo sostenible, es por ello, que la industria hormigonera está invirtiendo tiempo y recurso en buscar soluciones amigables con el medio ambiente. Diversas empresas, luego de realizar distintas investigaciones, han obtenido diferentes resultados exitosos. De tal manera las experiencias reales de diversas compañías pueden influir en la toma de decisiones en las compañías que tienen sus plantas de operaciones en Panamá, cuyo objetivo es buscar el mejoramiento continuo en beneficio de disminuir los potenciales impactos ambientales ocasionados por la producción de hormigón en Panamá.

3.1.3.2 Línea base de indicadores

Es el inicio de marcar un indicador de desempeño, lo que permitirá un monitoreo y seguimiento de la estrategia ambiental establecida, de manera periódica, a su vez se podrá saber si la estrategia asumida, resulta beneficiosa o negativa. En este caso se tomó como referencia la línea base trazada en 2006 por la empresa Argos, la cual denominaron: “Emisiones específicas netas de CO₂”; esta línea base se mantenía en 735 kg CO₂/t de material cementante, para el año 2020, se ha logrado la disminución de esta línea base a 634 kg CO₂/t de material cementante, logrando obtener resultados beneficiosos en cuanto a

su disminución (Argos, 2021).

3.1.4 Otros

3.1.4.1 Disminución del consumo de agua en las formulaciones de hormigón

Evaluando e implementando nuevas tecnologías en aditivos y materiales alternos para la producción de hormigón, buscando siempre que las propiedades de los productos sean de acorde a las necesidades solicitadas, la iniciativa fue complementada con métodos estadísticos a través de los cuales se pudo determinar de manera más acertada, el contenido de agua en las mezclas de hormigón, lo que ha permitido dejar de usar alrededor de 70,000 litros de agua desde el 2012 (Argos, 2021).

3.1.4.2 Reducción de intensidad energética

Tres instalaciones de hormigón premezclado, de la empresa Cemex Estados Unidos, alcanzaron a enfrentar el reto del ENERGY STAR, este reto se basa en el compromiso de la reducción de su intensidad energética en un 10 % en un lapso de 5 años o menos. Estas instalaciones están ubicadas en La Porte, Mission y Rosenberg, Texas y juntas lograron reducir su intensidad energética en un promedio de 21 %. Esto fue posible a la innovación de equipos energéticamente más eficientes, como las poles de bandas transportadoras, recolectores de polvos e iluminación (Cemex, 2016).

3.2 Oportunidades de reducción

Esta sección se tiene como objetivo identificar y evaluar nuevas medidas o tecnologías que se puedan implementar en los procesos de producción de hormigón en Panamá para mitigar o minimizar los potenciales impactos ambientales.

A continuación, se mencionarán algunas de las oportunidades de reducción identificadas en algunas fuentes literarias y las planteadas por los autores que se pueden implementar en la de producción de hormigón en Panamá.

3.2.1 Oportunidades de reducción identificadas en la literatura

Las oportunidades presentadas a continuación son procesos, técnicas y métodos aplicados a nivel internacional de forma exitosa y que se pueden aplicar en el contexto panameño.

3.2.1.1 Generación de una línea base ambiental

La creación de una línea base ambiental en el sitio de producción de hormigón, es la parte inicial antes de implementar cualquier plan de mejora, la misma permitirá identificar la situación actual del ambiente y si existen daños preexistentes. La línea base ambiental sirve como herramienta para realizar comparaciones en el futuro, de las condiciones en la que se encuentra el ambiente antes, durante y después de la producción de hormigón, permitiendo identificar si se han causado o no alteraciones al medio ambiente (Argos, 2020).

Es recomendable que siempre exista una línea base ambiental del entorno en el cual se encuentra el sitio de producción de hormigón, de tal forma que se puede evaluar y comparar periódicamente las condiciones del entorno y de esta manera conocer si se ha ocasionado alguna afectación al entorno con el pasar del tiempo.

3.2.1.2 Sistema de gestión ambiental

Con el objetivo de reducir los principales impactos ambientales identificados en los diferentes procesos de la producción de hormigón, se debe establecer un sistema de gestión ambiental en el que cual se abarquen aspectos como: control y gestión de emisiones, control y gestión del agua, eficiencia energética, control y gestión de residuos, conservación de

recursos naturales, iniciativas ambientales al margen del negocio (Cemex, 2020).

Este sistema de gestión ambiental podría implementarse de acuerdo con la norma ISO 14004:2016, que proporciona las directrices generales para la implementación de un sistema de gestión ambiental (International Organization for Standardization, 2016) o de acuerdo con otras normativas la cuales sean apropiadas para empresas productoras de hormigón.

3.2.1.3 Uso de agua recirculada en el sitio de producción de hormigón

Al igual que el agua lluvia, usar agua recirculada es otro tipo de fuente de agua que se puede utilizar, ya sea para el lavado del patio del sitio de producción, control de emisiones de polvo e inclusive cierto porcentaje podría ser utilizado para hacer la mezcla, siempre y cuando esta agua cumpla con los parámetros establecidos para el agua a utilizar en la mezcla de hormigón (ASTM-C94, 2003).

Usar agua recirculada dentro del sitio de producción contribuiría a reducir considerablemente las cantidades de agua potable utilizadas en la mezcla y en otras actividades dentro del sitio de producción (Argos, 2020). Es indispensable para la implementación de esta oportunidad de reducción contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales en el sitio de producción de hormigón para realizar el respectivo proceso de tratamiento del agua y poder introducirla nuevamente al ciclo de producción.

3.2.1.4 Minimizar las alturas de caída para la transferencia de materia prima (agregados finos y gruesos, cemento) hacia y desde transportadores y tolvas)

Entre menor sea la altura, menor será la cantidad de polvo emitida. Esta oportunidad contribuiría a minimizar las cantidades de polvo emitidas durante estos procesos. La reducción de estas alturas podría implementarse en el lugar de la recepción de materia prima, pesaje o dosificación de las materias primas para la producción de hormigón (Kashwani et al., 2014).

3.2.1.5 Reutilización del hormigón devuelto al sitio de producción

Los restos de hormigón que son devueltos al sitio de producción de hormigón podrían ser reutilizados con diferentes propósitos como, por ejemplo, fabricación de elementos prefabricados, rellenos, capa base y subbase vial, esto reduciría la explotación de recursos minerales vírgenes. Existe otra alternativa en donde el hormigón devuelto al sitio de producción, luego de sufrir una serie de procesos, puede ser usado como agregado grueso en la mezcla (Iniciativa por la sostenibilidad del cemento, 2009).

3.2.1.6 Implementar un sistema de contención de polvo en el sitio de producción de hormigón

Consiste en diseñar e instalar cobertores metálicos en las franjas transportadoras de agregados finos y gruesos, al igual que en las tolvas de almacenamiento de estos. Esto debe ser complementado con la instalación de filtros en silos de almacenamiento del cemento y con un plan de mantenimientos de los cobertores metálicos y los filtros instalados (Torres Tejada, 2020).

3.2.1.7 Verificar el funcionamiento óptimo de los sistemas generadores de electricidad de respaldo

Verificar la eficiencia de combustión de los sistemas generadores de electricidad de respaldo. La eficiencia de estos sistemas podría verificarse a través de pruebas de material particulado, emisiones de gases CO₂, SO_x, NO_x y otros parámetros de ser necesario. Al garantizar el buen funcionamiento de estos sistemas de respaldo se podrían minimizar las cantidades de gases emitidas (Zein, 2016).

3.2.2 Oportunidades de reducción propuesta por los autores

Las oportunidades de reducción presentadas a continuación son planteadas luego de una exhaustiva investigación, análisis de información, entrevistas con expertos en el tema, visitas técnicas a diferentes sitios de producción de hormigón en Panamá, técnica de SCAMPER y ampliación del tema debido a los conocimientos adquiridos a lo largo del desarrollo del respectivo trabajo investigativo.

3.2.2.1 Medición de los indicadores de impactos ambientales

Es recomendable que las mediciones en el sitio de producción de hormigón sean continuas y se mantenga un registro de los datos, de esta manera es posible: evaluar la magnitud de los potenciales impactos ambientales asociados con estos indicadores, identificar posibles oportunidades de reducción de los potenciales impactos ambientales relacionados a estos indicadores, poder informar a quienes toman decisiones en la industria sobre sus potenciales impactos ambientales asociados con estos indicadores, brindándoles información fiable y coherente con base en evidencia científica para dar el informe de los resultados.

Las mediciones podrían realizarse en procesos que involucren consumo de energía, consumo de agua, vertidos de agua, emisiones de polvo, emisiones de CO₂.

Algunos de estos procesos presentes en la producción de hormigón son: mezclado, lavado del patio del sitio de producción, lavado de los camiones, control de emisiones de polvo, curado del hormigón, regulación de la temperatura de los agregados gruesos, transporte del hormigón y de las materias primas, entre otros.

3.2.2.2 Implementación de un sistema global de posicionamiento en los vehículos que estén bajo el control de la empresa

La instalación de GPS en la flota vehicular permitiría medir y contar con un registro sobre el rendimiento de los vehículos en cuanto al consumo de combustible y emisiones de CO₂ de acuerdo al tiempo y distancias recorridas; lo que permitiría crear un registro o base de datos del rendimiento de la flota vehicular, al contar con este registro es posible ver cuando hay afectaciones en los vehículos en cuanto al rendimiento de combustible y emisiones de CO₂ por distancias recorridas, de tal manera que se puede determinar cuándo es necesario que estos vehículos sean sometidos a mantenimiento o sacados de circulación.

Los sistemas de posicionamiento global podrían implementarse en los camiones transportadores del hormigón, los vehículos transportadores de las materias primas (que estén bajo el control de la empresa), vehículos de la empresa que estén a disposición de los colaboradores.

3.2.2.3 Revisión periódica, mantenimiento y renovación de la flota vehicular

Realizar revisiones periódicas y mantenimientos preventivos a la flota vehicular, disminuiría la posibilidad de que ocurran fallos a los vehículos y a su vez garantizaría el correcto funcionamiento de estos. Los mantenimientos preventivos, tiene como finalidad mitigar las diversas consecuencias ocasionadas por un fallo del equipo, por lo general los mantenimientos preventivos los determina el fabricante, estos mantenimientos preventivos pueden ser realizados por parte de la empresa concesionaria donde fue comprado el vehículo o por personal asignado en el sitio de producción. Cada cierto periodo de tiempo determinado es factible la renovación de la flota vehicular, pues cuando más vieja es la flota menor es su disponibilidad para prestar el mismo servicio. El hecho de renovar una flota es una nueva oportunidad, para estar más familiarizados, con nuevas tecnologías que permitan menor consumo de combustible, menor cantidad de emisiones de CO₂ y mayor eficiencia energética. Es recomendable, que esta oportunidad de reducción se pueda aplicar a todos los vehículos que estén bajo el control

de la organización ya sean los vehículos transportadores de materia prima, transportadores del hormigón mezcla, otros.

3.2.2.4 Monitoreo periódico, y mantenimiento preventivo en el sistema de producción

Implementación de un plan de monitoreo periódico, a través del cual se puedan identificar fallas en el sistema de producción, el plan de monitoreo de la mano con mantenimientos preventivos, permitirán mantener en condiciones óptimas los equipos de producción, siendo estos más eficientes en cuanto al consumo de energía. Es recomendable que estos monitoreos y mantenimientos sean implementados en los equipos involucrados en los procesos de mezclado, pesaje o dosificación de materias primas necesarias para realizar la mezcla.

Con la implementación de esta oportunidad de reducción se podrían evitar inconvenientes o fallos que pueden afectar la producción de hormigón, los cuales podrían traducirse en pérdida de dinero.

3.2.2.5 Sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia

Establecer un sistema que logre captar y almacenar agua de lluvia. En este caso se induce la idea de colocar canales de metal u otro material en los techos de las instalaciones del sitio de producción para captar el agua lluvia, luego de ser captada, esta puede ser transportada mediante tuberías hasta el tanque de almacenamiento, para su posterior uso.

La implementación de este sistema es recomendable que se realice en el sitio de producción de hormigón, reduciría de manera significativa las cantidades de agua potable utilizadas para el lavado de los camiones, lavado del patio, regulación de la temperatura de los agregados gruesos, control de emisiones de polvo e inclusive cierta cantidad del agua de lluvia almacenada se podría utilizar en la mezcla.

3.2.2.6 Canalización del sitio de producción para la captación y drenaje de las aguas residuales

Crear un sistema de canales de desagüe dentro del área de producción, que permita coleccionar y drenar el agua residual. El sistema de canales estaría conformado por un conjunto de canales secundarios los cuales coleccionarían y drenarían el agua residual proveniente del lavado de los camiones, sitio de almacenamiento de los agregados gruesos y la del lavado del patio del sitio hasta un canal principal, el cual transportaría toda el agua coleccionada al sitio de tratamiento de las aguas residuales.

Estas aguas luego de ser tratadas podrían ser reutilizadas, transportándolas mediante tuberías a un tanque de almacenamiento donde posteriormente se le daría uso o pueden ser vertidas a un cuerpo de agua, esto dependerá principalmente del sistema de tratamiento de agua residuales con el que cuente el sitio de producción de hormigón.

3.2.2.7 Monitoreo y mediciones constante de la calidad de las aguas tratadas antes de ser vertidas en los efluentes

Monitorear y medir constantemente los parámetros físicos químicos y biológicos, permiten determinar la calidad de las aguas tratadas antes de ser vertidas a los efluentes, con esto se garantizaría que las aguas tratadas a verter ocasionen el menor impacto posible en los efluentes donde son vertidas. Las mediciones y el monitoreo de estos parámetros son recomendable que se realicen tomando muestras del agua que están próximas a ser vertidas, esto podría realizarse semanal o diariamente entre mayor sea la frecuencia con las que se realizan las mediciones y el monitoreo mayor será el control que se tenga sobre la calidad del agua a verter en el sitio de producción.

En Panamá y a nivel internacional existen diferentes reglamentos o normas ambientales, los cuales se presentan diferentes límites en cuanto a parámetros físicos, químicos y biológicos que deben cumplir las aguas tratadas antes de ser vertidas a algún efluente.

3.2.2.8 Crear barreras vegetativas para minimizar la propagación del material particulado

La plantación de árboles en los alrededores de los sitios de producción de hormigón funcionaría como una barrera natural para minimizar la propagación del material particulado emitido, en las áreas aledañas al sitio de producción. Entre más frondosos sean los árboles plantados mejor será la capacidad de retención del material particulado emitido. Sin embargo, esto se debe realizar de la mano de un profesional en el área forestal.

3.2.2.9 Sistema de aspersores o tinas de lavado de llantas

La implementación de tinas de lavados de las llantas y un sistema de aspersores en las salidas del sitio de producción con el objetivo de disminuir los rastros de cemento, lodo, agregados, hormigón y tierra que quedan inmersos en las llantas de los camiones, evitando que los vehículos transportadores de hormigón y de materias primas durante el traslado de estos, desprendan lodo, restos de cemento u hormigón fuera del sitio de producción.

3.2.2.10 App para la ubicación de obras con la necesidad de hormigón

Crear una aplicación móvil donde las diversas empresas productoras hormigón puedan interactuar y emitan alertas las cuales sean percibidas por personas de la sociedad civil que necesiten alguna cantidad de hormigón. Las alertas serían emitidas cuando la empresa productora de hormigón tenga volúmenes de hormigones que vayan a ser devueltos al sitio de producción. Las personas que se registren en la aplicación deberán brindar su información personal y una pequeña donación la cual será utilizado un porcentaje para el mantenimiento de la aplicación y otro para las empresas productoras de hormigón.

Quienes perciban la alerta y estén dispuestos a recibir el hormigón deberán contar con el personal en obra para poder realizar el vaciado del hormigón en la obra. La aplicación le generaría rutas factibles a los operadores de los diferentes mixeres donde puedan verter lo que en teoría sería residuos de hormigón para las empresas productoras, de esta forma se genera una solución para algunas de las necesidades de la comunidad y un mejor aprovechamiento de los restos de hormigón.

3.2.2.11 Fortalecer la comunicación con autoridades locales y líderes comunitarios para el aprovechamiento de los restos de hormigón

Con el objetivo de aprovechar la mayor cantidad de hormigón posible devuelto al sitio de producción, se buscarían a través de reuniones y la creación de acuerdos con autoridades locales y líderes comunitarios para que estos compartan información con las empresas productoras de hormigón sobre obras en beneficio de la comunidad que estén realizando, en las cuales se pueda utilizar el hormigón sobrante de los camiones transportadores.

La utilización del hormigón sobrante dependería principalmente de las cantidades disponibles y de la disponibilidad de las autoridades y líderes comunitarios para la utilización en las obras cuando el hormigón esté disponible.

Con la implementación de esta oportunidad se daría un mejor aprovechamiento del hormigón sobrante y contribuiría a reducir los volúmenes de desechos en el sitio de producción.

3.2.2.12 Instalar un sistema fotovoltaico en el sitio de producción de hormigón premezclado

La implementación de este sistema consistiría en instalar un conjunto de paneles solares fotovoltaicos ya sea en el techado de las instalaciones del sitio de producción de hormigón o en algún lugar del patio de la planta donde puede ser captada la energía proveniente del sol. La energía generada por este sistema puede ser almacenada en una batería para que luego sea usada por las instalaciones del sitio de producción.

El uso de energía proveniente del sol constituye otro tipo de fuente de energía limpia que podría utilizarse en los procesos de producción. A través del uso de este tipo de energía se podrían reducir el uso energía eléctrica y combustibles

fósiles, además influiría de manera positiva en el indicador de consumo de energía.

3.2.2.13 Realizar capacitaciones continuas en el sitio de producción

Brindar capacitaciones continuas con expertos en temas de desarrollo sostenible a los colaboradores en el sitio de producción, con el objetivo de que estas creen conciencia en cuanto el uso adecuado del agua, uso de recursos energéticos, manejo correcto de los residuos y las emisiones. Estas capacitaciones influirían de manera positiva en las actitudes y aptitudes de los colaboradores en el sitio de producción, las capacitaciones podrían darse por áreas o departamentos, la frecuencia de estas dependerá de cada organización.

3.2.2.14 Programa de limpieza en el sitio de producción

Crear un programa de limpieza regular de las instalaciones del sitio de producción, con el objetivo de que el sitio de trabajo se encuentre limpio y agradable a los trabajadores. El programa de limpieza podría incluir actividades como el lavado de patio del sitio de producción, recolección de residuos sólidos, luego de realizar estas actividades, los residuos recolectados deben ser sometido a un tratamiento correcto antes de ser trasladados al sitio de disposición final, todo esto con el fin de controlar las cantidades de desechos y partículas generadas en el sitio de producción. El traslado y recolección de los desechos puede ser realizado por una empresa externa o por el personal de la misma empresa productora de hormigón. Es importante mantener un registro del programa de limpieza en cuanto a fechas de realización y actividades realizadas.

3.2.2.15 Clasificación de los desechos

Clasificar los desechos generados en el sitio de producción, permitiría darles una mejor disposición final y de esta manera se minimizarían los impactos que puedan causar estos al medio ambiente. De acuerdo a las propiedades físicas y químicas de cada desecho estos podrán ser clasificados como peligrosos y no peligrosos, aquellos desechos que sean clasificados como peligrosos deben ser eliminados a través de un proveedor de servicios ambientales aprobado por las instituciones reguladoras.

3.2.2.16 Crear un área para la disposición de desechos

Crear un área exclusiva dentro del sitio de producción de hormigón para la disposición de los desechos tanto sólidos como líquidos, permitiría darles un mejor manejo a estos. El área de disposición debe ser un sitio donde los desechos no queden expuestos al sol o a la lluvia, debe contar con una zona de descarga y carga, el suelo debe estar pavimentado para evitar cualquier tipo de derrame o filtración al ambiente, el sitio de almacenamiento debe estar debidamente señalizado. Al contar con un área específica para el manejo de los desechos, se minimizarían las posibilidades de que estos sean vertidos de forma indiscriminada al ambiente sin ser sometidos a un previo tratamiento adecuado, causando impactos negativos en este.

El hecho que la industria productora de hormigón en Panamá promueva la realización de investigaciones constituiría una gran oportunidad en el descubrimiento e implementación de nuevas tecnologías y prácticas que contribuyan a reducir los potenciales impactos ambientales ocasionados por la producción de hormigón.

Las oportunidades de reducción identificadas constituyen una serie de recomendaciones que pueden ser aplicada en la producción de hormigón en Panamá con el objetivo de que esta industria pueda ser más sostenible. Algunas de las oportunidades mostradas son métodos y tecnologías que han sido aplicadas con éxito a nivel internacional y en algunas empresas productoras hormigón en Panamá, el resto de las oportunidades de reducción presentadas, han sido identificadas luego de una exhaustiva revisión literaria y visitas técnicas a sitios de producción de hormigón, las cuales han permitido identificar procesos, recursos que demandan dicha industria y aspectos ambientales que involucra la producción de hormigón.

4. Conclusión

La producción de hormigón es crucial en Panamá y a nivel mundial por sus importantes aportes socioeconómicos, por lo que es necesario promover prácticas de sostenibilidad dentro la industria hormigonera incluyendo estrategias para mitigar los potenciales impactos ambientales de dicha producción.

A través de la identificación de los diversos impactos asociados a la producción de hormigón, es importante que las empresas panameñas apunten todos sus esfuerzos hacia prevenir, mitigar y corregir los diversos impactos.

El calentamiento global, estrés hídrico, agotamiento de recursos naturales, contaminación y cambio del uso de suelos; son potenciales impactos ambientales asociados a la producción de hormigón en Panamá.

Es necesario que las empresas productoras de hormigón en Panamá midan y evalúen en el sitio de producción, indicadores de desempeño ambiental, de esta manera poder identificar diferentes oportunidades de reducción.

El análisis de casos de éxito, además de permitir conocer los buenos resultados de las estrategias establecidas a nivel internacional, permite conocer las prácticas recomendadas para lograr prevenir, mitigar y corregir los diversos impactos.

La necesidad de establecer oportunidades de reducción radica en la necesidad de minimizar los impactos y maximizar los beneficios al medio ambiente, ocasionados por una actividad determinada en el proceso de producción de hormigón en Panamá, con el fin de garantizar la sostenibilidad de los recursos involucrados y proteger el ambiente.

Por lo tanto, en esta investigación se proponen y promueven estrategias de disminución de los potenciales impactos ambientales de la producción de hormigón en el contexto panameño que han sido poco estudiadas en el pasado.

Se recomienda realizar estudios donde se evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la producción de cemento y agregados, realizar estudios enfocados en la estimación de indicadores de impactos ambientales en la producción de hormigón y realizar investigaciones del impacto ambiental del uso de agua potable en la producción de hormigón en Panamá.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación por medio del proyecto “Inventario de agua, energía y CO₂ de la producción de hormigón en Panamá” financiado dentro de la Convocatoria Pública de Fomento a I+D para el Desarrollo Sostenible (IDDS) 2022. Además, agradecemos a las empresas que nos abrieron las puertas para conocer mejor los procesos de producción de hormigón.

Referencias

- Alfahad, B. S. M., Alabdullah, S. F. I., & Ahmad, M. (2022). Investigation of the Critical Factors Influencing Low-Cost Green Sustainable Housing Projects in Iraq. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(2), 310-329. <https://doi.org/10.17762/msea.v71i2.90>
- Argos. (2020). Reporte Integrado 2019. https://argos.co/wp-content/uploads/2021/04/CemArgos_RI2019_200320.pdf
- Argos. (2021). Reporte integrado 2020. https://argos.co/wp-content/uploads/2021/03/Argos_RI2020_ESpanol.pdf
- Ashley, E., & Lemay, L. (2008). Concrete's Contribution to Sustainable Development. *Journal of Green Building*, 3(4), 37-49. <https://doi.org/10.3992/jgb.3.4.37>
- ASTM-C94, (2003). Especificaciones normalizadas para el hormigón premezclado. <https://tupunatron.com/media/NM-C94-ASTM.pdf>
- Cemex. (2016). Informe de desarrollo sostenible 2015. <https://www.cemex.com/documents/20143/245957/2015-informe-sustentable.pdf/77520ab6-5fc1-8577-fc04-9fc8b5c01981?t=1495648896118>
- Cemex. (2020). Reporte Integrado 2019. <https://www.cemex.com/documents/20143/49694544/ReporteIntegrado2019.pdf>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- EUROMECC. (2021). Lavado y recuperación de hormigón. <https://www.euromecc.com/es/los-productos/ecologia-pare-el-hormigon/lavado-y-recuperacion-de-hormigon/>

- FICEM. (2020a). Revista edición 2020 – FICEM. <https://ficem.org/revista-edicion-2020/>
- FICEM. (2020b). Cemento & Concreto de Iberoamérica y el Caribe. <https://www.ficem.org/revista-concreto-y-cemento-2020/mobile/index.html>
- FICEM. (2021). El cemento y concreto claves en el desarrollo sostenible y la nueva normalidad post-pandemia. <https://ficem.org/revista-edicion-2021/>
- González Vallejo, P., & González Vallejo, P. (2018). Herramienta para la estimación de costes económicos y ambientales en el ciclo de vida de edificios residenciales. Fase de construcción. Revista hábitat sustentable, 8(2), 32-51. <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.03>
- Iniciativa por la sostenibilidad del cemento. (2009). Reciclando Concreto. https://ficem.org/publicaciones-csi/documento-csi-reciclaje-del-concreto/reciclaje-d-concreto_1.pdf
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 14004:2016(es), Sistemas de gestión ambiental—Directrices generales sobre la implementación. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14004:ed-3:v1:es>
- Javadabadi, M. T., Kristiansen, D. D. L., Redie, M. B., & Baghban, M. H. (2019). Sustainable Concrete: A Review. International Journal of Structural and Civil Engineering Research, 126-132. <https://doi.org/10.18178/ijscer.8.2.126-132>
- Kashwani, G., Sajwani, A., Ashram, M. A., & Yaaqoubi, R. A. (2014). Evaluation of Environmental Requirements for Sustainable Ready-Mix Concrete Production in Abu Dhabi Emirate. Journal of Environmental Protection, 2014. <https://doi.org/10.4236/jep.2014.54036>
- Lehne, Preston. (2018). Making Concrete Change: Innovation in Low-carbon Cement and Concrete. Chatham House – International Affairs Think Tank. <https://www.chathamhouse.org/2018/06/making-concrete-change-innovation-low-carbon-cement-and-concrete>
- Linnenluecke, M. K., Marrone, M., & Singh, A. K. (2020). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. Australian Journal of Management, 45(2), 175-194. <https://doi.org/10.1177/0312896219877678>
- Loustaunau, M. (2014). Aspectos e Impactos Ambientales. 31. https://www.academia.edu/23928556/Aspectos_e_Impactos_Ambientales
- Mack-Vergara, Y. L., & John, V. M. (2017). Life cycle water inventory in concrete production—A review. Resources, Conservation and Recycling, 122, 227-250. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.004>
- Moby Dick. (2021). Sistemas Lava-ruedas—Tecnología—MobyDick ES. MobyDick. <https://www.mobydick.com/es/sistemas-lava-ruedas/tecnologia/>
- Petek Gursel, A., Masanet, E., Horvath, A., & Stadel, A. (2014). Life-cycle inventory analysis of concrete production: A critical review. Cement and Concrete Composites, 51, 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.03.005>
- Sanguinetti, C. M., & Ortiz, F. Q. (2014). Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del Bío Bío, Chile. Hábitat Sustentable, 16-25.
- Saral, D., Akkaya, Y., Pilgir, V., Sanal, I., & Saralioğlu, D. (2017). Identification and Evaluation of CO₂ Emissions of Various Concretes Produced in Different Ready Mix Concrete Plants | Deniz Saral, Yılmaz Akkaya, Volkan Pilgir, Irem Sanal, and D. Saralioğlu—Academia.edu. https://www.academia.edu/29097087/Identification_and_Evaluation_of_CO_2_Emissions_of_Various_Concretes_Produced_in_Different_Ready_Mix_Concrete_Plants?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page
- Serrat, O. (2017). The SCAMPER Technique. En O. Serrat (Ed.), Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance (pp. 311-314). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_33
- Torres Tejada, J. C. (2020). Optimización del proceso de fabricación del concreto y su minimización del impacto ambiental en obras civiles. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12764>
- Zein, K. (2016). Concrete Batching Plant Guidelines—Draft. <https://lepap.moe.gov.lb/sites/default/themes/Concrete%20Batching%20Plant%20Guidelines%20-%20Draft.pdf> Put space between one reference and another.