

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



Huella Hídrica en la preparación de 1 m³ de concreto,
constructora Corporación Segenor, 2020

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Durán Valderrama, Jalixa Analí

Asesor:

Rojas Huamán, Ever

Código ORCID: 0000-0002-2914-2104

Chimbote – Perú

2021

PALABRAS CLAVE: Huella hídrica

KEY WORDS: Water footprint

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Área: Ingeniería, tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

Línea: Construcción y gestión de la construcción

TÍTULO

Huella Hídrica en la preparación de 1 m³ de concreto,
constructora Corporación Segenor, 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como principal propósito Determinar la valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L. teniendo como unidad funcional de estudio 1 m³ de concreto, para ello se utilizó una metodología con un tipo de investigación descriptiva aplicada, con un diseño retrospectivo no experimental. Concluyendo que la valoración de la huella hídrica azul del proceso de preparación de 1 m³ de concreto con un enfoque de ciclo de vida “de la cuna a la puerta” es de 435.430359 m³, mientras que la huella hídrica verde se consideró cero, ya que la empresa no utiliza aguas de lluvias recolectadas; por último, la huella hídrica gris asciende a 432.138015 m³. La valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de 1 m³ de concreto con un enfoque de ciclo de vida “de la puerta a la puerta” es de 3.260209 m³. La valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L. teniendo como unidad funcional de estudio 1 m³ de concreto asciende a 739.2849928 m³ de agua utilizada. Y que en la categorización de los impactos ambientales producidos está basada en la concentración de sustancias en agua dentro del ciclo de vida agrupándolos en tres grupos: ecotoxicidad acuática con 18318.02619 kg de equivalentes de trietilenglicol en agua, sustancias de acidificación acuática con 0.853653447 kg equivalentes de SO₂ en el aire para acidificación acuática y sustancias de eutrofización acuática con 0.023931645 kg PO₄ equivalentes en un agua limitada en P.

ABSTRACT

The main purpose of this research work was to determine the assessment of the water footprint of the concrete preparation process in one year, of the construction company Corporación Segenor S.R.L. having as functional unit of study 1 m³ of concrete, for this a methodology with a descriptive type of applicative research was used, with a non-experimental retrospective design. Concluding that the assessment of the blue water footprint of the preparation process of 1 m³ of concrete with a life cycle approach "from cradle to door" is 435.430359 m³, while the green water footprint was considered zero, since the company does not use collected rainwater; finally, the gray water footprint amounts to 432.138015 m³. The assessment of the water footprint of the preparation process of 1 m³ of concrete with a life cycle approach "from door to door" is 3.260209 m³. The assessment of the water footprint of the concrete preparation process in one year, of the construction company Corporación Segenor S.R.L. Having as functional unit of study 1 m³ of concrete amounts to 739,2849928 m³ of water used. And that the categorization of the environmental impacts produced is based on the concentration of substances in water within the life cycle, grouping them into three groups: aquatic ecotoxicity with 18318.02619 kg of triethylene glycol equivalents in water, aquatic acidifying substances with 0.853653447 kg equivalents of SO₂ in air for aquatic acidification and aquatic eutrophication substances with 0.023931645 kg PO₄ equivalents in a water limited in P.

ÍNDICE GENERAL

Palabras clave.....	ii
Título de la investigación:	i
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	18
III. Resultados	24
IV. Análisis y discusión.....	69
V. Conclusiones	74
VI. Recomendaciones.....	75
VII. Referencias bibliográficas	76
VIII. Agradecimientos.....	79
IX. Anexos y apéndice	80

I. Introducción

1. Antecedentes y fundamentación científica

1.1. Antecedentes

A nivel internacional

Rivero, C. (2020) en su tesis denominada “Estudio de huellas en el Ciclo de Vida del Edificio Residencial: Huella ecológica, Huella de carbono y Huella Hídrica” tuvo como objetivo diseñar un modelo idóneo que permita evaluar y cuantificar desde la etapa de diseño del edificio, así como los recursos materiales y energéticos presentes en cada una de sus fases, de forma que se pueda predecir cuáles serían los impactos ambientales en su ciclo de vida completo. La metodología empleada consta de cuatro fases las cuales fueron: desarrollo del modelo, validación del modelo, aplicación del modelo y análisis de resultados. Utilizó dentro del procedimiento de medición de la huella hídrica al software SimaPro concluyendo que ha sido necesario definir periodicidades de mantenimiento y esperanza de vida de los elementos constructivos; así como criterios de actualizaciones económicas y ambientales presentando resultados que permiten localizar aquellos focos de mayor impacto en cada una de las fases de análisis pudiendo así las organizaciones controlarlos y gestionarlos.

Los resultados de esta investigación permiten manejar un modelo de análisis que facilita la toma de decisiones durante el diseño de proyectos de edificación para reducir costos ambientales y económicos.

Natuta J. y Potosí Y. (2018) en su tesis denominada “Evaluación de la huella hídrica en la industria cementera, provincia de Imbabura” tuvo como objetivo evaluar la huella hídrica en las actividades desarrolladas de la industria de producción de cemento en la provincia de Imbabura, la cual fue realizada en tres fases según la metodología propuesta por Hoekstra (2011) obteniendo como resultados que de los diez procesos de producción de cemento, seis consumen agua de manera directa; los análisis de calidad de agua realizados indicaron que los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles; el proceso de recirculación de agua ayuda a disminuir la huella gris; y finalmente se obtuvo que la huella hídrica de la industria cementera es de $0.89 \text{ m}^3/\text{Tn}$ cemento, siendo la huella azul la más relevante, mientras que los valores de huella verde y gris fueron despreciables.

Los resultados de esta investigación fortalecen la decisión de calcular la huella hídrica de cada uno de los insumos bajo un enfoque de ciclo de vida, necesarios para la preparación de concreto y luego sumar las hídricas y expresar este resultado como Huella hídrica total para 1 m^3 de preparación de concreto.

Figuroa, C. (2017) en su tesis denominada “Estimación de la huella hídrica generada en el año 2016, bajo los lineamientos de la norma ISO 14046:2014 para las plantas de concreto Argos ubicadas en la zona centro,

Colombia” tuvo como objetivo estimar la huella hídrica en un año de las plantas de concreto Argos, teniendo como unidad funcional las toneladas de concreto producidas en el año 2016; para ello utilizó la metodología establecida por la Water Footprint Network que sirve como marco de referencia para la evaluación de la huella hídrica de un proceso, permitiendo estimar los diferentes usos del recurso hídrico y las implicaciones a nivel de amenazas, disponibilidad y escasez en un área geográfica determinada. De la estimación de cada uno de los componentes de la huella hídrica para el año 2016 en las diferentes plantas de concreto, se evidencia que la huella hídrica azul es la más relevante con 247.101,91 m³/año, seguida por la huella hídrica verde con 26.940,13 m³/año y la huella hídrica gris con 20.841,6 m³/año. Por lo anterior se concluye que la huella hídrica total de producción es de 272,88 lt de agua/por metro cúbico de concreto producido, lo que es equivalente a 294.883,26 m³/año.

A nivel nacional

Gómez, P. (2018) en su tesis denominada “Análisis de ciclo de vida de los pavimentos urbanos en Arequipa aplicando la metodología ISO 14040” ; tuvo como objetivo cuantificar y evaluar comparativamente los impactos ambientales en el ciclo de vida de pavimentos flexibles y con adoquines de concreto en el área urbana de la ciudad de Arequipa, aplicó la metodología del análisis de ciclo de vida, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14040:2006 y para el procesamiento de datos utilizó el software OpenLCA 1.7.0, el cual dentro de su estructura maneja las bases de datos EcoInvent

V3, ELDC y la metodología TRACI 2.1, que permite analizar categorías de impacto como el potencial de calentamiento global y la formación de smog. En donde los resultados arrojaron Los resultados obtenidos mostraban que la etapa de construcción representaba entre el 75% y 85% de las emisiones totales para ambos modelos y el calentamiento global fue la categoría con resultados más altos donde el pavimento articulado genero 1.4 veces más emisiones de CO₂ que el pavimento flexible aun cuando este último supero a su par en siete de las nueve categorías analizadas.

La metodología de esta investigación fortalece la decisión de utilización del software SimaPro ya que dentro de estructura maneja también las bases de datos EcoInvent V3, ELDC y TRACY 2.1 necesarios para la evaluación de impactos; así mismo por la naturaleza específica del presente trabajo de investigación se elegirá más bases de datos según la conveniencia y objetividad que se necesite.

1.2. Fundamentación científica

Huella hídrica

Según Hoekstra et al. (2011) define a “la huella hídrica como una medida de la apropiación humana de recursos de agua dulce, dicha apropiación de agua dulce se mide en términos de volúmenes de agua consumida (evaporada o incorporado en un producto) o contaminado por unidad de tiempo”. Propone en que la evaluación de huella hídrica tiene que enfocarse en tres componentes: agua verde, agua azul y agua gris. La huella

hídrica azul se refiere al consumo de recursos hídricos azules (aguas superficiales y subterráneas), la huella hídrica verde es el volumen de agua verde (agua de lluvia) consumida, que es particularmente relevante en los cultivos, la huella hídrica gris viene a ser un indicador del grado de contaminación del agua dulce y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en función de la calidad del agua ambiental existente.

Para efectos del presente estudio es necesario asociar la definición de Hoekstra et al (2011) con la tipificación que realiza el Instituto Superior del Medio Ambiente – ISM (2020-1) quien define dos tipos de evaluación de huella hídrica en función al uso del agua las cuales son:

“Huella hídrica directa: Es la huella hídrica directa de un consumidor o de un proceso (o de un grupo de consumidores o de procesos) se refiere al consumo de agua dulce y a la contaminación asociada al uso de agua realizado directamente por el consumidor o por el proceso.

Huella hídrica indirecta: Es la huella hídrica indirecta de un consumidor o de un proceso se refiere al consumo de agua dulce y la contaminación asociados con la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor o por el proceso productivo. Es igual a la suma de las huellas hídricas de todos los productos consumidos por el consumidor o de todos los bienes y servicios (exceptuando el agua) utilizados por el proceso”.

Metodología general de evaluación de la Water Footprint Network

Según Instituto Superior del Medio Ambiente - ISM (2020-2), esta metodología se basa en el cálculo de 3 componentes: huella hídrica azul, huella hídrica verde y huella hídrica gris; y en la posterior evaluación de la huella hídrica obtenida. Las fases de estas evaluaciones son: definición de los objetivos y alcances de la huella hídrica, cálculo de la huella hídrica, evaluación de la sostenibilidad de la Huella hídrica y formulación de una estrategia para un uso más sostenible del agua.

En esta metodología se pueden evaluar las huellas hídricas a diferentes niveles; por lo que es muy importante especificar desde el primer momento en que tipo de huella hídrica se va a trabajar; existiendo huella hídrica de un proceso, huella hídrica de un producto, huella hídrica de un consumidor, huella hídrica de un grupo de consumidores, huella hídrica dentro de un área geográficamente delimitada y huella hídrica de una industria. Para la presente investigación se tomará el nivel de huella hídrica de proceso teniendo como unidad funcional de análisis la preparación de 1m^3 de concreto.

Huella hídrica azul

“Se refiere al consumo de agua superficial y subterránea (agua azul) a lo largo de la cadena de suministro de un producto” (ISM 2020-1.pág.3). Partiendo de esta definición el agua azul viene a ser el volumen de agua dulce superficial o subterránea de un río, lago o acuífero evaporada, incorporada a un producto, retornada a otra cuenca o vertida al mar. Para el presente estudio se referirá al volumen de agua dulce o subterránea de un

río, lago o acuífero incorporada a un producto que es el concreto utilizado en las obras de construcción ejecutadas por la empresa.

Huella hídrica verde

“Se refiere al consumo de agua de lluvia que no se llega a convertir en escorrentía superficial denominada agua verde (ISM 2020-1. pág.3)”. Partiendo de esta definición el agua verde viene a ser el volumen de agua de lluvia que se evapora y evapotranspira por las plantas o incorporada en el producto, que se consume antes de que se integre en corrientes de agua. Para el presente estudio el volumen de agua verde utilizada es cero, ya que para la preparación de concreto en las diferentes obras ejecutadas no se utilizaron aguas de lluvia.

Huella hídrica gris

“Es el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes, teniendo en cuenta las concentraciones de los contaminantes en el medio natural y los estándares de calidad del agua existentes (ISM 2020-1. pág.4)”. Partiendo de esta definición el agua gris viene a ser el volumen de agua que hipotéticamente se utilizaría para diluir un vertido hasta las concentraciones de fondo naturales existentes o los valores de calidad del agua existentes; teniendo en cuenta si el vertido no supera los valores de calidad o concentraciones de fondo se considera una devolución normal y no forma parte para la huella.

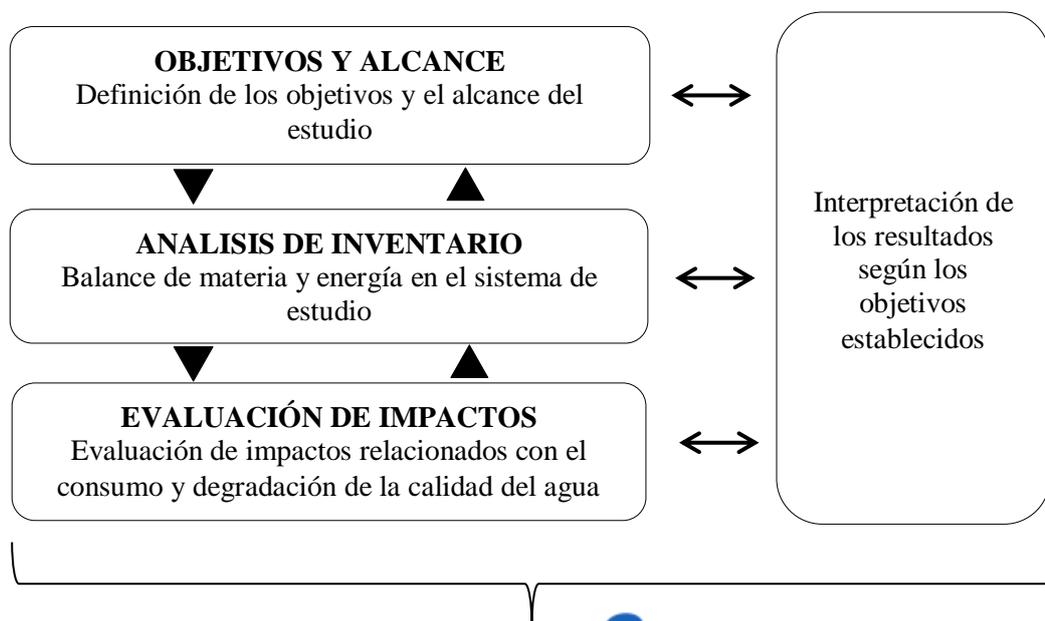
Software para el análisis de ciclo de vida y huella hídrica

El software se fundamenta en principio de análisis de ciclo de vida - ACV el cual fue desarrollado por PRé Consultants (Países Bajos) en el año 1990 con la participación de usuarios en más de 60 países, dispone de gran cantidad de datos de inventarios (LCI). Su modelo de base es el ECOINVENT 3 existiendo dos versiones de las cuales se eligió el Modelo Atribucional (allocation) el cual consiste en sistematizar el inventario de consumos representando los posibles impactos ambientales que se podrían atribuir a un sistema (por ejemplo, un proceso de preparación de concreto) a lo largo de su ciclo de vida; haciendo uso de datos medibles, históricos, basados en hechos de incertidumbre conocida. Para ISM (2020-3) nos dice que el modelado atribucional también se conoce como "contabilidad", "contable", "retrospectiva", "descriptiva", "promedio" o "no marginal"; indicando también que el uso de este modelo es para la identificación de puntos críticos en el ciclo de vida de un producto/proceso/servicio. Las bases de datos disponibles en el programa son alimentadas constantemente con datos facilitados por numerosas fuentes, entre las que se encuentran centros de investigación, universidades, sectores industriales, etc.

Enfoque metodológico del cálculo de huella hídrica según la norma ISO 14046

La norma internacional ISO 14046 (2014) propone un enfoque metodológico basado en el análisis de ciclo de vida - ACV de un producto (o servicio), proceso u organización, el cual considera los usos directos e indirectos de agua en la cadena de valor correspondiente y los correlaciona a potenciales impactos ambientales, económicos y sociales, realizando el análisis con la clasificación de las materias primas, energías y emisiones relacionadas con los recursos hídricos para el sistema definido de un producto, proceso u organización. El enfoque metodológico de la norma incluye las etapas de objetivos y alcance, análisis de inventario y evaluación de impactos.

Figura 1
Evaluación de la huella hídrica



Nota: Esquema de las etapas de la huella hídrica (adaptado de ISO 14046, 2014).

Esta metodología también es la recomendada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y Cooperación (COSUDE, 2017) el cual es adoptada por la

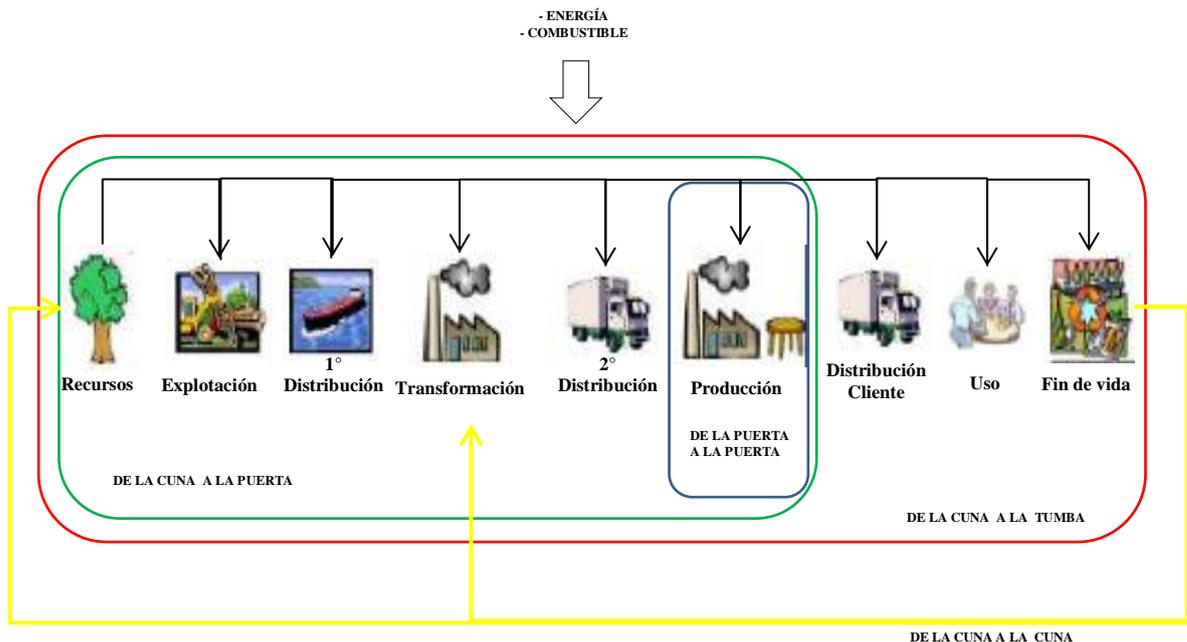
Autoridad Nacional del Agua – ANA para su utilización dentro del territorio peruano para la evaluación de huella hídrica de acuerdo a la norma ISO 14046.

El concepto de análisis de ciclo de vida – ACV

Según la NTP- ISO 14040 (2006), define al ciclo de vida como el “conjunto de etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final”; es decir comprende desde la extracción de materias primas, procesamiento, producción, comercialización, uso, mantenimiento y gestión final del producto hasta el fin de su vida útil. De allí se constituye en la base técnica de una producción y consumo sostenible de las organizaciones públicas o privadas de ecodiseños, ecoetiquetas, declaraciones ambientales, huella de carbono, huella del agua, huella ecológica y compras verdes. Por lo tanto, el ciclo de vida comprende diferentes fases que siguen un orden lógico, las cuales pueden aplicarse parcialmente considerando solo algunas fases del sistema o proceso de producción del bien o servicio denominándose: ACV de la cuna a la puerta (cradle to gate), ACV de la puerta a la puerta (gate to gate), ACV de la cuna a la tumba (cradle to grave) y ACV de la cuna a la cuna (cradle to cradle).

Figura 2

Fases sistema de análisis de ciclo de vida



Nota: Adaptado de ISM, 2020-2. Metodología de análisis de ciclo d vida. (pág.4)

Línea base para la medición de huella hídrica en el Perú

El estado peruano el 30 de enero del 2020 promulga la resolución jefatural N°023-2020-ANA con la finalidad de promover el análisis de la huella hídrica como instrumento de gestión que permita identificar el consumo de agua directo o indirecto en la producción de bienes y servicios, a fin de lograr el uso eficiente del recurso hídrico y la implementación de mecanismos de responsabilidad compartida en las cuencas hidrográficas dentro del territorio peruano; y en su artículo 8° describe que la línea de base de huella hídrica debe mostrar los resultados del análisis de la huella hídrica de un producto o servicio del solicitante (empresa pública o privada) que represente un impacto significativo en el consumo de agua, para ello debe elaborarse bajo los lineamientos Norma Internacional ISO 14046, Water Footprint Network o el Estándar AWS (Alliance for Water Stewardship) y

una vez realizado el estudio los resultados deben traducirse en un proyecto de reducción de huella hídrica en donde se evidenciaría el compromiso voluntario e irrevocable de las empresas que deseen obtener la certificación azul de implementar acciones, durante un período no menor a un año para la reducción de su huella. Este proyecto va acompañado de un proyecto de valor compartido en agua el cual sin carácter limitativo tiene la siguiente estructura: Mejorar la disponibilidad y accesibilidad de los recursos hídricos, mejorar la calidad de recursos hídricos: plantas de tratamiento de agua potable o plantas de tratamiento de agua residual de tipo doméstico, industrial o municipal, agua y saneamiento rural/periurbano, protección y recuperación de cauces y fajas marginales, mejorar los sistemas de conducción, distribución y almacenamiento del agua existente, Tecnificación del riego, construcción u optimización de os sistemas hidráulicos que permitan mejorar la eficiencia en la distribución del agua, capacitación o sensibilización a la población sobre el cuidado y uso eficiente de los recursos hídricos, implementar sistemas de medición y control del recurso hídrico, protección de la cuenca hidrográfica y/o conservación de ecosistemas.

Certificación azul

La Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2020) refiere que el certificado azul viene a ser un acto administrativo que otorga como reconocimiento al aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos, de las personas Jurídicas usuarios de agua que participan voluntariamente en el "Programa Huella

Hídrica" y que logran ejecutar con éxito, los compromisos asumidos en el marco de la resolución jefatural N°023-2020-ANA. Tiene una vigencia mínima de un (1) año o igual al plazo establecido en el Proyecto de Reducción de Huella Hídrica y el Proyecto de Valor Compartido presentado al momento de la inscripción en el "Programa Huella Hídrica".

2. Justificación de la investigación

La importancia del tema de investigación se centra en dar respuesta al problema de consumo y manejo inadecuado de agua superficial y/o subterránea en actividades de construcción dentro del territorio peruano por parte de la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L; lo cual conllevaría a potenciales conflictos con las comunidades donde se desarrollan la ejecución de obras públicas y privadas. A través de la resolución jefatural 023-2020-ANA; la inscripción en el "Programa Huella Hídrica" de aquellas empresas que deseen demostrar con evidencias objetivas su responsabilidad como usuarios de agua cumpliendo con compromisos asumidos y un plan de valor compartido para el control y/o disminución de consumo de agua en sus proyectos. Esta inscripción tiene como requisito la presentación por parte de las empresas de un informe técnico de huella hídrica de sus actividades.

La utilización del cálculo de la huella hídrica para la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L sentarán las bases técnicas para su replicación en las empresas de este rubro dentro del territorio peruano, ya que las empresas que inicien su cálculo de huella hídrica y su consecuente inscripción en el "Programa

Huella Hídrica”, mejorarán su imagen social al momento de presentar sus informes de desempeño operacional.

3. Problema

En todo el mundo el consumo el agua en los procesos de construcción es muy importante; partiendo de que es un recurso cada día más escaso es que surge la necesidad de cuantificar el consumo de este recurso por parte de las empresas constructoras; esto como una forma de evidenciar a sus socios estratégicos y a los estados donde operan su responsabilidad con el desarrollo sostenible. Vector (2018) indica que “el sector de la construcción es responsable del 16% del consumo mundial de agua, mientras que un 9% de las extracciones de agua de fuentes naturales destinadas al sector industrial, se emplearon en la producción del concreto”. Lo anteriormente descrito posibilita entender hoy en día el nuevo concepto de construcción sostenible el cual pretende reducir el impacto sobre el ciclo del agua con un uso racional del recurso y evitando la contaminación de napas freáticas y flujos de agua. Es importante por ello disponer de técnicas de evaluación de la gestión del agua que sean utilizadas en todo el mundo de una manera consistente, una de esas técnicas es la evaluación de la huella hídrica del agua de empresas constructoras.

¿Cuál es la valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m^3 de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor?

4. Conceptualización y Operacionalización de variables

4.1. Definición conceptual y operacional de variables de estudio

Tabla 1

Definición conceptual y operacional de variable

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional
Huella hídrica de proceso	- Volumen de agua dulce utilizada, medida a lo largo de toda la cadena de suministro siguiendo el enfoque de análisis de ciclo de vida - ACV. (Hoekstra, 2011)	- Indicador que define el volumen total de agua utilizado e impactos ocasionados por la producción de bienes y servicios. Considera el consumo de agua directa e indirecta en todo el proceso productivo, incluyendo sus diferentes etapas en la cadena de suministro. (R.J N° 023 -2020-ANA. Tít. I - art.2).

Nota: Elaboración propia del investigador

4.2. Cuadro de variables

Tabla 2

Cuadro de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores
Huella hídrica de proceso	Proceso de preparación de concreto	Mapa de procesos Nivel "0"
	Consumo de agua	Agua azul – m ³
		Agua verde – m ³
		Agua gris – m ³
Huella hídrica de proceso	Huella hídrica de la "cuna a la puerta" – m ³	
	Huella hídrica de la "puerta a la puerta" – m ³	

Nota: Elaboración propia del investigador

5. Hipótesis

5.1. Hipótesis general

H₀= La valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m³ de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor es menor o igual a 5m³.

H₁= La valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m³ de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor es mayor a 5m³.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

- Determinar la valoración de la huella hídrica en la preparación de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor, teniendo como unidad funcional de estudio 1 m³ de concreto.

6.2. Objetivos específicos

- Estructurar el mapeo de procesos en la preparación de concreto de la empresa constructora Corporación Segenor.
- Caracterizar el desempeño del manejo y consumo de agua de la empresa constructora Corporación Segenor en los proyectos de construcción que haya realizado el año fiscal 2020.

II. Metodología

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

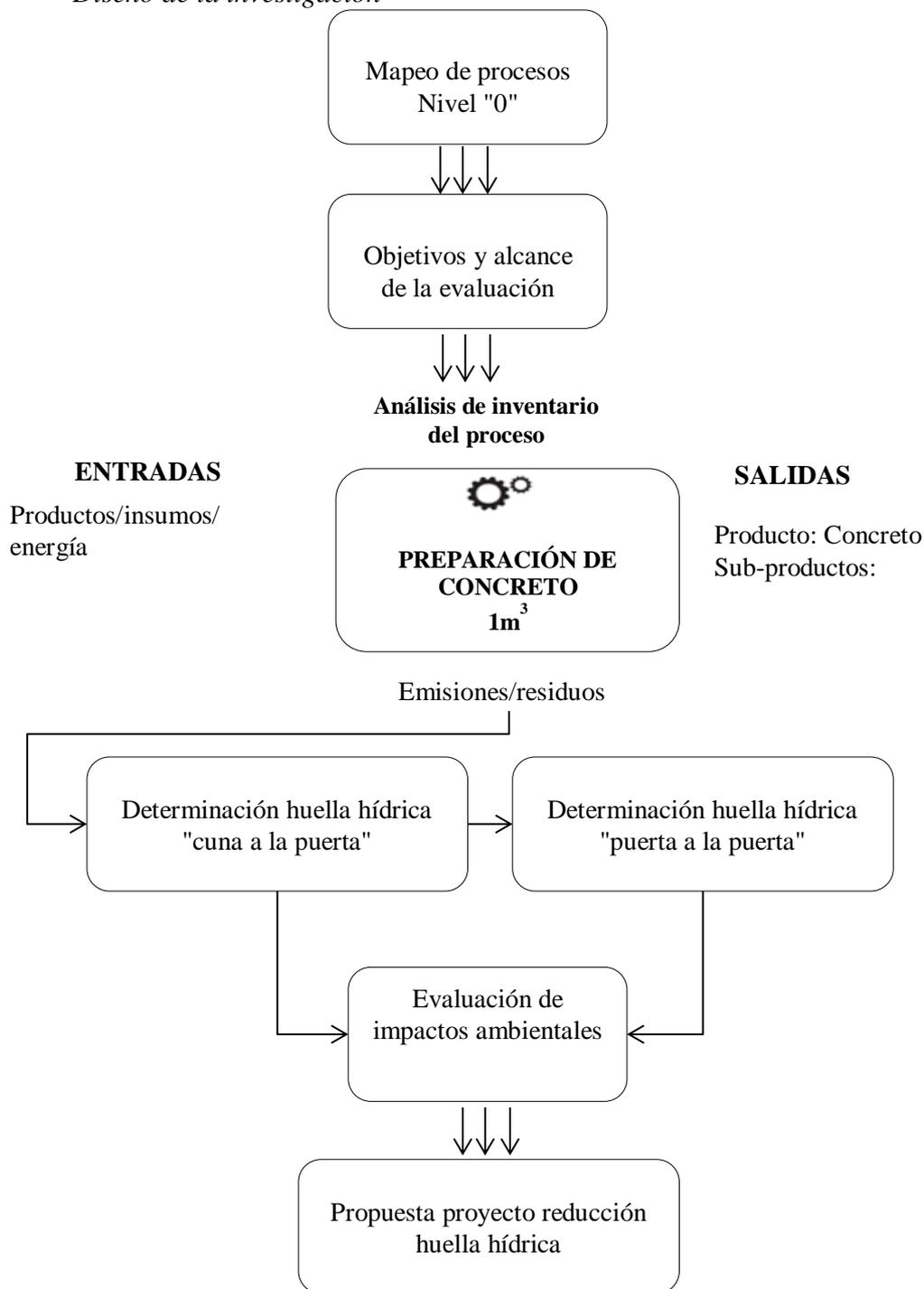
El tipo de investigación es retrospectivo no experimental ya que según Supo (2015) son aquellos estudios que utilizan datos históricos de un objeto y/o sujeto de estudio los cuales al sistematizarlos nos proporcionan información relevante para tomar decisiones objetivas en futuras acciones.

El nivel de investigación es descriptivo - aplicativo ya que según Supo (2015) en este nivel de investigación se permite mejorar las condiciones y el entorno del ser humano y/o de las organizaciones proponiendo la mejora de una situación aplicando herramientas estandarizadas en base a resultados obtenidos y/o referenciales. En el caso del presente estudio se utilizan la metodología estándar de sistemas de gestión para el mapeo de procesos y la aplicación del software internacional SimaPro para la evaluación de huella hídrica de un proceso el cual también es recomendado en el manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046 publicado por la Autoridad Nacional del Agua – ANA en coordinación con agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación – COSUDE.

2.1.2. Diseño de investigación

Figura 3

Diseño de la investigación



2.2. Metodología de la investigación

2.2.1. Mapeo de procesos

Basada en el cumplimiento de acciones del enfoque por procesos identificando y secuenciando las actividades específicas estándar del proceso de preparación de concreto en las obras ejecutadas el año 2020. La estructuración comprende: descripción de la empresa constructora, caracterización de obras ejecutadas el año 2020 en donde se haya utilizado concreto, realización del mapeo de procesos nivel “0” y análisis de procesos unitarios.

2.2.2. Objetivos y alcance de la evaluación hídrica

Respondiendo a interrogantes como: ¿Cuáles son las razones para llevar a cabo el estudio de huella hídrica?, ¿Cuál es la aplicación que se desea dar a los resultados obtenidos en futuras ejecuciones de obra?, ¿A quién está dirigido los resultados que se obtendrán? Este apartado estará estructurado: objetivos y acción prevista, descripción general del proceso de preparación de concreto, sistema de estudio y unidad funcional, límites del sistema, reglas de asignación y criterio de corte.

2.2.3. Análisis de inventario

Identificación de fuentes de información indirecta sistematizada de cálculos de consumos de materia prima basada en referentes de más de 45 países del mundo los que son sistematizados en software SIMAPRO. Se cuantificará todas las entradas y salidas relevantes del sistema analizado que puedan contribuir de manera significativa a los impactos ambientales relacionados con el uso de agua. Este apartado estará estructurado: Datos de

inventario, levantamiento de información en base a uso consuntivo y no consuntivo de agua.

2.2.4. Determinación de huella hídrica

Se determinará: huella hídrica “cuna a la puerta” y huella hídrica “puerta a la puerta”.

2.2.5. Categorización de impactos ambientales identificados

Este apartado estará estructurado: evaluación de impactos relacionados al recurso hídrico, Impactos potenciales en la salud humana y calidad de los ecosistemas.

2.2.6. Propuesta proyecto de reducción de huella hídrica

Este apartado estará estructurado: Proyecto de reducción de huella hídrica y proyecto de valor compartido en agua.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Empresas constructoras que participan en la ejecución de obras públicas en el distrito de Cajamarca.

2.3.2. Muestra

Empresa constructora Corporación Segenor, elegida a criterio por el investigador.

2.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

2.4.1. Técnicas de investigación

- Mapeo de procesos de la empresa constructora.
- Revisión de registros de desempeño de consumo de agua en el cumplimiento de ejecución de obras públicas en el año 2020 por parte de la empresa constructora elegida.

2.4.2. Instrumentos de investigación

- Ficha de mapeo de procesos.
- Fichas de sistematización de consumo de agua verde, azul y gris.
- Ficha de sistematización de impactos ambientales por consumo de agua.

2.5. Procesamiento y análisis de la información

El procesamiento y análisis de la información de se realizará con el software SimaPro v. 9.3 utilizado para la evaluación de huella hídrica con enfoque de ciclo de vida utilizando fuentes de datos secundarios como: Ecoinvent 3.0 basados en la masa el cual maneja datos de más de 10 mil conjuntos de datos unitarios (cada uno de los cuales describe un inventario del ciclo de vida a nivel de proceso) para transporte, materiales de construcción, productos químicos, productos de lavado, papel y cartón,

agricultura y gestión de residuos; Impact 2002+ basada en impactos ambientales ocasionados y el programa Excel v.2016.

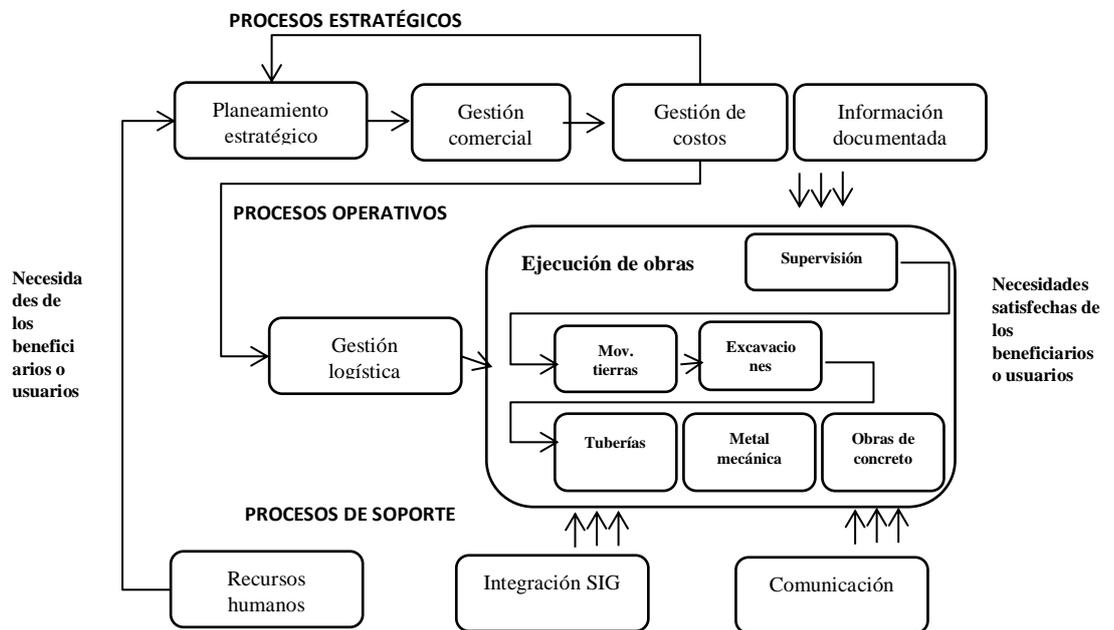
III. Resultados

3.1. Mapeo de procesos

3.1.1. Mapeo de procesos nivel "0" de la preparación de concreto en las obras ejecutadas

Figura 4

Mapeo de procesos nivel "0"



La realización del mapeo de procesos de una constructora identificamos 3 grupos diferenciados de procesos los cuales son: Procesos estratégicos (planeamiento, gestión comercial, gestión de costos e información documentada) que determinan las estrategias que permiten definir la trayectoria que debe seguir la empresa para alcanzar sus objetivos, procesos operativos (gestión logística y ejecución de obras) los cuales son una serie de actividades que se relacionan mutuamente para generar un resultado final

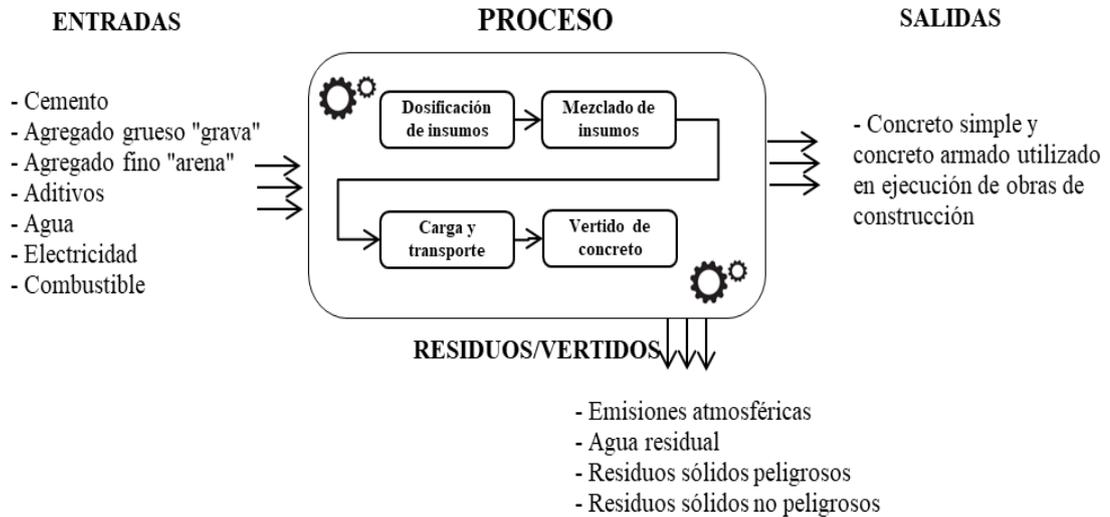
y procesos de soporte (recursos humanos, integración sistemas integrados de gestión y comunicación) los cuales coordinan el normal desarrollo de las actividades contenidas en los procesos principales. Identificando específicamente el proceso de preparación de concreto en dentro del macro proceso de ejecución de obras.

3.1.2. Análisis de procesos unitarios

El proceso unitario de preparación de concreto se ha considerado como proceso integral que consta de tareas definidas como se muestra en la siguiente figura:

Figura 5

Proceso unitario "Preparación de concreto"



En el análisis del proceso unitario de preparación de concreto se ha considerado como un proceso integral por lo que nos e detallan entradas y salidas a nivel de subprocesos; identificando en manera global entradas (insumos) como cemento, agregados, aditivos, electricidad, combustible y agua y generación de residuos/vertidos como emisiones atmosféricas, agua residual, residuos. Observamos flujos horizontales y verticales de agua. Esta información nos permite identificar objetivamente el alcance del análisis de huella hídrica de la cuna a la puerta es decir calcular la huella hídrica desde la preparación de insumos, transporte, preparación de concreto.

3.2. Objetivos y alcance de la evaluación hídrica

3.2.1. Objetivos y aplicación prevista

El objetivo es analizar la huella hídrica de 1m^3 de preparación de concreto, para identificar los usos consuntivos y no consuntivos de agua en sus operaciones de ejecución de obras de construcción.

La unidad de medida definitiva del presente estudio es el volumen de agua utilizada para la preparación de concreto a un año (m^3 agua/ m^3 concreto/año), insumo principal en la ejecución de obras de construcción.

Se considerará huella hídrica total del proceso de preparación de concreto a la suma de la huella hídrica azul, huella hídrica verde y huella hídrica residual; a partir de los resultados obtenidos se propondrá un

proyecto de reducción de huella hídrica en obras futuras de construcción que estén a cargo de la Corporación Segenor S.R.L.

Los resultados del estudio están dirigidos principalmente a la alta dirección de la empresa; para que se tome la decisión de iniciar el proceso de “certificación azul” emitida por la autoridad nacional del agua - ANA.

3.2.2. Descripción general del proceso de preparación de concreto

3.2.3. Sistema de estudio y unidad funcional

El sistema de estudio se circunscribe al proceso de preparación de concreto en las diferentes obras de construcción a cargo de la Corporación Segenor. La unidad funcional del presente estudio es el total de metros cúbicos - m³ de concreto en los últimos 5 años de operación de la empresa en obras de construcción; la cual representa una base de cálculo con respecto a la cual se normalizarán las entradas y salidas relevantes en el proceso que se va analizar. La producción total de concreto fue de 226.76 m³ de concreto.

Tabla 3

Producción de metros cúbicos de concreto

ID	Cliente	Objeto del contrato	Tipo de concreto	Unidad	Cantidad	Tipo de cemento
1	Municipalidad Provincial Hualgayoc - Bambamarca	Instalación del Servicio de Agua Potable	Concreto armado - loza de fondo y cimentación, fc= 175 kg/cm ²	m ³	3.62	Portland I
			Concreto armado para muros fc=175 kg/cm ²	m ³	5.83	Portland I
			Concreto armado para loza superior fc=175 kg/cm ²	m ³	5.00	Portland I

			Concreto armado para relleno fc=100 kg/cm ²	m ³	1.53	Portland I
			Concreto simple para vertedero fc=175 kg/cm ²	m ³	0.72	Portland I
			Dado móvil de concreto simple fc=140 kg/cm ²	m ³	1.01	Portland I
			Concreto armado para zapatas fc= 175 kg/cm ²	m ³	2.30	Portland I
			Concreto simple en falsa zapata fc=140 kg/cm ²	m ³	10.75	Portland I
			Concreto simple en vereda y cuneta, fc=140 kg/cm ²	m ³	2.30	Portland I
			Concreto armado zapata corrida, losa cimentación, muro de cuba, viga anillo superior, losa cúpula fc=210 kg/cm ²	m ³	3.32	Portland I
2	Municipalidad Provincial de Hualgayoc Bambamarca	Creación Trocha Carrozable	Concreto alcantarillas, fc=175 kg/m ²	m ³	0.81	Portland I
			Concreto alcantarillas, fc=270kg/m ³	m ³	4.94	Portland I
3	Municipalidad Provincial de Cajamarca	Construcción de La Trocha Carrozable	Concreto alcantarillas, fc=175 kg/m ²	m ³	22.93	Portland I
			Emboquillados de concreto, fc= 175 kg/m ²	m ³	4.04	Portland I

Nota: La cantidad de metros cúbicos se encuentra en la sumatoria de concreto simple y concreto armado.

Tabla 4

Producción de metros cúbicos de concreto...continuación

ID	Cliente	Objeto del contrato	Tipo de concreto	Unidad	Cantidad	Tipo de cemento
4	Gobierno Regional De Cajamarca-Transportes	Servicio de Mantenimiento Periódico De La Carretera	Concreto alcantarillas, fc=175 kg/m ²	m ³	12.64	Portland I
			Concreto para badenes, fc= 210 kg/cm ²	m ³	21.00	Portland I

			Emboquillados de concreto, $f_c= 175$ kg/m ²	m ³	41.2	Portland I
			Concreto reparación de muros, $f_c= 175$ kg/m ²	m ³	4.49	Portland I
			Concreto reparación de muros, $f_c= 210$ kg/m ²	m ³	4.95	Portland I
5	Municipalidad distrital de Túcume	Rehabilitación camino vecinal	Concreto simple $f_c= 100$ /cm ² para solado	m ³	7.01	Portland I
			Concreto armado $f_c= 210$ kg/cm ² para alcantarilla tipo cajón	m ³	66.37	Portland I
					226.76	

3.2.4. Límites del sistema

a. Dimensión temporal y geográfica

La dimensión temporal del estudio se basó en los registros históricos de obras de construcción ejecutadas del año 2014 al 2020; este resultado sirvió de base para el desempeño posible en un año en máxima ejecución de obras; eligiendo el año base 2020. Geográficamente las obras ejecutadas tomadas como referente fueron la región Cajamarca y región Lambayeque.

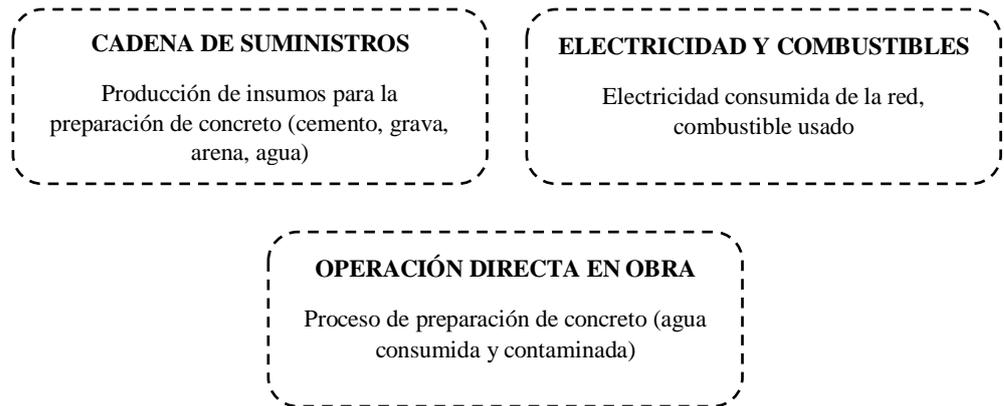
b. Límites del sistema

Se ha considerado el proceso operativo de preparación de concreto y el enfoque de análisis de ciclo de vida - ACV fue “de la cuna a la puerta”; que incluyen las etapas de: elaboración de las materias primas (arena, grava), insumos (cemento, aditivos) y energías (electricidad, combustibles y transporte) usados en la fabricación de los productos y la operación directa; así mismo el suministro de agua y tratamiento de descargas.

El estudio ha excluido oficinas administrativas, tratamiento de residuos, y otros procesos operativos. A continuación, se presenta la síntesis del sistema de producción analizado:

Figura 6

Límites del sistema



3.2.5. Reglas de asignación

El estudio de proceso tiene una sola línea productiva simple que es la “preparación de concreto” a utilizarse en las obras de construcción que se han adjudicado a la empresa teniendo como producto final “concreto” teniendo como regla de asignación la información secundaria de la base de datos Ecoinvent 3.0 que presenta información de datos de inventario de ciclo de vida para más de 10,000 procesos, productos y servicios.

3.2.6. Criterios de corte

Para realizar el análisis de cadena de suministros, se aplicó una regla de corte bajo el criterio de cantidad y valor; siendo este el producto de ambos, luego para discriminar aquellos insumos cuya representación no alcance el 2% del total. Se consideró el 100% de insumos consumibles adquiridos

durante el período de estudio. Luego de aplicada la regla de corte se concluyó que los principales insumos en la cadena de suministro utilizados son los siguientes: cemento, agregado grueso “grava”, agregado fino “arena”, agua.

3.3. Análisis de inventario

3.3.1. Datos de inventario

Se utilizó los datos de Lean concrete {CH}| production, with cement CEM II/A | APOS, S que es parte integral de datos de Ecoinvent 3.0. realizando los cálculos para la preparación de 1m³ de concreto.

3.3.2. Levantamiento de información en base a uso consuntivo y no consuntivo

a. Inventario consumo agua para refrigeración (Uso no consuntivo)

Tabla 5

Inventario de consumo de agua para refrigeración en preparación de 1 m³ de concreto

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, cooling, unspecified natural origin, AT	Crudo	cu.in	365.1421293	5.983620587
2	Water, cooling, unspecified natural origin, AU	Crudo	cu.in	290.5070741	4.760568475
3	Water, cooling, unspecified natural origin, BA	Crudo	cm ³	322.7375564	0.322737556
4	Water, cooling, unspecified natural origin, BE	Crudo	cu.in	114.4885122	1.876134698
5	Water, cooling, unspecified natural origin, BG	Crudo	cu.in	106.6634591	1.74790477
6	Water, cooling, unspecified natural origin, BR	Crudo	cu.in	123.2607194	2.019885736
7	Water, cooling, unspecified natural origin, CA	Crudo	cu.in	409.6111757	6.712339297

8	Water, cooling, unspecified natural origin, CH	Crudo	dm ³	556.5851927	556.5851927
9	Water, cooling, unspecified natural origin, CL	Crudo	cm ³	549.5855003	0.5495855
10	Water, cooling, unspecified natural origin, CN	Crudo	dm ³	65.58897905	65.58897905
11	Water, cooling, unspecified natural origin, CY	Crudo	cm ³	66.48353883	0.066483539

Tabla 6

Inventario de consumo de agua para refrigeración en preparación de 1 m³ de concreto a continuación

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
12	Water, cooling, unspecified natural origin, CZ	Crudo	dm ³	66.87929481	66.87929481
13	Water, cooling, unspecified natural origin, DE	Crudo	dm ³	159.225136	159.225136
14	Water, cooling, unspecified natural origin, DK	Crudo	cm ³	684.6614997	0.6846615
15	Water, cooling, unspecified natural origin, EE	Crudo	cm ³	561.2117238	0.561211724
16	Water, cooling, unspecified natural origin, ES	Crudo	cu.in	286.1860476	4.689759381
17	Water, cooling, unspecified natural origin, Europe without Switzerland	Crudo	cu.in	539.4528868	8.840068401
18	Water, cooling, unspecified natural origin, FI	Crudo	cu.in	74.06285535	1.213675417
19	Water, cooling, unspecified natural origin, FR	Crudo	dm ³	247.9945421	247.9945421
20	Water, cooling, unspecified natural origin, GB	Crudo	cu.in	382.7283302	6.271807419
21	Water, cooling, unspecified natural origin, GLO	Crudo	cu.in	305.139731	5.000355286
22	Water, cooling, unspecified natural origin, GR	Crudo	cu.in	224.8106683	3.683994902
23	Water, cooling, unspecified natural origin, HR	Crudo	cm ³	147.0091665	0.147009167
24	Water, cooling, unspecified natural origin, HU	Crudo	cu.in	83.28938408	1.364871466
25	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, Africa	Crudo	mm ³	845.3735632	0.000845374

26	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, Asia, without China and GCC	Crudo	mm ³	0.644355513	6.44356E-07
27	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, EU27 & EFTA	Crudo	cm ³	4.01514626	0.004015146
28	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, Gulf Cooperation Council	Crudo	mm ³	1.098438451	1.09844E-06
29	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, Russia & RER w/o EU27 & EFTA	Crudo	cm ³	4.483848443	0.004483848
30	Water, cooling, unspecified natural origin, IAI Area, South America	Crudo	mm ³	627.7388138	0.000627739
31	Water, cooling, unspecified natural origin, ID	Crudo	cu.in	176.0336298	2.884680695
32	Water, cooling, unspecified natural origin, IE	Crudo	cm ³	410.8268768	0.410826877

Tabla 7

Inventario de consumo de agua para refrigeración en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
33	Water, cooling, unspecified natural origin, IN	Crudo	dm ³	19.8370575	19.8370575
34	Water, cooling, unspecified natural origin, IR	Crudo	cu.in	289.3053161	4.740875145
35	Water, cooling, unspecified natural origin, IS	Crudo	mm ³	195.7915856	0.000195792
36	Water, cooling, unspecified natural origin, IT	Crudo	cu.in	560.4035613	9.183389199
37	Water, cooling, unspecified natural origin, JP	Crudo	cu.in	557.444334	9.134896046
38	Water, cooling, unspecified natural origin, KR	Crudo	cu.in	449.0556228	7.358719396
39	Water, cooling, unspecified natural origin, LT	Crudo	cm ³	89.0338124	0.089033812
40	Water, cooling, unspecified natural origin, LU	Crudo	cm ³	92.25473332	0.092254733
41	Water, cooling, unspecified natural origin, LV	Crudo	cm ³	124.9680499	0.12496805
42	Water, cooling, unspecified natural origin, MA	Crudo	cm ³	2.848893701	0.002848894
43	Water, cooling, unspecified natural origin, MK	Crudo	cm ³	157.7682851	0.157768285

44	Water, cooling, unspecified natural origin, MT	Crudo	cm ³	82.98632019	0.08298632
45	Water, cooling, unspecified natural origin, MX	Crudo	cu.in	166.103518	2.72195496
46	Water, cooling, unspecified natural origin, MY	Crudo	cu.in	105.8500183	1.734574834
47	Water, cooling, unspecified natural origin, NL	Crudo	cu.in	135.2140364	2.215765936
48	Water, cooling, unspecified natural origin, NO	Crudo	cm ³	91.33121785	0.091331218
49	Water, cooling, unspecified natural origin, NP	Crudo	mm ³	16.06148992	1.60615E-05
50	Water, cooling, unspecified natural origin, OCE	Crudo	mm ³	61.98521163	6.19852E-05
51	Water, cooling, unspecified natural origin, PE	Crudo	cm ³	360.8687548	0.360868755
52	Water, cooling, unspecified natural origin, PH	Crudo	cm ³	1.233553462	0.001233553
53	Water, cooling, unspecified natural origin, PL	Crudo	dm ³	21.48933336	21.48933336
54	Water, cooling, unspecified natural origin, PT	Crudo	cm ³	436.5381901	0.43653819

Tabla 8

Inventario de consumo de agua para refrigeración en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
55	Water, cooling, unspecified natural origin, RER	Crudo	dm ³	58.42946842	58.42946842
56	Water, cooling, unspecified natural origin, RNA	Crudo	cm ³	5.218405931	0.005218406
57	Water, cooling, unspecified natural origin, RO	Crudo	cu.in	197.5091552	3.236602277
58	Water, cooling, unspecified natural origin, RoW	Crudo	dm ³	88.65170926	88.65170926
59	Water, cooling, unspecified natural origin, RS	Crudo	cu.in	220.8967493	3.619857121
60	Water, cooling, unspecified natural origin, RU	Crudo	dm ³	54.31921408	54.31921408
61	Water, cooling, unspecified natural origin, SA	Crudo	cu.in	255.9125199	4.193664055

62	Water, cooling, unspecified natural origin, SE	Crudo	cu.in	187.5094375	3.072735903
63	Water, cooling, unspecified natural origin, SI	Crudo	cu.in	225.7093086	3.69872101
64	Water, cooling, unspecified natural origin, SK	Crudo	cu.in	161.4538416	2.645760248
65	Water, cooling, unspecified natural origin, TH	Crudo	cu.in	98.15505546	1.608476709
66	Water, cooling, unspecified natural origin, TR	Crudo	cu.in	167.4788009	2.744491858
67	Water, cooling, unspecified natural origin, TW	Crudo	cu.in	162.6516356	2.665388618
68	Water, cooling, unspecified natural origin, TZ	Crudo	cm ³	66.806424	0.066806424
69	Water, cooling, unspecified natural origin, UA	Crudo	cu.in	361.7284953	5.927681025
70	Water, cooling, unspecified natural origin, US	Crudo	dm ³	45.97678314	45.97678314
71	Water, cooling, unspecified natural origin, WEU	Crudo	mm ³	183.4997931	0.0001835
72	Water, cooling, unspecified natural origin, ZA	Crudo	cm ³	357.4706498	0.35747065
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA PARA REFRIGERACIÓN (Litros) para 1 m³ de concreto					1517.1522

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 72 países en el mundo sobre uso de agua para refrigeración de origen de agua no especificado que se utiliza en plantas de generación de energía eléctrica necesaria que se distribuirá en el interconectado para el funcionamiento de procesos involucrados de preparación de cemento, agregados, aditivos, transporte.

El total de consumo de agua utilizada para refrigeración de plantas de generación de energía eléctrica asciende a 1517.1522 litros de agua y/o 1.5171522 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1 m³ de concreto se necesita 1.5171522 m³ de agua de origen natural no especificado; este uso de agua es no consuntivo es decir: el agua utilizada es devuelta posteriormente al medio del

cual ha sido extraída; y aplica en porcentajes para la fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

b. Inventario consumo agua para una turbina (Uso no consuntivo)

Tabla 9

Inventario de consumo de agua para turbina en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, turbine use, unspecified natural origin, AT	Crudo	m ³	24.22200584	24222.00584
2	Water, turbine use, unspecified natural origin, AU	Crudo	dm ³	401.4591873	401.4591873
3	Water, turbine use, unspecified natural origin, BA	Crudo	dm ³	186.1962825	186.1962825
4	Water, turbine use, unspecified natural origin, BE	Crudo	cu.in	747.8895268	12.25574047
5	Water, turbine use, unspecified natural origin, BG	Crudo	dm ³	115.8649027	115.8649027
6	Water, turbine use, unspecified natural origin, BR	Crudo	dm ³	852.5042534	852.5042534
7	Water, turbine use, unspecified natural origin, CA	Crudo	m ³	1.244631021	1244.631021
8	Water, turbine use, unspecified natural origin, CH	Crudo	m ³	260.1211243	260121.1243
9	Water, turbine use, unspecified natural origin, CL	Crudo	dm ³	275.7433057	275.7433057
10	Water, turbine use, unspecified natural origin, CN	Crudo	m ³	10.86676356	10866.76356
11	Water, turbine use, unspecified natural origin, CZ	Crudo	dm ³	209.3164623	209.3164623
12	Water, turbine use, unspecified natural origin, DE	Crudo	m ³	4.836483002	4836.483002
13	Water, turbine use, unspecified natural origin, DK	Crudo	cm ³	796.7047277	0.796704728
14	Water, turbine use, unspecified natural origin, EE	Crudo	cm ³	806.7633025	0.806763303
15	Water, turbine use, unspecified natural origin, ES	Crudo	dm ³	685.9112382	685.9112382
16	Water, turbine use, unspecified natural origin, FI	Crudo	dm ³	210.2364153	210.2364153

17	Water, turbine use, unspecified natural origin, FR	Crudo	m ³	93.44909668	93449.09668
18	Water, turbine use, unspecified natural origin, GB	Crudo	dm ³	105.7088524	105.7088524
19	Water, turbine use, unspecified natural origin, GLO	Crudo	cm ³	1.045859676	0.00104586
20	Water, turbine use, unspecified natural origin, GR	Crudo	dm ³	105.2372754	105.2372754
21	Water, turbine use, unspecified natural origin, HR	Crudo	cu.in	714.3771544	11.70656987
22	Water, turbine use, unspecified natural origin, HU	Crudo	cu.in	610.909681	10.01103803

Tabla 10

Inventario de consumo de agua para turbina en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
23	Water, turbine use, unspecified natural origin, ID	Crudo	dm ³	26.78257972	26.78257972
24	Water, turbine use, unspecified natural origin, IE	Crudo	cu.in	946.4004313	15.50875851
25	Water, turbine use, unspecified natural origin, IN	Crudo	dm ³	905.1089115	905.1089115
26	Water, turbine use, unspecified natural origin, IR	Crudo	dm ³	179.2701334	179.2701334
27	Water, turbine use, unspecified natural origin, IS	Crudo	dm ³	192.2144592	192.2144592
28	Water, turbine use, unspecified natural origin, IT	Crudo	m ³	1.156582236	1156.582236
29	Water, turbine use, unspecified natural origin, JP	Crudo	dm ³	674.4683385	674.4683385
30	Water, turbine use, unspecified natural origin, KR	Crudo	dm ³	27.87319571	27.87319571
31	Water, turbine use, unspecified natural origin, LT	Crudo	cu.in	590.3112562	9.673489587
32	Water, turbine use, unspecified natural origin, LU	Crudo	cu.in	926.9614525	15.19021002
33	Water, turbine use, unspecified natural origin, LV	Crudo	dm ³	54.28999662	54.28999662
34	Water, turbine use, unspecified natural origin, MK	Crudo	cu.in	382.5090124	6.268213437
35	Water, turbine use, unspecified natural origin, MX	Crudo	dm ³	460.4924917	460.4924917

36	Water, turbine use, unspecified natural origin, MY	Crudo	dm ³	28.72217074	28.72217074
37	Water, turbine use, unspecified natural origin, NL	Crudo	cu.in	176.8761051	2.898486421
38	Water, turbine use, unspecified natural origin, NO	Crudo	dm ³	88.57690543	88.57690543
39	Water, turbine use, unspecified natural origin, NP	Crudo	dm ³	41.96180031	41.96180031
40	Water, turbine use, unspecified natural origin, PE	Crudo	cu.in	284.327075	4.659296211
41	Water, turbine use, unspecified natural origin, PL	Crudo	dm ³	66.95827097	66.95827097
42	Water, turbine use, unspecified natural origin, PT	Crudo	dm ³	265.9025788	265.9025788
43	Water, turbine use, unspecified natural origin, RER	Crudo	cm ³	359.0459237	0.359045924
44	Water, turbine use, unspecified natural origin, RNA	Crudo	mm ³	224.0130073	0.000224013
45	Water, turbine use, unspecified natural origin, RO	Crudo	dm ³	498.1757998	498.1757998
46	Water, turbine use, unspecified natural origin, RoW	Crudo	m ³	18.23096466	18230.96466

Tabla 11

Inventario de consumo de agua para turbina en preparación de 1 m³ de concretocontinuación

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
47	Water, turbine use, unspecified natural origin, RS	Crudo	dm ³	222.3438025	222.3438025
48	Water, turbine use, unspecified natural origin, RU	Crudo	m ³	4.098170757	4098.170757
49	Water, turbine use, unspecified natural origin, SE	Crudo	m ³	1.588114142	1588.114142
50	Water, turbine use, unspecified natural origin, SI	Crudo	dm ³	354.9670875	354.9670875
51	Water, turbine use, unspecified natural origin, SK	Crudo	dm ³	126.6556084	126.6556084
52	Water, turbine use, unspecified natural origin, TH	Crudo	cu.in	698.8986833	11.45292261
53	Water, turbine use, unspecified natural origin, TR	Crudo	dm ³	286.3664925	286.3664925
54	Water, turbine use, unspecified natural origin, TW	Crudo	dm ³	50.51507428	50.51507428
55	Water, turbine use, unspecified natural origin, TZ	Crudo	cu.in	359.561432	5.892169143

56	Water, turbine use, unspecified natural origin, UA	Crudo	dm ³	188.6566281	188.6566281
57	Water, turbine use, unspecified natural origin, US	Crudo	m ³	2.782712723	2782.712723
58	Water, turbine use, unspecified natural origin, ZA	Crudo	cu.in	279.5328017	4.580731975
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA EN UNA TURBINA (Litros) para 1 m³ de concreto					430597.1908

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 58 países en el mundo sobre uso de agua para el funcionamiento de las turbinas de origen de agua no especificado que se utiliza en plantas de generación de energía eléctrica. El total de consumo de agua utilizada para las turbinas en las plantas de generación de energía eléctrica asciende a 430597.1908 litros de agua y/o 430.5971908 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1m³ de concreto se necesita 430.5971908 m³ de agua de origen natural no especificado; este uso de agua es no consuntivo, es decir: el agua utilizada es devuelta posteriormente al medio del cual ha sido extraída.

c. Inventario consumo agua procedente de lagos (Uso consuntivo)

Tabla 12

Inventario de consumo de agua procedente de lagos en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, lake, CA	Crudo	cm ³	74.4257195	0.07442572
2	Water, lake, CH	Crudo	dm ³	37.79469058	37.79469058
3	Water, lake, CN	Crudo	mm ³	8.022716713	8.02272E-06
4	Water, lake, DE	Crudo	mm ³	298.3071283	0.000298307
5	Water, lake, Europe without Switzerland	Crudo	cm ³	208.8722395	0.208872239
6	Water, lake, GLO	Crudo	mm ³	664.7094324	0.000664709

7	Water, lake, RER	Crudo	mm ³	770.7962482	0.000770796
8	Water, lake, RNA	Crudo	mm ³	0.314192339	3.14192E-07
9	Water, lake, RoW	Crudo	cm ³	734.1788732	0.734178873
10	Water, lake, SE	Crudo	mm ³	0.938698452	9.38698E-07
11	Water, lake, US	Crudo	mm ³	0.331892569	3.31893E-07
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE LAGOS (Litros) para 1 m³ de concreto					38.8139

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 11 países en el mundo sobre consumo de agua de lagos.

El total de consumo de agua asciende a 38.8139 litros de agua y/o 0.0388139 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1 m³ de concreto se necesita 0.0388139 m³ de agua de procedente de lagos; este uso de agua es consuntivo es decir: cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído. Aplica en porcentajes para la fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

d. Inventario consumo agua procedente de ríos (Uso consuntivo)

Tabla 13

Inventario de consumo de agua procedente de ríos en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, river, AT	Crudo	mm ³	21.49398171	2.1494E-05
2	Water, river, AU	Crudo	cm ³	70.00804908	0.070008049
3	Water, river, BE	Crudo	mm ³	135.2564283	0.000135256

4	Water, river, BG	Crudo	mm ³	15.99932631	1.59993E-05
5	Water, river, BR	Crudo	cm ³	180.731382	0.180731382
6	Water, river, CA	Crudo	cu.in	62.75618975	1.028391957
7	Water, river, CH	Crudo	dm ³	79.41036671	79.41036671
8	Water, river, CN	Crudo	cm ³	648.6064233	0.648606423
9	Water, river, CZ	Crudo	mm ³	0.510392673	5.10393E-07
10	Water, river, DE	Crudo	cm ³	552.1229468	0.552122947
11	Water, river, DK	Crudo	mm ³	45.48491717	4.54849E-05
12	Water, river, ES	Crudo	cm ³	45.37259156	0.045372592
13	Water, river, Europe without Switzerland	Crudo	cu.in	289.9387177	4.75125476
14	Water, river, FI	Crudo	mm ³	26.3742912	2.63743E-05
15	Water, river, FR	Crudo	cm ³	8.234249435	0.008234249
16	Water, river, GB	Crudo	mm ³	137.0675591	0.000137068
17	Water, river, GLO	Crudo	cm ³	934.4005375	0.934400538
18	Water, river, HU	Crudo	mm ³	12.41503345	1.2415E-05
19	Water, river, IN	Crudo	cm ³	277.0583132	0.277058313
20	Water, river, IT	Crudo	mm ³	907.3762044	0.000907376
21	Water, river, JP	Crudo	mm ³	0.007252954	7.25295E-09
22	Water, river, KR	Crudo	cm ³	91.78736946	0.091787369
23	Water, river, LU	Crudo	mm ³	0.380236981	3.80237E-07
24	Water, river, MY	Crudo	cm ³	37.81151463	0.037811515
25	Water, river, NL	Crudo	mm ³	117.3904849	0.00011739
26	Water, river, NO	Crudo	mm ³	13.68184765	1.36818E-05
27	Water, river, PE	Crudo	mm ³	13.40413558	1.34041E-05
28	Water, river, PH	Crudo	cm ³	181.8708988	0.181870899
29	Water, river, PL	Crudo	mm ³	2.369984209	2.36998E-06
30	Water, river, PT	Crudo	mm ³	8.178099087	8.1781E-06
31	Water, river, RAS	Crudo	cu.in	86.83415975	1.422960059
32	Water, river, RER	Crudo	cu.in	934.9602719	15.32128747
33	Water, river, RLA	Crudo	cm ³	357.410463	0.357410463
34	Water, river, RNA	Crudo	cm ³	626.8891157	0.626889116
35	Water, river, RO	Crudo	cm ³	122.4634034	0.122463403
36	Water, river, RoW	Crudo	dm ³	46.61210626	46.61210626

Tabla 14

Inventario de consumo de agua procedente de ríos en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
37	Water, river, RU	Crudo	cm ³	70.5163402	0.07051634
38	Water, river, SE	Crudo	cm ³	1.744263272	0.001744263
39	Water, river, SK	Crudo	mm ³	0.037517139	3.75171E-08
40	Water, river, TN	Crudo	cm ³	1.777749503	0.00177775
41	Water, river, TZ	Crudo	mm ³	204.2262253	0.000204226
42	Water, river, US	Crudo	cm ³	293.5289231	0.293528923
43	Water, river, WEU	Crudo	mm ³	0.019528299	1.95283E-08
44	Water, river, ZA	Crudo	cm ³	66.85922563	0.066859226
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE RÍOS (Litros) para 1 m³ de concreto					153.1172

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 44 países en el mundo sobre consumo de agua procedente de ríos.

El total de consumo de agua utilizada asciende a 153.1172 litros de agua y/o 0.1531172 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1m³ de concreto se necesita 0.1531172 m³ de agua procedente de ríos; este uso de agua es consuntivo es decir: cuando el agua, una vez usada,

no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído. Aplica en porcentajes para la fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

e. Inventario consumo agua procedente de pozos (Uso consuntivo)

Tabla 15

Inventario de consumo de agua procedente de pozos en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH}	Total (litros)
				production, with cement CEM II/A APOS, S	
1	Water, well, AT	Crudo	mm ³	0.0491856	4.91856E-08
2	Water, well, AU	Crudo	cm ³	744.1312191	0.744131219
3	Water, well, BE	Crudo	mm ³	0.309253123	3.09253E-07
4	Water, well, BG	Crudo	mm ³	0.012194113	1.21941E-08
5	Water, well, BR	Crudo	cm ³	41.70573811	0.041705738
6	Water, well, CA	Crudo	cm ³	63.73548013	0.06373548
7	Water, well, CH	Crudo	dm ³	106.125541	106.125541
8	Water, well, CN	Crudo	cu.in	150.5642501	2.467311422
9	Water, well, CZ	Crudo	mm ³	0.000388644	3.88644E-10
10	Water, well, DE	Crudo	cm ³	22.2253384	0.022225338
11	Water, well, DK	Crudo	mm ³	0.03464672	3.46467E-08

12	Water, well, ES	Crudo	cm ³	26.75710493	0.026757105
13	Water, well, Europe without Switzerland	Crudo	cm ³	752.5564288	0.752556429
14	Water, well, Europe, without Russia and Turkey	Crudo	cu.in	132.9103755	2.178015614
15	Water, well, FI	Crudo	mm ³	0.020083341	2.00833E-08
16	Water, well, FR	Crudo	cm ³	6.500658856	0.006500659
17	Water, well, GB	Crudo	mm ³	0.104468996	1.04469E-07
18	Water, well, GLO	Crudo	cm ³	576.0245258	0.576024526
19	Water, well, HU	Crudo	mm ³	0.009459017	9.45902E-09
20	Water, well, ID	Crudo	cm ³	595.5357337	0.595535734
21	Water, well, IN	Crudo	cu.in	104.6356788	1.714675332
22	Water, well, IS	Crudo	mm ³	0.273774364	2.73774E-07
23	Water, well, IT	Crudo	mm ³	0.984664017	9.84664E-07
24	Water, well, JP	Crudo	mm ³	0.137149916	1.3715E-07
25	Water, well, LU	Crudo	mm ³	0.000869407	8.69407E-10
26	Water, well, MA	Crudo	mm ³	319.3919724	0.000319392
27	Water, well, MX	Crudo	mm ³	0.305670905	3.05671E-07
28	Water, well, MY	Crudo	cm ³	3.287957725	0.003287958
29	Water, well, NL	Crudo	mm ³	0.085347431	8.53474E-08
30	Water, well, NO	Crudo	mm ³	0.010417484	1.04175E-08
31	Water, well, NORDEL	Crudo	mm ³	336.1321887	0.000336132

32	Water, well, PE	Crudo	mm ³	21.73526248	2.17353E-05
33	Water, well, PG	Crudo	cm ³	1.417951353	0.001417951

Tabla 16

Inventario de consumo de agua procedente de pozos en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH}	
				production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
34	Water, well, PH	Crudo	cm ³	28.43310176	0.028433102
35	Water, well, PL	Crudo	mm ³	0.001806261	1.80626E-09
36	Water, well, PT	Crudo	mm ³	0.013905177	1.39052E-08
37	Water, well, RER	Crudo	cu.in	324.8945865	5.324080078
38	Water, well, RLA	Crudo	cm ³	950.3443725	0.950344373
39	Water, well, RNA	Crudo	cm ³	440.4264037	0.440426404
40	Water, well, RoW	Crudo	dm ³	18.26717891	18.26717891
41	Water, well, RU	Crudo	cu.in	95.12558993	1.558832555
42	Water, well, SE	Crudo	mm ³	277.5070698	0.000277507
43	Water, well, SK	Crudo	mm ³	2.8595E-05	2.8595E-11
44	Water, well, TH	Crudo	mm ³	5.25479E-05	5.25479E-11
45	Water, well, TN	Crudo	cm ³	2.734305099	0.002734305

46	Water, well, TR	Crudo	mm ³	2.644755748	2.64476E-06
47	Water, well, US	Crudo	cm ³	435.589646	0.435589646
48	Water, well, WEU	Crudo	mm ³	0.758858365	7.58858E-07
49	Water, well, ZA	Crudo	cm ³	71.64872659	0.071648727
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE POZOS (Litros) para 1 m³					142.3997
					de concreto

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 49 países en el mundo sobre consumo de agua procedente de ríos. El total de consumo de agua utilizada asciende a 142.3997 litros de agua y/o 0.1423997 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1m³ de concreto se necesita 0.1423997 m³ de agua procedente de pozos; este uso de agua es consuntivo es decir: cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído. Aplica en porcentajes para la fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

f. Inventario consumo agua de origen desconocido (Uso consuntivo)

Tabla 17

Inventario de consumo de agua de origen desconocido en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, unspecified natural origin, AT	Crudo	mm ³	11.34544991	1.13454E-05

2	Water, unspecified natural origin, AU	Crudo	mm ³	0.083509463	8.35095E-08
3	Water, unspecified natural origin, BE	Crudo	mm ³	237.1220091	0.000237122
4	Water, unspecified natural origin, BG	Crudo	mm ³	4.045683344	4.04568E-06
5	Water, unspecified natural origin, BR	Crudo	mm ³	236.4359695	0.000236436
6	Water, unspecified natural origin, CA	Crudo	cm ³	44.4131183	0.044413118
7	Water, unspecified natural origin, CH	Crudo	m ³	1.994470008	1994.470008
8	Water, unspecified natural origin, CL	Crudo	mm ³	1.929812532	1.92981E-06
9	Water, unspecified natural origin, CN	Crudo	cm ³	162.8689996	0.162869
10	Water, unspecified natural origin, CO	Crudo	mm ³	35.8920218	3.5892E-05
11	Water, unspecified natural origin, CZ	Crudo	mm ³	275.7380742	0.000275738
12	Water, unspecified natural origin, DE	Crudo	cm ³	2.600308636	0.002600309
13	Water, unspecified natural origin, DK	Crudo	mm ³	11.51866513	1.15187E-05
14	Water, unspecified natural origin, EE	Crudo	mm ³	0.925600541	9.25601E-07
15	Water, unspecified natural origin, ES	Crudo	mm ³	107.5985026	0.000107599
16	Water, unspecified natural origin, Europe without Switzerland	Crudo	cm ³	313.1178964	0.313117896
17	Water, unspecified natural origin, FI	Crudo	mm ³	39.61979189	3.96198E-05
18	Water, unspecified natural origin, FR	Crudo	cm ³	1.241035193	0.001241035
19	Water, unspecified natural origin, GB	Crudo	mm ³	36.2544057	3.62544E-05
20	Water, unspecified natural origin, GLO	Crudo	cu.in	175.2383338	2.871648099
21	Water, unspecified natural origin, HN	Crudo	mm ³	23.32845739	2.33285E-05
22	Water, unspecified natural origin, HU	Crudo	mm ³	9.90545157	9.90545E-06

Tabla 18

Inventario de consumo de agua de origen desconocido en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
23	Water, unspecified natural origin, IAI Area, Africa	Crudo	cm ³	9.270113878	0.009270114
24	Water, unspecified natural origin, IAI Area, Asia, without China and GCC	Crudo	cm ³	16.44145777	0.016441458
25	Water, unspecified natural origin, IAI Area, EU27 & EFTA	Crudo	cm ³	43.48367293	0.043483673
26	Water, unspecified natural origin, IAI Area, Gulf Cooperation Council	Crudo	mm ³	829.1856375	0.000829186
27	Water, unspecified natural origin, IAI Area, Russia & RER w/o EU27 & EFTA	Crudo	cm ³	66.89583824	0.066895838
28	Water, unspecified natural origin, IAI Area, South America	Crudo	cm ³	18.53030517	0.018530305
29	Water, unspecified natural origin, ID	Crudo	mm ³	56.86872484	5.68687E-05
30	Water, unspecified natural origin, IN	Crudo	cm ³	19.84840852	0.019848409
31	Water, unspecified natural origin, IT	Crudo	mm ³	650.3176451	0.000650318
32	Water, unspecified natural origin, JP	Crudo	mm ³	691.5574886	0.000691557
33	Water, unspecified natural origin, KR	Crudo	mm ³	227.9846285	0.000227985
34	Water, unspecified natural origin, LU	Crudo	mm ³	0.147956911	1.47957E-07
35	Water, unspecified natural origin, MX	Crudo	mm ³	0.094626001	9.4626E-08
36	Water, unspecified natural origin, NL	Crudo	mm ³	247.6529346	0.000247653
37	Water, unspecified natural origin, NO	Crudo	mm ³	14.1415466	1.41415E-05
38	Water, unspecified natural origin, OCE	Crudo	cm ³	18.61199962	0.018612
39	Water, unspecified natural origin, PG	Crudo	mm ³	164.1838452	0.000164184
40	Water, unspecified natural origin, PH	Crudo	mm ³	308.3883655	0.000308388
41	Water, unspecified natural origin, PL	Crudo	mm ³	49.76597978	4.9766E-05
42	Water, unspecified natural origin, PT	Crudo	mm ³	2.068491822	2.06849E-06
43	Water, unspecified natural origin, RAF	Crudo	cm ³	608.9247181	0.608924718

Tabla 19

Inventario de consumo de agua de origen desconocido en preparación de 1 m³ de concreto ...continuación

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
44	Water, unspecified natural origin, RER	Crudo	cu.in	130.8232119	2.143813055
45	Water, unspecified natural origin, RER w/o CH+DE	Crudo	mm ³	0.038819333	3.88193E-08
46	Water, unspecified natural origin, RLA	Crudo	cm ³	7.168133834	0.007168134
47	Water, unspecified natural origin, RME	Crudo	cu.in	365.3956036	5.987774295
48	Water, unspecified natural origin, RNA	Crudo	cm ³	197.5241177	0.197524118
49	Water, unspecified natural origin, RoW	Crudo	dm ³	973.7859297	973.7859297
50	Water, unspecified natural origin, RU	Crudo	cm ³	852.0571282	0.852057128
51	Water, unspecified natural origin, SE	Crudo	mm ³	90.59999684	9.06E-05
52	Water, unspecified natural origin, SK	Crudo	mm ³	0.392035016	3.92035E-07
53	Water, unspecified natural origin, TH	Crudo	mm ³	1.798803662	1.7988E-06
54	Water, unspecified natural origin, TR	Crudo	mm ³	39.7532034	3.97532E-05
55	Water, unspecified natural origin, TW	Crudo	mm ³	0.604807537	6.04808E-07
56	Water, unspecified natural origin, UA	Crudo	mm ³	17.77897118	1.7779E-05
57	Water, unspecified natural origin, US	Crudo	cm ³	14.12412394	0.014124124
58	Water, unspecified natural origin, VN	Crudo	mm ³	105.9721981	0.000105972
59	Water, unspecified natural origin, WEU	Crudo	mm ³	23.33730542	2.33373E-05
60	Water, unspecified natural origin, ZA	Crudo	cm ³	24.40736898	0.024407369
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA DE ORIGEN DESCONOCIDO (Litros) para 1 m³ de concreto					2981.6853

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 60 países en el mundo sobre consumo de agua procedente de ríos.

El total de consumo de agua utilizada asciende a 2981.6853 litros de agua y/o 2.9816853 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1m³ de concreto se necesita 2.9816853m³ de agua de origen desconocido; este uso de agua es consuntivo es decir: cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído. Aplica en porcentajes para la fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

g. Inventario consumo agua de origen marino

Tabla 20

Inventario consumo de agua de origen marino en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (litros)
1	Water, salt, ocean	Crudo	cu.in	211.3168555	3.462870443
2	Water, salt, sole	Crudo	cu.in	188.175859	3.083656618
TOTAL, DE AGUA UTILIZADA DE ORIGEN MARINO (Litros) para 1 m³ de concreto					6.5465

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de agua salada en el mundo sobre consumo de agua procedente de océanos.

El total de consumo de agua utilizada asciende a 6.5465 litros de agua y/o 0.0065465 m³ de agua, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida para la preparación de 1m³ de concreto se necesita 0.0065465 m³ de agua de origen marino; esta cantidad de agua es utilizada es de uso no cosuntivo

en el funcionamiento de plantas hidroeléctricas para la generación de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de plantas industriales y generación de combustibles necesarios para los insumos de cemento, aditivos y agregados.

El uso no consuntivo se entiende como uso indirecto de agua dentro del ciclo de vida de preparación de concreto no interviniendo directamente su consumo en la etapa final del presente estudio.

h. Consolidado inventario uso no consuntivo de agua

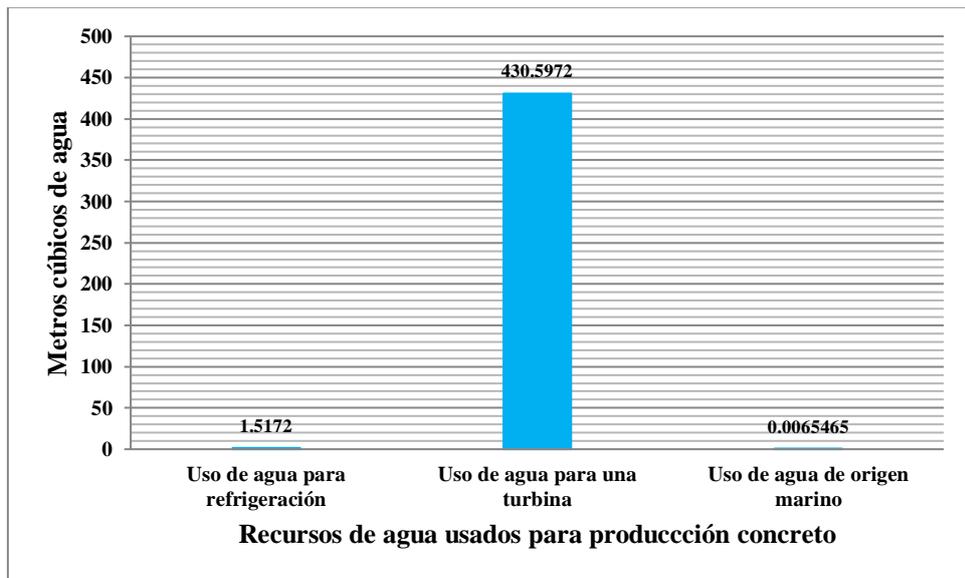
Tabla 21

Uso no consuntivo de agua

Sustancia	Unidad	Cantidad
Uso de agua para refrigeración	m ³	1.5172
Uso de agua para una turbina	m ³	430.597191
Uso de agua de origen marino	m ³	0.0065465
TOTAL, USO DE AGUA	m³	432.120938

Figura 7

Uso no consuntivo de agua para producción de 1m³ de concreto



Recursos de agua de uso no consuntivo para producción de 1m^3 de concreto

En la figura 7, se puede observar que más del 90.00% de uso de agua no consuntivo es dirigida al funcionamiento de las turbinas de plantas hidroeléctricas siendo de 430.5972 m^3 , un 1.5172 m^3 utilizados en refrigeración en plantas hidroeléctricas y 0.065465 m^3 de agua de uso marino para menores eventos. Cabe señalar que estas cantidades se encuentran contabilizadas como uso indirecto de agua que no se tendría en consideración al momento del cálculo de agua en la preparación de 1m^3 de concreto en las diferentes obras de construcción a cargo de la empresa.

i. Consolidado inventario consumo de agua para producción de concreto

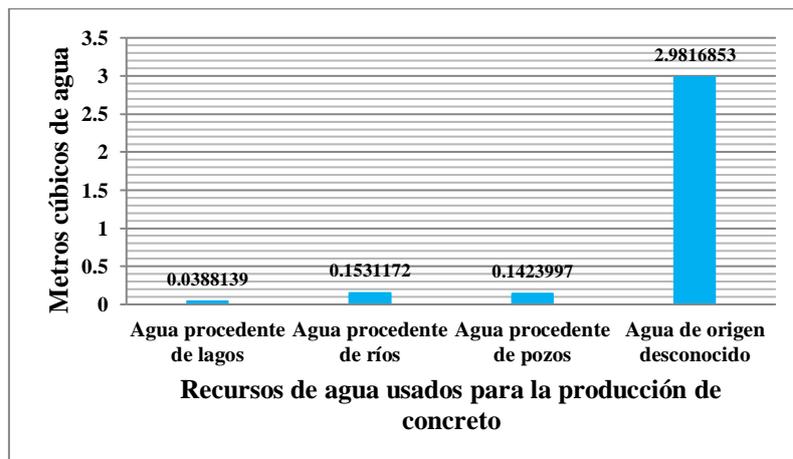
Tabla 22

Uso consuntivo de agua

Sustancia	Unidad	Cantidad
Agua procedente de lagos	m ³	0.0388139
Agua procedente de ríos	m ³	0.1531172
Agua procedente de pozos	m ³	0.1423997
Agua de origen desconocido	m ³	2.9816853
TOTAL, USO DE AGUA	m³	3.3160161

Figura 8

Uso consuntivo de agua para producción de 1m³ de concreto



En la figura 8, se puede observar que más del 90.00% de uso de agua consuntivo es de origen desconocido siendo de 2.9816853 m³, seguido de un 0.1531172 m³ de agua procedente de ríos, 0.1423997 m³ de agua procedente de pozos y un 0.0388139 m³ de agua procedente de lagos. Cabe señalar que estas cantidades se encuentran contabilizadas como directo de

agua que se tendría en consideración al momento del cálculo de 1m³ de concreto en las diferentes obras de construcción a cargo de la empresa.

j. Inventario de agua residual producida

Tabla 23

Inventario de generación de agua residual en preparación de 1 m³ de concreto

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (m ³)
1	Water, AR	Agua	cm ³	5.601703037	5.6017E-06
2	Water, AT	Agua	m ³	24.2226202	24.2226202
3	Water, AU	Agua	dm ³	407.0193172	0.407019317
4	Water, BA	Agua	dm ³	186.4564121	0.186456412
5	Water, BE	Agua	cu.in	860.5616236	0.014102109
6	Water, BG	Agua	dm ³	117.5350049	0.117535005
7	Water, BR	Agua	dm ³	851.4799705	0.85147997
8	Water, CA	Agua	m ³	1.247296182	1.247296182
9	Water, CH	Agua	m ³	260.7392434	260.7392434
10	Water, CI	Agua	cm ³	18.95693117	1.89569E-05
11	Water, CL	Agua	dm ³	276.2998284	0.276299828
12	Water, CN	Agua	m ³	10.93464403	10.93464403
13	Water, CO	Agua	mm ³	794.5531308	7.94553E-07
14	Water, CR	Agua	mm ³	219.0193698	2.19019E-07
15	Water, CY	Agua	cm ³	66.07386604	6.60739E-05
16	Water, CZ	Agua	dm ³	274.170229	0.274170229
17	Water, DE	Agua	m ³	4.991925414	4.991925414
18	Water, DK	Agua	cu.in	61.90076233	0.001014374
19	Water, EC	Agua	cm ³	2.487266158	2.48727E-06
20	Water, EE	Agua	cu.in	82.49295758	0.00135182
21	Water, ES	Agua	dm ³	690.4090907	0.690409091
22	Water, Europe without Switzerland	Agua	cu.in	73.60112335	0.001206109
23	Water, Europe, without Russia and Turkey	Agua	cu.in	147.7240022	0.002420768
24	Water, FI	Agua	dm ³	211.3090467	0.211309047
25	Water, FR	Agua	m ³	93.68557296	93.68557296

26	Water, GB	Agua	dm ³	112.0256239	0.112025624
27	Water, GH	Agua	cm ³	18.60058887	1.86006E-05
28	Water, GLO	Agua	cu.in	589.9405121	0.009667414
29	Water, GR	Agua	dm ³	108.8548005	0.1088548
30	Water, HN	Agua	mm ³	23.32845739	2.33285E-08
31	Water, HR	Agua	cu.in	711.8325793	0.011664872
32	Water, HU	Agua	cu.in	693.932438	0.01137154

Tabla 24

*Inventario de generación de agua residual en preparación de 1 m³ de concreto
....continuación*

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (m ³)
33	Water, IAI Area, Africa	Agua	cm ³	72.12000833	7.212E-05
34	Water, IAI Area, Asia, without China and GCC	Agua	cm ³	92.48848892	9.24885E-05
35	Water, IAI Area, EU27 & EFTA	Agua	cm ³	257.4916525	0.000257492
36	Water, IAI Area, Gulf Cooperation Council	Agua	cm ³	384.7446933	0.000384745
37	Water, IAI Area, Russia & RER w/o EU27 & EFTA	Agua	cm ³	183.1657501	0.000183166
38	Water, IAI Area, South America	Agua	cm ³	31.8111303	3.18111E-05
39	Water, ID	Agua	dm ³	30.20886305	0.030208863
40	Water, IE	Agua	cu.in	971.7877586	0.015924783
41	Water, IL	Agua	mm ³	79.51643849	7.95164E-08
42	Water, IN	Agua	dm ³	925.8850725	0.925885073
43	Water, IR	Agua	dm ³	184.0633005	0.1840633
44	Water, IS	Agua	dm ³	191.5212125	0.191521212
45	Water, IT	Agua	m ³	1.163794748	1.163794748
46	Water, JP	Agua	dm ³	683.3125949	0.683312595
47	Water, KR	Agua	dm ³	35.02287419	0.035022874
48	Water, LT	Agua	cu.in	595.4553639	0.009757787
49	Water, LU	Agua	cu.in	932.6351552	0.015283186
50	Water, LV	Agua	dm ³	54.41694334	0.054416943
51	Water, MA	Agua	cm ³	1.955746029	1.95575E-06
52	Water, MK	Agua	cu.in	391.212729	0.006410842
53	Water, MT	Agua	cm ³	82.70594844	8.27059E-05
54	Water, MX	Agua	dm ³	463.251293	0.463251293
55	Water, MY	Agua	dm ³	30.40299001	0.03040299

56	Water, NL	Agua	cu.in	298.6526604	0.004894051
57	Water, NO	Agua	dm ³	85.75143352	0.085751434
58	Water, NORDEL	Agua	mm ³	285.7123604	2.85712E-07
59	Water, NP	Agua	dm ³	41.96181521	0.041961815
60	Water, NZ	Agua	mm ³	1.709281328	1.70928E-09
61	Water, OCE	Agua	cm ³	12.93138595	1.29314E-05
62	Water, PE	Agua	cu.in	296.5218823	0.004859134
63	Water, PG	Agua	cm ³	1.344815018	1.34482E-06
64	Water, PH	Agua	cm ³	69.40886351	6.94089E-05
65	Water, PL	Agua	dm ³	85.753795	0.085753795
66	Water, PT	Agua	dm ³	266.2561083	0.266256108
67	Water, RAF	Agua	cm ³	517.5860133	0.000517586

Tabla 25

*Inventario de generación de agua residual en preparación de 1 m³ de concreto
....continuación*

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Total (m ³)
68	Water, RAS	Agua	cm ³	698.1721381	0.000698172
69	Water, RER	Agua	dm ³	43.08112465	0.043081125
70	Water, RLA	Agua	cu.in	67.3878638	0.001104292
71	Water, RME	Agua	cu.in	310.586246	0.005089608
72	Water, RNA	Agua	cu.in	67.94124083	0.00111336
73	Water, RO	Agua	dm ³	501.2422674	0.501242267
74	Water, RoW	Agua	m ³	18.32640825	18.32640825
75	Water, RS	Agua	dm ³	225.8483171	0.225848317
76	Water, RU	Agua	m ³	4.151184028	4.151184028
77	Water, SA	Agua	cu.in	256.9054742	0.004209936
78	Water, SE	Agua	m ³	1.590906166	1.590906166
79	Water, SI	Agua	dm ³	358.5938513	0.358593851
80	Water, SK	Agua	dm ³	129.1823108	0.129182311
81	Water, TH	Agua	cu.in	796.1750184	0.013047
82	Water, TR	Agua	dm ³	288.9668326	0.288966833
83	Water, TW	Agua	dm ³	53.14881355	0.053148814
84	Water, TZ	Agua	cu.in	362.3901712	0.005938524

85	Water, UA	Agua	dm ³	194.5919142	0.194591914
86	Water, UCTE	Agua	mm ³	24.99355034	2.49936E-08
87	Water, UCTE without Germany	Agua	mm ³	12.82174722	1.28217E-08
88	Water, US	Agua	m ³	2.828495297	2.828495297
89	Water, VN	Agua	cm ³	1.773282946	1.77328E-06
90	Water, WEU	Agua	mm ³	131.5657983	1.31566E-07
91	Water, ZA	Agua	cu.in	304.3128422	0.004986805
92	Water/m ³	Agua	cm ³	36.10637941	3.61064E-05
CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL (m³) para 1m³ de concreto					432.1380891

La huella hídrica gris de la preparación de 1m³ de concreto es un indicador de la cantidad de agua dulce contaminada que se puede asociar con el proceso.

El presente inventario toma la base de datos sistematizada de 92 países en el mundo sobre generación de agua residual producida. El total de agua residual generada asciende a 432.1380891 m³, lo cual indica que en el análisis de ciclo de vida aplica en porcentajes para funcionamiento de plantas hidroeléctricas, fabricación de cemento, lavado de agregados, fabricación de aditivos y la preparación de concreto dentro de las instalaciones de las obras de construcción de la empresa.

k. Inventario de contaminantes producidos

Tabla 26

Contaminantes disueltos en agua residual

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S
1	1,3-Dioxolan-2-one	Agua	mg	1.915489747
2	Acetic acid	Agua	mg	2.007884689
3	Acetone	Agua	mg	1.371532585
4	Acidity, unspecified	Agua	mg	2.198799017
5	Aluminium	Agua	mg	144.1250784
6	Ammonium, ion	Agua	mg	111.0492512
7	Antimony	Agua	mg	3.753949451
8	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Agua	mg	5.13424234
9	Arsenic	Agua	mg	43.94759623
10	Barite	Agua	mg	523.5437384
11	Barium	Agua	mg	271.343354
12	Benzene	Agua	mg	37.23462214
13	Benzene, 1,2-dichloro-	Agua	mg	4.445817012
14	Benzene, chloro-	Agua	mg	7.290723261
15	Benzene, ethyl-	Agua	mg	6.073204336
16	Bisphenol A	Agua	mg	1.144671842
17	BODs, Biological Oxygen Demand	Agua	g	50.4310877
18	Boron	Agua	mg	224.0974837
19	Bromate	Agua	mg	2.160186568
20	Bromide	Agua	mg	2.108510444
21	Bromine	Agua	mg	349.9019676
22	Cadmium	Agua	mg	1.027328173
23	Calcium	Agua	g	19.38183955
24	Carbonate	Agua	mg	45.26163269
25	Carboxylic acids, unspecified	Agua	g	1.069633716
26	Chlorate	Agua	mg	19.9336173
27	Chloride	Agua	g	226.8221874
28	Chlorides, unspecified	Agua	mg	119.7695456
29	Chlorinated solvents, unspecified	Agua	mg	4.839068879
32	Chromium VI	Agua	mg	41.84178903

Tabla 27*Contaminantes disueltos en agua residual.... continuación*

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S
33	Cobalt	Agua	mg	1.287509495
34	COD, Chemical Oxygen Demand	Agua	g	51.71492905
35	Copper	Agua	mg	6.819475075
36	Cumene	Agua	mg	9.879765457
37	Cyanide	Agua	mg	17.99404856
38	DOC, Dissolved Organic Carbon	Agua	g	15.73987417
39	Ethene	Agua	mg	4.547277058
40	Fluoride	Agua	mg	103.7788616
41	Fluosilicic acid	Agua	mg	1.919096881
42	Formaldehyde	Agua	mg	1.068471761
43	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Agua	mg	32.70925583
44	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Agua	mg	3.019728132
45	Hydrocarbons, aromatic	Agua	mg	134.0989602
46	Hydrocarbons, unspecified	Agua	mg	29.87956555
47	Hydrogen carbonate	Agua	mg	75.07566625
48	Hydrogen chloride	Agua	mg	11.64048354
49	Hypochlorite	Agua	mg	2.336693404
50	Iodide	Agua	mg	26.5429807
51	Iron	Agua	g	6.478909044
52	Lead	Agua	mg	7.887028062
53	Lithium	Agua	mg	386.5649926
54	Magnesium	Agua	g	4.474552246
55	Manganese	Agua	mg	120.8995171
56	Methane, dichloro-, HCC-30	Agua	mg	3.22097344
57	Methanol	Agua	mg	1.95927224
58	Molybdenum	Agua	mg	12.16268964
59	Nickel	Agua	mg	9.483307988
60	Nitrate	Agua	g	2.978232344
61	Nitrite	Agua	mg	1.292242246
62	Nitrogen, atmospheric	Agua	mg	76.7368144
63	Nitrogen, organic bound	Agua	mg	137.6114129

64	Oils, unspecified	Agua	g	15.66998629
65	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Agua	mg	1.865350818
66	Phenol	Agua	mg	29.36687085
67	Phosphate	Agua	g	10.25583681

Tabla 28

Contaminantes en agua residual continuación

Nº	Sustancia	Compartimento	Unidad	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S
68	Phosphorus	Agua	mg	8.588753584
69	Potassium	Agua	g	2.567334402
70	Propene	Agua	mg	12.49571778
71	Propylene oxide	Agua	mg	1.595630465
72	Rubidium	Agua	mg	2.516096572
73	Scandium	Agua	mg	1.039986699
74	Selenium	Agua	mg	1.937172689
75	Silicon	Agua	mg	603.6184005
76	Silicon dioxide	Agua	mg	1.513552547
77	Silver	Agua	mg	1.019937346
78	Sodium	Agua	g	92.88180945
79	Solids, inorganic	Agua	g	14.25358384
80	Strontium	Agua	mg	562.2575572
81	Sulfate	Agua	g	111.7231006
82	Sulfide	Agua	mg	1.162428106
83	Sulfite	Agua	mg	6.84442662
84	Sulfur	Agua	mg	76.78543057
85	Suspended solids, unspecified	Agua	g	24.86726933
86	Titanium	Agua	mg	7.260808284
87	TOC, Total Organic Carbon	Agua	g	15.82573882
88	Toluene	Agua	mg	32.81362063
89	Tributyltin compounds	Agua	mg	1.167002438
90	Tungsten	Agua	mg	2.048572071
91	Vanadium	Agua	mg	1.76263528
92	VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Agua	mg	91.46420416

93	Xylene	Agua	mg	25.94455819
94	Zinc	Agua	mg	132.4311115

En la tabla 28; se identifica la cantidad de contaminantes presentes a lo largo de todo el ciclo de vida desde las plantas hidroeléctricas, preparación de cemento, aditivos, agregados y adicionalmente la preparación de concreto en las obras de construcción a cargo de la empresa, no se cuentan datos específicos en los registros de la empresa para un minucioso detalle.

Encontramos 94 tipos de contaminantes de los cuales la mayor cantidad se centran en demanda química de oxígeno – DQO en 51.71492905 gr., demanda biológica de oxígeno – DBO en 50.4310877 gr., cloruros 226.8221874 gr., nitratos 2.978232344 gr., aceites no especificados 15.66998629 gr., fosfatos 10.25583681 gr., sólidos inorgánicos 14.25358384 gr., sulfatos 111.7231006 gr., sólidos en suspensión no especificados 24.86726933 gr., carbono orgánico total – COT 15.82573882 gr.

3.4. Determinación de huella hídrica

a. Cálculo de huella hídrica azul “de la cuna a la puerta”

Tabla 29

Huella hídrica azul “de la cuna a la puerta”

ID	Agua (Uso no consuntivo)	Cantidad	
		litros	metros cúbicos
1	Uso de agua para refrigeración	1517.1522	1.5171522
2	Uso de agua para una turbina	430597.191	430.597191
Total		432114.3432	432.1143432
Agua (Uso consuntivo)		Cantidad	
		litros	metros cúbicos
3	Uso de agua procedente de lagos	38.8139	0.0388139
4	Uso de agua procedente de ríos	153.1172	0.1531172
5	Uso de agua procedente de pozos	142.3997	0.1423997
6	Uso de agua de origen desconocido	2981.6853	2.9816853
Total		3316.0161	3.3160161
Total, huella hídrica azul		435430.3593	435.4303593

La huella hídrica azul se considera su cálculo siguiendo el enfoque de análisis de ciclo de vida de los insumos necesarios para la preparación de concreto; así mismo el consumo de agua dentro de las obras de construcción de la organización. El cálculo resulta de la suma de uso de agua en forma consuntiva que asciende a 3.3160161 m³ y no consuntiva la cual asciende a 432.1143432 m³, obteniéndose un total de huella hídrica azul de 435.4303593 m³; siendo este resultado el referente de huella hídrica azul en el año base de actividad de la empresa.

Cabe mencionar que el uso consuntivo del agua incluida en el cálculo es: uso de agua procedente de lagos, uso de agua procedente de ríos, uso de agua procedente de pozos y uso de agua de origen desconocido.

El uso no consuntivo de agua incluye a uso de agua para refrigeración y uso de agua para turbina; centrándose principalmente en plantas hidroeléctricas de generación de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de industrias cementeras y producción de combustible.

b. Cálculo de huella hídrica verde

Huella hídrica verde se refiere al consumo de agua de lluvia que no se llega a convertir en escorrentía superficial; siendo el volumen de agua de lluvia que se evapora y evapotranspira por las plantas o incorporada en el producto, que se consume antes de que se integre en corrientes de agua superficial y/o subterránea. Para las diferentes obras de construcción realizados por la empresa no se colectó agua de lluvia para un posterior uso dentro del proceso de preparación de concreto por lo que la huella hídrica verde se considera como 0 m³.

c. Cálculo de huella hídrica gris

Huella hídrica gris se refiere aquella agua con mezcla de contaminantes generados en el enfoque de ciclo de vida de preparación de 1m³ de concreto el cual asciende a 432.138015 m³.

d. Huella hídrica “de la puerta a la puerta”

Tabla 30

Huella Hídrica “de la puerta a la puerta”

Huella hídrica azul (m³)	Huella hídrica verde (m³)	Huella hídrica gris (m³)	Total, huella hídrica (m³)
435.430359	0	432.138015	3.260209

La forma aproximada de cálculo de huella hídrica azul “de la puerta a la puerta”; es decir aquella agua que se consume dentro de las obras de construcción de la empresa para la preparación de 1 m³ de concreto asciende a 3.260209 m³ la cual resulta de la sustracción entre la huella hídrica azul total 435.430359 m³, huella hídrica verde 0 m³ y la huella hídrica gris total 432.138015 m³.

Tabla 31

Huella hídrica en un año de desempeño

Producto	Total, huella hídrica (m³)	m³ Agua utilizada en 1 año por empresa	Huella hídrica en 1 año (m³)
1 m ³ de concreto	3.260209	226.76	739.2849928

Una vez obtenida la huella hídrica para 1 m³ de preparación de concreto se procede a multiplicar la misma por la cantidad de metros cúbicos de concreto preparado en el año base de la empresa que asciende a 226.76 m³ en donde se

incluye todas sus obras de construcción a su cargo. El resultado entonces del año base tomado para huella hídrica es de 739.2849928 m³.

3.5. Categorización de impactos ambientales identificados

Tabla 32

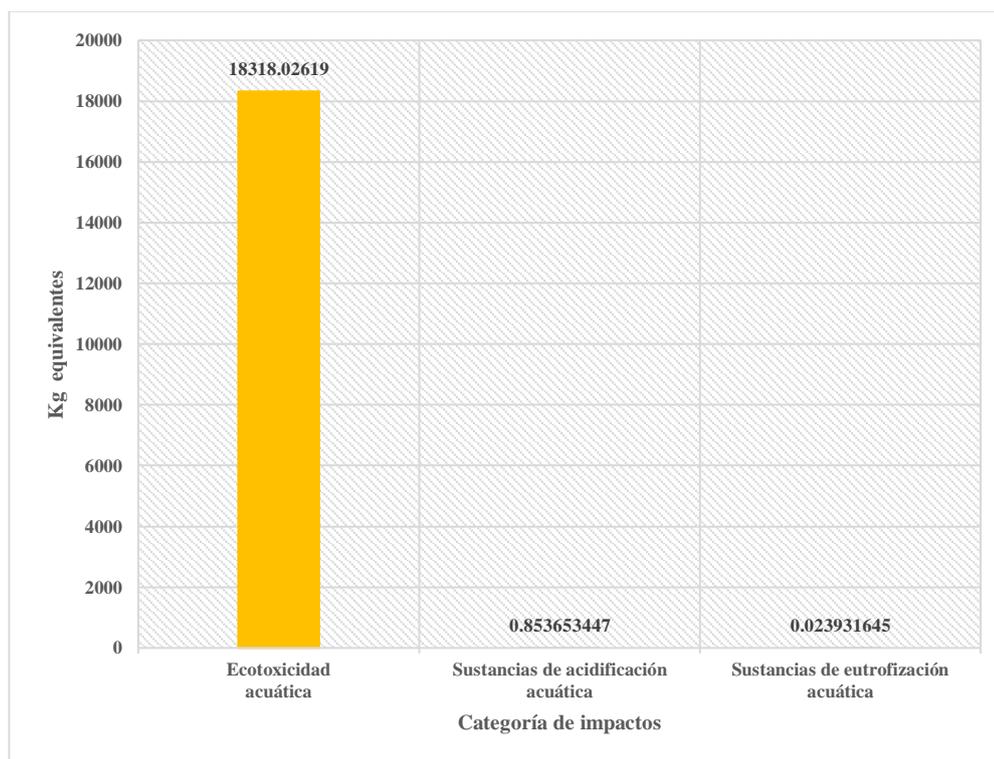
Categorización de impactos ambientales

Categoría de impacto	Unidad	Concrete, sole plate and foundation {RoW} concrete production, for civil engineering, with cement CEM II/A APOS, S	Descripción
Ecotoxicidad acuática	kg TEG water	18318.02619	kg de equivalentes de trietilenglicol en agua
Sustancias de acidificación acuática	kg SO ₂ eq	0.853653447	kg equivalentes de SO ₂ en el aire para acidificación acuática
Sustancias de eutrofización acuática	kg PO ₄ P-lim	0.023931645	kg PO ₄ --- equivalentes en un agua limitada en P

Los resultados de la tabla 20 fueron obtenidos aplicando la metodología IMPACT 2002+, es el acrónimo de Evaluación del Impacto de las Toxinas Químicas, el cual cuenta con 14 impactos intermedios de daño; de las cuales para efectos del presente estudio se ha tenido en consideración tres: ecotoxicidad acuática, sustancias de acidificación acuática y sustancias de eutrofización acuática. El análisis se realizó teniendo como referencia la base de datos secundarios a lo largo del ciclo de vida para la producción de 1 m³ de concreto; para la producción de concreto en obras civiles, incluye: generación de energía, transporte de insumos, productos terminados cemento, agregados, aditivos y el proceso de preparación de concreto.

Figura 9

Categorías de impactos ambientales por concentración en agua



La ecotoxicidad acuática en aguas superficiales es una categoría de impacto que se refiere a los efectos sobre los ecosistemas de agua dulce, como resultado de las emisiones de sustancias tóxicas al aire, al agua y al suelo. De la figura se evidencia que para la producción de 1 m^3 de concreto se genera 18,318.02319 Kg de trienglicol - TEG equivalente en agua.

La eutrofización acuática (también conocida como nitrificación) es una categoría de impacto que incluye todos los impactos debidos a niveles excesivos de macronutrientes en el medio ambiente, debidos a las emisiones de nutrientes al aire, al agua y al suelo. Se expresa como kg PO_4 equivalentes por kg de emisión. De la figura se evidencia que para la producción de 1 m^3 de concreto se genera 0.853653447 Kg SO_2 equivalente.

La acidificación acuática es una categoría de impacto que incluye todos los impactos debido a niveles excesivos de sustancias con potencial de acidificación en agua, aire y suelo. De la figura se evidencia que para la producción de 1m³ de concreto se genera 0.023931645 kg PO₄ P-lim equivalente.

La acidificación acuática y la eutrofización acuática son solo indicadores de punto medio y, por lo tanto, no se incluyen en el punto final. Entendiendo la no contabilización en el proceso de preparación de 1 m³ de concreto en las obras de construcción ejecutadas por la empresa.

3.6. Propuesta de proyecto de reducción de huella hídrica

Tipo de Proyecto de Reducción de huella hídrica: Producción y consumo responsable en concordancia con el objetivo de desarrollo sostenible ODS 12.

Nombre del proyecto: Producción y consumo responsable de agua en las actividades de construcción, el problema que se busca solucionar es ausencia de registros de consumo de agua en la preparación de concreto utilizado como insumo principal en las obras de construcción de la empresa que puedan evidenciar un desempeño ambiental responsable en la reducción de la huella hídrica. La solución a implementarse es la formalización de un sistema de control documentario del desempeño ambiental de la empresa en todas las obras a su cargo dentro del territorio peruano. El objetivo del proyecto es formalizar el desempeño ambiental de la empresa en sus obras de construcción a través de un sistema de control documentario. El proceso donde se desarrollará la reducción

de la huella hídrica es “Operaciones” en el sub proceso de “preparación de concreto”.

Tabla 33

Metas del proyecto de reducción de huella hídrica

ID	Descripción de metas	Cantid.	Unidad de Medida	Medio de verificación
1	Contar con un mapeo de procesos de la empresa	1	Unid	Registro de mapeo
2	Entrenar al recurso humano en cálculo de huella hídrica	15	Trabajador	Registro de entrenamiento
3	Contar con codificación sistémica de documentos de la empresa	4	código	Sistema de control documentario
4	Reducir la huella hídrica de la "puerta a la puerta" de 3.2 m ³ a 2.5 m ³	0.8	m ³	Registros de consumo de agua
5	Realizar un informe mensual de consumo de agua	1	Unid	Informe anual de desempeño

IV. Análisis y discusión

En la realización del mapeo de procesos de la constructora identificamos 3 grupos diferenciados de procesos los cuales son: Procesos estratégicos (planeamiento, gestión comercial, gestión de costos e información documentada), procesos operativos (gestión logística y ejecución de obras) y procesos de soporte (recursos humanos, integración sistemas integrados de gestión y comunicación), identificando específicamente el proceso de preparación de concreto dentro del macro proceso de ejecución de obras.

El proceso de concreto tiene como alcance a dosificación de insumos, mezclado de insumos, carga y transporte de concreto, vaciado. Se ha excluido oficinas administrativas, tratamiento de residuos, y otros procesos operativos. Por lo que el sistema de producción analizado abarca: Cadena de suministros (producción de insumos para la preparación de concreto), electricidad y combustible (para el funcionamiento de equipos y maquinaria) y operación directa en obra (agua consumida en la preparación).

La unidad de medida definitiva del presente estudio es el volumen de agua utilizada para la preparación de concreto a un año (m^3 agua/ m^3 concreto/año), insumo principal en la ejecución de obras de construcción.

La unidad funcional del presente estudio fue el total de metros cúbicos - m^3 de concreto en los últimos 5 años de operación de la empresa en obras de construcción; la cual representa una base de cálculo con respecto a la cual se normalizarán las

entradas y salidas relevantes en el proceso que se va analizar. La producción total de concreto fue de 226.76 m³ de concreto considerando año base el 2020.

La identificación de fuentes de información es a través de datos indirectos sistematizada de cálculos de consumos de materia prima basada en referentes de más de 65 países del mundo los que son sistematizados en software SIMAPRO. Se cuantifica todas las entradas y salidas relevantes del sistema analizado que puedan contribuir de manera significativa a los impactos ambientales relacionados con el uso de agua teniendo en cuenta el uso consuntivo y no consuntivo del agua bajo el enfoque de ciclo de vida desde los insumos, energía y combustibles llevados a las obras constructivas hasta el agua utilizada dentro de las instalaciones de las obras a cargo de la empresa.

El consumo agua de uso no consuntivo abarca agua para refrigeración y turbinas de plantas hidroeléctricas alcanzando un cálculo de 432.1143432 m³, mientras que el consumo de agua de uso consuntivo abarca agua procedente de ríos, lagos, pozos y de origen desconocido alcanzando un cálculo de 3.3160161 m³. El agua residual generada alcanza un cálculo de 432.1380891 m³.

Para el cálculo de huella hídrica “de la cuna a la puerta” resulta de la sumatoria de huella hídrica azul, huella hídrica verde y huella hídrica gris alcanzando un cálculo de 864.250 m³. Mientras que el cálculo de huella hídrica de la puerta a la puerta resulta en un cálculo de 3.2602209 m³.

La propuesta de proyecto de reducción de huella hídrica busca solucionar la ausencia de registros de consumo de agua en la preparación de concreto utilizado como

insumo principal en las obras de construcción de la empresa que puedan evidenciar un desempeño ambiental responsable en la reducción de la huella hídrica. La solución se basa en la implementación y formalización de un sistema de control documentario del desempeño ambiental de la empresa en todas las obras a su cargo dentro del territorio peruano para poder registrar buenas prácticas de manejo de agua y una reducción de 0.8 m³ de agua en obras constructivas futuras de igual desempeño al calculado para el año base.

A continuación, se presenta la discusión de resultados de la investigación realizada la misma tuvo como objetivo conocer la valoración de la huella hídrica en la preparación de 1 m³ de concreto en la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L, 2020. Como parte del elemento de estudio se analizaron 2 antecedentes más resaltantes de los que presenta la discusión de los resultados obtenidos en cada uno.

En el estudio realizado por Rivero, C. (2020), se presenta que la Huella de carbono y Huella Hídrica” tuvo como objetivo diseñar un modelo idóneo que permita evaluar y cuantificar desde la etapa de diseño del edificio, así como los recursos materiales y energéticos presentes en cada una de sus fases, de forma que se pueda predecir cuáles serían los impactos ambientales en su ciclo de vida completo. Utilizó dentro del procedimiento de medición de la huella hídrica al software SimaPro concluyendo que ha sido necesario definir periodicidades de mantenimiento y esperanza de vida de los elementos constructivos; así como criterios de actualizaciones económicas y ambientales presentando resultados que permiten localizar aquellos focos de mayor impacto en cada una de las fases de análisis pudiendo así las organizaciones controlarlos y gestionarlos.

Los resultados de esta investigación permiten manejar un modelo de análisis que facilita la toma de decisiones durante el diseño de proyectos de edificación para reducir costos ambientales y económicos. Tal es el caso de estos sujetos que afirman :.....a mi criterio no hay alguna que especifique buenos resultados ya que ellos necesitan evaluar y cuantificar la huella hídrica, propone en que la evaluación de huella hídrica tiene que enfocarse en tres componentes: agua verde, agua azul y agua gris. La huella hídrica azul se refiere al consumo de recursos hídricos azules (aguas superficiales y subterráneas), la huella hídrica verde es el volumen de agua verde (agua de lluvia) consumida, que es particularmente relevante en los cultivos, la huella hídrica gris viene a ser un indicador del grado de contaminación del agua dulce y se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes en función de la calidad del agua ambiental existente. Sin embargo Gómez, P. (2018); en su investigación, afirma que para cuantificar y evaluar comparativamente los impactos ambientales en el ciclo de vida de pavimentos flexibles y con adoquines de concreto en el área urbana de la ciudad de Arequipa, aplicó la metodología del análisis de ciclo de vida, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14040:2006 y para el procesamiento de datos utilizó el software OpenLCA 1.7.0, el cual dentro de su estructura maneja las bases de datos EcoInvent V3, ELDC y la metodología TRACI 2.1, que permite analizar categorías de impacto como el potencial de calentamiento global y la formación de smog:.....Completamente de acuerdo, en donde los resultados arrojaron Los resultados obtenidos y el calentamiento global fue la categoría con resultados más altos donde el pavimento articulado genero 1.4 veces más emisiones de CO₂ que el pavimento flexible aun cuando este último supero a su par en

siete de las nueve categorías analizadas..... Por otro lado, nos dice que NTP- ISO 14040 (2006), define al ciclo de vida como el “conjunto de etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final”; es decir comprende desde la extracción de materias primas, procesamiento, producción, comercialización, uso, mantenimiento y gestión final del producto hasta el fin de su vida útil

V. Conclusiones

La valoración de la huella hídrica azul del de la preparación de 1 m³ de concreto con un enfoque de ciclo de vida “de la cuna a la puerta” es de 435.430359 m³, mientras que la huella hídrica verde se consideró cero, ya que la empresa no utiliza aguas de lluvias recolectadas; por último, la huella hídrica gris asciende a 432.138015 m³.

La valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de 1 m³ de concreto con un enfoque de ciclo de vida “de la puerta a la puerta” es de 3.260209 m³.

La valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor S.R.L. teniendo como unidad funcional de estudio 1 m³ de concreto asciende a 739.2849928 m³ de agua utilizada.

La categorización de los impactos ambientales producidos está basada en la concentración de sustancias en agua dentro del ciclo de vida agrupándolos en tres grupos: ecotoxicidad acuática con 18318.02619 kg de equivalentes de trietilenglicol en agua, sustancias de acidificación acuática con 0.853653447 kg equivalentes de SO₂ en el aire para acidificación acuática y sustancias de eutrofización acuática con 0.023931645 kg PO₄ equivalentes en un agua limitada en P.

VI. Recomendaciones

- Implementar un sistema formalizado dentro de la empresa de control de usos de agua (registros de consumo) para que la futura información de usos sea estimada con objetividad a través de datos primarios en el cálculo de huella hídrica “de la puerta a la puerta” ya que los datos secundarios utilizados son secundarios y hacen un cálculo solo referencial, el cual se debe tomar como punto de partida.
- El objetivo de los proyectos de reducción debe dirigirse a un uso mejor y más equitativo del recurso hídrico por parte de otros actores de las cuencas donde se realicen futuras obras de construcción, abordando temas como suministro, purificación y conservación del agua, para ayudar a un desarrollo sostenible en la cuenca donde son ejecutados.

VII. Referencias bibliográficas

- Figuroa, C. (2017). *Estimación de la huella hídrica generada en el año 2016, bajo los lineamientos de la norma ISO 14046:2014 para las plantas de concreto Argos ubicadas en la zona centro, Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Archivo digital. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13062/FiguroaCardenasCindyAlexandra2018.pdf;jsessionid=CAF85409C2FBAD9A2534869D8292C37C?sequence=2>
- Gómez, P. (2018). *Análisis de ciclo de vida de los pavimentos urbanos en Arequipa aplicando la metodología ISO 14040*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. RENATI. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/8469/45.0271.IC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Natuta J. y Potosí Y. (2018). *Evaluación de la huella hídrica en la industria cementera, provincia de Imbabura*. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Archivo digital. <file:///C:/Users/pc/Downloads/03%20RNR%20287%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Rivero, C. (2020). *Estudio de huellas en el ciclo de vida del edificio residencial: HE, HC y HH*. [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. Archivo digital. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=283147>

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación – COSUDE. (2017). *Manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046*. http://certificadoazul.ana.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/manual_de_aplicacion_de_huella_hidrica_acorde_a_la_norma_iso_14046_0.pdf

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2011). *Manual de evaluación de huella hídrica: Estableciendo un estándar global*. Earthscan, London, UK. <http://www.waterfootprint.org/index.php?page=files/LinksWaterFootprints>

Instituto Superior del Medio Ambiente – ISM. (2020-1.pág.3,4,9). Huella Hídrica y Huella de Agua. <https://www.ismedioambiente.com/analisis-del-ciclo-de-vida-de-un-producto-una-apuesta-de-futuro/>

Instituto Superior del Medio Ambiente – ISM. (2020-2.pág.4). *Metodología de análisis de ciclo de vida*. <https://www.ismedioambiente.com/analisis-del-ciclo-de-vida-de-un-producto-una-apuesta-de-futuro/>

Instituto Superior del Medio Ambiente – ISM. (2020-3. Pág.6). *Software para Análisis de Ciclo de Vida - SimaPro*. <https://www.ismedioambiente.com/analisis-del-ciclo-de-vida-de-un-producto-una-apuesta-de-futuro/>

Resolución Jefatural 023-2020-ANA. (2020, 30 de enero). Diario oficial El Peruano N° 1851023-1. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/>

aprueban-el-documento-denominado-norma-que-promueve-la-med-
resolucion-jefatural-no-023-2020-ana-1851023-1/

ISO 14040. (2006). *Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia*. <https://inacal.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

ISO 14046. (2014). *Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056542>

ISO 9000. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario*. pág.19 <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

Supo, J. (2015). *Taller de Tesis: Investigación Aplicada*. Archivo digital. <https://www.youtube.com/watch?v=3YZLUWArMOQ>

Vector. (2018). *La construcción es la industria que más desperdicia agua potable*. Revista vector mexicana. (18 septiembre, 2018). Recuperado de: <http://www.revistavector.com.mx/2018/09/18/la-construccion-es-la-industria-que-mas-desperdicia-agua-potable/>

VIII. Agradecimientos

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Agradecimiento:

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

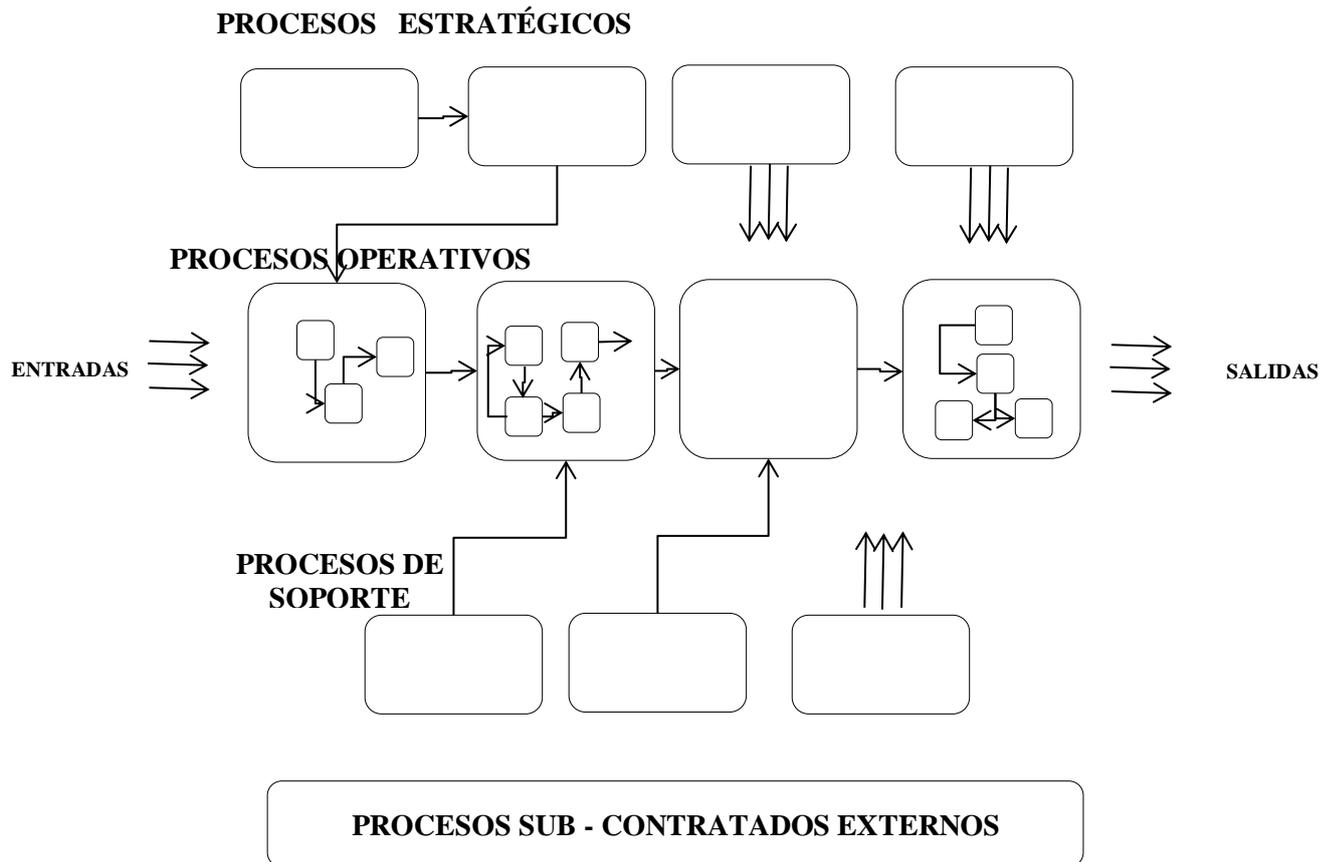
De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad San Pedro.

IX. Anexos y apéndice

9.1. Anexos

ANEXO 01 - Mapeo de procesos nivel "O"



ANEXO 02 - Inventario consumo agua para refrigeración (Uso no consuntivo)

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA PARA REFRIGERACIÓN (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 03 - Inventario consumo agua para una turbina (Uso no consuntivo)

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Tota l
TOTAL DE AGUA UTILIZADA PARA UNA TURBINA (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 04 - Inventario consumo agua procedente de lagos (Uso consuntivo)

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE LAGOS (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 05 - Inventario consumo agua procedente de ríos (Uso consuntivo)

No	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE RÍOS (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 06 - Inventario consumo agua procedente de pozos (Uso consuntivo)

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA PROCEDENTE DE POZOS (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 07 - Inventario consumo agua de origen desconocido (Uso consuntivo)

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA DE ORIGEN DESCONOCIDO (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 08 - Inventario consumo agua de origen marino

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA UTILIZADA DE ORIGEN MARINIO (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 09 - Inventario uso no consuntivo de agua y de uso de agua marina

Recursos de agua usados para la producción de concreto (1m³)		
Sustancia	Unidad	Cantidad
Uso de agua para refrigeración		
Uso de agua para una turbina		
TOTAL USO DE AGUA		
Recursos de agua usados para la producción de concreto (1m³)		
Sustancia	Unidad	Cantidad
Uso de agua de origen marino		
TOTAL USO DE AGUA		

ANEXO 10 - Inventario consumo de agua para producción de concreto

Recursos de agua usados para la producción de concreto (1m³)		
Sustancia	Unidad	Cantidad
Agua procedente de lagos		
Agua procedente de ríos		
Agua procedente de pozos		
Agua de origen desconocido		
TOTAL USO DE AGUA		

ANEXO 11 - Inventario de vertidos al agua

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE VERTIDOS AL AGUA (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 12 - Inventario de agua residual producida

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE AGUA RESIDUAL PRODUCIDA (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 13 - Inventario de contaminantes producidos

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE CONTAMINANTES (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 14 - Inventario de contaminantes radiactivos

N°	Sustancia	Compartimento	Unidad	Total	Lean concrete {CH} production, with cement CEM II/A APOS, S	Unidad homologada	Total
TOTAL DE CONTAMINANTES ADIACTIVOS (Litros) para 1 m³ de concreto							

ANEXO 15 - Categorías de impactos ambientales identificados

Categoría de impacto	Unidad	Total	Concrete, sole plate and foundation {RoW} concrete production, for civil engineering, with cement CEM II/A APOS, S
Carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq		
No-carcinógenos	kg C ₂ H ₃ Cl eq		
Respiratorios inorgánicos	kg PM _{2.5} eq		
Radiación ionizante	Bq C- ₁₄ eq		
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC- ₁₁ eq		
Respiratorios orgánicos	kg C ₂ H ₄ eq		
Eco toxicidad acuática	kg TEG water		
Eco toxicidad terrestre	kg TEG soil		
Ácidos terrestres y nutrientes	kg SO ₂ eq		
Ocupación de la tierra	m ₂ org.arable		
Acidificación acuática	kg SO ₂ eq		
Eutrofización acuática	kg PO ₄ P-lim		
Calentamiento global	kg CO ₂ eq		
Energía no renovable	MJ primary		
Extracción de minerales	MJ surplus		

9.2. Apéndices

APÉNDICE 1: Matriz de consistencia

Título: HUELLA HÍDRICA PROCESO DE PREPARACIÓN DE 1m³ DE CONCRETO, CONSTRUCTORA CORPORACIÓN SEGENOR 2020								
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente o Instrumento de recolección de Datos	Metodología	Población y muestra
P. General ¿Cuál es la valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m ³ de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor ?	O. General - Determinar la valoración de la huella hídrica del proceso de preparación de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor. teniendo como unidad funcional de estudio 1 m ³ de concreto. O. Específicos	H₀ = La valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m ³ de concreto en un año, de la empresa constructora Corporación Segenor es menor o igual a 5m ³ . H₁ = La valoración de la huella hídrica en la preparación de 1m ³ de concreto en un año, de la empresa constructora	Huella hídrica	Proceso de preparación de concreto	Mapa de procesos Nivel "0"	Ficha técnica	Tipo de investigación. DESCRIPTIVO - APLICATIVO Técnica estadística Medidas de frecuencia absoluta y relativa; tendencia central y dispersión. Diseño:	Población Objetivo: Empresas constructoras Población Accesible:
				Consumo de agua	Agua azul Agua verde Agua gris	Ficha técnica		
				Huella hídrica	Huella hídrica de la "puerta a la puerta"	Fichas técnicas		

	<p>- Estructurar el mapeo de procesos en preparación de concreto de la empresa constructora Corporación Segenor.</p> <p>- Caracterizar el desempeño del manejo y consumo de agua de la empresa constructora Corporación Segenor en los proyectos de construcción que haya realizado el año fiscal 2020.</p>	Corporación Segenor es mayor a 5m ³ .					<p>NO EXPERIMENTAL</p> <p>Método de investigación:</p> <p>MÉTODO DEDUCTIVO-INDUCTIVO</p> <p>ECOINVENT v.3</p> <p>IMPACT 2002+ V2.15 / IMPACT 2002+</p>	<p>Empresas constructoras de la región Cajamarca</p> <p>Muestra:</p> <p>Empresa constructora Corporación Segenor S.R.L</p>
--	---	--	--	--	--	--	---	---