

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**HUELLA DE CARBONO QUE GENERA EL CONCRETO PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCION**

**CUSCO - 2023**

**PRESENTADA POR:**

**SONIA LLANQUE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



6%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 12 MAR 2024, 11:21 AM

### Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
0.74%

● CHANGED TEXT  
5.26%

## Report #19992769

SONIALLANQUE MAMANI HUELLA DE CARBONO QUE GENERA EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCION CUSCO - 2023

RESUMEN Esta investigación tuvo como objetivo general calcular la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña distrito de Santa Teresa, Provincia la Convención, de la región de Cusco, 2023, la metodología aplicada fue de nivel descriptivo con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y tipo básico. La población es representada por los 45 metros, mientras que para la muestra se consideró las subestructuras del puente. Para la determinación de la Huella de Carbono, se empleó la fórmula ( $ET=ED + E I + OEI$ ). A través de esta fórmula se obtuvieron los siguientes resultados para el objetivo general, donde se halló que la cantidad total de huella de carbono generada por el concreto fue de 12690,95 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que en referencia al objetivo específico uno, las emisiones directas fueron de 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq; en cuanto al objetivo específico dos, las emisiones indirectas que se produjeron por el concreto usado en la construcción del puente, fueron de 2673,74 tCO<sub>2</sub>eq, y en cuanto al objetivo específico tres, las emisiones adicionales arrojaron un valor de 0,0947 tCO<sub>2</sub>eq; en comparación con otras investigaciones realizadas en construcciones, se percibe que las emisiones de huella de carbono en la construcción del puente Huadquiña son altas

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**HUELLA DE CARBONO QUE GENERA EL CONCRETO PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCION  
CUSCO - 2023**

**PRESENTADA POR:  
SONIA LLANQUE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

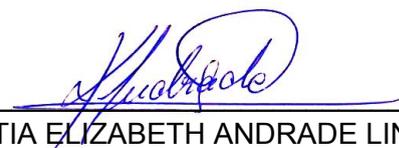
PRESIDENTE

:   
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 19 de marzo del 2024

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**HUELLA DE CARBONO QUE GENERA EL CONCRETO PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCION  
CUSCO - 2023**

**PRESENTADA POR:  
SONIA LLANQUE MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

:



Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 19 de marzo del 2024

## DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico a mi madre Julia, y a mi padre Emeterio por su apoyo incondicional para culminar mis estudios universitarios y de este proyecto, además que fueron el motor y fuerza en este crecimiento profesional en mi vida.

A mi familia, a mis hermanos aquellos que me apoyaron incondicionalmente y moralmente, con su compañía, comprensión y paciencia constantes.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, y a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental por mi formación académica.

A mi asesor Dr. Esteban por su asesoramiento, compromiso y apoyo en la ejecución de esta tesis.

A la empresa CCECC sucursal del Perú, que ejecutó el Puente Huadquiña, por compartir la información y ser parte de ello, que he requerido para la ejecución de mi tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.1.3. JUSTIFICACIONES	18
1.1.3.1. Justificación por conveniencia	18
1.1.3.2. Justificación teórica	18
1.1.3.3. Justificación social	18
1.1.3.4. Justificación práctica	18
1.1.3.5. Justificación metodológica	19
1.1.3.6. Justificación socioambiental	19
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>20</b>
1.2.1. NIVEL INTERNACIONAL	20
1.2.2. NIVEL NACIONAL	22
	3

1.2.3. NIVEL LOCAL	24
<b>1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>	<b>25</b>
1.3.1. Objetivo general	25
1.3.2. Objetivos específicos	25
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>26</b>
2.1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE	26
2.1.1.1. Enfoques del desarrollo sostenible	26
2.1.2. GESTIÓN AMBIENTAL	27
2.1.3. CAMBIO CLIMÁTICO	28
2.1.3.1. Crisis climática	30
2.1.4. MARCO NORMATIVO	31
2.1.4.1. Herramienta HC-Perú	33
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>34</b>
2.2.1. HUELLA DE CO <sub>2</sub> DE HORMIGÓN Y DE LA PROYECCIÓN DE HORMIGÓN	34
2.2.2. HUELLA DE CARBONO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	35
2.2.3. HUELLA DE CARBONO	35
2.2.3.1. Emisiones directas de GEI	35
2.2.3.2. Emisiones indirectas de GEI	36
2.2.3.3. Emisiones adicionales del GEI	36
2.2.3.4. Concreto	37
<b>2.3. HIPÓTESIS DE LA IVESTIGACION</b>	<b>38</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	38
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	38

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>39</b>
-----------------------------	-----------

3.1.1. GEORREFERENCIACIÓN DEL DISTRITO DE SANTA TERESA	39
3.1.2. GEORREFERENCIACIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA	40
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>40</b>
3.2.1. POBLACIÓN	40
3.2.2. MUESTRA	40
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>41</b>
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>43</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS</b>	<b>47</b>
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE	47
4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO	53
4.1.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
4.1.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>65</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
<b>Tabla 01:</b> Operacionalización de variables	43
<b>Tabla 02:</b> Descripción de los componentes y aspectos de la estructura del puente	49
<b>Tabla 03:</b> Equipos usados para la elaboración de concreto	53
<b>Tabla 04:</b> Valor de elementos de la fórmula para la hipótesis 1	57
<b>Tabla 05:</b> Detalle de equivalentes del combustible	57
<b>Tabla 06:</b> Valor de elementos de la fórmula para la hipótesis 2	58
<b>Tabla 07:</b> Valor de elementos de la segunda fórmula para la hipótesis 3	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<b>Figura 01:</b> Visualización aérea del distrito de Santa Teresa	39
<b>Figura 02:</b> Visualización del Puente Huadquiña	40
<b>Figura 03:</b> Visualización del Puente Huadquiña construido	97
<b>Figura 04:</b> Visualización de la subestructura losa de aproximación del Puente Huadquiña	97
<b>Figura 05:</b> Colocado de concreto en la subestructura Tablero	98
<b>Figura 06:</b> Abastecimiento de agregados a la planta industrial concretera	98
<b>Figura 07:</b> Producción de concreto premezclado para puente Huadquiña	99
<b>Figura 08:</b> Grupo electrógeno que abastece a la planta industrial concretera	99

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pag.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	75
<b>Anexo 02:</b> Instrumentos de recolección de datos	79
<b>Anexo 03:</b> Ficha de identificación de los productos empleados	88
<b>Anexo 04:</b> Potencial de calentamiento global	96
<b>Anexo 05:</b> Evidencias fotográficas	97
<b>Anexo 06:</b> Descripción de los insumos utilizados para la producción de concreto	100

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales

Ag: Agregado

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

CO<sub>2</sub>eq: Dióxido de carbono equivalente

DEFRA: Del inglés: Department for Environment Food & Rural Affairs (Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales)

ET: emisiones totales de GEI, en tCO<sub>2</sub> equivalente

ED: emisiones directas de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

EI: emisiones indirectas de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

e: Espesor

F'c: Fuerza de Concreto

Gt: Gigatoneladas

GEI o GHG: Gases de Efecto Invernadero

HC: Huella de carbono

ISO: Del inglés: International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)

IPCC: Del inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)

Kg: Kilogramos

Km: Kilómetros

LRFD: Diseño por factores de carga y resistencia

MINAM: Ministerio del Ambiente del Perú

OEI: emisiones adicionales de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

PCG<sub>CH<sub>4</sub></sub>: Potencial del calentamiento global para el metano

ppb: Partes por billón

tCO<sub>2</sub>eq: Toneladas de dióxido de carbono equivalente

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general calcular la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña distrito de Santa Teresa, Provincia la Convención, de la región de Cusco, 2023, la metodología aplicada fue de nivel descriptivo con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y tipo básico. La población es representada por los 45 metros, mientras que para la muestra se consideró las subestructuras del puente. Para la determinación de la Huella de Carbono, se empleó la fórmula ( $ET=ED + EI + OEI$ ). A través de esta fórmula se obtuvieron los siguientes resultados para el objetivo general, donde se halló que la cantidad total de huella de carbono generada por el concreto fue de 12690,95 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que en referencia al objetivo específico uno, las emisiones directas fueron de 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq; en cuanto al objetivo específico dos, las emisiones indirectas que se produjeron por el concreto usado en la construcción del puente, fueron de 2673,74 tCO<sub>2</sub>eq, y en cuanto al objetivo específico tres, las emisiones adicionales arrojaron un valor de 0,0947 tCO<sub>2</sub>eq; en comparación con otras investigaciones realizadas en construcciones, se percibe que las emisiones de huella de carbono en la construcción del puente Huadquiña son altas y dañinas generando calentamiento global, por lo tanto, se concluye con la aceptación de la hipótesis general específica uno y dos, mientras que la hipótesis tres se rechaza, lo que afirma que la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña superan los 100 tCO<sub>2</sub>eq, lo que provoca daños severos al medio ambiente.

**Palabras clave:** Emisiones adicionales, Emisiones directas, Emisiones indirectas, Huella de carbono.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to investigate the amount of the carbon footprint generated by concrete for the construction of the Huadquiña Bridge, district of Santa Teresa, La Convención Province, Cusco region, 2023. The methodology implemented was at a descriptive level with quantitative approach, non-experimental design and basic type. The population is represented by the 45 meters, while the substructures of the bridge were considered for the sample. To determine the Carbon Footprint, the formula ( $ET=ED + EI + OEI$ ). Through this formula, the following results were obtained for the general objective, where it was found that the total amount of carbon footprint generated by the concrete was 12 690,95 tCO<sub>2</sub>eq, while in reference to specific objective one, the direct emissions were 10 017,12 tCO<sub>2</sub>eq; as for specific objective two, the indirect emissions produced by the concrete used in the construction of the bridge, they were 2 673,74 tCO<sub>2</sub>eq, and as for specific objective three, the additional emissions showed a value of 0,0947 tCO<sub>2</sub>eq; in comparison with other investigations carried out in constructions, it is perceived that the carbon footprint emissions in the construction of the Huadquiña bridge are high and harmful, generating global warming, therefore, it is concluded with the acceptance of specific general hypotheses one and two, while hypothesis three is rejected, which states that the amount of the carbon footprint generated by the concrete for the construction of the Huadquiña Bridge exceeds 100 tCO<sub>2</sub>eq, which causes severe damage to the environment.

**Keywords:** Additional emissions, Direct emissions, Indirect emissions, Carbon footprint

## INTRODUCCIÓN

La industria del concreto es importante en el desarrollo y la economía de un país, dado que es un compuesto esencial para el desarrollo de infraestructuras. El concreto es el material artificial más consumido mundialmente después del agua. El alto consumo de concreto se asocia con la versatilidad y el rendimiento eficiente junto con la disponibilidad de materias primas, lo que hace adecuado para diversas aplicaciones en la construcción (Adeyemi, 2020). El concreto es un material ecológico comparado al vidrio o el acero.

Sin embargo, en países como Canadá, “se ha estimado que un metro cúbico de concreto ( $m^3$ ) por canadiense se utiliza para la construcción de diversas infraestructuras, y su industria del concreto contribuye con unos 76 000 millones de dólares anuales a la economía canadiense” (Cement Association of Canada, 2023).

En Perú, la industria de la construcción es la quinta más grande dentro de América Latina (USD 22,1 mil millones en 2019) después de Brasil, Colombia, Argentina y México. Asimismo, se encuentra considerado como un eje que contribuye al desarrollo económico de un país; en el 2019, el sector representó el 7,2% del PIB del país” (DANE, 2021). En promedio, el país construye cada año 17,8 millones de  $m^2$  en nuevas áreas. En 2019, el país licenció 23,1 millones de  $m^2$  para la construcción, de esta área licenciada el 80,8% se destinó para vivienda, 9,7% para comercio, 3,6% para oficinas y 27,2% para otro tipo de construcciones (DANE, 2021). Por tanto, estimamos la Huella de Carbono en la construcción del Puente Huadquiña para determinar las emisiones del efecto invernadero que se generaron para que puedan ser reducidas o controladas mediante la aplicación de herramientas y tecnologías medioambientales.

La investigación se encuentra compuesto por los siguientes capítulos:

Capítulo I: comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema, justificaciones, antecedentes y los objetivos de la investigación.

Capítulo II: se encuentra compuesto por el marco teórico, marco conceptual, marco normativo y las hipótesis general como específicas del estudio.

Capítulo III: engloba la metodología de la investigación, la zona de estudio, la población, muestra, los métodos y técnicas de recolección de datos, así como la operacionalización de las variables.

Capítulo IV: comprende la exposición de los resultados y la contrastación de las hipótesis, así como la descripción de la construcción del puente Huadquiña, los equipos empleados, de la producción de concreto en la construcción del puente y finalmente la discusión de los resultados.

Por último, se evidenció las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Huella de Carbono (HC), es considerada como la emisión de gases de efecto invernadero provocadas por la acción humana, que por la naturaleza de inicio, pueden ser controladas con la aplicación de estrategias medioambientales.

Según el informe realizado por la Organización Meteorológica Mundial, durante el año 2021, se produjo incremento notable de los gases de efecto invernadero en comparación al periodo 2011 al 2020, provocando la contención del calor dentro del planeta, además se reportó que en el año 2020, la concentración de dióxido de carbono fue de 413,2 partes por millón; por lo que la producción de este elemento químico se encuentra situado entre los más altos niveles de contaminación preindustrial con el 149%. Desde la revolución industrial, la concentración de este gas ha aumentado aproximadamente 50 ppb (Montenegro-Ballesteros, 2019). Esto se debe a que las diferentes actividades ejecutadas por el ser humano comenzaron a afectar el equilibrio del medio ambiente, ya que con el incremento de dichos gases, hubo alteración en la temperatura a nivel mundial.

Adicional a lo anterior, la presión radiactiva generada por los gases de efecto invernadero desde 1990 al 2020, tuvieron aumento del 33%, provocado por el incremento del contenido de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> que probablemente, a finales del presente siglo, el calentamiento global supere los índices establecidos en el Acuerdo de París: de 1,5 °C a 2 °C.

En ese entender y de acuerdo con el informe realizado por la Alianza Global para los Edificios y la Construcción (2020), durante el año 2019, la energía que se consumía dentro del sector tuvo un incremento considerable en cuanto a la transmisión del dióxido de carbono, alcanzando un 28% de aumento de la energía global, lo que equivale a 10 Gt CO<sub>2</sub>, mientras que las emisiones de la industria que fueron de inclusión como lo son el transporte y otras actividades relacionadas a la industria de la construcción, provocaron un aumento del 38%.

En el país de Honduras, según el reporte realizado por Chávez (2018), las empresas que se dedican a la producción del cemento provocan grandes cantidades de emanación de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta que según dicho estudio, en tan solo 15 años, las emisiones se han aumentado en un 47%; siendo las actividades de producción de cemento responsables del 4%, por lo que a la actualidad, se establecieron ciertos parámetros que permitan reducir el porcentaje de emisión, siendo uno de los puntos clave la reducción del uso del Clinker en un 30% en la fabricación del cemento a fin de reducir el 11% de las emisiones generadas, lo cual representa 410 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Por su parte Pico et al. (2019), indicaron que el principal componente del concreto es el cemento, siendo este un producto primario que genera toneladas de CO<sub>2</sub>, provocando una emisión de más del 5% de gases de efecto invernadero, del cual el 50% de los gases emitidos son producto del proceso químico de manufactura, y el 40% del uso de combustible para su proceso; mientras que el uso de hormigón convencional genera un 15%, sin embargo, si se reemplaza el cemento por la ceniza volante, se alcanzaría una disminución de hasta 300 kg/m<sup>3</sup>.

Rubio (2022) sostuvo que para llegar a disminuir las dispersiones anuales de huella de carbono en un 16% proyectado para el 2030 dentro del sector, es necesario aplicar tecnología que permita el uso de materiales sostenibles que consuman menos energía para alcanzar a disminuir los gases de efecto invernadero de entre 30% y 40%. Se estima que alrededor del mundo, 14 mil millones de metros cúbicos de concreto empleado en las diferentes construcciones llegan a emitir un aproximado del 7% del total de dióxido de

carbono; a ello se suma que en todo el mundo existen 100 mil plantas de concreto y 5000 de ellas pertenecen a Estados Unidos, por ello, se buscó implementar la tecnología del CarbonCure, que permitirá reducir las emisiones del CO<sub>2</sub>; también se detalló que el uso del concreto sustentable permite que el CO<sub>2</sub> mineralizado mejore la resistencia de las construcciones conllevando a la disminución del 6% al 4% de la huella de carbono, ya que los aditivos del concreto ya no emitirán los gases de efecto invernadero, de la misma forma, habrá reducción de entre el 17% y 20% del uso de agua potable, en tanto para la actualidad, más de 25 países emplean la tecnología de CarbonCure, lo que ha permitido reducir y retirar más de 160 mil toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, que equivale a dejar de usar alrededor de 34 475 autos, dando beneficios climáticos de alto impacto (CarbonCure, 2022).

Otro de los aditivos necesarios para el concreto es el hormigón, el cual ocasiona una gran suma de emisión de gases de efecto invernadero que, para año el 2019, tuvo una producción de 4100 millones de toneladas que fue equivalente al 8% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>, esto se debe a que para producir el concreto, se debe descarbonizar la piedra caliza para posteriormente convertirse en cal, produciendo 0,47 toneladas de CO<sub>2</sub>, y su huella de carbono es 0,913 toneladas de CO<sub>2</sub>e, donde el 50% de la huella de carbono es generada por la reacción química de los materiales que se emplean (Romero, 2022).

En Perú, el Ministerio del Ambiente (2020) elaboró la plataforma para medir la huella de carbono, medida de los gases de efecto invernadero que se produce por la actividad de las empresas, instituciones, organizaciones y personas, y así se pueda tomar acciones que permitan disminuir las radiaciones en un 30% para el año 2030, ya que para el mes de junio del 2022, se contaba con 100 organizaciones registradas de las cuales solo 26 reportaron todas sus dispersiones de gases de efecto invernadero que producen de las actividades que realizan, en cambio para el mes de setiembre, la cantidad de empresas registradas se incrementó 240 entre organizaciones públicas y privadas, donde 90 de ellas presentaron las proyecciones emisiones de gas de efecto invernadero en búsqueda

del desarrollo sostenible eficiente, que para el 2022, la cantidad ascendió a 706 organizaciones registradas con 327 empresas de las cuales el 80% son de administración privada, que dieron reporte de sus actividades, productos y materiales que usan para que se pueda contabilizar la cantidad de radiación de gases de efecto invernadero, lo que reflejó el compromiso con la sostenibilidad del medio ambiente a partir del cumplimiento de la normativa y alcanzar la disminución del 40% de las emisiones para así alcanzar lo planificado para el 2030 (Ministerio del Ambiente, 2022).

En Lima, para el 2021 se halló que la Municipalidad Metropolitana generó 484,27 toneladas por CO<sub>2</sub>e correspondiente al total de las actividades que realizan, y 1794 toneladas por CO<sub>2</sub>e por las actividades de solo los empleados, mientras que el uso de transporte generó 6748,16 tCO<sub>2</sub>e cuyo equivalente fue del 43,03%, la generación de residuos sólidos generó un 3486 tCO<sub>2</sub>e, que representa el 22,23%; representando de ese modo que las emisiones producidas por la municipalidad representó al 7,39% del total de emanaciones de gases de efecto invernadero de la región (Municipalidad de Lima, 2021). Por lo tanto, se puede evidenciar que el cambio climático está afectando a los factores bióticos y abióticos del planeta, causado por el aumento de gases de efecto invernadero ocasionando el calentamiento global, lo que señala que al término del siglo, la temperatura del planeta aumentaría 1.5 a 2 grados de la temperatura normal. Es por ello que la importancia de conocer la cantidad de gases de efecto invernadero denominado “Huella de Carbono” que genera el concreto, específicamente el generado por la construcción del puente Huadquiña, que permitirá realizar planes de contingencia que ayuden a reducir los gases de efecto invernadero, y quedar como antecedente para otras construcciones de puentes.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la cantidad de emisiones directas del GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023?
- ¿Cuál es la cantidad de emisiones indirectas del GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023?
- ¿Cuál es la cantidad de emisiones adicionales del GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023?

### **1.1.3. JUSTIFICACIONES**

#### **1.1.3.1. Justificación por conveniencia**

El estudio fue realizado con la finalidad de comprobar y conocer cuáles son los riesgos que produce al medio ambiente la emisión de gases de efecto invernadero, además que servirá para ser empleado como antecedente para otras investigaciones.

#### **1.1.3.2. Justificación teórica**

La investigación se fundamenta en la necesidad de ampliar el conocimiento científico en el campo de la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura y su impacto en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Asimismo, está sustentada por fundamentos teóricos en base al desarrollo sostenible, buscando ampliar el conocimiento de los lectores y de los que forman parte del proyecto, para que se les pueda socializar sobre los riesgos que pueden ocasionar.

#### **1.1.3.3. Justificación social**

El presente estudio, fue desarrollado para contribuir a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, hallando la cantidad de huella de carbono que producen las diferentes actividades que realizan en la construcción del puente, y así puedan mitigar los riesgos en favor de toda la población.

#### **1.1.3.4. Justificación práctica**

Los resultados obtenidos en de la aplicación del instrumento determinado fueron de utilidad para que se realice la respectiva contrastación de hipótesis y se detallen los

problemas relacionados con la huella de carbono y qué medidas tomar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **1.1.3.5. Justificación metodológica**

La evaluación de la Huella de Carbono es una metodología científica reconocida internacionalmente que permite cuantificar y evaluar las emisiones de GEI asociadas a diversas actividades humanas, incluida la construcción de infraestructuras. Esta herramienta proporciona un enfoque sistemático y cuantitativo para identificar las fuentes de emisiones. En específico, el estudio se rige por la aplicación de la metodología de nivel descriptivo y con la aplicación de una ficha de recolección de datos, se procedió a recolectar todos los datos que sean necesarios en favor de la huella de carbono, para dar respuesta a los objetivos planteados, el cual fue ser validado para su aplicación y podrá ser empleado para investigaciones futuras.

#### **1.1.3.6. Justificación socioambiental**

La investigación se basa en la necesidad de evaluar la Huella de Carbono en construcción de infraestructuras, como puentes, ya que han sido históricamente clave para el desarrollo de las comunidades. Sin embargo, es importante considerar que estas actividades pueden producir emisiones relevantes de gases de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. Por lo tanto, resulta esencial investigar la huella de carbono específica asociada a la construcción del puente Huadquiña, con el propósito de identificar las esenciales fuentes de emisiones, conocer cuáles son los riesgos que produce al medio ambiente la emisión de gases de efecto invernadero y desarrollar estrategias para su mitigación.

El aporte de la presente, se encontró tras obtener los resultados alcanzados con la ejecución del instrumento determinado, puesto que, en base a la contrastación de hipótesis, se detalló la existencia de problemas relacionados con la huella de carbono y qué posibles acciones se pueden tomar para aminorar las emisiones de gases de efecto invernadero y así contribuir a su reducción. De esta manera, la población ubicada en torno a esta construcción, se verá beneficiada por la presente, puesto que los datos

obtenidos pueden servir como base para la aplicación de nuevas tecnologías que mitiguen los riesgos de la emisión de GEI por procesos de construcción. A su vez, permitiría la expansión de la sapiencia científica en el ámbito de la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura y su efecto en las emisiones de gases efecto invernadero, convirtiéndolo el presente estudio en un precedente para futuras investigaciones.

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. NIVEL INTERNACIONAL**

Naranjo (2019), en Ecuador, realizó su tesis con el fin de plantear una propuesta para disminuir la huella de carbono en construcciones como el edificio de la Universidad Técnica de Ambato. La metodología fue descriptiva, exploratoria, de diseño no experimental con enfoque cuantitativo, la recolección de datos fue mediante una investigación bibliográfica, hojas de cálculo de Excel y un software de simulación estructural; la construcción de la universidad consta de dos salas de profesores y 22 aulas equipadas; de igual forma, posee un nivel subterráneo, cuatro pisos y una terraza alcanzable. Los resultados fueron del 57,46% de emisiones de CO<sub>2</sub> en el acero, seguido del cemento con un 22,72% de emisiones, mientras que la grava tiene el 6,46% de emisiones, 6,39% en porcelanato, entre otros como el aluminio, bloques, arena o pintura, que ocupan menos de 1,5% de emisiones, por lo que se concluye que la huella de carbono de la universidad es de 1 367,74 toneladas de dióxido de carbono.

López y Rodríguez (2019), realizaron su investigación con el fin de analizar la huella de carbono de las PYMES de industrias de construcción de Guadalajara de Buga. La metodología fue de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental, para recolectar datos, empleó los marcos metodológicos, tales como las normas ISO, Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), Bilián Carbono, PAS 2050 Y PAS 2060; se realizó el estudio en dos constructoras, las cuales fueron la "Constructora Valle SA" y "Construir SA". Los resultados para el consumo de energía tuvieron un total de 249,86 tCO<sub>2</sub>e en la empresa Construir SA; sobre el consumo de agua, fue de 0,30 tCO<sub>2</sub>e en la

primera empresa constructora; sobre el transporte in itinere, fueron de 3,44 tCO<sub>2</sub>e, correspondientes a la segunda empresa estudiada; el uso de equipos informáticos, resultó un total de 1,08 tCO<sub>2</sub>e; y, finalmente, sobre el consumo de papel, la primera empresa emitió un total de 9,64 tCO<sub>2</sub>e; por lo que se concluye que la PYME que más contamina es la industria Construir SA, con un total de 259,57 tCO<sub>2</sub>e.

Díaz y Loaiza (2022), en su investigación realizada con el propósito de diseñar estrategias que faciliten reducir los niveles de gases de invernadero en la empresa Unipiedra. La metodología fue de nivel descriptivo, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental. Se realizó una recolección de datos mediante la revisión de datos de la empresa, luego realizaron el cálculo del CO<sub>2</sub>. Los resultados fueron de aproximadamente 5,527 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> solo en transporte de piedra caliza; en cuanto a las emanaciones generadas por gasto de energía eléctrica, la Gravilla emite un 19,62 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>, el triturado emite en total 13,14 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> y el polvillo fue de 10,14 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>. En conclusión, se observa que al aplicar el PAS 2050, causa un desarrollo del polvillo, que emite un aproximado de 15,667 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>; esto está compuesto por 35% de emisiones de combustible y 65% en consumo de energía; por lo que se puede calcular una emisión de 79 237,623 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> en un mes.

Steven et al. (2022), efectuaron su investigación con el fin de implementar un modelo que proporcione calcular la huella de carbono y la energía de una edificación. La metodología fue de diseño no experimental, enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, para calcular la huella de carbono, se utilizó el protocolo PAS 2050 y el GHG Protocol, vinculando ambos a las normas NTC – ISO 14040 y 14064-1. El resultado de emisiones en el traslado de materiales fue de un total de 19,24 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>, en la construcción se emitió un total de 2,48 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> y sobre las emisiones del transporte de materiales residuales, escombros a vertederos, fueron de 2,63 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>, en conclusión, la fase donde más se emite es en la extracción y manufactura de materiales.

Caro (2019), en Costa Rica, realizó su investigación con la finalidad de evaluar la huella de carbono de una casa que fue construida y vendida por diferentes empresas. La

metodología fue de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, las normas para recolectar y calcular datos sobre las emisiones CO<sub>2</sub> fueron el INTE B5.2016, PAS 2050, ISO 14067, 14064, protocolo GHG y EDGE. Los resultados fueron de 65% de emisión de CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> en el transporte de materiales, 15% en transporte de personal y 20% en uso de maquinaria, en conclusión, se encuentra que la mayor emisión de CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> se da en el transporte de materiales y el uso de maquinarias.

Sanchis (2022), el Trabajo Final de Máster, tiene como objetivo obtener el título de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Se centra en la determinación de la huella de carbono en la construcción de un puente específico sobre el barranco de Chiva, con aplicación práctica. El trabajo expondrá la metodología elegida para identificar la huella de carbono, y analizará tanto cuantitativa como cualitativamente las emisiones asociadas a la ejecución del puente. Se busca evaluar la eficiencia medioambiental del proyecto y proponer medidas correctivas si es necesario. Se enfatiza el requerimiento de considerar las consecuencias sociales y económicas para tomar decisiones útiles y confiables. El trabajo se enmarca en el contexto del cambio climático y busca generar conciencia en el ámbito de la construcción sobre las transmisiones de CO<sub>2</sub> y cómo analizarlas y reducirlas mediante metodologías confiables, contribuyendo así al desarrollo sostenible sin involucrar el bienestar de las generaciones futuras.

### **1.2.2. NIVEL NACIONAL**

Crispín (2018), plantea un estudio realizado con el objetivo de establecer la huella de carbono en actividades de la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC. La metodología fue a nivel descriptivo, diseño no experimental y enfoque cuantitativo, la población fue la zona industrial de la unidad minera El Brocal, y la muestra fue la mina donde la empresa realiza actividades; para la recabación de datos, se realizó la revisión de registros y como instrumento se utilizó el Campus Carbon Calculator. Los resultados sobre las emisiones directas por consumo de combustibles fue de ton CO<sub>2</sub>eq de 132,83; emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica fue de ton CO<sub>2</sub>eq 418,53;

mientras que otras transmisiones indirectas fueron por consumo de agua de ton CO<sub>2</sub>eq de 233,33; por consumo de papel, 2,96; por transporte de casa-trabajo, 27,06. En conclusión, la fuente primordial donde se encuentran emisiones fue en la adquisición de energía eléctrica, resultando en un 51% de las emisiones valoradas.

Arias (2020), realizó su tesis con el propósito de establecer la huella de carbono en actividades administrativas de la Municipalidad Distrital de Carhuamayo. La investigación es de nivel descriptiva, no experimental, con enfoque cuantitativo. La muestra es conformada por el total de seis vehículos; de los cuales, tres utilizan combustible Diesel, y las otras tres, gasolina; además, posee 12 propiedades con 14 medidores, los cuales utilizan electricidad para desempeñar sus actividades municipales; para recoger datos, se utilizaron los valores mostrados en kWh de los recibos de luz. Para los resultados, se dividieron en tres alcances, los cuales fueron: para el alcance 1 o emisiones directas por la quema de combustibles fósiles, fue de 93,68 t CO<sub>2</sub> eq en el año 2018, los cuales fueron ocasionados por el consumo de combustibles Diesel de 35,43 tCO<sub>2</sub> eq, y de 58,25 tCO<sub>2</sub> por la gasolina; en las emisiones del alcance 2 o emisiones indirectas, con un total de 21,085 tCO<sub>2</sub> anual; reflejándose, en su mayoría, por la adquisición de energía eléctrica en el Palacio Municipal, con un total de 14,623 tCO<sub>2</sub> eq/año. Se concluye que el gasto de combustible y la energía eléctrica son las actividades que generan más emisiones.

Barrientos (2021), realizó su tesis con el objetivo de establecer la huella de carbono del consumo de petróleo de la empresa de transporte Cruz del Sur SAC. La metodología empleada fue aplicada, no experimental, cuantitativa y descriptiva; la técnica empleada fue la recolección de información documental y observación directa, utilizando fichas de recabación de datos basadas en la metodología del GHG Protocol. Los resultados fueron de 174 489,60 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2019 sobre el consumo de combustible líquido; mientras que para el año 2020, la emisión fue de 69 895,35 tCO<sub>2</sub>eq; y, finalmente, en el año 2021, fue de 70 876,49 tCO<sub>2</sub>eq; por lo que se puede concluir que existió un aumento de 1,94% entre los años 2020 y 2021.

Rogal (2020), realizó su tesis con el propósito de establecer la huella de carbono que es generada por acciones administrativas de la empresa ZETA SAC durante un periodo de dos meses. La metodología fue de diseño no experimental, enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, la metodología para cuantificar los gases fue el GHG Protocol y los componentes de conversión de emisión establecidos por el IPCC, se realizó la búsqueda de información y recolección de boletas o recibos de luz y combustible, para el alcance 1, se consideraron las emisiones directas de los combustibles de 33 vehículos, de los cuales se obtuvo un total de 170 325 tCO<sub>2</sub>e; para el alcance 2, se consideraron las emisiones indirectas de la adquisición de energía eléctrica, que obtuvo un total de 5406 tCO<sub>2</sub>e; dando un total de 175 731 tCO<sub>2</sub>e en los dos alcances, por lo que se concluye que, donde más se emite el CO<sub>2</sub>e, es en el desarrollo de actividades que comprometen utilizar combustibles.

Morales (2021), quien realizó su estudio con el fin de identificar la huella de carbono en el Centro de Producción Productos Unión, la metodología fue de diseño no experimental, nivel descriptivo y enfoque cuantitativo, la metodología para cuantificar la huella de carbono fue a través del GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2006, se realizó una recolección de información y una visita in situ, la emisión en el alcance 1 por consumo de combustible desde los equipos fijos fue de 912,59 tCO<sub>2</sub>; mientras que por gasto de combustibles desde los equipos móviles fue de 221,39 tCO<sub>2</sub>; por otro lado, sobre el alcance 2 se observó que el consumo de energía emitió un total de 95,55 tCO<sub>2</sub>, siendo un total de 1229,54 tCO<sub>2</sub> en los dos alcances, por lo que se concluye que la emisión de CO<sub>2</sub>, en su mayoría, es en el alcance 1, que corresponde al consumo de combustibles.

### **1.2.3. NIVEL LOCAL**

Mellado y Carrasco (2021), tuvieron como objetivo general de investigación, verificar los métodos para el cálculo de la HC sobre las instituciones privadas en Latinoamérica. Los resultados sobre su HC y la relevancia de usar sus instrumentos como medidas de mitigación del cambio climático se recogen del amplio repositorio. Se desarrolló un

método prismático para la selección del elemento, y las conjeturas finales revelaron que el protocolo de GHG y el método sugerido por el IPCC en 2016 son los procedimientos más empleados para calcular los GEI. Por último, proponen las medidas restrictivas de GEI como principales medidas para reducir las emisiones de GEI.

### **1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la cantidad de huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Medir las emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.
- Medir las emisiones indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.
- Medir las emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. DESARROLLO SOSTENIBLE

De acuerdo con Salazar et al. (2021), es la prevención de la amenaza de la interrupción del ecosistema, su esencia se reduce en mantener ritmos de economía en niveles de presión sobre el medio ambiente para la autorrecuperación del sistema natural y autorregularse.

El desarrollo sostenible se define como el proceso de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin afectar la aptitud de las generaciones futuras para saciar sus propios requerimientos (Madroñero y Gúzman, 2018).

Por ello, se determinan los enfoques generados alrededor del desarrollo sostenible:

##### 2.1.1.1. Enfoques del desarrollo sostenible

###### a. Enfoque conceptual

Dicho enfoque pretende combinar los conceptos de "desarrollo" y "sostenible", donde el crecimiento económico es uno de los elementos del desarrollo. El dilema surge de la realidad de que abandonar el crecimiento económico no es una opción en un sistema capitalista, que restringe la consecución de los fines de desarrollo sostenible (Madroñero y Gúzman, 2018).

###### b. Enfoque contextual

Se hace referencia a las distintas formulaciones del desarrollo sostenible que abarcan un amplio espectro de visiones según el contexto, ya sea institucional en el que tienen peso

las cuestiones políticas y fundamentalmente económicas, o académico, en el que se intenta establecer una base para evaluar la sostenibilidad (Madroñero y Gúzman, 2018).

### **2.1.2. GESTIÓN AMBIENTAL**

La gestión ambiental es el conjunto de acciones que desean la rentabilidad económica, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. En el contexto mundial, se promueve la necesidad de proteger el medio ambiente, ello ha motivado a aumentar demandas de distintos grupos de interés y una evolución de la gestión ambiental en organizaciones, pasando a la sostenibilidad desde un enfoque antropocéntrico. La estrategia organiza actividades que puedan dañar al medio ambiente con la finalidad de alcanzar una calidad de vida satisfactoria mitigando problemas medioambientales. Como campo de estudio, la gestión medioambiental pretende conservar los recursos naturales y contribuir a un desarrollo ecológicamente sostenible (Vidal y Asuaga, 2021). La gestión ambiental ha sido catalogada como una estrategia en el proceso organizacional y de desempeño ambiental, cuyo propósito principal es mejorar cada una de las actividades eco-eficientes que contribuyen a la mitigación extrema de los efectos negativos causados por la contaminación (Gómez y Mozo, 2021).

La gestión ambiental abarca diversas áreas, como la política ambiental, el ordenamiento territorial, el paisaje, la educación ambiental, la vida silvestre, la contaminación y la evaluación del impacto ambiental. Su aplicación puede realizarse tanto a nivel de empresas como de sociedades, siendo que su propósito es reducir el impacto de la actividad del ser humano en el medio ambiente, fortalecer y respetar la biodiversidad, implementar el factor ambiental de la competitividad de las entidades, conciencia social y mejorar la legislación.

Para lograr estos objetivos, las organizaciones pueden adoptar sistemas de gestión ambiental (SGA), que son herramientas que les permiten planificar, implementar, verificar y mejorar sus prácticas ambientales. Los SGA se basan en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y pueden seguir los requisitos establecidos por

normas internacionales como la ISO 14001. Esta norma especifica los criterios para un SGA eficaz y proporciona beneficios como el aumento del cumplimiento legal, la reducción de costes operativos, la mejora de la imagen corporativa y la satisfacción de las partes interesadas.

### **2.1.3. CAMBIO CLIMÁTICO**

Es un fenómeno global de gran interés mediático, social, político y científico, dado que repercute en gran envergadura en la totalidad de las actividades de los seres humanos (Gonzales y Meira, 2020). El calentamiento global, inducido por el efecto invernadero, constituye la mayor parte del cambio climático. Ciertos gases, como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), producidos principalmente durante la combustión de combustibles fósiles como el carbón y los hidrocarburos, producen este efecto (Roca et al., 2019).

El cambio climático, uno de los fenómenos más inquietantes de nuestra era, plantea serias implicaciones tanto para la vida humana como para la biodiversidad del planeta. Este fenómeno se refiere a las variaciones a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos, los cuales pueden ser naturales o inducidos por actividades humanas.

El clima, entendido como el conjunto de condiciones ambientales promedio de un lugar determinado, es todo menos estático, ya que puede variar debido a factores internos y externos. Los primeros implican procesos dentro del sistema climático, como la circulación atmosférica y oceánica, mientras que los factores externos son influencias desde fuera del sistema, como la radiación solar y las actividades humanas.

Entre estos factores externos, las actividades humanas se han destacado como el principal impulsor del cambio climático en los últimos dos siglos. La quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas ha generado emisiones de gases de efecto invernadero, creando una capa que atrapa el calor del sol y eleva las temperaturas. Este fenómeno, respaldado por datos científicos recientes, ha llevado la

temperatura media de la Tierra a niveles sin precedentes, con cada década desde 1850 siendo más cálida que la anterior.

Este aumento de temperatura no es solo un fenómeno aislado; tiene consecuencias interconectadas que afectan áreas diversas. Sequías intensas, escasez de agua, incendios, aumento del nivel del mar, inundaciones, deshielo de los polos y disminución de la biodiversidad son solo algunas de las ramificaciones del cambio climático. Además, este fenómeno afecta directamente la salud, la agricultura, la vivienda y la seguridad, generando desplazamientos forzados y conflictos por recursos naturales.

En este contexto, resulta crucial implementar medidas tanto de mitigación como de adaptación. La mitigación se centra en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la capacidad de los sumideros naturales para absorberlos, mientras que la adaptación busca incrementar la resiliencia de las personas y los ecosistemas ante los impactos del cambio climático. Estas estrategias, complementarias entre sí, requieren cooperación internacional, compromiso político, participación ciudadana e innovación tecnológica.

Ante este panorama, se hace evidente la necesidad de una respuesta global y coordinada al cambio climático. La comunidad internacional ha adoptado diversos acuerdos, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, que establecen metas y compromisos para los países. Sin embargo, es imperativo reconocer que estos esfuerzos aún son insuficientes para evitar un aumento de temperatura que tendría consecuencias irreversibles para la vida en nuestro planeta.

Frente a este desafío, es esencial una acción urgente y ambiciosa. El cambio climático no es simplemente un problema ambiental; es una cuestión ética, social y económica que impacta los derechos humanos, la justicia social y el desarrollo sostenible. Se requiere un enfoque integral que aborde las dimensiones ecológicas, políticas, culturales y educativas del cambio climático. Esto implica promover la transición hacia fuentes de energía

renovable, la movilidad sostenible, la producción y el consumo responsables, la gestión eficiente de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

En última instancia, el cambio climático es un fenómeno complejo y multidimensional que exige una acción colectiva e individual. Solo a través de una respuesta global, enfocada en la mitigación y la adaptación, junto con un cambio de paradigma hacia un desarrollo sostenible, podremos abordar eficazmente esta amenaza y salvaguardar nuestro futuro y el del planeta que compartimos.

### **2.1.3.1. Crisis climática**

La crisis climática es el fenómeno de cambio global que afecta al planeta Tierra debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado por la actividad humana. Estos gases, principalmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), atrapan el calor del sol y elevan la temperatura media del planeta, alterando el clima y los ecosistemas. Este proceso se conoce como calentamiento global.

La crisis climática se ha agravado por varios factores, como el incremento récord de las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, que superaron las 420 partes por millón (ppm) en octubre de 2022, un nivel que no se registraba desde hace tres millones de años. También se han registrado temperaturas extremas, como el año 2019, que fue el segundo más cálido de la historia desde que se tienen registros, solo superado por 2016. Además, se han producido fenómenos meteorológicos extremos, como sequías, incendios, inundaciones, huracanes y olas de calor, que han causado graves daños ambientales, sociales y económicos en todo el mundo.

Para hacer frente a la crisis climática, es necesario reducir drásticamente las emisiones de GEI y transitar hacia un modelo energético basado en fuentes renovables y limpias. Así lo establece el Acuerdo de París de 2015, que tiene como objetivo limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales. Sin embargo, los compromisos actuales de los países son insuficientes para lograr esta meta y se requiere una mayor ambición y cooperación internacional para evitar los peores impactos del cambio climático.

Se refiere a la situación de emergencia y desequilibrio en el clima global debido al aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esta crisis se manifiesta en fenómenos extremos, como sequías, inundaciones, aumento del nivel del mar y cambios abruptos en los patrones climáticos, con impactos significativos en los ecosistemas y en la vida humana (Cano y Chávez, 2021).

**a. Combustión**

Es un proceso químico en el cual una sustancia reacciona con un agente oxidante, generalmente oxígeno, liberando energía en forma de calor y luz. Es un proceso fundamental en la quema de combustibles como la gasolina, el carbón o el gas natural, pero también puede tener efectos negativos, como la emisión de gases contaminantes y contribuir al calentamiento global (Lopatin, 2020).

**b. Emisión**

Es el acto de liberar o expulsar sustancias, gases, partículas u otros elementos desde una fuente hacia el entorno natural. En su mayoría, este término se emplea para describir la liberación de sustancias que pueden ser contaminantes o tener un impacto negativo en el medio ambiente (Cano y Chávez, 2021).

**c. Efecto invernadero**

Es un fenómeno natural en el cual ciertos gases presentes en la atmósfera retienen el calor del sol y evitan que se disperse al espacio exterior. Este fenómeno es esencial para mantener la temperatura de la Tierra, pero el aumento excesivo de gases de efecto invernadero debido a actividades humanas, puede contribuir al calentamiento global (Horacio, 2021).

#### **2.1.4. MARCO NORMATIVO**

El marco normativo peruano en relación con el cambio climático ha evolucionado de manera progresiva desde la década de 1990. En este periodo, el país ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y se comprometió a seguir sus principios y obligaciones. Posteriormente, el Perú suscribió

tanto el Protocolo de Kioto, que establece metas concretas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los países desarrollados, como el Acuerdo de París, que fija un objetivo global de limitar el aumento de la temperatura media del planeta a menos de 2°C respecto a los niveles preindustriales.

A nivel nacional, el marco normativo se basa en la Constitución Política del Perú, que reconoce el derecho de las personas a disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de sus vidas, y establece el deber del Estado de promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas. Además, la Ley General del Ambiente (2005), define el cambio climático como un asunto de interés nacional, delineando los principios, derechos, deberes y obligaciones relacionados con la gestión ambiental.

En este contexto, la Ley Marco sobre Cambio Climático N° 30754, 2018), aprobada en 2018, se erige como la norma más relevante en el país. Esta ley tiene como objetivo establecer una visión estratégica y transversal para hacer frente al cambio climático, implementando medidas de mitigación y adaptación respaldadas por evidencia científica y enfoques participativos. Para ello, crea el Sistema Nacional de Gestión del Cambio Climático (SINAGECC), una entidad conformada por diversos organismos públicos y privados, bajo la supervisión del Ministerio del Ambiente (MINAM). Asimismo, esta ley dispone la formulación del Plan Nacional de Acción frente al Cambio Climático (PLANACC), el cual define las prioridades, metas e indicadores para cumplir con los compromisos internacionales asumidos por el Perú.

Además, es esencial mencionar otras normativas sectoriales que abordan aspectos específicos del cambio climático. La Ley General de Electricidad N° 23406 (1987), promueve el uso de energías renovables no convencionales, mientras que la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (2012), fomenta la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales. La Ley general del Patrimonio Cultural de la Nación N° 28296 (2004), protege los bienes culturales frente a los efectos del cambio climático, y la Ley General del Turismo N°29408 (2009), impulsa el turismo sostenible y responsable.

Este marco normativo integral refleja el compromiso del Perú en la lucha contra el cambio climático y sienta las bases para un futuro más sostenible y resiliente.

#### **2.1.4.1. Herramienta HC-Perú**

La HC-Perú permite el reporte de emisiones por parte de organismos públicos y privados únicamente dentro del área geográfica nacional. En este sentido, no se cuantifican las emisiones directas de gases de efecto invernadero fuera del territorio de un país, como las provocadas por el transporte aéreo y marítimo internacional. Esto tiene como objetivo evitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los registros internacionales de emisiones de CO<sub>2</sub> para el transporte aéreo y marítimo. Para la inscripción en la plataforma, es necesario llenar un formulario, el cual será revisado por el Ministerio del Ambiente, por lo mismo, tendrá que ser aceptada, caso contrario, se deberá enviar nuevamente la solicitud de registro (Morales, 2021).

##### **2.1.4.1.1. Niveles de Gestión de GEI de la HC-Perú**

- a. Primer nivel, medición:** consiste en estimar y reportar las emisiones de GEI de un determinado periodo a través en la plataforma digital y se genera un reporte automático al culminar el proceso
- b. Segundo nivel, verificación:** consiste en la verificación de las emisiones de GEI por un Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC), la organización usuaria remitirá la declaración verificada mediante la plataforma digital y será emitido por un OEC acreditado.
- c. Tercer nivel, reducción:** consiste en realizar acciones para reducir al menos un poco las emisiones GEI, esto también se debe registrar en la plataforma digital.
- d. Cuarto nivel, reducción:** a partir de los anteriores niveles, se busca la reducción de emisiones GEI de manera consecutiva en por lo menos dos años.

La Resolución Directoral N° 023-2016-INACAL/DN (2016), aprobó las normas técnicas peruanas sobre los gases de efecto invernadero, su uso racional de energía, entre otros. Mediante Resolución Ministerial N° 185-2021-MINAM (2021), aprobaron la Guía para el

funcionamiento de la herramienta Huella de carbono, la segunda versión, utilizando metodologías comparables acordadas por la Conferencia de las Partes.

El Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático (2020), la presente norma tiene por objeto apoyar la planificación, el desarrollo, la implementación, el seguimiento, la evaluación, la información y la difusión orientadas a los servicios de la política pública para la gestión integral del cambio climático, tal como se define en la Ley Marco de Cambio Climático, las disposiciones prescritas. El cambio público vulnerable mitiga los impactos del cambio climático en los países, aprovecha las oportunidades de desarrollo bajo en carbono y honra los compromisos internacionales asumidos por los países antes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Además, se tiene la NTP (2019), la cual establece una serie de recomendaciones para la utilización de la herramienta HC-Perú. Dichas recomendaciones orientan el registro de las organizaciones usuarias, que hagan uso de la herramienta HC-Perú y busquen reducir sus emisiones de GEI mediante el uso de esta; así como establecer criterios para que el MINAM incentive la gestión de las emisiones de GEI.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. HUELLA DE CO<sub>2</sub> DE HORMIGÓN Y DE LA PROYECCIÓN DE HORMIGÓN**

La ingeniería civil moderna y la construcción de túneles serían impensables sin hormigón. Sin embargo, el cemento que contiene, supone una amenaza para el medio ambiente, ya que la calcinación de clinker de cemento libera grandes cantidades de CO<sub>2</sub> que antes estaba unido químicamente. El cemento, con unas emisiones de gases de efecto invernadero de unos 800 kg de CO<sub>2</sub> e/t de clinker, representa hasta el 91% de la huella de CO<sub>2</sub> del hormigón y cerca del 8% de las emisiones antropogénicas internacionales de CO<sub>2</sub>. Esto es cuatro veces la cantidad producida por todo el tráfico aéreo mundial (Jahn, 2022).

### **2.2.2. HUELLA DE CARBONO DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**

El indicador de HC permite medir y evaluar la contribución al calentamiento global de la ejecución de un proyecto de este tipo, lo que permite identificar las fuentes emisoras y el grado de eficiencia en el uso de los recursos que generan GEI (Banco de Desarrollo del Perú, 2018). La quema de combustibles fósiles, los cambios en el uso del suelo, la incineración de residuos y la producción de cemento y cal, entre otras cosas, son responsables de este aumento (Rodríguez, 2021).

### **2.2.3. HUELLA DE CARBONO**

Hernández et al. (2021), definen a la huella de carbono como un indicador que permite medir, comprender y comunicar cuál es la dinámica del carbono, siendo esto un elemento clave durante la toma de decisiones, porque emplean un enfoque basado en los usuarios, su finalidad es dar seguimiento, tanto a la emisión de gases de efecto invernadero como la contribución al desarrollo sostenible del ambiente. Así mismo, se define como la totalidad de emisión directa e indirecta de gases de efecto invernadero por una empresa, producto, evento o individuo; además, cuantifica el dióxido de carbono, metano, perfluorocarbonos, óxido nitroso, que fueron expulsados de manera directa e indirecta a la atmósfera (Raquel et al., 2018).

#### **2.2.3.1. Emisiones directas de GEI**

Son emisiones que son producidas y controladas por la misma empresa u organización, como la combustión de vehículos y calderas, que son empleadas para el traslado de materiales y el procesamiento de materias primas (Saavedra y Anthony, 2018). Son generadas por la empresa de manera controlada, las cuales provienen de la combustión de vehículos, hornos, calderas, también de la producción química en equipos que son empleados en procesos controlados o propios, entre otros; además, las emisiones de la combustión en biomasa, que no se encuentra en los protocolos de CFCs, Kioto y NOX, no son consideradas como emisiones directas (Ministerio del Ambiente, 2021).

#### **a. Combustión vehículos, calderas y hornos**

Esto incluye todas las emisiones resultantes de la quema de combustibles fósiles y biocombustibles de la empresa o en instalaciones fijas. También incluye las emisiones fugitivas, como las fugas de los sistemas de aire acondicionado (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

#### **b. Producción química de equipos**

Es el procesamiento y extracción de materias primas sintéticas o naturales, que son transformadas en sustancias que cuentan con características originales; estas son empleadas para satisfacer necesidades de los usuarios, contribuyendo a su calidad de vida.

#### **c. Combustión de biomasa**

Es un proceso que tiene como función generar energía térmica de las plantas, además de ser una reacción de oxidación de los distintos componentes que intervienen durante el proceso de la biomasa expuesta a altas temperaturas.

### **2.2.3.2. Emisiones indirectas de GEI**

Son emisiones que son generadas por la electricidad consumida o adquiridas por las diferentes empresas, dichas emisiones son físicamente obtenidas dentro de la planta de electricidad donde son generadas (Ministerio del Ambiente, 2021).

#### **a. Generación de electricidad**

Es la transformación o combustión de energía química a calórica, posterior a ello, se convierte en energía mecánica y química a través del uso de turbinas, para luego convertirse en energía electromagnética.

#### **b. Consumo de energía**

Es la cantidad de energía total que consumen las empresas, instituciones y personas, para una determinada actividad y satisfacer sus necesidades, son medidas mediante kilovatios por hora, pueden ser energía de gas, biomasa y eléctrica.

### **2.2.3.3. Emisiones adicionales del GEI**

Son emisiones que no son producidas dentro de la empresa, organización e institución, como la extracción de materias primas, el transporte de trabajadores, actividades de

aspecto logístico, consumo de agua, edificaciones, viajes de trabajo, entre otros (Steven et al., 2022).

**a. Transporte de empleados**

Es el servicio que prestan las empresas a sus empleados, para cumplir con el compromiso que tienen con ellos de transportarlos de un lugar a otro o a su destino de trabajo.

**b. Transporte de materiales**

Es una actividad mediante la cual las empresas transportan los materiales que van emplear para realizar sus actividades, teniendo en cuenta todas las precauciones necesarias, para que no exista ningún inconveniente.

**c. Consumo de agua**

Es una acción que debe ser realizada de manera responsable para que no exista escasez del recurso vital, puesto que es un elemento fundamental que permite transportar nutrientes a las células, además que son utilizados en actividades de construcción para realizar las mezclas apropiadas.

**d. Generación de residuos**

Es un proceso mediante el cual se acumula residuos de las actividades humanas o de alguna institución, que deberán ser almacenadas de manera adecuada para evitar la contaminación del medio ambiente.

**e. Consumo de papel**

Es una actividad que involucra el uso de árboles para ser elaborados, por ello, se considera que existen ciertas desventajas en el uso excesivo de papel, porque deberán cortar árboles y eso afectará al medio ambiente.

**2.2.3.4. Concreto**

El hormigón o concreto es una masa similar a la piedra artificial, es el material compuesto que se crea mezclando material aglutinante (cemento o cal) junto con el agregado (arena, grava, piedra, virutas de ladrillo, etc.), agua, aditivos, etc., en proporciones específicas. La

fuerza y la calidad dependen de las proporciones de la mezcla. El hormigón es un material muy necesario y útil para los trabajos de construcción (Abanto, 2017).

## **2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACION**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña superan los 100 tCO<sub>2</sub>eq, Provincia La Convención Cusco 2023.

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Existen 60 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.
- Existen 10 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.
- Existen 30 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El lugar de estudio se ubica en el Distrito de Santa Teresa, Provincia de La Convención, Departamento de Cusco, en la construcción del Puente Huadquiña del Proyecto de Mejoramiento de la Carretera Santa María - Santa Teresa, Puente Hidroeléctrica Machu Picchu.

##### 3.1.1. GEORREFERENCIACIÓN DEL DISTRITO DE SANTA TERESA

Este distrito se encuentra en las coordenadas: UTM (WGS84) N:8547278.87 m S y E: 7603342.79 m E con una elevación de 1550 m y una superficie de 1340 km<sup>2</sup>.



**Figura 01:** Visualización aérea del distrito de Santa Teresa

**FUENTE:** Google maps (2023)



**b. Nivel de investigación:** comprendió el nivel descriptivo, considerando que Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este alcance se encarga de describir las características o propiedades de un fenómeno, una población o una situación en un momento determinado, sin establecer relaciones causales entre variables, sino simplemente observar y medir las variables de interés.

**c. Diseño de investigación:** el estudio se desarrolló con el diseño no experimental, que de acuerdo a Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este diseño implica la observación y recopilación de datos en su entorno natural, sin manipulación deliberada de las variables en lugar de establecer condiciones controladas, donde los investigadores observan y describen los fenómenos tal como ocurren en su contexto real.

Por otro lado, respondió al corte transversal, que implica que el estudio se llevó a cabo en un momento específico, proporcionando una instantánea precisa de la situación analizada.

**d. Método de investigación:** la investigación se desarrolló con el método hipotético deductivo, ya que este método consiste en plantear una hipótesis o suposición sobre el fenómeno de estudio, a partir de la revisión de la literatura y el marco teórico, para posteriormente se deducen las consecuencias lógicas que se derivan de la hipótesis, y se contrastan con la evidencia empírica mediante la recolección y análisis de datos, para finalmente aceptar o rechazar la hipótesis según los resultados hallados (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

**e. Técnica e instrumento de recolección de datos:** en el presente estudio se empleó como instrumento el registro de recolección de datos y hojas de cálculo del paquete Microsoft Excel, puesto que permitió recabar la información exacta sobre la Huella de Carbono que genera el concreto.

**f. Herramientas:**

- Plano del área de estudio
- Fotografía aérea del área del estudio (Google Earth)
- Laptop y celulares

- Libreta de notas
- Cámara fotográfica
- Hojas de cálculo de excel

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 01:** Operacionalización de variables

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>	<b>CATEGORÍAS Y VALORES</b>
<b>VI: Concreto</b>	Mezcla de agregados fino y grueso, cemento y agua.	- Agregado grueso y fino, cemento y agua.	Continua	Numérica
<b>VD: Huella de Carbono</b>	Son las emisiones de gases de Efecto Invernadero.	- Consumo de combustible. - Consumo de energía eléctrica. - Consumo de agua en la producción de concreto. - Consumo de papel durante la mezcla de concreto. - Transporte de empleados al lugar de trabajo.	Continua	Numérica

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Para la recolección de datos, se utilizaron las hojas de cálculo de Microsoft Excel, donde se utilizarán fórmulas que permitieron hallar la huella de carbono que emana la producción del concreto, considerando los diferentes materiales e insumos como el combustible, energía eléctrica, agua y demás aditivos, para lo cual se utilizarán los siguientes equipos: tres grupos electrógenos, un volquete de 15 m<sup>3</sup>, una camioneta, una cisterna de 50 mil litros, un cargador frontal, tres Mixer de 8m<sup>3</sup>, dos vibradoras de concreto.

Para la determinación de la Huella de Carbono, se empleó la fórmula planteada por García et al. (2020), quienes se basaron en las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y el Department for Environment Food and Rural Affairs (DEFRA) del Reino Unido.

Las fórmulas por objetivo son las siguientes:

#### Objetivo específico 1

Para este objetivo, se utilizó la metodología de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic 2023, que se detalla a continuación:

$$ED = \frac{CC \times PCN}{10^3} \times \left( FE_{CO_2} + FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O} \right)$$

Donde:

- ED: emisiones directas de GEI, en tCO<sub>2</sub> equivalente
- CC: cantidad de combustible consumido, en kg.
- PCN: poder calórico neto del combustible utilizado, en GJ/kg.
- FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>, FE<sub>CH<sub>4</sub></sub>, FE<sub>N<sub>2</sub>O</sub>: factores de emisión de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O del combustible utilizado, en: kg CO<sub>2</sub>/GJ, kg CH<sub>4</sub>/GJ y kgN<sub>2</sub>O/GJ, respectivamente.
- PCG<sub>CH<sub>4</sub></sub>, PCG<sub>N<sub>2</sub>O</sub>: potencial de calentamiento global del CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, respectivamente.

#### Objetivo específico 2

Para las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, que es el consumo de electricidad, se revisaron los recibos de luz y se identificaron los kWh consumidos.

Los datos de consumo total de electricidad (kWh) se multiplicaron por 1000 y se convirtieron en mWh, y luego se multiplicaron por su factor de emisión de 0,5470 tCO<sub>2</sub>-eq/mWh para obtener las emisiones de GEI expresadas en tCO<sub>2</sub> equivalente utilizando la siguiente fórmula:

$$EI = Da * Fe$$

- EI: emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad, en tCO<sub>2</sub> equivalente
- DA: datos de la actividad, en kWh
- FE: factor de emisión por consumo de electricidad (0,5470 tCO<sub>2</sub> eq/mWh)

### Objetivo específico 3

Para las emisiones adicionales, se utilizó las siguientes fórmulas:

Para el consumo de agua, se recolectaron los datos de la fuente y se aplicó la siguiente fórmula

$$OEIw = Da \times Fe$$

- OEIw: otras emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de agua, en tCO<sub>2</sub> equivalente
- DA: datos de la actividad, en m<sup>3</sup>
- FE: factor de emisión por consumo de agua (0,0005 tCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>)

En cuanto al transporte de personal, que son los que se encargan de realizar la mezcla de concreto, se aplicará la siguiente fórmula:

Donde:

$$OE_t = \frac{DR_i}{n \times 10^6} \times \left( FE_{CO_2} + \frac{1}{10^3} (FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \right)$$

- OE<sub>t</sub> : otras emisiones indirectas de GEI por transporte Domicilio-Trabajo, en tCO<sub>2</sub> equivalente.

- $DR_i$ : trayecto recorrido por colaborador, en Km (discurrir viaje de ida y vuelta)
- $FECO_2$ : factor de emisión de  $CO_2$  del carro utilizado por el trabajador, en  $gCO_2/km$
- $FEN_2O$ : factor de emisión del metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ) del carro utilizado por el trabajador, en  $mg CH_4/km$  y  $mgN_2O/km$
- $PCGCH_4$ ,  $PCGN_2O$ : PCG del  $CH_4$  y  $N_2O$ .
- $n$ : cifra de viajeros que ocupa el carro utilizado por el trabajador para el transporte de su domicilio al trabajo y de manera inversa.
- $I$ : colaborador(a)

Por último, para determinar la cantidad total de la huella de carbono que genera el concreto en la construcción del puente, se sumaron las emisiones directas e indirectas y las otras emisiones adicionales de GEI, bajo la fórmula siguiente:

$$ET = ED + EI + OEI$$

Donde:

- $ET$ : emisiones totales de GEI, en  $tCO_2$  equivalente
- $ED$ : emisiones directas de GEI, en  $tCO_2eq$
- $EI$ : emisiones indirectas de GEI, en  $tCO_2eq$
- $OEI$ : emisiones adicionales de GEI, en  $tCO_2eq$

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta sección, se presentan los resultados con la finalidad de responder a los objetivos planteados en la presente, para ello, se inicia dando detalle de las medidas que tiene las subestructuras del puente, de las cuales se extrajo la cantidad total de concreto utilizado.

##### 4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

###### Sobre el diseño estructural:

- Estructura metálica..... 7,85 t/m<sup>3</sup>
- Estructura de hormigón..... 2,50 t/m<sup>3</sup>
- Pavimento..... 2,30 t/m<sup>3</sup>
- Baranda metálica..... 0,10 t/m
- Vereda..... 2,50 t/m<sup>3</sup>

###### Sobre la sobrecarga vehicular:

Sobrecarga del diseño de camión HL-93 o tandem de diseño AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales) LRFD (Diseño por factores de carga y resistencia).

- Empuje sobre muros y estribos .....1,20 t/m<sup>2</sup>
- Viento.....Según AASHTO LRFD
- Temperatura.....+35°C
- Aceleración sísmica: según mapa de peligrosidad sísmica del Perú.

### **Sobre la cimentación y pilotes:**

- Pilotes pre excavados
- Diámetro de 1200 milímetros
- Longitud de 20 metros

La importancia de las cimentaciones en la estructura de la construcción de puentes, como es el caso del Puente Huadquiña, radica en la distribución de la carga de estructuras para obtener coberturas más estables y resistentes, lo que evita los deslizamientos y hundimientos.

En tal sentido, en la construcción del puente en estudio, se utilizaron los pilotes pre-excavados, puesto que permitieron la instalación en suelo difícil de perforar, como lo es la zona de intervención para mejorar la calidad de cimentación.

El terreno y las condiciones climáticas de la región de Cusco, fueron desafíos en la construcción del puente, ya que el tipo de suelo y la topografía rocosa requerían una cimentación que se adapte a estas condiciones, mientras que los pilotes pre-excavados evitaron problemas de deslizamientos o asentamientos inesperados.

Asimismo, en el caso de los pilotes, se implementó un recubrimiento mínimo de 75 mm, contribuyendo a la resistencia a la compresión y actuando como una salvaguarda contra factores ambientales adversos.

**Tabla 02:** Descripción de los componentes y aspectos de la estructura del puente

Componentes de las Estructuras del puente	Aspectos de diseño y durabilidad	Notación	Datos
Solado	Recubrimiento mínimo	e	10 cm
	Resistencia	f'c	100 kg/cm <sup>2</sup>
Zapata	Recubrimiento mínimo	e	75 mm
	Resistencia	f'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
Alzado de muro y estribos	Recubrimiento mínimo	e	40 mm
	Resistencia	f'c	280 kg/cm <sup>2</sup>
Ménsula	Recubrimiento mínimo	e	30 mm
	Resistencia	f'c	280 kg/cm <sup>2</sup>
Prelosa	Recubrimiento mínimo	e	30 mm
	Resistencia	f'c	480 kg/cm <sup>2</sup>
Tablero	Recubrimiento mínimo de la capa superior	e	40 mm
	Recubrimiento mínimo de la capa inferior	e	25 mm
	Resistencia	f'c	350 kg/cm <sup>2</sup>
	Recubrimiento mínimo	e	25 mm

Vereda	Resistencia	$f'c$	350 kg/cm <sup>2</sup>
	Recubrimiento mínimo	e	30 mm
Loza de Aproximación	Resistencia	$f'c$	280 kg/cm <sup>2</sup>
Acero del acero de refuerzo	Resistencia	$f_y$	420 Mpa

En la construcción del puente, se empleó concreto simple para el solado que tiene 10 cm de espesor para la nivelación del terreno fundación, cumpliendo la normativa y medidas de seguridad que garanticen la calidad del proyecto.

En la fase de cimentación de la construcción del puente, se priorizo la resistencia estructural como elemento fundamental a fin de garantizar la estabilidad del puente a largo plazo, por ello se empleó concreto de alta resistencia igual a  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Con recubrimiento de  $e=75$  mm en las zapatas, proporcionando una cobertura protectora esencial para prevenir la corrosión y garantizar la durabilidad.

En el proceso de levantamiento de muros y estribos, se optó por el concreto con resistencia de compresión equivalente a  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, garantizando de esta manera una base sólida para la estructura y recubrimiento mínimo de  $e=40$  mm, proporcionando una cobertura adicional de protección contra la corrosión y asegurando la durabilidad a largo plazo.

Las ménsulas se llevó a cabo con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, con recubrimiento mínimo de  $e=30$  mm, este valor se refiere al espesor mínimo de la capa de concreto que cubre y protege el acero de refuerzo en la estructura. Esta ménsula son vigas pequeñas en voladizo que se proyectó para soportar la carga concentrada y pesada de la estructura. La implementación de prelosas se llevó a cabo con una resistencia de 480 kg/cm<sup>2</sup> con recubrimiento mínimo de  $e=30$  mm, con el objetivo de preservar la integridad estructural frente a posibles desafíos ambientales.

El "tablero" es la parte del puente que entra en contacto directo con el tráfico y las cargas que cruzan la estructura. Respecto a la resistencia, en este caso, se indica como  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>. Esta medida representa la fuerza máxima que el concreto puede soportar por unidad de área antes de que falle bajo compresión.

Así mismo, respecto al recubrimiento mínimo de la capa superior, este parámetro se refiere a la distancia mínima que debe haber entre la superficie del concreto y la armadura ubicada en la parte superior de un elemento estructural (como una viga o una losa). En este caso, se especifica como  $e=40$  mm. Este recubrimiento es importante para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión y otros daños.

Por último, el recubrimiento mínimo de la capa inferior, este parámetro establece la distancia mínima entre la superficie inferior del concreto y la armadura ubicada en la parte inferior del elemento estructural. Aquí se indica como 25 mm. También tiene el propósito de proteger el acero de refuerzo.

La vereda indica la ubicación de la estructura o componente que físicamente es la acera o la parte elevada del tablero destinada al tránsito peatonal. La cual, tiene una resistencia de compresión de  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.

La losa de aproximación se refiere a una estructura de concreto que conecta la carretera con la plataforma del puente. Esta losa ayuda a distribuir las cargas de manera uniforme desde las vigas hacia la superficie de la carretera. La losa de aproximación es esencial para garantizar la continuidad estructural y la transición suave entre la superestructura del puente (las vigas principales) y la infraestructura (estribos). Para esta estructura, se proyectó una resistencia de compresión equivalente de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y recubrimiento mínimo de 30 mm.

El acero de refuerzo se trata de barras o elementos de acero diseñados específicamente para ser utilizados como refuerzo en estructuras de concreto. Su función principal es proporcionar resistencia adicional al concreto. Además, la resistencia del acero de refuerzo, este término se refiere a la resistencia a la tracción del acero. En este caso, se indica que la resistencia ( $f_y$ ) es de 420 MPa (megapascales). Esta medida se utiliza para

describir la capacidad del acero de resistir fuerzas de tracción antes de ceder o deformarse permanentemente.

#### 4.1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO

**Tabla 03:** Equipos usados para la elaboración de concreto

Cant.	Equipo	Generador de energía	Código	Tipo de combustible	Cantidad gal/h estacionados	Cantidad km/gal Móviles	Descripción	Producción en m <sup>3</sup> /h
1	Volquete de 15 m <sup>3</sup>	Combustibl e	VOL-52	Diesel Ultra B5 S-50		3,09		
1	Cargador Frontal	Combustibl e	CAF-05	Diesel Ultra B5 S-50		3,90		
1	Cisterna de agua 50 mil/l	Combustibl e	CIS-06	Diesel Ultra B5 S-50		2,16		
1	Montacarga	Combustibl e	MON-01	Diesel Ultra B5 S-50		2,78		
1	Camioneta Hilux	Combustibl e	CAM-04	Diesel Ultra B5 S-50		0,03		

1	Planta de Chancadora	Grupo Electrógeno	GPG-02	Diesel Ultra B5 S-50	9,44	Agregado Grueso	25,2
						Agregado Fino	37,8
1	Planta de Concreto	Grupo Electrógeno	GPG-01	Diesel Ultra B5 S-50	3,70	Producción de Concreto	21,8
1	Mixer de 8 m <sup>3</sup>	Combustible	HOR-01	Diesel Ultra B5 S-50	2,91	Transporta 8 m <sup>3</sup> por mixer	
1	Mixer de 8 m <sup>3</sup>	Combustible	HOR-02	Diesel Ultra B5 S-50	2,53		
1	Mixer de 8 m <sup>3</sup>	Combustible	HOR-03	Diesel Ultra B5 S-50	2,07		
1	Bomba de Concreto	Grupo Electrógeno	GPG-03	Diesel Ultra B5 S-50	3,00	Mezcla de Concreto	32,0
2	Vibradora de Concreto	Combustible		Gasohol 90	1,40	Vibrado de Concreto	

La tabla 3, presenta información sobre la cantidad y el tipo de equipos utilizados en el proyecto, esta tabla es útil para comprender la distribución y cantidad de los equipos utilizados.

#### 4.1.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

##### Hipótesis general

**H1:** La cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña superan los 100 tCO<sub>2</sub>eq, provincia de La Convención Cusco 2023.

**H0:** La cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña no supera los 100 tCO<sub>2</sub>eq, provincia de La Convención Cusco 2023.

Para comprobar la hipótesis de la investigación se utilizó la siguiente fórmula:

$$ET = ED + EI + OEI$$

##### Donde:

ET: emisiones totales de GEI, en tCO<sub>2</sub> equivalente

ED: emisiones directas de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

EI: emisiones indirectas de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

OEI: emisiones adicionales de GEI, en tCO<sub>2</sub>eq

$$ET = 10017,12 \text{ tCO}_2\text{eq} + 2673,74 \text{ tCO}_2\text{eq} + 0,0947 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

$$ET = 12690,95 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

Según el resultado hallado, se procede a aceptar la hipótesis general, toda vez que las emisiones de huella de carbono del concreto durante la ejecución del puente Huadquiña superan los 100 tCO<sub>2</sub>eq.

Los investigadores Díaz y Loaiza (2022), con su investigación de propósito de diseñar estrategias que faciliten reducir los niveles de GEI, de la empresa Unipiedra llegan a calcular una emisión de 79 237,623 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup> en un mes, esto determinado por 65% de emisiones indirectas y 35% de emisiones directas, estos valores nos demuestran que para la producción concreto lleva todo un proceso desde la excavación de materias

primas (agregados) hasta el acabado de trabajos de concreto generan altas cantidades de Huella de Carbono.

Para contrastar el resultado de las emisiones totales que es  $ET=12690,95 \text{ tCO}_2\text{eq}$  generada por la construcción del puente Huadquiña, se coincide con el investigador Rogal (2020), con su tesis Huella de Carbono generada por acciones administrativas de la empresa ZETA SAC, donde sus emisiones directas tuvieron un valor de 170 325  $\text{tCO}_2\text{eq}$  y las emisiones indirectas con un resultado de 5406  $\text{tCO}_2\text{eq}$  utilizando los componentes de conversión de emisiones establecidos por IPCC, donde determinó altas emisiones de  $\text{CO}_2$  fue en el desarrollo de actividades que comprometen utilizar combustibles, tal como se demuestra en esta investigación.

### **Hipótesis específicas**

#### **Primera hipótesis específica**

**H1:** Existen más de 60  $\text{tCO}_2\text{eq}$  de emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

**H0:** Existen menos de 60  $\text{tCO}_2\text{eq}$  de emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

Para comprobar la hipótesis uno se utilizó la siguiente metodología de la Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2023:

$$ED = \frac{CC \times PCN}{10^3} \times \left( FE_{\text{CO}_2} + FE_{\text{CH}_4} \times PCG_{\text{CH}_4} + FE_{\text{N}_2\text{O}} \times PCG_{\text{N}_2\text{O}} \right)$$

**Tabla 04:** Valor de elementos de la fórmula para la hipótesis 1

<b>Datos generales</b>	
Combustible consumido	961164,54 Kg
Poder Calorífico Neto	45,57
PCGCH <sub>4</sub>	25
PCGN <sub>2</sub> O	296
PCGCO <sub>2</sub>	1
FECO <sub>2</sub>	74,100Kg/GJ
FECH <sub>4</sub>	5Kg/GJ
FEN <sub>2</sub> O	0,1Kg/GJ

**Reemplazando:**

$$ED = \frac{961164,54 \times 45,57}{1000} \times (74,100 + 5 \times 25 + 0,1 \times 296)$$

$$ED = \frac{43800268,15}{1000} \times 228,7$$

$$ED = 10017121,33$$

$$ED = 10017,12 \quad \text{tCO}_2 \text{ eq}$$

**Tabla 05:** Detalle de equivalentes del combustible

Combustible	Galones/año	litros/año	Kg/año	ED toneq	Participación
	o				n
Diesel	253913.6	961167.08	961164.54	10017,12	87,61%

De acuerdo a la tabla 5, se evidencia que las Emisiones Directas en la generación de concreto durante la ejecución del puente fue de 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq, por lo cual se acepta la hipótesis de investigación, ya que la cantidad resultante supera las 60 tCO<sub>2</sub>eq.

El autor Barrientos (2021), en su tesis de establecer Huella de Carbono en el consumo de petróleo, determinó que las emisiones directas generadas por el consumo de combustible

líquido es de 174 489,60 tCO<sub>2</sub>eq en el año 2019, estos resultados se asemejan a los datos que se obtuvo en esta investigación de emisiones directas es de 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq en un período de 10 meses, estos datos señalan que en las construcciones de industrias que se utilizan combustibles generan grandes cantidades de Huella de Carbono.

### Segunda hipótesis específica

**H1:** Existen más de 10 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

**H0:** Existen menos de 10 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

Para obtener las emisiones de GEI expresadas en tCO<sub>2</sub> equivalente se utilizó la siguiente fórmula:

$$EI = Da * Fe$$

**Donde:**

**Tabla 06:** Valor de elementos de la fórmula para la hipótesis 2

<b>Duración de ejecución en meses</b>	<b>10</b>
Consumo mensual de energía	488,8
Factor de emisión	0,547 tCO <sub>2</sub> eq/MWh

**Reemplazando:**

$$EI = 488,8 \times 0,547 \text{ tCO}_2\text{eq/MWh}$$

$$EI = 267,37 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

$$EI = 267,37 \text{ tCO}_2\text{eq} \times 10 \text{ meses}$$

$$EI = 2673,7 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

De acuerdo a este resultado, se acepta la hipótesis alterna, toda vez que la cantidad de Emisiones Indirectas equivalente producidas por el concreto durante la construcción del puente fue mayor a 10 tCO<sub>2</sub>eq.

Los investigadores López y Rodríguez (2019), realizaron su investigación con el fin de analizar la huella de carbono en PYMES de industrias de construcción, donde obtuvieron

un total de 249,86 tCO<sub>2</sub>eq, generando altas emisiones de dióxido de carbono a partir del consumo de energía eléctrica.

### Tercera hipótesis específica

**H1:** Existen 30 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

**H0:** Existen menos de 30 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, provincia de La Convención Cusco 2023.

Para la determinación de la cantidad de emisiones adicionales, es preciso indicar que se realizó el cálculo tanto para el uso de agua, así como para el transporte de personal, por lo tanto, se tuvieron los siguientes resultados:

#### Emisiones por consumo de agua:

$$OEI_w = Da \times Fe$$

#### Donde:

$$Da = 188,6m^3$$

$$Fe = 0,0005 \text{ tCO}_2\text{eq}/m^3$$

#### Reemplazando

$$OEI_w = 188,6 * 0,0005 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

$$OEI_w = 0,0943 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

#### Emisiones por transporte de personal

$$OE_t = \frac{DR_i}{n \times 10^6} \times \left( FE_{CO_2} + \frac{1}{10^3} (FE_{CH_4} \times PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} \times PCG_{N_2O}) \right)$$

#### Donde:

**Tabla 07:** Valor de elementos de la segunda fórmula para la hipótesis 3

<b>PCGCH<sub>4</sub></b>	<b>25</b>
PCGN <sub>2</sub> O	296
FECO <sub>2</sub>	74,100 Kg/GJ
FECH <sub>4</sub>	5 Kg/GJ
FEN <sub>2</sub> O	0,1 Kg/GJ
Aforo de camioneta en personas	5
Número de trabajadores	20

**Reemplazando:**

$$O_{et} = \frac{1,3 \cdot 20}{5 \times 1000000} \times 74,100 + \frac{1}{1000} \times 154.6$$

$$O_{et} = \frac{26}{5000000} \times 74.25$$

$$O_{et} = 0,0004 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

**Por lo tanto:**

$$EA = OEI_w + O_{et}$$

$$EA = 0,0943 \text{ tCO}_2\text{eq} + 0,0004 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

$$EA = 0,0947 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

De acuerdo al valor resultante en la determinación de emisiones adicionales, se acepta la hipótesis nula, ya que el total de emisión adicional es de 0,0974 tCO<sub>2</sub>eq.

En esta tercera hipótesis específica se coincide con los autores López y Rodríguez (2019), obtienen un resultado de 0,30 tCO<sub>2</sub> sobre el consumo de agua. Para el transporte los autores también calcularon un valor de 3,44 tCO<sub>2</sub>eq, sumados las dos emisiones generadas por diferentes factores son un total de 3,74 tCO<sub>2</sub>eq, estos datos se tiene proximidad con el cálculo de otras emisiones indirectas de la presente investigación.

#### **4.1.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En cuanto al objetivo general, se determinó que la huella de carbono que generó la elaboración y uso del concreto en la ejecución del puente Huadquiña es superior a las 100 tCO<sub>2</sub>eq el cual fue ET = 12690,95 tCO<sub>2</sub>eq, que básicamente evidencia un alto riesgo para la conservación del medio ambiente del sector o zona de intervención además contribuyendo al cambio climático, principalmente provocado por el uso de combustibles como la gasolina en el proceso de elaboración del concreto, resultados que al ser comparados con los de Morales (2018) demuestra coincidencias, ya que el investigador demostró que la huella de carbono que se genera a partir de las actividades que se realizan en la empresa de su estudio es de 95,55 tCO<sub>2</sub> que es principalmente ocasionado por el uso de combustibles, asimismo, Sanchis (2022), indicó mediante su investigación que la evaluación y análisis cuali-cuantitativo de las emisiones de huella de carbono son de mayor preponderancia para enmarcar un contexto de protección frente al cambio climático que son ocasionados a partir de la construcción de puentes, mientras que Caro (2019), demostró que muchas de las empresas constructoras no dan el cumplimiento adecuado de la normativa correspondiente, en la cual se encuentra el ISO 14067, el INTE B5.2016, PAS 2050, ya que las emisiones de huella de carbono generadas por la industria generalmente superan hasta en un 65% de lo establecido por normativa. Además Naranjo (2019), también indicó que los mayores porcentajes de emisión de huella de carbono son por el cemento, que es uno de los materiales estrictamente necesarios para la elaboración del concreto, que representa el 22,77% de emisiones.

En referencia al primer objetivo específico, donde se buscó determinar si las emisiones directas son más de 60 tCO<sub>2</sub>eq, demostrándose que fueron del 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq, las cuales se encuentran principalmente provocadas por el consumo de combustible, estos datos presentan similitudes a los estudios desarrollados por Díaz y Loaiza (2022), quienes hallaron que el 65% de emisiones son producto del consumo de gasolina, por su parte Crispín (2018), determinó que las emisiones directas de huella de carbono alcanzan hasta los 132,83 CO<sub>2</sub>eq, mientras que Arias (2020) halló emisiones directas equivalentes a 93,68 tCO<sub>2</sub>eq, además, Barrientos (2021), demostró que las ED fueron igual a 69 895,35 tCO<sub>2</sub>eq, teniendo el uso de gasolina como principal factor emisor, demostrando que durante los años 2020 y 2021, existió un incremento sustancial de huella de carbono generado por las empresas de transporte.

En cuanto al segundo objetivo específico, se halló que las emisiones indirectas de huella de carbono fueron de 2673,7 tCO<sub>2</sub>eq, por lo que se determina que el consumo de energía eléctrica durante la construcción del puente fue significativo en la generación de huella de carbono total, que al ser puesto en comparación con los resultados presentados por Rogal (2020), quien determinó que la energía eléctrica genera alrededor de 5406 tCO<sub>2</sub>eq, mientras que Morales (2021), mediante su estudio determinó que las emisiones indirectas alcanzan un equivalente de 95,55 tCO<sub>2</sub>eq, lo cual demuestra que el consumo de energía eléctrica, también es un principal factor que determina la cantidad de huella de carbono que se emite durante las actividades civiles.

Finalmente en referencia al tercer objetivo, se demostró que las emisiones adicionales fueron de 0,0947 tCO<sub>2</sub>eq, lo que refleja que el consumo del agua y el transporte del personal no generan mayor cuantificación de huella de carbono, que similarmente López y Rodríguez (2019), evidenciaron que las emisiones adicionales presentan sólo el 0,30 tCO<sub>2</sub>eq, sin embargo, al ser puestos en comparación con los de Crispín (2019), se halla cierta desigualdad, ya que, de acuerdo a este investigador, las emisiones que generan los

recursos y materiales adicionales superan los 30 tCO<sub>2</sub>eq, llegando a alcanzar hasta el CO<sub>2</sub>eq de 233,33 que entre estos adicionales se encuentra el agua.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** se determinó el total de la huella de carbono, que es el total de emisiones directas, indirectas y emisiones adicionales de GEI en tCO<sub>2</sub> equivalente por la elaboración de concreto durante la ejecución del puente Huadquiña, fue mayor a los 100 tCO<sub>2</sub>eq, dando un total de 12690,95 tCO<sub>2</sub>eq, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

**SEGUNDA:** se calculó las emisiones directas, que se midieron a través del combustible consumido, para la elaboración de concreto durante la ejecución del puente Huadquiña, superan los 60 tCO<sub>2</sub>eq, en específico se obtuvo un valor total de 10017,12 tCO<sub>2</sub>eq, motivo por el que se acepta la hipótesis alterna de investigación.

**TERCERA:** se midió las emisiones indirectas, a través del reporte de consumo mensual de energía durante 10 meses, que se produjeron por el concreto usado en la construcción del puente fueron de 2673,74 tCO<sub>2</sub>eq, por lo que se aceptó la hipótesis alterna de investigación.

**CUARTA:** se calculó las emisiones adicionales a través del uso de agua y el transporte de personal, los cuales fueron en total menores a 30 tCO<sub>2</sub>eq, por lo que se acepta la hipótesis nula, determinando de este modo que, el total de emisiones adicionales producidas por el concreto durante la construcción del Puente Huadquiña en la provincia de La Convención, Cusco en el año 2023 fue de 0,0947 tCO<sub>2</sub>eq.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** a la empresa CCECC sucursal del Perú que son directos contratistas de la ejecución del puente, se les recomienda establecer estrategias y metodologías que se utilizan en otros países, que permitan minimizar el consumo de elementos que producen altos niveles de emisión de CO<sub>2</sub>, asimismo, se recomienda utilizar la tecnología de CarbonCure, siendo que al inyectar CO<sub>2</sub> reciclado al concreto fresco, reacciona con los iones de calcio de cemento y forma un mineral de tamaño nanómetro que mejora el concreto y ayuda a reducir la HC, esto sin comprometer el desempeño de la obra.

**SEGUNDA:** al área del impacto ambiental y administrativa de la ejecución de proyectos, se recomienda realizar las actividades para reducir las emisiones directas, evitando el sobreuso de materiales e insumos, tales como los combustibles o minimizando las emisiones de metano y óxido nitroso.

**TERCERA:** en referencia a las emisiones indirectas, se recomienda al área administrativa de la obra, a gestionar de mejor manera el uso de energía eléctrica durante el proceso de gabinete, para de ese modo alcanzar a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**CUARTA:** ante las emisiones adicionales, se recomienda establecer planificación en cuanto a la fuente y consumo del agua, así como el tiempo y distancia de transporte para con ello alcanzar un mejor uso de los recursos correspondientes y con ello reducir el CO<sub>2</sub> producido durante la ejecución de proyectos de la misma envergadura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (2017). Tecnología del concreto.  
[http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id\\_product=263&controller=product](http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=263&controller=product)
- Adeyemi, A. (2020). Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions. *Environmental Challenges*, 1(100004).  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2667010020300044>
- Alianza Global para los Edificios y la Construcción. (2020). Informe de estado global de edificios y construcción de 2020 [Informe ambiental]. (GlobalABC).  
<https://globalabc.org/news/launched-2020-global-status-report-buildings-and-construction>
- Arias, D. (2020). Determinación de la huella de carbono en las actividades administrativas correspondiente a la Municipalidad Distrital de Carhuamayo – Provincia de Junín, para controlar la emisión de gases de efecto invernadero—2018 [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].  
[http://45.177.23.200/bitstream/undac/1806/1/T026\\_72768897\\_T.pdf](http://45.177.23.200/bitstream/undac/1806/1/T026_72768897_T.pdf)
- Banco de Desarrollo del Perú. (2018). Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Libélula.  
[https://www.cofide.com.pe/COFIDE/images/secciones/transparencia\\_s7\\_7.%20L%C3%ADnea%20base%20huella%20de%20carbono.pdf](https://www.cofide.com.pe/COFIDE/images/secciones/transparencia_s7_7.%20L%C3%ADnea%20base%20huella%20de%20carbono.pdf)
- Barrientos, E. (2021). Determinación de la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019—2021 [universidad Cesar Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77468/Barrientos\\_VEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77468/Barrientos_VEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cano, D., & Chávez, R. (2021). La comunicación de la crisis climática en tiempos de crisis sanitaria.  
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/128288/La%20comunicaci%C3%B3n>

%20de%20la%20crisis%20clim%C3%A1tica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- CarbonCure. (2022). El concreto como ruta para la reducción del carbono Cómo el concreto puede almacenar de forma permanente el CO2. CarbonCure Technologies Inc.  
<https://go.carboncure.com/rs/328-NGP-286/images/SP%20Concrete%20as%20a%20Carbon%20Removal%20Pathway.pdf>
- Caro, J. (2019). Cálculo de la huella de carbono emitida en Costa Rica al construir una casa típica de clase media en condominio horizontal en el Gran Área Metropolitana [Universidad de Costa Rica].  
<http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/15706/1/44717.pdf>
- Cement Association of Canada. (2023). Cement Association of Canada.  
<https://cement.ca/>
- Chávez, Y. A. (2018). La educación ambiental en los estudiantes y su relación con la segregación de residuos sólidos, en la Institución Educativa N° 1255. Huaycán, Ate 2016. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/2652>
- Crispín, B. O. (2019). Crispín, A. (2018). "Determinación de la Huella de Carbono de la empresa JRC Ingeniería y Construcción SAC en la unidad minera El Brocal. Huancayo, Perú.  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6211/T010\\_45727071\\_M%20-%20Abel%20Crispin%20Jurado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6211/T010_45727071_M%20-%20Abel%20Crispin%20Jurado.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Crispín Jurado, A. (2018). Determinación de la huella de carbono de la EMPRESA JRC ingeniería y Construcción SAC en la Unidad Minera El Brocal.
- DANE. (2021). Producto Interno Bruto por departamento 2019 provisional.  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B\\_2015/Bol\\_dptal\\_2019provisional.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2015/Bol_dptal_2019provisional.pdf)
- Díaz, A., & Loaiza, J. (2022). Diseño de estrategias para la compensación del impacto ambiental generado por la empresa UNIPIEDRA, basados en el cálculo de su huella de carbono [Corporación Universitaria del Caribe - CECAR].

<https://repositorio.cecar.edu.co/bitstream/handle/cecar/7223/63c10050-cf50-4782-a84d-9ee74371d79e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, J., Quito, J., & Perdomo, J. (2020). Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/16031>

Gómez, P. L., & Mozo, H. P. B. (2021). La gestión ambiental en los gobiernos locales en América Latina. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), Article 1. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i1.221](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.221)

González, E., & Meira, P. (2020). Educación para el cambio climático ¿Educar sobre el clima o para el cambio? XI(168). <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2020.168.59464>

Google maps. (2023). Ubicación del Puente Huadquiña. <https://www.google.com/maps/search/puente+huadqui%C3%B1a/@-13.086293,-72.6675664,35809m/data=!3m2!1e3!4b1?entry=ttu>

Hernández, S., Hernández, J., & Alcaraz, B. (2021). Reducción de la huella de carbono en las ciudades mexicanas Enfoque urbano-arquitectónico (1ra ed.). Universidad Autónoma del Estado de México. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110392/Reducci%C3%B3n\\_Huella\\_Carbono\\_NVO.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110392/Reducci%C3%B3n_Huella_Carbono_NVO.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación (6 ta edición).

Horacio, A. (2021). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. 52(204). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-7036202100100059](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-7036202100100059)

Jahn, M. (2022). Cómo hacer del hormigón un material de construcción más sostenible. <https://esp.sika.com/content/dam/dms/es01/d/White-Paper%20hormigon-ES%20.pdf>

Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 (2012).  
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29763.pdf>

Ley General de Electricidad N° 23406 (1987).  
<https://www.electroperu.com.pe/blTransparenciaEstandar/DatosGenerales/Ley23406.pdf>

Ley General del Ambiente, 28611 (2005).

Ley general del Patrimonio Cultural de la Nación N° 28296, N° 28296 (2004).  
[https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2017/Comision\\_de\\_Cultura\\_y\\_Patrimonio/files/ley-28296-ley-general-patrimonio-cultural-nacion.pdf](https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2017/Comision_de_Cultura_y_Patrimonio/files/ley-28296-ley-general-patrimonio-cultural-nacion.pdf)

Ley General del Turismo N°29408 (2009).  
<https://leyes.congreso.gob.pe/documentos/leyes/29408.pdf>

Ley Marco sobre Cambio Climático N° 30754, 30754 (2018).  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230066/200812\\_Ley\\_Marco\\_sobre\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230066/200812_Ley_Marco_sobre_Cambio_Clim%C3%A1tico.pdf)

Lopatin, P. (2020). Natural gas combustion in diesel engine. 421.

López, R., & Rodríguez, L. (2019). Análisis de la huella de carbono de las pymes de la industria de la construcción de Guadalajara de Buga en el marco del desarrollo sostenible [Unidad Central del Valle del Cauca].  
<https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/1348/T00030927.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Madroño, S., & Gúzman, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. Tecnología en Marcha, 31(3), 122-130.  
<https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). PUENTE HUADQUIÑA KM 22+594.000 @ 22+63.  
[file:///C:/Users/Antares/Downloads/OA-Puente%20Huadquiña%20CORREGIDO%2015-06.pdf22%20\(1\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Antares/Downloads/OA-Puente%20Huadquiña%20CORREGIDO%2015-06.pdf22%20(1)%20(1).pdf)

- Ministerio del Ambiente. (2020). Impulso a la Huella de Carbono en Perú. AENOR la revista de la evaluación de la conformidad, 361.  
<https://revista.aenor.com/361/impulso-a-la-huella-de-carbono-en-peru.html>
- Ministerio del Ambiente. (2021). Manual de Uso de la HC-Perú. [Estado]. HUELLA DE CARBONO PERÚ.  
<https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/metodoCalculo>
- Ministerio del Ambiente. (2022). Minam: 706 organizaciones figuran en la plataforma Huella de Carbono Perú. El Peruano.  
<https://elperuano.pe/noticia/139976-minam-706-organizaciones-figuran-en-la-plataforma-huella-de-carbono-peru>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Oficina Española de Cambio Climático.  
[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)
- Montenegro-Ballester, J. (2019). Respuesta polinómica de la emisión de óxido nitroso en plantaciones de café en Costa Rica. Revista de Ciencias Ambientales, 53(2).  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-38962019000200001&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-38962019000200001&script=sci_arttext)
- Morales, R. (2018). Huella de Carbono en el Alcance 1 y 2, utilizando la metodología del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064-1:2006, en el Centro de Producción “Productos Unión” [Universidad Peruana Union].  
[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1648/Rita\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1648/Rita_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Morales, R. (2021). Guía para el funcionamiento de la herramienta huella de carbono Perú.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2249723/ANEXO%20RM.%2018-5-2021-MINAM%20-%20Guia%20Funcionamiento%20HC-Peru.pdf.pdf?v=1634>

222720

Municipalidad de Lima. (2021). Huella de carbono corporativo 2019 Municipalidad Metropolitana de Lima [Informe final].

<https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/d775c5f0e5878fc1.pdf>

Naranjo, E. (2019). Propuesta de disminución de huella de carbono para construcciones basadas en el edificio de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Ambato [Universidad Técnica de Ambato].

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30588>

NTP. (2019). Norma Técnica Peruana de Colores NTP 900.058.2019.

<https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>

Oficina Catalana del Canvi Climàtic. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Generalitat de Catalunya Comisión Interdepartamental del Cambio Climático.

<https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

Organización Meteorológica Mundial. (2021). Un año más, las concentraciones de gases de efecto invernadero volvieron a batir todos los récords [Organismo especializado de las Naciones Unidas]. Organización Meteorológica Mundial (OMM).

<https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/un-a%C3%B1o-m%C3%A1s-las-concentraciones-de-gases-de-efecto-invernadero-volvieron>

Pico, C., Villagrán-Zaccardi, Y., & Mejía, R. (2019). Cómo reducir la huella de carbono del hormigón y no morir en el intento. 8.

[https://www.researchgate.net/publication/341281250\\_Como\\_reducir\\_la\\_huella\\_de\\_carbono\\_del\\_hormigon\\_y\\_no\\_morir\\_en\\_el\\_intento](https://www.researchgate.net/publication/341281250_Como_reducir_la_huella_de_carbono_del_hormigon_y_no_morir_en_el_intento)

Raquel, C., Zorio-Grima, A., & García-Benali, M. (2018). Nuevas formas de reporting corporativo: Información sobre la huella de carbono en España. E-Revista de

Administração de Empresas, 58(6), 537-550.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020180603>

Reglamento de la Ley N° 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático (2020).

<https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2020/01/Reglamento-de-la-Ley-Marco-sobre-Cambio-Clim%C3%A1tico.pdf>

Resolución Directoral N° 023-2016-INACAL/DN (2016).

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-sobre-gases-de-efecto-inve-resolucion-directoral-no-023-2016-inacaldn-1437567-1/>

Resolución Ministerial N° 185-2021-MINAM (2021).

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-la-guia-para-el-funcionamiento-de-la-herramienta-h-resolucion-ministerial-no-185-2021-minam-2000351-1/>

Roca Villanueva, B., Beltrán Salvador, M., & Gómez Huelgas, R. (2019). Cambio climático y salud. *Revista Clínica Española*, 219(5), 260-265.

<https://doi.org/10.1016/j.rce.2019.01.004>

Rodriguez, J. (2021). Incidencia del consumo de combustible en la huella de carbono en la ciudad de Moyobamba [Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto].

<https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/4075/1/ING.%20AMBIENTAL%20-%20Juan%20Manuel%20Rodr%C3%adguez%20N%C3%banez.pdf>

Rogal, D. (2020). Determinación De Huella De Carbono En Las Actividades Administrativas Y Operativas (VES) De La Empresa Zeta SAC Alquiler De Vehículos [Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur].

<http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/754/1/ROGAL%20PINEDA%2c%20DANIA%20ROCIO.pdf>

Romero, S. (2022). ¿Puede la industria del hormigón realmente volverse neutra en carbono para 2050? *El confidencial*.

<https://www.elconfidencial.com/medioambiente/ciudad/2022-01-04/cemento-hor>

migon-emisiones-co2-sostenible\_3098260/#:~:text=Dado%20que%20la%20hue  
lla%20de,la%20energ%C3%ADa%20necesaria%20para%20fabricalo.

- Rubio, I. (2022). Hormigón para reducir la huella de carbono [SACYR].  
<https://www.sacyr.com/-/hormigon-para-reducir-la-huella-de-carbono>
- Saavedra, R., & Anthony, J. (2018). Calidad de Servicio y Fidelización del Cliente en la empresa OBIS, San Juan de Lurigancho – 2018. Universidad César Vallejo.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20705>
- Salazar, J., Vergara-Romero, A., Sorhequi-Ortega, R., & Garnica, L. (2021). Repensando el desarrollo sostenible en el territorio. *Res Non Verba*, 11(1), 19-33.
- Sanchis, R. (2022). Determinación de la huella de carbono en la construcción de una infraestructura de Ingeniería Civil. Aplicación práctica al nuevo puente sobre el barranco de Chiva. Acceso a Torrent. [Universidad Politécnica de Valencia].  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185548/Sanchis%20-%20Determinacion%20de%20la%20huella%20de%20carbono%20en%20la%20construccion%20de%20una%20infraestructura%20de%20Inge....pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Steven, N., León, G., & Acevedo, H. (2022). Impactos ambientales asociados a la huella de carbono y la energía incorporada del ciclo de vida de una edificación en Medellín. Universidad Politecnica de Catalunya. <https://doi.org/10.3989/ic.82758>
- Vidal, A., & Asuaga, C. (2021). Gestión ambiental en las organizaciones: una revisión de la literatura. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, 18, Article 18.
- Villafuerte, N. M., & Huaman, S. C. (2021). Mellado Villaforte, N. & Carrasco Huamán, S. (2021). Huella de carbono de Latinoamérica como herramienta de medición de impacto en Instituciones privadas, 2017-2021. Cusco, Perú. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/1050>. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), Article 5. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i5.1050](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.1050)

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE S	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La cantidad de la huella de carbono que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña superan los 100 tCO<sub>2</sub>eq, Provincia La Convención Cusco 2023.</p>	<p><b>VI:</b> Concreto</p>	<p>Cantidad de concreto</p>	<p>Agregado grueso y fino, cemento y agua.</p>	<p><b>Método:</b> Hipotético deductivo. <b>Tipo:</b> Descriptiva Transversal. <b>Diseño:</b> No experimental. <b>Enfoque:</b> Cuantitativo. <b>Población:</b> Puente Huadquiña 45 ml. <b>Muestra:</b> 45 ml. <b>Tipo de muestreo:</b> No probabilístico. <b>Técnicas:</b> Hojas de Registro. <b>Instrumento:</b> Microsoft Excel (formulas).</p>

<p><b>Cusco 2023?</b></p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la cantidad de emisiones directas del GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia Convención Cusco 2023?</li> <li>- ¿Cuál es la cantidad de emisiones</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medir las emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia Convención Cusco 2023.</li> <li>- Medir las emisiones</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existen 60 tCO<sub>2</sub>eq de emisiones directas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia Convención Cusco 2023.</li> <li>- Existen 10 tCO<sub>2</sub>eq de</li> </ul>		<p>Emisiones indirectas de GEI.</p> <p>Emisiones adicionales del GEI.</p>	<p>Consumo de energía eléctrica.</p> <p>Consumo de agua en la producción de concreto.</p> <p>Consumo de papel durante la mezcla de concreto y</p>	
---	--	--	--	---	---	--

emisiones indirectas del GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia la Convención Cusco 2023?	indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia Convención Cusco 2023.	emisiones indirectas de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.			Transporte de empleados al lugar de trabajo.
- ¿Cuál es la cantidad de emisiones adicionales del GEI que genera el concreto para la construcción	- Medir las emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción del Puente	- Existen 30 tCO <sub>2</sub> eq de emisiones adicionales de GEI que genera el concreto para la construcción			

del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023?	Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.	del Puente Huadquiña, Provincia La Convención Cusco 2023.				
---	---	---	--	--	--	--

**Anexo 02:** Instrumentos de recolección de datos

HUELLA DE CARBONO GENERADA POR EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN CUSCO - 2023	FORMATO	CÓDIGO	
	CONSUMO DE PAPEL	VERSIÓN	
		FECHA	
		PÁGINA	
RECOPIADOR	FECHA		
Nº	OFICINA	CARGO	ENTREVISTADO
1			
2			
		TIPO Y TAMAÑO DE PAPEL	CANTIDAD DE HOJA USADA
			PERIODO

3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

HUELLA DE CARBONO GENERADA POR EL CONCRETO PARA LA	FORMATO	CÓDIG
		0

CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN CUSCO - 2023		CONSUMO DE COMBUSTIBLE		VERSIÓ N		
				FECHA		
				PÁGINA		
RECOPILA DOR			FECHA			
Nº	UBICACIÓN	RESPONSA BLE	TIPO DE COMBUSTIB LE	CANTIDAD DE COMBUSTIB LE	PERIO DO	OBSERVACIONES
1						
2						

3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

HUELLA DE CARBONO GENERADA POR EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE	FORMATO	CÓDIGO
	CONSUMO DE ELECTRICIDAD	
	VERSION	FECHA

HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN CUSCO - 2023		PÁGINA				
RECOPIADO	FECHA					
R						
Nº	OFICINA	UBICACIÓN	RESPONSABLE	PERIODO	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						

6							
7							
8							
9							
10							

HUELLA DE CARBONO GENERADA POR EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCÓN CUSCO - 2023	FORMATO	CÓDIGO	
	CONSUMO DE AGUA	VERSIÓN	
		FECHA	
		PÁGINA	

RECOPILA DOR	FECHA						
N°	OFICINA	UBICACION	RESPONSABLE	PERIODO	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	DE	OBSERVACIONES
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

9							
10							

HUELLA DE CARBONO GENERADA POR EL CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE HUADQUIÑA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN CUSCO - 2023	FORMATO	CÓDIGO				
	CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN TRANSPORTE DE EMPLEADOS	VERSIÓN				
		FECHA				
		PÁGINA				
RECOPILADOR	FECHA					
Nº	UBICACIÓN	RESPONSABLE	CANTIDAD DE PASAJEROS	RECORRIDO	CANTIDAD DE COMBUSTIBLE	OBSERVACIONES
1						

2	3	4	5	6	7	8	9	10

## Anexo 03: Ficha de identificación de los productos empleados



### Ficha de Datos de Seguridad

#### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1 NOMBRE DEL PRODUCTO	: DIESEL B5 S-50
1.2 SINÓNIMOS	: Combustible Diesel.
1.3 USO RECOMENDADO	: Combustible para motores Diesel y sistemas de generación de energía.
1.4 DATOS DEL PROVEEDOR	
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01)614-5000, (01)630-4000, (01)630-4079 0800 77 155
Portal Empresarial	: <a href="http://www.petroperu.com.pe">http://www.petroperu.com.pe</a>
Correo electrónico	: <a href="mailto:servcliente@petroperu.com.pe">servcliente@petroperu.com.pe</a>
1.5 TELÉFONO DE EMERGENCIA	: (01) 614-5000, anexo 11444, celular 944-944-667 Horario de atención: 24 horas.

#### 2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

##### 2.1 CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O MEZCLA

###### 2.1.1 Peligros físicos

Líquido inflamable: Categoría 3

###### 2.1.2 Peligros para la salud

Peligro por aspiración: Categoría 1

Corrosión/irritación cutánea: Categoría 2

Toxicidad aguda por inhalación: Categoría 4

Carcinogenicidad: Categoría 2

Toxicidad específica en órganos diana: Categoría 2

###### 2.1.3 Peligros para el ambiente

Peligro para el ambiente acuático: Categoría 2

##### 2.2 ELEMENTOS DE LAS ETIQUETAS

###### 2.2.1 Pictograma



Palabra de advertencia: Peligro

###### 2.2.2 Códigos de indicación de peligros

H226: Líquidos y vapores inflamables.

H304: Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

H315: Provoca irritación cutánea.

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 1 de 8



## Ficha de Datos de Seguridad

H332: Nocivo en caso de inhalación.  
 H351: Se sospecha que provoca cáncer.  
 H373: Puede provocar daño en los órganos tras explosiones prolongadas o repetidas.  
 H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

### 2.2.3 Códigos de consejos de prudencia

#### Prevención

P210: Mantener alejado del calor, de superficies caliente, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P261: Evitar respirar polvos/humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles.

P280: Usar guantes, ropa de protección, equipos de protección, para los ojos, la cara, los oídos.

#### Intervención

P301+P310: EN CASO DE INGESTIÓN: llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o un médico.

P331: No provocar el vómito.

#### Eliminación

P501: Eliminar el contenido/recipiente conforme a la reglamentación local.

### 2.3 OTROS PELIGROS

No indicados.

## 3. COMPOSICIÓN

El Diesel B5 S-50 presenta un contenido máximo de 50 mg/Kg (ppm) de azufre y está constituido por una mezcla de:

Componentes	% Vol.
Diesel N°2: Mezcla compleja de hidrocarburos, cuya composición consta de cadenas carbonadas que contienen entre 9 y 30 carbonos (C9-C30) aprox.	95
Biodiesel (B100): Se compone principalmente de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga (FAME: Mín. 96.5% Masa).	5

## 4. PRIMEROS AUXILIOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua por aprox. 15 minutos.

Contacto con la piel: Lavar el área afectada con agua y jabón. Quitar la ropa contaminada lo antes posible y lavarla antes de un nuevo uso o desechar de ser necesario.

Inhalación: Trasladar inmediatamente a la persona afectada hacia un ambiente con aire fresco. Administrar respiración artificial o resucitación cardiopulmonar de ser necesario.

Ingestión: Actuar con rapidez. No inducir al vómito a fin de evitar que el producto ingrese a los pulmones por aspiración. Mantener en reposo a la persona afectada.

### 4.2 SÍNTOMAS Y EFECTOS MAS IMPORTANTES

Contacto con los ojos: Irritación, conjuntivitis si la exposición es prolongada.

Fecha de Revisión: 01.04.2019

Pág. 2 de 8



## Ficha de Datos de Seguridad

Contacto con la piel: Causa irritación. Puede causar dermatitis si el contacto es prolongado.

Inhalación: Puede causar náuseas, somnolencia, dolor de cabeza fatiga y mareos.

Ingestión: Irritación de la boca, garganta y estómago. El ingreso a los pulmones puede causar edema pulmonar.

### 4.3 INDICACIÓN DE LA NECESIDAD DE RECIBIR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATA

Solicitar atención médica de inmediato.

---

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

---

Ante un incendio o en caso exista tanques/camiones cisterna involucrados evacuar al personal fuera del área de exposición.

### 5.1 MEDIOS DE EXTINCIÓN APROPIADOS

Polvo químico seco; en caso de incendios de grandes magnitudes utilizar espuma. NO UTILIZAR NUNCA CHORRO DE AGUA DIRECTO

### 5.2 PELIGROS ESPECÍFICOS DEL PRODUCTO

Se puede producir gases tóxicos e irritantes durante el incendio; preferentemente, procurar detener la liberación del producto antes de intentar controlar el fuego. Utilizar los medios de extinción apropiados mencionados para extinguir el fuego y verter agua en forma de rocío para enfriar los recipientes o cilindros que contienen al producto.

### 5.3 MEDIDAS ESPECIALES A TOMAR

En caso el incendio sea de gran magnitud, la extinción de fuego sólo debe ser realizada por personal especializado, para lo cual debe utilizar equipos de protección personal especiales como:

- Chaqueta y pantalón para combate estructural, casco, y demás indumentaria recomendado para afrontar el incendio.
- Equipo de protección respiratoria autónoma.

En algunas circunstancias se recomienda el uso de Trajes de Material Aluminizado.

---

## 6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

---

### 6.1 PRECAUCIONES PERSONALES, EQUIPO PROTECTOR Y PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA

Aislar el área por riesgo de incendio. Eliminar todas las fuentes de ignición. Detener la fuga si no hay riesgo. Ver lo concerniente a equipo protector en el ítem 8 de este documento.

### 6.2 PRECAUCIONES RELATIVAS AL AMBIENTE

Evitar que el producto entre al desagüe y fuentes de agua, mediante el uso de barreras de contención.

En caso de vertimientos en medios acuáticos, los productos que se requieran usar como dispersantes, absorbentes y/o aglutinantes deberán contar con la autorización vigente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

### 6.3 MÉTODOS Y MATERIALES PARA LA CONTENCIÓN Y LIMPIEZA DE VERTIDOS

Contener y absorber el líquido con arena, tierra u otro material absorbente y ventilar la zona afectada. Recoger el material usado como absorbente, colocarlo en un depósito

Fecha de Revisión: 01.04.2019

Pág. 3 de 8



## Ficha de Datos de Seguridad

identificado y proceder a la disposición final de acuerdo a un procedimiento implementado.

---

### 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

---

#### 7.1 MANIPULACIÓN

Durante la manipulación del producto, se deben tomar precauciones para evitar la concentración y estancamiento de los vapores, es recomendable tener una corriente de aire que facilite la difusión de vapores.

No realizar actividades que estén fuera de la rutina del trabajo (comer, beber, fumar), y eliminar cualquier fuente que pueda propiciar una chispa en el área de trabajo o almacenaje.

Toda manipulación del producto debe realizarse utilizando la indumentaria de protección personal respectiva (guantes y lentes de seguridad) para evitar accidentes por salpicadura, además, antes de realizar el procedimiento de carga/descarga del producto en sus contenedores, se debe realizar la conexión a tierra respectiva.

#### 7.2 ALMACENAMIENTO

Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados claramente etiquetados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. El producto no debe ser almacenado en instalaciones ocupadas permanentemente por personas.

Eventualmente, se pueden utilizar recipientes de HDPE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras del producto.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y considerando las medidas de seguridad pertinentes.

---

### 8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

---

#### 8.1 CONTROLES TÉCNICOS APROPIADOS

Antes de ingresar a espacios donde existan productos almacenados debe ser previamente monitoreados para verificar el oxígeno y explosividad.

Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados; identificar las salidas de emergencia y contar con duchas y lavaojos cerca del lugar de trabajo.

#### 8.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección respiratoria: Como medida preventiva al ingresar al área de almacenamiento se recomienda siempre ventilar y monitorear el ambiente; para la manipulación utilizar un equipo de protección respiratorio (mascara media cara con cartuchos para vapores orgánicos).

Ojos: En el trasvase o contacto con el producto, utilizar lentes de seguridad y protección facial contra salpicaduras de productos.

Piel: Guantes de neopreno, nitrilo o polivinilo; traje de protección y calzado de seguridad.

---

### 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

---

Apariencia	: Líquido claro y brillante
Color	: Típico 1.0, máx. 3.0 (ASTM) (* )
Olor	: Característico

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 4 de 8



### Ficha de Datos de Seguridad

Umbral olfativo	: No se dispone de datos
PH	: No se dispone de datos
Punto de fusión, °C	: No se dispone de datos
Punto inicial de ebullición, °C	: 160 aprox.
Punto final de ebullición, °C	: 360 aprox.
Punto de inflamación, °C	: 52 mínimo
Tasa de evaporación	: No se dispone de datos
Inflamabilidad	: Líquidos y vapores inflamables
Límites de inflamabilidad, % vol. en aire	: Inferior: 1.3 Superior: 6
Presión de vapor a 37.8°C, atm	: 0.004
Densidad de vapor	: No se dispone de datos
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	: 0.81 – 0.85 aprox.
Solubilidad en agua	: Insignificante
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua	: No se dispone de datos
Temperatura de autoinflamación, °C	: 257 aprox.
Temperatura de descomposición	: No se dispone de datos
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt	: 1.9 a 4.1

(\*) El producto puede tener un color comercial diferente a la tonalidad natural (ámbar), por adición de colorantes.

#### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

##### 10.1 REACTIVIDAD

No se dispone de datos.

##### 10.2 ESTABILIDAD QUÍMICA

El producto es estable en condiciones normales de presión y temperatura.

##### 10.3 POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS

No existen en condiciones previstas para su almacenamiento y uso.

##### 10.4 CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE

Evitar las fuentes de ignición, así como el calentamiento de los recipientes que contienen el producto.

##### 10.5 MATERIALES INCOMPATIBLES

Es incompatible con sustancias oxidantes

##### 10.6 PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Los producidos por la combustión completa e incompleta: CO<sub>2</sub> y CO.

#### 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

##### 11.1 TOXICIDAD AGUDA

No se dispone de datos.

##### 11.2 CORROSIÓN O IRRITACIÓN CUTÁNEA

Provoca irritación cutánea.

##### 11.3 LESIONES O IRRITACIÓN OCULAR GRAVE

No se dispone de datos.

Fecha de Revisión: 01.04.2019

Pág. 5 de 8



## Ficha de Datos de Seguridad

### 11.4 SENSIBILIDAD RESPIRATORIA O CUTÁNEA

No se dispone de datos.

### 11.5 MUTAGENICIDAD EN CÉLULAS GERMINALES

No se dispone de datos.

### 11.6 CARCINOGENICIDAD

Se sospecha que provoca cáncer (Contiene sustancias con posibles efectos cancerígenos, pero no se dispone información suficiente para realizar una evaluación satisfactoria).

### 11.7 TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN

No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.

### 11.8 TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN ÚNICA

No se dispone de datos.

### 11.9 TOXICIDAD ESPECIFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS (STOT) - EXPOSICIÓN REPETIDA

Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.

### 11.10 PELIGRO DE ASPIRACIÓN

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

---

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

---

### 12.1 TOXICIDAD

Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. Evitar que el vertido alcance el alcantarillado o cursos de agua.

### 12.2 PERSISTENCIA Y DEGRADABILIDAD

Liberado en el ambiente los componentes más ligeros tenderán a evaporarse y foto oxidarse por reacción con los radicales hidroxilos, el resto de los componentes más pesados también pueden estar sujetos a fotooxidación, pero lo normal es que sean absorbidos por el suelo o sedimentos. Liberado en el agua flota y se separa y aunque es muy poco soluble en agua, los componentes más solubles podrán disolverse y dispersarse. En suelos y sedimentos, bajo condiciones aeróbicas, la mayoría de los componentes del gasóleo están sujetos a procesos de biodegradación, siendo en condiciones anaerobias más persistente. Posee un DBO de 8% en cinco días.

### 12.3 POTENCIA DE BIOACUMULACIÓN

El valor de Log Kow de los componentes del gasóleo sugiere su bioacumulación, pero los datos de literatura demuestran que esos organismos testados son capaces de metabolizar los hidrocarburos del gasóleo.

### 12.4 MOVILIDAD EN EL SUELO

No se dispone de datos.

### 12.5 OTROS EFECTOS ADVERSOS

No se dispone de datos.

---

## 13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA DISPOSICIÓN FINAL

---

Fecha de Revisión: 01.04.2019

Pág. 6 de 8



## Ficha de Datos de Seguridad

La disposición final del producto se realiza de acuerdo a la reglamentación vigente.

---

### 14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

---

El transporte se realiza de acuerdo a la normatividad vigente aplicable.

14.1 NÚMERO ONU: UN 1202

14.2 DESIGNACIÓN OFICIAL DE TRANSPORTE DE LAS NACIONES UNIDAS: Gasóleo o combustible para motores Diesel o aceite mineral para caldeo, ligero.

14.3 CLASE RELATIVA AL TRANSPORTE: 3

14.4 GRUPO DE EMBALAJE: III

14.5 RIESGOS AMBIENTALES: Si

14.6 PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL USUARIO: Señalización pictórica, NTP 399.015.2014



14.7 TRANSPORTE A GRANEL CON ARREGLO A LOS INSTRUMENTOS DE LA OMI: No precisado

---

### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

---

Normatividad vigente aplicable de referencia en el Perú:

- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 052-1993-EM (18/11/1993), y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 026-94-EM (10/05/94), y modificaciones.
- Reglamentos para la Comercialización de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos aprobados por los Decretos Supremos N° 030-1998-EM (03/08/1998) y N° 045-2001-EM (26/07/2001), y modificaciones.
- Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, aprobado por el Decreto Supremo N° 021-2007-EM y modificaciones.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 043-2007-EM (22/08/2007), y modificaciones.
- R. N° 206-2009-OS-CD (Aprueban el "Procedimiento de Control de Calidad de los Biocombustibles y sus Mezclas" y modifican Tipificación y Escala de Multas y Sanciones de Hidrocarburos).

Fecha de Revisión: 01.04.2019  
Pág. 7 de 8



### Ficha de Datos de Seguridad

- R. N° 063-2011-OS-CD (Procedimiento para la Inspección, Mantenimiento y Limpieza de Tanques de Combustibles Líquidos, Biocombustibles y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos).
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 039-2014-EM (05/11/2014).

---

#### 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

---

Rombo NFPA 704:



Salud: 0  
Inflamabilidad: 2  
Reactividad: 0

EMERGENCIAS a nivel nacional: 116

Dirección General de Capitanías y Guardacostas: (511) 209-9300

#### GLOSARIO

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Ensayos y Materiales)

FAME: Fatty Acid Methyl Esters (Ésteres metílicos de ácidos grasos)

NTP: Norma Técnica Peruana

NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el fuego)

OMI: Organización Marítima Internacional

STOT: Specific target organ toxicity (Toxicidad específica en determinados órganos)

---

Nota: El presente documento constituye información básica relacionada a los peligros físicos, a la salud y ambiente, en la manipulación del producto para el Cliente y/o Usuario, quienes deberán evaluar las condiciones de uso, y los cuidados necesarios para un manejo seguro del producto conforme a sus propios procedimientos. PETROPERÚ no se responsabiliza por actividades fuera de su control.

---

<https://petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/fds-db5-s50.pdf>

## Anexo 04: Potencial de calentamiento global

### Potencial de calentamiento global:

Término(s) similar(es): GWP, PCG.

#### Definición:

El Potencial de Calentamiento Global define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>. De esta forma, se pueden tener en cuenta los efectos radiativos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera.

*Fuente: GreenFacts*

#### Más:

##### Potencial de calentamiento global de los gases de efecto invernadero (figuras IPCC TAR 2001)

Gas	PCG
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	296
Fluorocarburos	120 - 12 000
Clorofluorocarbonos	5 700 - 11 900
Hexafluoruro de azufre	22 200

*Fuente: GreenFacts*

#### Traducción(es):

English: Global warming potential

Français: Potentiel de réchauffement global

#### Publicaciones relacionadas:



Cambio climático  
(2007)



Cambio Climático  
(2013)

<https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/potencial-calentamiento-global.htm>

[https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2023/05/Informe-RAGEI\\_2019\\_Energia\\_CE\\_EF\\_VF.pdf](https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2023/05/Informe-RAGEI_2019_Energia_CE_EF_VF.pdf)

## Anexo 05: Evidencias fotográficas



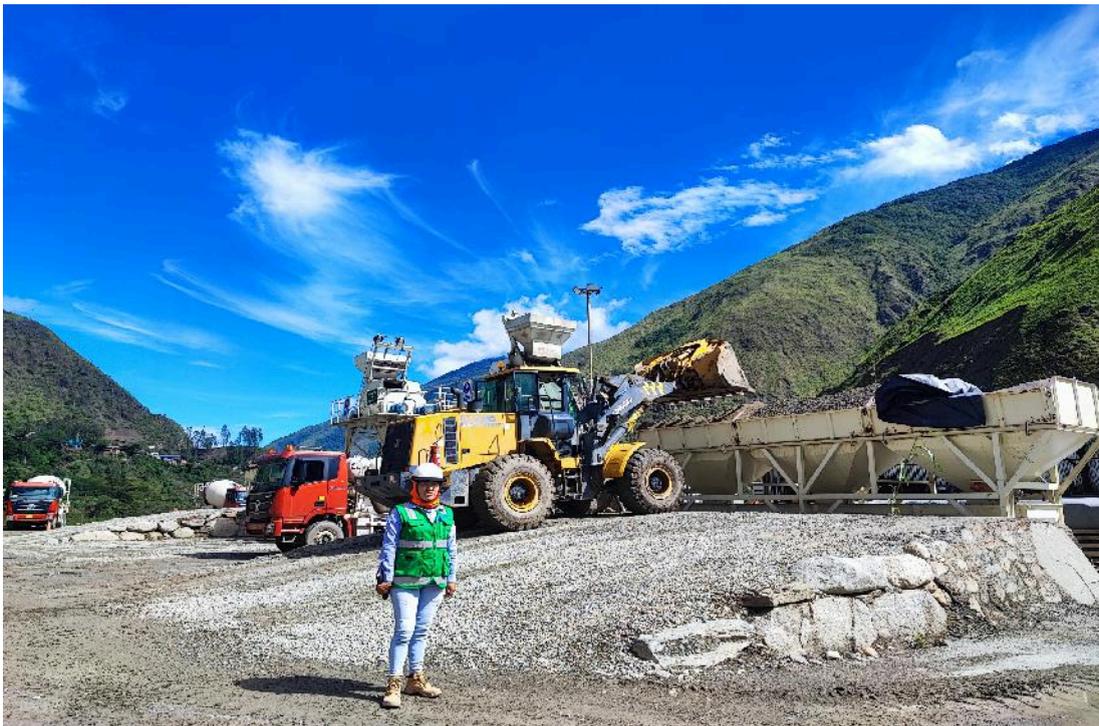
**Figura 03:** Visualización del Puente Huadquiña construido



**Figura 04:** Visualización de la subestructura losa de aproximación del Puente Huadquiña



**Figura 05:** Colocado de concreto en la subestructura Tablero



**Figura 06:** Abastecimiento de agregados a la planta industrial concretera



**Figura 07:** Producción de concreto premezclado para puente Huadquiña



**Figura 08:** Grupo electrógeno que abastece a la planta industrial concretera

**Anexo 06:** Descripción de los insumos utilizados para la producción de concreto

<b>Descripción</b>	<b>Pilotes estribo I</b>	<b>Pilotes estribo II</b>	<b>Total</b>
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	208,4	218,4	426,8
Cemento (Kg) Tipo V	925290,6	96969,6	189499,2
Agua (L)	36053,2	37783,2	73836,4
Ag. Fino (Kg)	187560	196560	384120
Ag. Grueso (Kg/)	187976,8	196996,8	384973,6
SikaPlast® - 1010 PE (L)	1017,1	1065,792	2082,892

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en los pilotes del puente

<b>Descripción</b>	<b>Solado estribo I</b>	<b>Solado estribo II</b>	<b>Total</b>
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	8	8	16
Cemento (Kg) Tipo I	2160	2160	4320
Agua (L)	1640	1640	3280
Ag. Fino (Kg)	7384	7384	14768
Ag. Grueso (Kg)	7456	7456	14912
SikaPlast® - 1010 PE (L)	0	0	0

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en el solado del puente

<b>Descripción</b>	<b>Zapata estribo I</b>	<b>Zapata estribo II</b>	<b>Total</b>
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	125,6	122,5	248,1
Cemento (Kg) Tipo I	47853,6	46672,5	94526,1
Agua (L)	28160	28160	56320
Ag. Fino (Kg)	99852	97387,5	197239,5
Ag. Grueso (Kg)	117059,2	114170	231229,2

SikaPlast® - 1010 PE (L)	239,896	233,975	473,871
--------------------------	---------	---------	---------

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en las zapatas del puente

Descripción	Elevación estribo I	Elevación estribo II	Total
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	11	11	22
Cemento (Kg) Tipo I	4851	4851	9702
Agua (L)	3280	3280	6560
Ag. Fino (Kg)	8613	8613	17226
Ag. Grueso (Kg)	10252	10252	20504
SikaPlast® - 1010 PE (L)	21,01	21,01	42,02

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en los estribos del puente

Descripción	Mensula estribo I	Mensula estribo I	Total
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	10,5	11	21.5
Cemento (Kg) Tipo I	4630,5	4851	9481,5
Agua (L)	3280	2255	5535
Ag. Fino (Kg)	8221,5	8613	16834.5
Ag. Grueso (Kg)	9786	10252	20038
SikaPlast® - 1010 PE (L)	23,1	24,2	47,3

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en las ménsulas del puente

Descripción	Pre-losas	Total
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	50,5	50,5
Cemento (Kg) Tipo I	24593,5	24593,5
Agua (L)	9728	9728
Ag. Fino (Kg)	43531	43531
Ag. Grueso (Kg)	43329	43329
SikaPlast® - 1010 PE (L)	196,95	196,95

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en la prelosa del puente

Descripción	Tablero	Total
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	98	98
Cemento (Kg) Tipo I	50862	50862
Agua (L)	20090	20090
Ag. Fino (Kg)	70070	70070
Ag. Grueso (Kg)	91336	91336

SikaPlast® - 1010 PE (L)                      304,78    304,78

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en el tablero del puente

Descripción	Vereda derecha	Vereda izquierda	Total
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	13	13	26
Cemento (Kg) Tipo I	6747	6747	13494
Agua (L)	3280	3280	6560
Ag. Fino (Kg)	9295	9295	18590
Ag. Grueso (Kg)	12116	12116	24232
SikaPlast® - 1010 PE (L)	40,43	40,43	80,86

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en las veredas del puente

Descripción	Losa de	Losa de	Total
	aproximación estribo I	aproximación estribo II	
Volumen de concreto (m <sup>3</sup> )	16	16,8	32,8
Cemento (Kg) Tipo HE	7456	7828,8	15284,8
Agua (L)	3280	3444	6724
Ag. Fino (Kg)	12160	12768	24928
Ag. Grueso (Kg)	14528	15254.4	29782,4
SikaPlast® - 1010 PE (L)	33,6	35,28	68,88

Cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en las losas de aproximación del puente

Total de Insumos		Convertidos en m <sup>3</sup>
Volumen de concreto	941,7	941,7
Cemento	411763,1	1235,29
Agua	188633,4	188,6
Ag. Fino	787307,0	481,2
Ag. Grueso	860336,2	601,6
	3297,6	3,3

Total de la cantidad y tipo de materiales utilizados en el concreto empleado en la construcción del puente