



UNIVERSIDAD ESAN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

"Propuesta de mitigación para reducir la huella de carbono en la etapa de construcción de las viviendas multifamiliares de una empresa constructora, usando la metodología ISO 14040, Cusco - 2025"

Trabajo de Suficiencia Profesional presentado en satisfacción parcial de los requerimientos para obtener el título profesional de Ingeniero(a) Ambiental

AUTORES

Rios Villarroel, Cristhian Joel

Sarmiento Dargent, Marcela

ASESOR

Sotelo Celestino, Judith Ximena

ORCID N°0000-0002-9969-465X

Marzo, 2025

ING01 Version definitiva - TSP.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	fondosdigitales.us.es Fuente de Internet	2%
4	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad EAN Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
9	riunet.upv.es Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

RESUMEN

Este documento presenta una investigación sobre la propuesta de mitigación para reducir la huella de carbono en la etapa de construcción de viviendas multifamiliares en Cusco, utilizando la metodología ISO 14040.

La investigación tiene como objetivo principal proponer estrategias de mitigación para reducir la huella de carbono en la etapa de construcción estructural de viviendas multifamiliares. Para lograr este objetivo, se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) según la norma ISO 14040. Se identificaron los impactos ambientales asociados al consumo de combustible y a los materiales de construcción.

Los resultados más importantes de la investigación incluyen la identificación de los principales contribuyentes a las emisiones de CO₂, como la gasolina, los contenedores de vidrio, el transporte en buque y los bloques de concreto. Se propuso la sustitución de materiales convencionales por alternativas sostenibles, como el concreto geopolimérico, lo que resultó en una reducción de las emisiones de CO₂ y una disminución de los costos.

El estudio concluye que el ACV es una herramienta útil para identificar la huella de carbono en la construcción de edificios y que la implementación de estrategias de mitigación, como el uso de materiales sostenibles, puede contribuir a reducir el impacto ambiental y generar beneficios económicos.

Palabras clave: ISO 14040, Análisis de Ciclo de Vida, Huella de Carbono, Plan de mitigación.

ABSTRACT

This paper presents a research on the mitigation proposal to reduce the carbon footprint in the construction stage of multifamily housing in Cusco, using the ISO 14040 methodology.

The main objective of the research is to propose mitigation strategies to reduce the carbon footprint in the structural construction stage of multifamily housing. To achieve this objective, the Life Cycle Assessment (LCA) methodology was applied according to ISO 14040. The environmental impacts associated with fuel consumption and construction materials were identified.

The most important results of the research include the identification of the main contributors to CO₂ emissions, such as gasoline, glass containers, ship transportation and concrete blocks. Substitution of conventional materials with sustainable alternatives, such as geopolymers concrete, was proposed, resulting in reduced CO₂ emissions and lower costs.

The study concludes that LCA is a useful tool for identifying the carbon footprint of building construction and that the implementation of mitigation strategies, such as the use of sustainable materials, can contribute to reducing environmental impact and generating economic benefits.

Keywords: ISO 14040, Life Cycle Assessment, Carbon Footprint, Mitigation plan.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	10
Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	11
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	11
1.2 Justificación de la Investigación	16
1.2.1. Justificación Teórica	17
1.2.2. Justificación Metodológica	18
1.2.3. Justificación Práctica.....	19
1.3 Delimitación de la Investigación.....	21
1.3.1. Ámbito espacial:.....	21
1.3.2. Ámbito temporal:	22
1.3.3. Ámbito temático:.....	22
Capítulo II: Marco Teórico	24
2.1 Antecedentes de la Investigación	24
2.2 Bases Teóricas.....	26
2.2.1. Análisis del Ciclo de Vida:.....	26
2.2.2. Huella de carbono: Definición, metodologías de cálculo	36
2.2.3. Gases de efecto invernadero (GEI)	37
2.2.4 Estrategias de mitigación	38
2.2.5 Normas Legales relacionadas a la construcción de edificaciones.....	40
Capítulo III: Entorno Empresarial.....	41
3.1 Descripción de la empresa.....	41
3.1.1 Reseña histórica y actividad económica.....	41
3.1.2 Descripción de la organización:	42

3.1.3 Datos generales estratégicos de la empresa:	49
3.2 Modelo de negocio actual (CANVAS)	60
3.3 Mapa de procesos actual	60
3.3.1. Descripción de los procesos	61
Capítulo IV: Metodología De La Investigación	63
4.1 Diseño de la Investigación	63
4.1.1. Alcance de la Investigación:	63
4.1.2. Enfoque	63
4.1.3. Diseño.....	64
4.1.4. Población y muestra	64
4.2 Metodología de implementación de la solución.....	65
4.3 Metodología para la medición de resultados de la simulación.....	74
4.3.1. Recopilación de datos.....	74
4.3.2. Utilización de software para el desarrollo de ACV.....	74
4.4 Cronograma de actividades y presupuesto	76
Capítulo V: Desarrollo de la Solución	80
5.1 Propuesta de solución.....	81
5.1.1 Aplicación del análisis del ciclo de vida según la ISO 14040	81
5.1.2 Desarrollo de actividades	91
5.2 Medición de la solución	102
5.2.1 Análisis de Indicadores cuantitativo y/o cualitativo	102
5.2.2 Simulación de solución	104
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	108
REFERENCIAS	111
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1: Mapa de los proyectos hechos por la empresa Procasa S.A.C.	42
Figure 2: Organigrama de la empresa	42
Figure 3: Organigrama de la Gerencia Operacional.....	43
Figure 4: Subproceso del área de almacén – solicitud de pedidos	46
Figure 5: Subproceso de almacén – recepción de equipos y materiales	47
Figure 6: Subproceso del área de almacén – Almacenamiento de equipos y materiales	48
Figure 7: Subproceso de Almacén – Despacho de Materiales y Equipos	49
Figure 8: Modelo de negocio actual.....	60
Figure 9: Mapa de procesos actual	60
Figure 10: Etapas del ACV	67
Figure 11: Conjunto de procesos unitarios.....	69
Figure 12: Ejemplo del sistema de un producto	70
Figure 13: Elementos obligatorios y opcionales de la etapa de evaluación de impactos	73
Figure 14: Sistema-proceso y actividad	82
Figure 15: Plano de ubicación del edificio multifamiliar “Sevilla 107”	83
Figure 16: Límites del Sistema.....	84
Figure 17: Procesos distribuidos para todas las etapas del análisis de ciclo de vida.	87
Figure 18: Información General del Proceso	91
Figure 19: Modelo 1 Inputs – Outputs	92
Figure 20: Identificación de riesgos	99
Figure 21: Modelo 1: Reporte de Data Quality e Impactos	103
Figure 22: Modelo Gráfico - Resultado de la Evaluación del Impacto.....	104
Figure 23: Modelo 2 Inputs - Outputs	105

Figure 24: Modelo 1: Reporte de Data Quality e Impactos 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de análisis interno	55
Tabla 2: Factores de análisis externo	57
Tabla 3: Matriz FODA	58
Tabla 4: Cronograma de actividades propuestas	77
Tabla 5: Presupuesto del proyecto de investigación	79
Tabla 6: Información de Proyecto	82
Tabla 7: Afectación por actividades	90
Tabla 8: Matriz de aspecto e impacto por actividades	93
Tabla 9: Mitigación de impactos según actividades	93
Tabla 10: Alternativas para residuos generados	94
Tabla 11: Mitigación de impacto durante la construcción	95
Tabla 12: Identificación de responsables e indicadores	96
Tabla 13: Elaboración del Plan de Contingencia	99
Tabla 14: Cálculo del Costo Total	106
Tabla 15: Cálculo del Ratio Beneficio / Costo	107

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector de la construcción se identifica como una de las actividades que más inciden negativamente en el entorno natural, debido a la explotación excesiva de los recursos utilizados y la contaminación generada por sus diversas operaciones. Se estima que, en los próximos cincuenta años, el uso de recursos en todos los sectores productivos se duplicará, en parte como consecuencia del rápido crecimiento poblacional (Mercado, 2002). Asimismo, se prevé que el nivel de vida de las personas aumentará significativamente, entre cuatro y ocho veces el estándar actual.

Ante este panorama, el sector de la construcción debe adoptar procesos más eficientes, con mejoras que oscilen entre el 15% y el 50% en comparación con los niveles actuales (Mercado, 2002). Esta necesidad de eficiencia en la construcción implica la conservación de recursos naturales, la optimización del uso de materias primas y energía, la reducción de emisiones, así como la adaptabilidad, durabilidad y reciclabilidad de las construcciones. Según datos del Worldwatch Institute, la industria de la construcción consume el 40% de la arena y piedras, el 25% de la madera virgen, el 16% del agua y el 40% de la energía consumida a nivel mundial (Roodman D.M., y Lenssen, N., 1995). Estas cifras sugieren que la industria de la construcción, tan solo en la fase de ejecución de proyectos, genera un impacto ambiental negativo mayor en comparación con otros sectores productivos.

Por lo tanto, es evidente que los impactos ambientales negativos se incrementarían notablemente si se consideran las etapas de fabricación de materiales, uso y disposición final de los proyectos de construcción.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

A nivel global, el sector de la construcción se posiciona como uno de los principales contribuyentes a la contaminación ambiental, generando un impacto negativo significativo en el entorno (Enshassi et al., 2014). Este impacto se debe, en gran medida, al rápido crecimiento poblacional en las principales ciudades del mundo, lo que ha incrementado la demanda de viviendas y, por ende, el uso masivo de recursos constructivos. Desde la extracción de materiales hasta su transporte, estas actividades generan efectos ambientales directos e indirectos, creando una problemática ecológica de gran relevancia (Falcón, 2015).

En particular, en los países en vías de desarrollo, como los de América Latina, la necesidad de viviendas asequibles se ha convertido en una prioridad debido al rápido crecimiento demográfico y los movimientos migratorios. Los gobiernos locales han intentado abordar este déficit habitacional mediante políticas que promueven la construcción masiva de viviendas económicas. Sin embargo, estas iniciativas a menudo carecen de un enfoque sostenible, lo que agrava los impactos ambientales asociados con la construcción. (Rios, 2024).

En cuanto al crecimiento económico, el sector de la construcción en el Perú experimentó un notable crecimiento entre 2006 y 2016, aumentando aproximadamente un 350% en 11 años, pasando de 9,948 millones a cerca de 34,891 millones de nuevos soles. Sin embargo, desde 2017, el sector ha enfrentado una desaceleración significativa debido a fenómenos climáticos como **El Niño** y la pandemia de **COVID-19**, así como a la inestabilidad política en el país (Miranda et al., 2018).

Si bien Perú ha desarrollado un marco normativo y técnico para la construcción sostenible con iniciativas como el Plan Nacional de Gestión Ambiental y la creación de comités técnicos especializados en la DNC, la incorporación de medidas de eficiencia energética aún es incipiente (Flores, 2021). Persiste una falta de enfoque en desarrollo sostenible en las políticas de vivienda y una escasa conciencia ambiental en el sector constructor, que continúa utilizando procesos poco sostenibles y no aprovecha el conocimiento ancestral en la construcción. Este vacío se debe, en parte, a la falta de organizaciones que promuevan activamente materiales y tecnologías constructivas sostenibles en el contexto peruano (Rios, 2024).

En el ámbito local, Cusco ha dado un paso adelante al promulgar la Ordenanza Municipal No. 25-2019-MPC, que tiene como objetivo promover la construcción de edificios sostenibles en zonas residenciales de alta densidad (Embajada de Suiza en el Perú, 2019). Este programa fomenta la adopción de certificaciones de construcción ecológica como “Building

Establishment Assessment” BREEAM, “Leadership in Energy and Environmental Design certification system” LEED o “Excellence in Design for Greater Efficiencies” EDGE. (Granda, 2023).

GBC Perú (s.f.) y Sustania Perú (2024) mencionan que hasta la fecha se han certificado el edificio residencial Partisano y el proyecto residencial Danaus de Copacabana con la certificación EDGE.

A pesar de estos intentos de promover políticas y prácticas de gestión del carbono, existe una notable falta de iniciativas del sector de construcción para promover materiales y métodos constructivos ecoeficientes, lo que ha llevado a la persistencia de materiales tóxicos y perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas. Aunque se ha prohibido el uso de asbesto anfíboles, aún se permite el uso de asbesto crisolito y la comercialización de productos químicos peligrosos, como adhesivos, solventes y pinturas, lo que contribuye a la contaminación ambiental y representa un riesgo para la salud pública. (Rios, 2024).

En el contexto peruano, el sector de la construcción, como uno de los principales impulsores del desarrollo urbano, tiene una influencia significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Un estudio reciente, llevado a cabo por la Universidad de los Andes y Hill Consulting en 2020, reveló que las emisiones operacionales de los edificios en la ciudad representaron el 63% del total de emisiones. Además, las proyecciones sugieren que esta cifra podría aumentar hasta el 75% para el año 2050.

A pesar del potencial reconocido de certificaciones de construcción sostenible como LEED, EDGE y BREEAM para mitigar estos impactos ambientales, su adopción efectiva en Perú se enfrenta a una serie de desafíos complejos. Estos desafíos obstaculizan la implementación generalizada de prácticas de construcción sostenible y limitan el impacto positivo que estas certificaciones podrían tener en la reducción de emisiones de GEI.

Estos desafíos son:

- **Percepción de Costos y Retorno de Inversión:** Implementar prácticas ecológicas en la construcción a veces puede ser más caro inicialmente en comparación con los métodos tradicionales. Este posible aumento en los costos iniciales puede desalentar a los desarrolladores y propietarios a adoptar opciones más sostenibles, especialmente si anticipan un retorno de inversión a largo plazo o incierto.

- **Falta de Incentivos y Regulaciones Claras:** La ausencia de políticas públicas bien definidas e incentivos económicos adecuados representa un obstáculo importante para la adopción generalizada de prácticas de construcción sostenible en Perú. Se identifica la necesidad de un marco regulatorio sólido que respalde y fomente el uso de certificaciones de sostenibilidad como LEED, EDGE y BREEAM. Sin un respaldo regulatorio claro, los responsables de la toma de decisiones en la industria de la construcción pueden dudar en invertir en iniciativas sostenibles.
- **Capacitación y Acceso a Recursos:** La implementación efectiva de las prácticas requeridas por las certificaciones de construcción sostenible a menudo exige capacitación técnica especializada y acceso a recursos financieros. La falta de conocimientos técnicos y de financiamiento suficiente puede limitar la capacidad de los desarrolladores y profesionales de la industria para incorporar tecnologías y materiales sostenibles en sus proyectos. Esta carencia en capacitación y recursos dificulta una adopción más amplia y efectiva de las certificaciones de sostenibilidad en la construcción peruana.

Ante este panorama, se torna imperativo implementar estrategias efectivas que fomenten la construcción sostenible y disminuyan la huella de carbono asociada al desarrollo urbano en el Perú. La adopción de certificaciones de edificios sostenibles, tales como LEED, EDGE y BREEAM, se presenta como una alternativa prometedora para mitigar estos impactos ambientales. No obstante, su implementación exitosa se topa con diversos desafíos de índole económica, normativa y de capacitación técnica.

La huella de carbono en la construcción se refiere a las emisiones de GEI generadas durante las diferentes etapas de un proyecto, incluyendo la fabricación de materiales, el transporte, la construcción, el uso y el fin de vida de la edificación.

La construcción tiene una función esencial en el medio económico de Perú, y su capacidad para disminuir las emisiones de GEI resulta significativa; por lo tanto, la evaluación de la huella de carbono se convierte en un recurso esencial para cuantificar y administrar las emisiones de GEI en proyectos y operaciones empresariales. (Ghisellini, Cialani y Ulgiati, 2016). En Perú, un lugar donde la construcción y el sector inmobiliario juegan un rol esencial en el progreso económico y en la mejora de la infraestructura (INEI, 2021), comprender y reducir

la huella de carbono es esencial para poder explorar vías para alcanzar un enfoque de desarrollo que sea tanto sostenible como capaz de adaptarse de manera efectiva a los desafíos del cambio climático.

Es importante destacar que la huella de carbono de un edificio no se limita a la etapa de construcción. Durante su vida útil, el consumo de energía para calefacción, refrigeración e iluminación también genera emisiones de GEI. De hecho, según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA), las operaciones de los edificios a nivel global representan el 26% de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía, mientras que la construcción de edificios, incluyendo la fabricación de materiales como cemento, acero y aluminio, contribuye con otro 11%.

Los principales materiales de construcción, como el cemento y el acero, tienen una huella de carbono significativa debido a los procesos de producción intensivos en energía. Además, el transporte de materiales y la maquinaria utilizada en la construcción también contribuyen a las emisiones de GEI.

Así pues, resulta fundamental adoptar una perspectiva de ciclo de vida al estudiar el impacto de los materiales de construcción. El cemento, por ejemplo, es responsable de aproximadamente el 8% de las emisiones globales de CO₂ (Planbee, 2024). La producción de acero también tiene una huella de carbono considerable, representando entre el 7% y el 9% de las emisiones globales de CO₂ (Planbee, 2024).

Las emisiones de GEI generadas por el sector de la construcción a nivel global se dividen en:

- Emisiones directas de la operación de edificios (8%)
- Emisiones indirectas de la producción de electricidad y calor utilizados en edificios (18%)
- Emisiones de la construcción de edificios, incluyendo la fabricación de materiales (11%)

A nivel global, el sector de la construcción, incluyendo las emisiones operacionales y de la construcción, representa más de un tercio de las emisiones relacionadas con la energía.

Para ello el problema general de nuestro trabajo es como se describe a continuación:

¿Cómo se puede reducir la huella de carbono en la etapa de construcción estructural del edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora PROCASA S.A.C. en la ciudad de Cusco, utilizando la metodología propuesta por la ISO 14040 para el año 2025?

Problemas Específicos:

- ¿Cuál es el impacto asociado al consumo de combustible para la fase de construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?
- ¿Cuál es el impacto asociado a los materiales de construcción para la fase de construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?
- ¿Qué alternativas de solución se pueden proponer para mitigar de manera efectiva los impactos identificados del ACV en la fase de construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?

Por lo que nuestro objetivo principal es: "Proponer estrategias de mitigación para reducir la huella de carbono en la etapa de construcción estructural de viviendas multifamiliares de la empresa constructora PROCASA S.A.C. en la ciudad de Cusco, utilizando la metodología propuesta por ISO 14040."

Objetivos Específicos:

- Identificar y evaluar el impacto ambiental asociado al consumo de combustible durante las operaciones de construcción y transporte del edificio 'Sevilla 107'.
- Identificar y evaluar el impacto ambiental generado por los materiales de construcción utilizados en la construcción del edificio 'Sevilla 107'.
- Proponer estrategias de mitigación efectivas para reducir los impactos ambientales identificados en el ACV de la fase de construcción del edificio 'Sevilla 107'.

Se utilizará como indicador principal la huella de carbono para cuantificar y analizar el impacto ambiental derivado del transporte de materiales, las actividades constructivas en el sitio. Finalmente, con los resultados obtenidos se plantean opciones de mitigación.

1.2 Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica por la creciente necesidad de abordar la degradación ambiental en el sector de la construcción en Cusco, Perú, donde la industria aún muestra una limitada adopción de herramientas de gestión ambientalmente sostenibles. Específicamente, el estudio se centra en la evaluación y mitigación de la huella de carbono generada durante la fase de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107' de la empresa constructora PROCASA S.A.C., utilizando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) basado en la norma ISO 14040.

En Cusco, la industria de la construcción aún no ha adoptado plenamente herramientas de gestión que fomenten la competitividad empresarial. Esta investigación, que se enfoca en el análisis de la huella de carbono y la aplicación de estrategias de mitigación, busca ofrecer una solución innovadora a esta problemática. La escasa conciencia sobre los impactos ambientales de la construcción, la percepción de que las prácticas sostenibles son costosas y la falta de investigación en construcción sostenible en Cusco son factores que impiden que las empresas optimicen sus procesos, reduzcan costos y mejoren su desempeño ambiental. Sin embargo, esta investigación tiene el potencial de generar un impacto positivo en la industria.

En este contexto, la evaluación de la huella de carbono se ha convertido en una herramienta esencial para comprender el impacto ambiental de las actividades de construcción y tomar medidas para reducir las emisiones de GEI. La metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite una evaluación integral del impacto ambiental de un producto o proceso, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. (Golisano Institute for Sustainability, s. f.).

Esta perspectiva holística proporciona una visión más completa del impacto ambiental de la construcción, lo que permite identificar los puntos críticos y las oportunidades de mejora a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Este trabajo de investigación ofrece una oportunidad para la diferenciación, ya que las empresas que implementen estrategias de sostenibilidad podrán destacarse en el mercado, atraer clientes conscientes del medio ambiente y acceder a nuevas oportunidades de negocio. Por lo tanto, la investigación tiene el potencial de impulsar la competitividad empresarial en el sector de la construcción en Cusco, al tiempo que contribuye a la protección del medio ambiente.

La industria de la construcción en el Perú está experimentando una preocupante tendencia de degradación ambiental debido al aumento de empresas que emiten gases de efecto invernadero. Para abordar este desafío, se están desarrollando diversas estrategias, modelos y herramientas para minimizar las emisiones de gases, donde la ISO 14064 juega un papel crucial. Esta norma internacional promueve la gestión eficaz de los gases de efecto invernadero.

De acuerdo a Rios (2023) se encontró que entre los aspectos ambientales más significativos, en la empresa PROCASA, son a causa del uso de materiales no sostenibles, el transporte ineficiente, el consumo de combustible por el transporte de los residuos de la remoción de tierras, un alto consumo de agua para la preparación de concreto, la generación de residuos de construcción y demolición, y el consumo de combustible en las diversas actividades de construcción (mezcladoras, transporte de materiales entre pisos, aplanadoras, etc.). Dichos aspectos tienen una probabilidad alta de ocurrencia, así como la generación de una muy importante o importante consecuencia en el medio ambiente.

1.2.1. Justificación Teórica

- **ISO 14040:** La justificación teórica de este proyecto de investigación se centra en la aplicación de la norma ISO 14040, un marco metodológico esencial para la evaluación de impactos ambientales a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), ya que esta norma proporciona un enfoque holístico que considera todas las etapas de la vida de un producto o proceso, asegurando la estandarización y comparabilidad de los resultados, elementos cruciales para la toma de decisiones informadas y la identificación de puntos críticos para la mitigación; así, al adoptar la ISO 14040, se garantiza una evaluación rigurosa y transparente de la huella de carbono en la fase de construcción del edificio "Sevilla 107", contribuyendo al desarrollo de prácticas de construcción más sostenibles en Cusco, y alineándose con un marco internacionalmente reconocido que respalda la gestión ambiental y la sostenibilidad.
- **ACV en la construcción:** Esta investigación profundizará en la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el contexto específico de la construcción de viviendas en la ciudad del Cusco. Se analizarán las particularidades de los materiales de construcción utilizados en la región, sus impactos ambientales a lo largo de su ciclo de vida, y se identificarán oportunidades de mejora para

reducir la huella de carbono del sector (López & García, 2020). Es crucial considerar el contexto local, ya que los impactos ambientales de los materiales pueden variar significativamente según la región geográfica y las prácticas constructivas (PNUMA, 2023).

- **Análisis de la huella de carbono:** La investigación contribuirá al desarrollo de un marco metodológico para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de vivienda, considerando las diferentes etapas del ciclo de vida de los materiales de construcción. Se espera que los resultados de este estudio puedan servir como referencia para futuras investigaciones en el área (One Click LCA, s. f.-b). La cuantificación precisa de la huella de carbono es esencial para comprender el impacto ambiental de la construcción y tomar decisiones informadas sobre estrategias de mitigación (Ineria Management, 2023).
- **Construcción sostenible:** La tesis se enmarca en el campo de la construcción sostenible, un área de creciente importancia a nivel global. Al analizar los impactos ambientales de los materiales de construcción y proponer estrategias de reducción, se busca contribuir a la generación de conocimiento que promueva prácticas más sostenibles en el sector de la construcción (Green Design Consulting, 2023).

La construcción sostenible es fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) y el ODS 13 (Acción por el Clima) (One Click LCA, s. f.-a).

1.2.2. Justificación Metodológica

- **Aplicación de OpenLCA:** Se utilizará el software OpenLCA para el análisis de ciclo de vida, una herramienta de código abierto que permite modelar y evaluar los impactos ambientales de productos y procesos (Golisano Institute for Sustainability, s. f.). Se explorarán las funcionalidades del software para el análisis de la huella de carbono en la construcción, y se documentará el proceso para que pueda ser replicado en futuras investigaciones. El uso de software de ACV facilita el análisis de datos complejos y la generación de resultados precisos y confiables (One Click LCA, s. f.-c).

- Recopilación de datos: Se utilizará una combinación de datos primarios (obtenidos directamente del proyecto de vivienda) y datos secundarios (provenientes de bases de datos de ACV, como ecoinvent) para el análisis. Se documentará la metodología de recopilación de datos para garantizar la transparencia y la reproducibilidad del estudio. La calidad de los datos es crucial para la validez y confiabilidad de los resultados del ACV (López & García, 2020).
- Evaluación de impactos: Se utilizarán metodologías de evaluación de impacto ambiental reconocidas para el análisis de la huella de carbono, como el OpenLCA. Se justificará la elección de la metodología y se analizarán sus implicaciones para la interpretación de los resultados. La elección de la metodología de evaluación de impacto debe estar alineada con los objetivos del estudio y el contexto específico del proyecto (One Click LCA, s. f.-d).

1.2.3. Justificación Práctica

- Beneficios de la implementación de la norma ISO 14040: La implementación de la norma ISO 14040 en el proyecto de construcción 'Sevilla 107' y en la empresa PROCASA S.A.C. ofrece una serie de beneficios prácticos y tangibles. En primer lugar, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite identificar ineficiencias en el uso de materiales y energía, así como oportunidades para reducir residuos y emisiones. Esto se traduce directamente en la optimización de procesos, lo que puede generar ahorros significativos en costos de producción y operación. Al optimizar el uso de los recursos, la empresa disminuye gastos asociados a la adquisición de materiales, uso de combustible, entre otros, impactando positivamente en su rentabilidad.

Además, la adopción de prácticas sostenibles y la demostración de un compromiso con la responsabilidad ambiental mejoran la imagen corporativa de PROCASA S.A.C. Esto aumenta su atractivo para clientes, inversores y otros grupos de interés, fortaleciendo su reputación en el mercado. En un contexto donde la conciencia ambiental crece, la certificación ISO 14040 puede proporcionar una ventaja competitiva significativa. Más aún, la norma ISO 14040 ayuda a las empresas a cumplir con las regulaciones ambientales y a anticipar futuras normativas, reduciendo el riesgo de sanciones y conflictos

legales. Al tomar medidas proactivas para mitigar impactos ambientales, se minimiza la probabilidad de incurrir en sanciones por incumplimiento de normas.

Finalmente, la implementación de la norma fomenta la innovación y la mejora continua dentro de la empresa. El ACV facilita la identificación de oportunidades para desarrollar productos y procesos más sostenibles. Asimismo, la norma promueve una cultura organizacional enfocada en la mejora constante de sus prácticas ambientales. Adicionalmente, gracias a la información cuantitativa generada por la aplicación de la norma ISO 14040, los tomadores de decisiones tendrán información veraz para la toma de decisiones. En resumen, la ISO 14040 no solo es una herramienta para la evaluación y mitigación del impacto ambiental, sino también una estrategia integral para mejorar la eficiencia, la competitividad y la sostenibilidad a largo plazo de PROCASA S.A.C.

- Beneficios para la empresa constructora: Los resultados de la investigación permitirán a la empresa constructora Procasa S.A.C. identificar los puntos críticos de impacto ambiental en la etapa de construcción de sus proyectos y tomar decisiones informadas para reducir su huella de carbono. Esto contribuirá a mejorar la sostenibilidad de sus operaciones, reducir costos y fortalecer su imagen corporativa (Planbe.eco, s. f.). Las empresas constructoras que implementan estrategias de gestión ambiental pueden obtener ventajas competitivas y acceder a nuevos mercados (One Click LCA, s. f.-a). La construcción sostenible tiene impactos positivos económicos a largo plazo, como el ahorro en costos operativos, mayor valor de mercado y menor riesgo financiero para los inversionistas (Quispe et.al., 2022).
- Implicaciones para el desarrollo sostenible de la ciudad: La investigación aportará información valiosa para la toma de decisiones en el ámbito de la planificación urbana y la construcción sostenible en la ciudad del Cusco. Se espera que los resultados del estudio puedan ser utilizados por las autoridades locales y otras empresas constructoras para promover prácticas más sostenibles en el sector (Forest Trends, 2016). La construcción sostenible es esencial para mejorar la calidad de vida en las ciudades, reducir la contaminación y promover

el uso eficiente de los recursos (Agencia Internacional de la Energía [AIE], s. f.).

- Contribución a la mitigación del cambio climático: Esta investigación, al analizar la huella de carbono de los materiales de construcción y proponer estrategias de reducción, contribuye activamente a la lucha global contra el cambio climático y al impulso de un desarrollo más sostenible (RMI, s. f.). El sector de la construcción tiene un rol crucial en la reducción de las emisiones de GEI, ya que es responsable de un porcentaje significativo de las emisiones globales (One Click LCA, s. f.-a)

1.3 Delimitación de la Investigación

1.3.1. Ámbito espacial:

La presente investigación se centra en la evaluación de la huella de carbono mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de la fase de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107', proyecto de la empresa constructora PROCASA S.A.C. Este edificio está ubicado en la urbanización La Florida Manzana 16, específicamente en la avenida Los Cipreses, en el distrito de Wánchaq, ciudad de Cusco.

Aunque la información sobre los procesos constructivos y la gestión de la empresa se recopilará principalmente en la oficina central de PROCASA S.A.C., situada en la calle Los Geranios F-10, distrito de Wánchaq, el enfoque principal de este estudio es el proyecto 'Sevilla 107'. Se reconoce que PROCASA S.A.C. tiene otros proyectos en los distritos de San Sebastián, Santiago y Cusco. Sin embargo, para efectos de esta investigación, el análisis detallado se limitará exclusivamente al edificio multifamiliar 'Sevilla 107'.

Esta delimitación espacial permite un análisis profundo y específico del impacto ambiental de un proyecto concreto, considerando las particularidades del contexto urbano y geográfico de Wánchaq, Cusco. Asimismo, al enfocarnos en un único proyecto, se asegura una recopilación de datos exhaustiva y un análisis detallado de las estrategias de mitigación de la huella de carbono aplicables a este caso específico. Aunque se reconoce la existencia de otros proyectos de PROCASA S.A.C., incluso aquellos con certificaciones ambientales preliminares como el Residencial Willkamayu,

estos quedan fuera del alcance directo de esta investigación para mantener un enfoque preciso y manejable. (GEA Consultores Ambientales, s.f.).

1.3.2. Ámbito temporal:

El ámbito temporal de la presente investigación abarca el período de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107' de PROCASA S.A.C., que se extiende desde mayo de 2024 hasta enero de 2025. El análisis de la huella de carbono, mediante la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) basado en la norma ISO 14040, se realizará utilizando datos recopilados durante este intervalo de tiempo.

Este estudio se enfocará en la evaluación de los impactos ambientales generados durante la fase de construcción, considerando todas las actividades realizadas desde el inicio hasta la conclusión de dicha etapa. Esto incluye la recolección y análisis de información detallada sobre el consumo de materiales, el uso de energía, el transporte de materiales y residuos, y otros factores relevantes para la cuantificación de la huella de carbono.

Esta delimitación temporal precisa permite un análisis exhaustivo y concreto de la huella de carbono durante el período de construcción del proyecto 'Sevilla 107', asegurando la relevancia y actualidad de los resultados obtenidos. Asimismo, al definir claramente el inicio y fin del período de análisis, se facilita la comparabilidad de los datos y se fortalece la validez de la investigación

1.3.3. Ámbito temático:

El ámbito temático de la presente investigación se centra en la evaluación y mitigación de la huella de carbono específicamente dentro del sector de la construcción, excluyendo otros sectores industriales. Este enfoque delimitado permite un análisis profundo y detallado de los procesos y actividades constructivas que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como de las medidas de mitigación específicas para este sector, evitando la dispersión del análisis.

El estudio se fundamenta en la norma ISO 14040, que proporciona el marco metodológico para la realización del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El ACV es una herramienta estandarizada que permite evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas

hasta la disposición final (Labaran et al., 2022, p.5). En este caso, el ACV se aplicará a la etapa de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107' de PROCASA S.A.C. en Cusco, considerando las emisiones de GEI generadas por el uso de materiales, el transporte, el consumo de energía y la generación de residuos (Labaran et al., 2022, p.7).

Además de la ISO 14040, se considerarán otras normativas y estándares relevantes para la evaluación y gestión de la huella de carbono en el sector de la construcción, incluyendo:

- **ISO 14064:** Para la cuantificación y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- **Legislación peruana relevante:**
 - Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754) y su reglamento, que establecen el marco legal para la gestión del cambio climático en el Perú.
 - "Huella de Carbono Perú" herramienta digital del MINAM, que promueve la medición de gases de efecto invernadero (GEI) para organizaciones privadas y públicas.
 - Regulaciones y directrices del Ministerio del Ambiente (MINAM) relacionadas con la evaluación y gestión de la huella de carbono en el sector de la construcción.

Esta investigación se enfoca en generar un conocimiento profundo sobre la huella de carbono en la construcción de viviendas en Cusco, con el objetivo de proponer estrategias de mitigación efectivas. Los resultados del estudio contribuirán a la toma de decisiones informadas para reducir el impacto ambiental de los proyectos de construcción y promover prácticas más sostenibles en el sector, aportando a los esfuerzos globales de mitigación del cambio climático. Este enfoque normativo integral asegura que la investigación se realice siguiendo metodologías reconocidas y estandarizadas, tanto a nivel internacional como nacional, lo que garantiza la validez y comparabilidad de los resultados. Asimismo, al considerar las normativas locales y nacionales, se asegura la pertinencia y aplicabilidad de las estrategias de mitigación propuestas al contexto específico de la construcción en Cusco, y en el contexto legal del Perú.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Investigación

Artículos 1 y 2: Estudio sobre la aplicación de la huella de carbono y Análisis del Ciclo de Vida en la industria de la construcción.

Pardo, Penagos y Acevedo (2022) analizaron la huella de carbono y la energía incorporada de un edificio residencial multifamiliar en Medellín, Colombia. El estudio encontró que la extracción y fabricación de materiales, especialmente cemento y acero, son los que más contribuyen al impacto ambiental. Los autores sugieren que un análisis completo del ciclo de vida del sector de la construcción es crucial para comprender su impacto ambiental e identificar oportunidades de mitigación. El estudio también destaca la necesidad de esfuerzos locales y nacionales para establecer líneas de base y prioridades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la industria de la construcción, contribuyendo a los objetivos del Acuerdo de París.

Uribe Granados (2022) analiza el impacto ambiental de la construcción mediante el análisis del ciclo de vida de los procesos y la cuantificación de sus efectos. El estudio enfatiza la importancia de considerar todo el ciclo de vida del producto para minimizar el impacto ambiental negativo. El autor propone una metodología para evaluar diferentes actividades de construcción, centrándose en la fase de ejecución. Esta metodología tiene como objetivo identificar, clasificar y caracterizar los aspectos ambientales más relevantes, lo que lleva a una evaluación ambiental integral.

Artículo 3: Investigación sobre estrategias de mitigación de GEI en empresas constructoras.

Labaran et al. (2022) realizaron una revisión de varios estudios sobre la gestión de la huella de carbono en la industria de la construcción, destacando la necesidad de un sistema de clasificación reconocido internacionalmente que incluya la medición de la huella de carbono. El estudio encontró que la industria de la construcción es un importante contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero y que existe una falta de investigación sobre la relación entre los diferentes impulsores vinculados a la construcción con bajas emisiones de carbono. Los autores proponen el establecimiento de un sistema de clasificación armonizado a nivel internacional, bajo el auspicio de las Naciones Unidas, para medir y cuantificar las huellas de carbono en la industria de la construcción, facilitando así la adopción de prácticas sostenibles.

Artículos 4 y 5: Análisis de metodologías para la medición de la huella de carbono (GHG Protocol, ISO 14064).

Galarza (2016) estimó la huella de carbono de una planta peruana de concreto premezclado y prefabricado según la norma ISO 14064-1. El estudio encontró que las principales fuentes de emisiones fueron el suministro de concreto premezclado y el consumo de electricidad. Se sugirió el uso de un banco de condensadores para reducir las emisiones del consumo de electricidad.

Garrido (2013) realizó un inventario de emisiones de GEI y calculó la huella de carbono de una constructora asociada a la gran minería en Chile, utilizando la metodología GHG Protocol. El estudio abarcó proyectos de tres grandes mineras: Minera Escondida Ltda., CODELCO División Andina y CODELCO División teniente. Se incluyeron emisiones directas por consumo de combustible en maquinaria y equipos, emisiones indirectas por consumo eléctrico y viajes aéreos del personal. Los resultados mostraron una huella de carbono promedio de 12.460 toneladas de CO₂ equivalente en el periodo 2008-2012, con un 80% proveniente del consumo de petróleo Diesel en maquinaria pesada y camiones. El estudio permitió identificar puntos críticos de emisión para desarrollar estrategias de gestión y planes de acción para reducir la huella de carbono de la empresa.

Artículo 6 y 7: Análisis de la certificación ambiental en Cusco.

Quispe et. al. (2022) evalúan la certificación ambiental EDGE en la etapa de pre-proyecto para un edificio de uso mixto en Cusco, Perú. El autor analiza la viabilidad de la certificación y su impacto en el diseño, costos y beneficios del proyecto. Se implementó la certificación EDGE Nivel 1, incluyendo estrategias de diseño bioclimático y tecnologías ecoeficientes. Los resultados demuestran un ahorro mínimo del 20% en consumo de energía, agua y energía embebida en materiales, con un aumento del 2.5% en el costo del proyecto. El autor concluye que la certificación EDGE es viable para el proyecto, mejorando su valor al reducir el impacto ambiental y los costos operativos a largo plazo.

Alarcón y Alarcón (2023) realizaron una evaluación comparativa de los criterios de certificación EDGE y LEED para edificios multifamiliares en Cusco, Perú. El estudio analizó un edificio multifamiliar tradicional y comparó los costos y beneficios de implementar los estándares de sostenibilidad EDGE y LEED. La investigación tuvo como objetivo identificar la certificación más adecuada y económicamente factible para el contexto local, considerando los ahorros potenciales en el consumo de agua y energía a lo largo del ciclo de vida del edificio. El estudio concluyó que la certificación EDGE era más apropiada para el contexto social y

económico de Cusco, ofreciendo ahorros de costos significativos en comparación con LEED y la construcción tradicional.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Análisis del Ciclo de Vida:

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es ampliamente reconocido como la metodología más adecuada y exhaustiva para evaluar los impactos ambientales asociados a la industria de la construcción y sus materiales (Cole, 1998). En palabras de Cole (1998), "el enfoque del ACV constituye la única base legítima para comparar materiales, componentes y servicios alternativos en el sector de la construcción". El ACV es una metodología que permite un análisis exhaustivo de procesos complejos, considerando los flujos de entrada y salida de materiales, energía y contaminantes en su interacción con el medio ambiente (Perez-Garcia et al., 2005; Puettmann and Wilson, 2005; Wei et al., 2008; Saghafi and Teshnizi, 2011).

- **ENFOQUE DEL ACV**

El ACV ofrece un enfoque sistemático para evaluar los impactos ambientales de un producto, proceso o actividad, examinando los recursos utilizados y las emisiones liberadas a lo largo de su ciclo de vida completo, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final (Klopffer, 2004; Klopffer, 2006; Xing et al., 2008). El ACV permite evaluar cómo se generan y distribuyen los impactos a lo largo de varios procesos a lo largo del ciclo de vida, cuando antes se carecía de datos sobre las cualidades medioambientales (Ding, 2014).

- **OBJETIVOS DEL ACV**

Los objetivos del Análisis del Ciclo de Vida son medir y evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso, brindando apoyo a los responsables de la toma de decisiones en la elección entre distintas alternativas. Además, busca establecer un punto de referencia para evaluar las posibles mejoras en el desempeño ambiental del sistema, con el propósito de modificar o diseñar dicho sistema de manera más sostenible.

- **NORMA ISO 14040**

La norma ISO 14040, emitida por la Organización Internacional de Normalización, proporciona el marco para la realización de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como parte de la gestión ambiental. El ACV, dividido en cuatro fases principales (definición del objetivo y alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto ambiental e interpretación), se caracteriza por su flexibilidad. El alcance de un ACV, que abarca tanto los límites del sistema como el nivel de detalle, se define en función del tema y propósito del estudio, lo que permite adaptar la profundidad y amplitud del análisis a los objetivos específicos de cada investigación.

El alcance de un Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que incluye los límites del sistema y el nivel de detalle, varía en función del tema y el propósito del estudio, pudiendo ajustarse su profundidad y amplitud según los objetivos específicos. En la segunda etapa del ACV, conocida como fase de análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), se recopilan los datos de entrada y salida del sistema en estudio con el fin de cumplir los objetivos establecidos. La tercera etapa del ACV, denominada fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), tiene como propósito brindar información adicional para evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida y obtener una mejor comprensión de la importancia ambiental del sistema del producto. La interpretación del ciclo de vida, que constituye la fase final del ACV, implica resumir y discutir los resultados del ICV y/o del EICV, sirviendo como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones en concordancia con los objetivos y alcance previamente definidos (Organización Internacional de Normalización, 2006).

- **EL CICLO DE VIDA DE LOS EDIFICIOS**

La definición de un sistema medioambiental es la base de cualquier análisis llevado a cabo para determinar el impacto producido por una determinada actividad en el medio ambiente. Esta estructura describe las interacciones físicas entre todos los sistemas técnicos y el medio ambiente que lo rodea, incluidos los flujos de entrada y salida de energía,

agua, materiales, residuos y emisiones. Los sistemas técnicos, por lo tanto, deben ser entendidos como un subconjunto del sistema medioambiental, donde los recursos usados son extraídos del medio ambiente natural y retornan en última instancia a la naturaleza. El conjunto de los sistemas técnicos constituye la tecnosfera, la cual incluye todos los procesos y dispositivos diseñados o creados por el ser humano. Desde el punto de vista de los impactos medioambientales, los edificios y sus infraestructuras asociadas (como los sistemas de abastecimiento de agua, transporte, comunicaciones o energía) son uno de los sistemas técnicos más importantes. Gran número de interacciones físicas se producen entre los edificios y el medio ambiente, desde la extracción de las materias primas usadas en la fabricación de los productos que forman parte de los componentes del edificio hasta la demolición y su eliminación final. Esto es, los edificios interactúan con el medio ambiente tanto internamente como externamente a lo largo de su ciclo de vida; desde la “cuna” a la “tumba”.

Si bien es posible definir un modelo matemático que explique el comportamiento físico de los edificios y sirva como referencia para evaluar su configuración ambiental. (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004), esta aproximación resulta limitada. Un edificio es un producto complejo, con dimensiones físicas, sociales, económicas, culturales y simbólicas. Va más allá de su función como soporte de una actividad productiva, ya que da forma a las ciudades y moldea la forma de vida de las personas. Los edificios ofrecen servicios tácitos, a menudo ignorados, tanto a sus ocupantes como a su entorno. Por lo tanto, una evaluación ambiental integral debe considerar tanto la realidad física como el significado social y cultural de los edificios. Mientras que la dimensión física es cuantificable, los aspectos sociales y culturales requieren un enfoque diferente, ya que no suelen ser cuantificables, aunque sí pueden ser caracterizados. En consecuencia, la comparación entre edificios exige la evaluación de dos grupos de aspectos distintos: las dimensiones físico-funcionales y la dimensión sociocultural, lo que

plantea el desafío de encontrar métodos de evaluación adecuados para cada uno.

Si bien los métodos de análisis ambiental actuales se centran en los edificios como entidades físicas, existe una carencia significativa de herramientas de evaluación que aborden las dimensiones culturales y sociales de los edificios, así como su impacto en la generación de espacios interiores y exteriores (Girard, 1986). Aunque algunos autores han considerado estos aspectos sociales en herramientas como GBTool o VERDE, su enfoque ha sido limitado y, en muchos casos, basado en listas de verificación. La necesidad de evaluar los aspectos sociales, económicos y culturales de los edificios es un tema ampliamente debatido en diversos ámbitos, desde foros académicos y culturales hasta la comunidad científica. Existe un consenso generalizado sobre la necesidad de adoptar modelos humanísticos, e incluso filosóficos, para el estudio de los aspectos socioculturales, en lugar de los modelos matemáticos tradicionalmente utilizados para analizar los aspectos físico-prácticos. No obstante, desde una perspectiva analítica, si los edificios son reducidos a sus dimensiones físicas y funcionales, entendiéndose como un conjunto de partes integradas y soporte de procesos activos, es posible identificar distintas fases a lo largo de su ciclo de vida, cada una con características propias.

Fase 1. Producción de materiales de construcción

La fase de producción de materiales de construcción se extiende desde la extracción de las materias primas hasta la elaboración de los productos finales. Esta etapa engloba todos los procesos de transformación de materiales, componentes, elementos y sistemas que tienen lugar fuera del sitio de construcción, es decir, aquellos productos que son entregados a la obra. Los procesos que forman parte de esta fase son los siguientes:

1. Extracción y suministro de materias primas
2. Transporte de materias primas a la fábrica
3. Fabricación Esta fase puede ser entendida como una serie de cadenas de procesos (A, B, ..., N).

Históricamente, la complejidad y el costo de los proyectos de construcción han impulsado una tendencia hacia la simplificación de procesos y elementos. Esta simplificación ha resultado en el uso versátil de materiales de construcción, donde un solo producto puede incorporarse en numerosos y, a menudo, diversos elementos de construcción. Materiales como la piedra, la madera, el acero y el hormigón se emplean con frecuencia en una amplia gama de aplicaciones, e incluso componentes idénticos pueden tener diferentes usos. Esta versatilidad, sin embargo, introduce incertidumbre sobre la disposición final de productos específicos, lo que representa un obstáculo considerable para determinar con precisión el impacto ambiental del ciclo de vida completo de cada material de construcción. Desde esta perspectiva, se puede diferenciar los materiales de construcción en estos tipos:

Tipo 1. Productos que, debido a su versatilidad, no es posible determinar, a priori, su uso. Existe un amplio rango de este tipo de bienes y servicios empleados en los edificios, por ejemplo, vigas de madera, paneles laminados, ladrillos o arena.

Tipo 2. Productos que, una vez fabricados, se conoce su uso, aunque no la configuración definitiva del elemento del que forma parte. Ejemplo de materiales que forman parte de este grupo son las tejas, los enlucidos, los paneles de aislamiento o el hormigón estructural.

Tipo 3. Productos que, una vez fabricados, se conoce el componente del que forma parte, pero no su disposición final en el edificio, por ejemplo, particiones prefabricadas o sistemas integrales de suelos o techos.

Tipo 4. Productos que han sido diseñados y fabricados para un uso específico.

La industria de la construcción se caracteriza por la diversidad de materiales y procesos que convergen en la creación de un edificio. Desde la extracción de materias primas hasta la instalación final, cada componente sigue una trayectoria única, a menudo compleja y difícil de

rastrear. La elección de materiales y métodos de construcción varía considerablemente según el proyecto, desde construcciones tradicionales que emplean recursos locales hasta proyectos industrializados que dependen de elementos prefabricados. Esta variabilidad inherente plantea desafíos significativos para la evaluación del ciclo de vida de los materiales de construcción.

En las construcciones tradicionales, los materiales suelen ser menos procesados y más directamente relacionados con su origen. Sin embargo, en proyectos industrializados, la prefabricación introduce una mayor complejidad en la cadena de suministro, lo que dificulta determinar el uso final de un componente específico en el momento de su fabricación. La incertidumbre sobre el destino final de un material se agudiza por la naturaleza multifacética de la producción de componentes.

Cada componente puede ser el resultado de una larga cadena de montaje que involucra a diferentes empresas y procesos. Un elemento específico puede ser parte de varios productos diferentes, lo que genera una incertidumbre similar a la que se produce durante la instalación de los componentes en los edificios. La complejidad del proceso de fabricación también varía según el tipo de producto, pero en general involucra múltiples factores y puede extenderse durante un período prolongado.

La duración de la fase inicial, que abarca desde la extracción de materias primas hasta la fabricación de componentes, depende del tipo de edificio y las circunstancias que lo rodean. Un ejemplo notable es la construcción del Empire State Building, donde el proceso de construcción se coordinó y sincronizó con la fabricación de componentes. Por otro lado, los edificios que reutilizan elementos de otros plantean desafíos adicionales para la evaluación del ciclo de vida, ya que la fabricación de los materiales puede remontarse a muchos años atrás, como en el caso de los azulejos tradicionales utilizados en el sur de España.

Fase II. Diseño del edificio y proceso constructivo.

La construcción de un edificio representa la culminación de un proceso que transforma materias primas en una estructura funcional. Este proceso constructivo comienza con la adquisición y el transporte de los materiales hasta el sitio de construcción, donde se lleva a cabo el ensamblaje de los diversos componentes que darán forma al edificio. La obra se convierte en el escenario principal de esta transformación. La construcción se considera finalizada una vez que cada componente ha sido integrado y ubicado en su posición definitiva.

El edificio resultante se compone de una variedad de sistemas interdependientes, tales como el sistema estructural, el sistema envolvente, y otros. Cada uno de estos sistemas está compuesto por elementos específicos: forjados, vigas, pilares, muros, ventanas, etc. A su vez, estos elementos se construyen a partir de componentes individuales: armaduras, bovedillas, bloques, ladrillos, perfiles, etc. Finalmente, estos componentes están hechos de materiales básicos: hormigón, acero, madera, vidrio, etc.

La concreción de un proyecto arquitectónico requiere la combinación de diversos bienes y servicios. Estos insumos se pueden clasificar en tres categorías principales: materiales, mano de obra y maquinaria. Cada uno de estos grupos juega un papel crucial en la materialización de la obra.

1. Bienes materiales o productos.
2. Mano de obra.
3. Maquinaria.

Los bienes materiales son aquellos elementos que se utilizan en la construcción de un edificio. Algunos de estos bienes se integran de forma permanente en la estructura, como el hormigón de un forjado. Otros, en cambio, se utilizan únicamente durante el proceso de construcción y luego se retiran, como un encofrado reutilizable.

Cada bien material está relacionado con un elemento específico del edificio, ya sea de forma directa o indirecta. La relación directa se da cuando el material forma parte del elemento en sí, como el hormigón en el forjado. La relación indirecta se da cuando el material es necesario para la construcción del elemento, pero no forma parte de él, como el vallado de obra que protege la construcción del forjado.

La construcción de un edificio es un proceso complejo que requiere la interacción de diversos elementos, incluyendo la mano de obra, la maquinaria y los materiales. La mano de obra, desde peones hasta jefes de obra, participa tanto en la creación directa de elementos constructivos, como un muro prefabricado, como en tareas de apoyo, como el transporte de materiales.

La maquinaria, que abarca todas las máquinas utilizadas en la obra, también se relaciona con los elementos constructivos de forma directa e indirecta. Por ejemplo, una cortadora de baldosas está directamente relacionada con el piso que se crea a partir de ellas, mientras que una grúa que eleva los materiales a un piso superior tiene una relación indirecta.

Esta etapa de construcción se agrupa en los siguientes grupos de procesos:

1. Transporte de componentes al solar de la obra
2. Proceso de construcción

La fase de uso de un edificio se distingue de la fase de construcción por su simplicidad. Mientras que la construcción implica numerosas actividades independientes, la fase de uso se centra en una sola: la actividad del promotor. Asimismo, la construcción da como resultado múltiples elementos, mientras que la fase de uso tiene un único producto tangible: el edificio. Esta actividad se lleva a cabo dentro de un marco temporal definido.

Fase III. Uso y mantenimiento.

La fase de uso de un edificio es fundamental, ya que abarca la mayor parte de su ciclo de vida. Comprende todos los procesos que se llevan a cabo desde la entrega del edificio hasta el inicio de su deconstrucción. Estos procesos, que aseguran el correcto funcionamiento y conservación del edificio, se pueden organizar en los siguientes grupos:

1. Uso de ocupantes
2. Mantenimiento (incluido el transporte)
3. Reparación (incluido el transporte)
4. Reforma (incluido el transporte)
5. Renovaciones (incluido el transporte)

En la fase de uso, los edificios se conciben como la base física para diversas actividades. Los edificios son ocupados por usuarios que desarrollan actividades específicas, las cuales pueden tener como objetivo la producción de bienes o servicios. La fase de uso se caracteriza por su larga duración, que a menudo supera los 50 años, y por la posibilidad de que el edificio albergue diferentes usos a lo largo de su vida útil.

Es importante distinguir entre los sistemas del edificio, que son permanentes, y los sistemas relacionados con el uso, que son variables. Algunos elementos del edificio, como los muebles o las instalaciones, están estrechamente relacionados con la actividad desarrollada en él, mientras que otros, como la estructura y la envolvente, son prácticamente invariantes.

La actividad desarrollada en el edificio requiere la adquisición de recursos naturales y bienes y servicios procesados. Algunos de estos productos se integran en el edificio, mientras que otros se utilizan para el mantenimiento, la reparación o las reformas. Además, la actividad genera productos residuales que se procesan posteriormente, así como vertidos y emisiones al medio ambiente.

En esta fase, el edificio en sí mismo, como producto entrante, influye notablemente en la calidad y cantidad de los productos entrantes y en los residuos y emisiones salientes.

Fase IV. Fase final de vida del edificio

La fase de deconstrucción de un edificio comprende todas las operaciones relacionadas con el desmantelamiento y la eliminación de un edificio al final de su vida útil. Esta fase incluye cuatro grupos de procesos principales:

1. Deconstrucción y demolición: Implica el desmantelamiento selectivo de elementos y materiales del edificio, así como la demolición de la estructura principal.
2. Transporte de elementos: Comprende el traslado de los materiales y elementos resultantes de la deconstrucción a diferentes destinos, como plantas de reutilización, reciclaje o eliminación.
3. Reutilización y reciclaje de elementos: Incluye los procesos de reacondicionamiento y transformación de elementos y materiales para su reutilización en nuevas construcciones o aplicaciones, así como el reciclaje de materiales para su reincorporación a ciclos productivos.
4. Eliminación final: Se refiere a la disposición final de aquellos materiales y elementos que no pueden ser reutilizados o reciclados, ya sea en vertederos o mediante otros métodos de eliminación.

La deconstrucción de un edificio tiene como objetivo principal dejar el solar libre, idealmente en condiciones similares a las existentes antes de la construcción. Sin embargo, el inicio de la demolición no siempre está relacionado con el deterioro técnico del edificio, sino que puede estar influenciado por factores externos como determinaciones urbanísticas, aspectos económicos o culturales.

La duración de la fase de uso de un edificio es incierta, ya que el momento de la demolición no se puede predecir con exactitud. Una vez decidida la demolición, el promotor contrata a un equipo técnico para elaborar un proyecto de demolición y, posteriormente, a una empresa constructora para llevar a cabo la demolición.

La deconstrucción de un edificio requiere la adquisición de materias primas, productos manufacturados y servicios, y genera elementos que pueden ser reutilizados o reciclados, así como residuos y emisiones que deben ser gestionados.

Los procesos de deconstrucción están estrechamente relacionados con los de construcción, ya que los procedimientos y medios de demolición dependen de la configuración constructiva del edificio, la cual es resultado del proceso de construcción.

2.2.2. Huella de carbono: Definición, metodologías de cálculo

- **Huella de Carbono:**
“Para Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2024) la huella de carbono es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente” (La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, 2010, p. 16).
- **Huella de una organización:**
Evalúa las emisiones anuales de una entidad divididas en tres alcances: alcance 1 asociado a las emisiones directas como combustión en maquinaria y fugas de refrigerantes; alcance 2, a las emisiones indirectas por consumo energético; y, alcance 3 asociado a otras emisiones indirectas como parte de la cadena de suministro, transporte de materiales y residuos. (Huella de Carbono, 2025).
- **Huella de un producto:**
Analiza todas las emisiones durante el ciclo de vida de un bien o servicio, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. (Rondón, 2015).

- **Protocolo GHG:**

Es un estándar para metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizado. Huella de Carbono (2025) y Global O2 (2014) mencionan que ha sido desarrollada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Ofrece herramientas para inventarios corporativos y cadena de valor con enfoque en tres alcances. (Huella de Carbono, 2025).

Recomendado para organizaciones que buscan alinearse con iniciativas internacionales como el Carbon Disclosure Project (CDP). (Global O2, 2014).

- **ISO 14064:**

Es una norma estándar internacional estructurada en tres partes: la primera parte contiene directrices para inventarios de GEI en organizaciones; la segunda parte, una metodología para proyectos de reducción o captura de emisiones; la tercera parte, requisitos para la verificación y validación de informes. (Weya Academy, 2024).

Incluye criterios para establecer límites operacionales, garantizar trazabilidad de datos y gestionar incertidumbre. (Nueva ISO 14001, 2021).

2.2.3. Gases de efecto invernadero (GEI)

- **Gases de Efecto Invernadero (GEI):**

“En la atmósfera terrestre los principales gases de efecto invernadero son: el dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃)”. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2024, pár. 2).

- **Dióxido de Carbono (CO₂):**

“Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos de suelo”. (Rondón, 2015, p.4).

- **Metano (CH₄):**

“Gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo, y de cualquier fuente de descomposición anaeróbica de residuos orgánicos”. (Rondón, 2015, p.4).

- Óxido Nitroso (N₂O):
“Gas producido durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, y cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte”. (Rondón, 2015, p.4).
- Hidrofluorocarbonos (HFC):
“Se emiten en algunos procesos industriales y se los usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado”. (Rondón, 2015, p.4).
- Perfluorocarbon (PFC):
“Desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruyen la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales”. (Rondón, 2015, p.4).
- Hexafluoruro de azufre (SF₆):
“Aunque este gas es lanzado en muy pocos procesos industriales, es el más potente de los GEI. Es emitido durante la producción de magnesio y se aplica en algunos equipos electrónicos”. (Rondón, 2015, p.4).

2.2.4 Estrategias de mitigación

- **Materiales Sostenibles:** La construcción causa problemas ambientales por los materiales que requieren mucha energía para su fabricación, emitiendo gases de efecto invernadero. Usar materiales sostenibles como madera, paja y cemento bajo en carbono reduce el impacto. (Labaran et al., 2022, p.4). Un ejemplo de materiales sostenibles son el hormigón en masa con áridos reciclados y cerámica tradicional. (Quispe et.al, 2022).
- **Optimizar el transporte:** El transporte en la construcción genera emisiones. Reducir los traslados, implementar un sistema de entrega "justo a tiempo" y obtener materiales localmente disminuye el uso de energía, combustible y la contaminación. (Labaran et al., 2022, p.4-5).
- **Eficiencia energética:** Reduce las emisiones de carbono de la generación de energía en la construcción: evita generadores grandes, planifica el uso de energía, evita el ralentí, controla la electricidad, usa la red eléctrica nacional y usa instalaciones eficientes energéticamente. (Labaran et al., 2022, p.5).
- **Gestión de Residuos:** Reducir los residuos de construcción mediante la implementación de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) es crucial para

disminuir los gases de efecto invernadero en la industria. El uso de materiales reciclados ayuda a proteger el ecosistema y garantiza la eficiencia de capital y energía en la construcción ecológica. (Labaran et al., 2022, p.5).

- Energías renovables: son fuentes de energía que se generan a partir de recursos naturales inagotables, como el sol, el viento, el agua y la biomasa. Estas fuentes son esenciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar la huella de carbono. Las energías renovables se caracterizan por ser sostenibles y limpias, ya que no dependen de combustibles fósiles ni producen GEI significativos durante su uso. (Selectra, s.f.).

Los principales tipos de energía renovables son: energía solar, utiliza la radiación del sol para generar electricidad o calor; energía eólica, produce electricidad mediante turbinas impulsadas por el viento; energía hidroeléctrica, genera electricidad a partir del flujo del agua en ríos o presas; y, biomasa, energía generada por la combustión controlada de materia orgánica. (Energía Renovable, 2025).

- Compensación de emisiones: Es una estrategia utilizada para mitigar la huella de carbono mediante la financiación de proyectos que reducen o capturan gases de efecto invernadero (GEI) en otro lugar, equilibrando así las emisiones generadas por actividades humanas. Esto puede incluir iniciativas como reforestación, energías renovables o mejoras en eficiencia energética. (Manglai, 2025).
- Conservación de la cobertura vegetal: Preservar los bosques y mejorar las técnicas forestales puede reducir significativamente las emisiones de CO₂. En la construcción, esto se puede lograr mediante la preservación de árboles existentes en el sitio y la recuperación de los dañados. (Labaran et al., 2022, p.5).
- Preservación in situ de árboles: Preservar árboles existentes en obras de construcción es crucial. Los árboles ayudan a enfriar el ambiente urbano, mejoran las condiciones micro climáticas y capturan carbono. Protegerlos con barreras y una planificación adecuada asegura su supervivencia a largo plazo.
- Recuperación de árboles dañados in situ: Para prevenir daños a los árboles en obras de construcción, se deben tomar medidas preventivas, como cortar las raíces descubiertas o rotas, usar herramientas manuales cerca de los árboles y

minimizar la excavación en clima caluroso. Si el daño es inevitable, se deben plantar nuevos árboles para compensar las pérdidas. (Labaran et al., 2022, p.5).

2.2.5 Normas Legales relacionadas a la construcción de edificaciones

- **El Código Técnico de Construcción Sostenible:** Establece requisitos técnicos para garantizar edificaciones y habilitaciones urbanas sostenibles. Su finalidad es promover la sostenibilidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en Perú. Se aplica a edificaciones del Fondo MIVIVIENDA, nuevas construcciones y habilitaciones urbanas del sector público. (Carrión, 04 de junio de 2021).
- **Decreto Supremo N.º 002-2022-VIVIENDA:** Regula la gestión y manejo de residuos sólidos de la construcción y demolición.

Segregación y Almacenamiento:

- **Segregación (Art. 34):** “El generador debe clasificar los residuos en la fuente para facilitar su valorización o disposición final. También puede realizarse en infraestructuras especializadas para favorecer el reciclaje. Se deben implementar medidas para mitigar impactos ambientales”. (Choquimaqui, 30 de marzo de 2022).
- **Almacenamiento (Art. 35):** “Debe realizarse dentro del proyecto en áreas señalizadas, siguiendo normas de color para recipientes. No está permitido en terrenos sin construir o áreas protegidas. Su incumplimiento conlleva sanciones municipales”. (Choquimaqui, 30 de marzo de 2022).

Capítulo III: Entorno Empresarial

3.1 Descripción de la empresa

3.1.1 Reseña histórica y actividad económica

Fundada en 2012, PROCASA S.A.C. es una empresa inmobiliaria con sede en la ciudad de Cusco, ubicada en la Av. las Gardenias, Mz. F Lote 10 Urb. La Florida, Wánchaq. Su número de RUC es 20491028522. Esta empresa se ha dedicado a la construcción de edificios multifamiliares y a la venta de departamentos, con un enfoque en la calidad de las construcciones y la innovación en el diseño arquitectónico.

PROCASA S.A.C. se distingue por su equipo de profesionales altamente capacitados, incluyendo arquitectos, ingenieros y técnicos especializados en el sector de la construcción. Su compromiso con la excelencia se refleja en la calidad de sus proyectos, que han contribuido al desarrollo urbano de la ciudad de Cusco y a satisfacer las necesidades de vivienda de sus habitantes.

A lo largo de su trayectoria, PROCASA S.A.C. ha desarrollado una amplia gama de proyectos inmobiliarios, entre los que destacan:

- Residencial América (septiembre, 2013)
- Residencial Cusco Eterno (marzo, 2014)
- Residencial Libertadores y la construcción de la nave industrial MASISA (2015)
- Residencial Conquistadores (noviembre, 2016)
- Torre del Ángel I (2017)
- Torre del Ángel II, San Borja, Torre del Sol San Francisco y Torre del Sol la florida (2019)
- Residencial Mónaco 107 (2020)
- Residencial Madrid 107, Residencial Barcelona 107 (2021)
- Residencial Cartagena 107, Residencial Viena 107, Residencial Lisboa 107, Residencial Praga 107, Residencial Montevideo 107 (2022)
- Residencial París 107, Residencial Londres 107 (2023)
- Residencial Berlín 107, Residencial Venecia 107, Residencial Cádiz 107 (2024)
- Residencial Marsella 107, Residencial Sevilla 107 entrega mayo 2025

- Residencial Ámsterdam 107 (80% de avance de obra) entrega abril 2025
- Residencial Verona, inicio de obra abril 2025
- Residencial Atenas, inicio de obra febrero 2025

Figure 1: Mapa de los proyectos hechos por la empresa Procasa S.A.C.

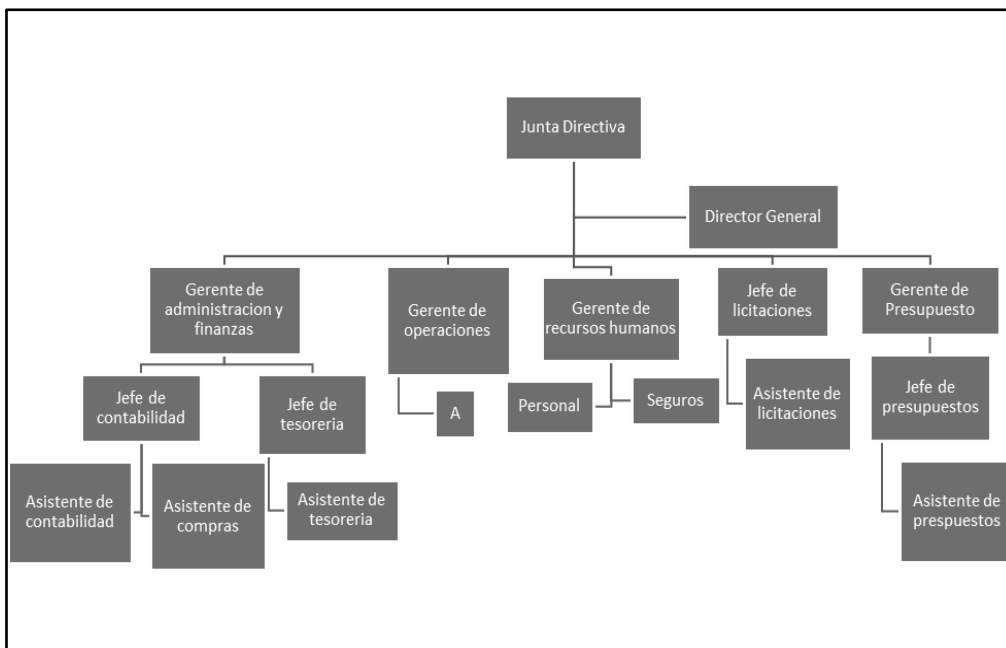


Fuente: Procasa (2023)

3.1.2 Descripción de la organización:

3.1.2.1 Organigrama

Figure 2: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

En PROCASA S.A.C., la gerencia de operaciones tiene la responsabilidad de elaborar un organigrama específico para cada proyecto de construcción. Este enfoque flexible permite adaptar la estructura organizativa a las necesidades particulares de cada obra, optimizando la asignación de recursos y responsabilidades.

La elaboración de estos organigramas específicos implica un análisis detallado de las diferentes fases del proyecto, los roles y responsabilidades del personal involucrado, y las interacciones entre los distintos departamentos y áreas de la empresa. Este proceso considera factores como la complejidad del proyecto, el plazo de ejecución, el presupuesto, la disponibilidad de recursos y las particularidades del entorno.

Figure 3: Organigrama de la Gerencia Operacional



Fuente: Elaboración propia

En PROCASA S.A.C., cada proyecto de construcción se gestiona como una unidad de producción independiente, con un control específico y un flujo de información adaptado a sus necesidades particulares. Esto se debe a que cada proyecto presenta características únicas en términos de:

- **Complejidad:** Algunos proyectos pueden ser más complejos que otros, requiriendo una mayor especialización del equipo y una gestión más rigurosa de los recursos.
- **Escala:** El tamaño del proyecto influye en la cantidad de recursos necesarios, la duración de la obra y la complejidad de la logística.
- **Ubicación:** La ubicación del proyecto puede presentar desafíos específicos, como la accesibilidad al sitio, las condiciones climáticas o las normativas locales.
- **Tipo de cliente:** Las necesidades y expectativas de los clientes pueden variar significativamente, lo que requiere una adaptación del proceso de comunicación y gestión.

3.1.2.2 Cadena de suministros:

La sección de Gestión Operativa de la organización se articula en torno a cuatro unidades clave: Mantenimiento, Adquisiciones, Logística de Inventario y Gestión de Maquinaria.

La unidad de Logística de Inventario, que juega un papel decisivo en la administración eficaz de los recursos, está dirigida por un Coordinador de Almacén, el cual supervisa a un equipo de apoyo especializado. Este equipo se compone de dos Supervisores de Inventario, responsables de la coordinación y el seguimiento de las actividades diarias, así como de dos Auxiliares de Inventario, los cuales ofrecen asistencia práctica en las diferentes tareas.

El personal del área de Almacén es responsable de una amplia gama de actividades, que incluyen:

- **Solicitud de pedidos:** Gestión de las solicitudes de materiales y equipos, asegurando el abastecimiento oportuno para las operaciones de la empresa.
- **Recepción de equipos y materiales:** Verificación y registro de los equipos y materiales entrantes, garantizando la exactitud del inventario y la calidad de los suministros.
- **Almacenamiento de equipo y materiales:** Organización y almacenamiento adecuado de los materiales y equipos, optimizando el

espacio disponible y facilitando el acceso a los recursos cuando sean necesarios.

- Despacho de equipo y materiales: Preparación y el envío de los equipos y materiales solicitados, asegurando la entrega oportuna a los diferentes departamentos o proyectos.

El equipo de Almacenamiento juega un papel fundamental en el correcto funcionamiento de la empresa, ya que garantiza el suministro oportuno de los recursos necesarios para las operaciones diarias. Su eficiencia y eficacia impactan directamente en la productividad y rentabilidad de la empresa.

Solicitud de pedidos

El proceso de solicitud de pedidos es fundamental para garantizar el abastecimiento oportuno de materiales y equipos necesarios para las operaciones de la empresa. Este proceso se inicia con la recepción de una orden de compra, la cual desencadena una serie de acciones cuidadosamente planificadas.

En primer lugar, se realiza una verificación exhaustiva del inventario para determinar si existe stock suficiente para satisfacer la orden de compra. En caso de que el stock sea suficiente, se procede de inmediato al despacho de los materiales o equipos requeridos.

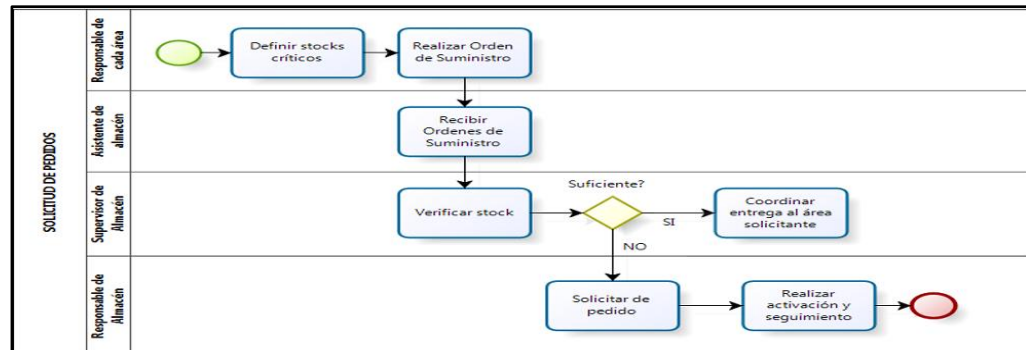
Sin embargo, si se determina una insuficiencia de stock, se activa el proceso de solicitud de pedido. Este paso implica la elaboración de una solicitud formal de los materiales o equipos faltantes, o de la totalidad del pedido, según sea necesario.

Una vez realizada la solicitud de pedido, se inicia una tarea crucial recientemente implementada: la activación y seguimiento del pedido. Esta tarea consiste en el monitoreo constante del estado del pedido, desde su envío hasta su recepción, con el objetivo de asegurar que se cumplan los plazos y condiciones acordadas. Se busca identificar y resolver cualquier posible problema o retraso que pueda surgir durante el proceso.

El proceso de Solicitud de Pedidos, con su enfoque en la verificación del inventario y el seguimiento activo de los pedidos, garantiza que la empresa

cuenta con los recursos necesarios para mantener sus operaciones en marcha de manera eficiente y sin interrupciones.

Figure 4: Subproceso del área de almacén – solicitud de pedidos



Fuente: Elaboración propia

Recepción de equipos y materiales

El proceso de Recepción de Materiales y Equipos es un componente esencial de la gestión logística de la obra. En este proceso el área se encarga de recibir y verificar todos los materiales y equipos que ingresan al sitio para su almacenamiento y posterior uso.

El estudio realizado revela que los materiales y equipos, antes de ser aprobados, son sometidos a un riguroso proceso de inspección. Este proceso consta de tres etapas que se llevan a cabo de manera inmediata tras la recepción y, posteriormente, una vez los materiales y equipos han sido ubicados en el almacén.

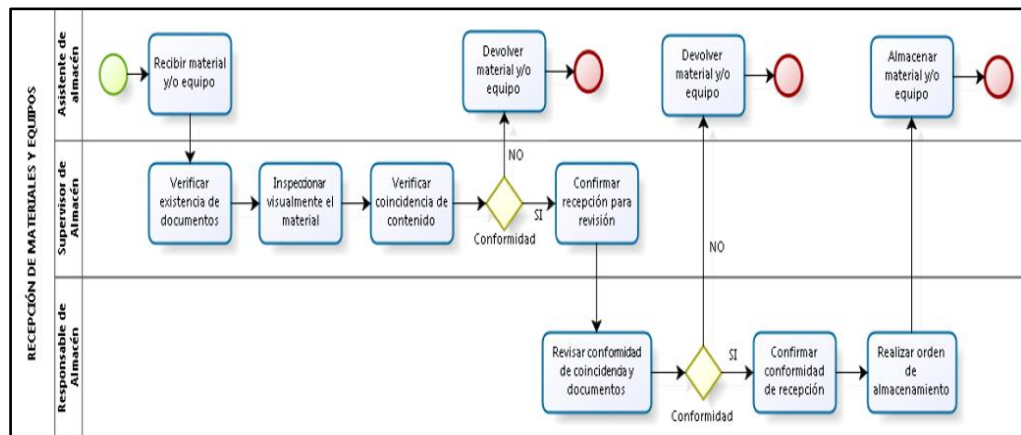
La primera inspección es de carácter visual. En esta etapa, se verifica minuciosamente que el material o equipo entregado corresponda con lo solicitado en la orden de compra. Se presta especial atención a las especificaciones técnicas, cantidades y estado general de los productos.

La segunda inspección se centra en la coincidencia entre las facturas y el contenido de las órdenes de compra. Se comparan detalladamente los documentos para garantizar la exactitud de la información y evitar posibles discrepancias.

La tercera inspección, es la revisión de los documentos de facturas y material por parte del responsable de Almacén. Esta etapa final de aprobación es crucial para asegurar que todos los aspectos del proceso de recepción sean correctos y conformes.

El proceso de Recepción de equipos y materiales, con sus múltiples etapas de inspección, garantiza que los equipos y materiales que ingresan a la obra cumplen con los estándares de calidad y especificaciones requeridas. Esto contribuye a la eficiencia de la obra y minimiza el riesgo de utilizar materiales o equipos defectuosos o incorrectos.

Figure 5: Subproceso de almacén – recepción de equipos y materiales



Fuente: Elaboración propia

Almacenamiento de equipos y materiales

Una vez que los equipos y/o materiales han sido recibidos y verificados, se procede a su almacenamiento en las instalaciones designadas. La ubicación de cada elemento se determina de acuerdo con sus características específicas y de tipo, asegurando una organización lógica y eficiente del espacio.

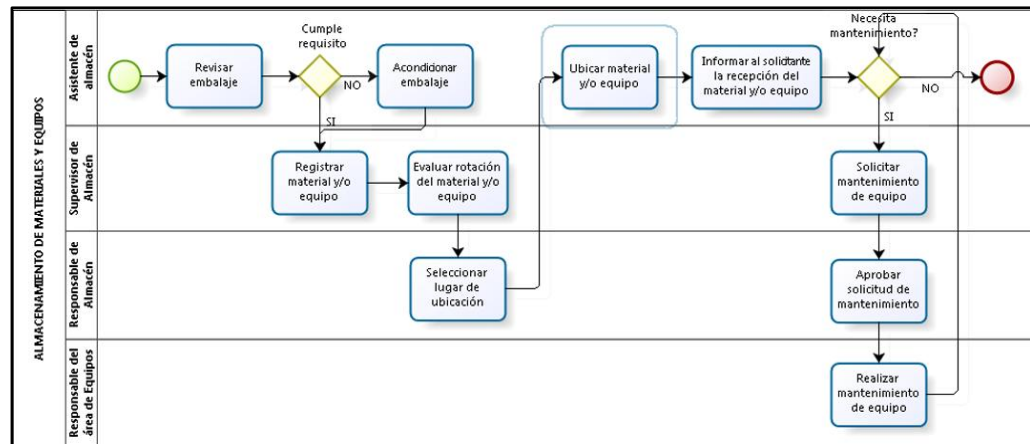
Es fundamental que los materiales y equipos estén debidamente identificados, rotulados y señalizados antes de su almacenamiento. Esto facilita su rápida localización y minimiza el riesgo de errores durante el proceso de despacho.

En el proceso de almacenamiento, se debe prestar especial atención a la rotación de los equipos y/o materiales. Aquellos elementos con mayor rotación deben ser ubicados cerca del área de despacho, lo que agiliza los tiempos y reduce los

movimientos del personal. Esta estrategia optimiza la eficiencia del almacén y minimiza los costos operativos.

El responsable de Almacén juega un papel crucial en este proceso. Él es el encargado de informar al usuario solicitante sobre la recepción del material o equipo, para que este pueda retirarlo oportunamente. La comunicación clara y oportuna entre el responsable de Almacén y los usuarios es esencial para garantizar la disponibilidad de los recursos y evitar retrasos en las operaciones.

Figure 6: Subproceso del área de almacén – Almacenamiento de equipos y materiales



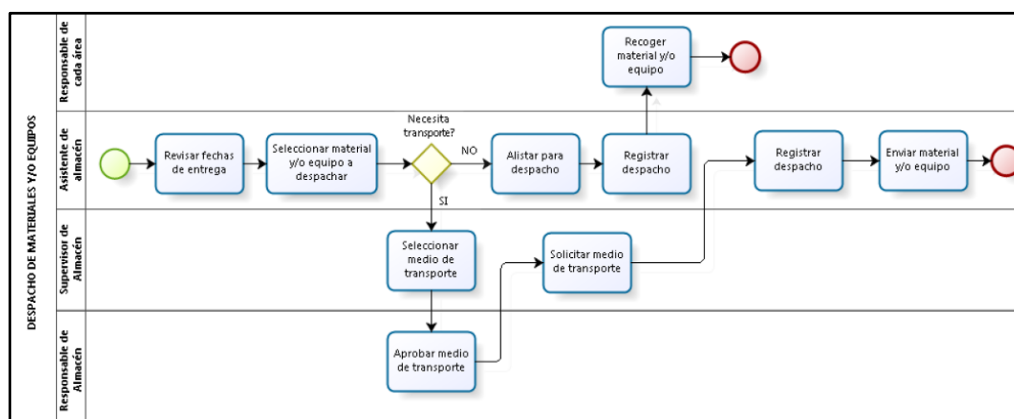
Fuente: Elaboración propia

Despacho de equipos y materiales

El proceso de Despacho de Materiales y Equipos es la etapa final en la cadena de suministro, donde los recursos almacenados se entregan a su destino final. La ejecución de esta secuencia de acciones se programa en función de los plazos de entrega especificados por el solicitante, garantizando así la disponibilidad oportuna de los materiales y equipos necesarios para su aplicación.

Además de la planificación de rutas y la asignación de vehículos, el proceso de Despacho también puede incluir otras actividades, como la preparación de la documentación necesaria para el transporte, el embalaje adecuado de los materiales y equipos para garantizar su seguridad durante el traslado, y la coordinación con el personal encargado de la entrega en el destino final.

Figure 7: Subproceso de Almacén – Despacho de Materiales y Equipos



Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Datos generales estratégicos de la empresa:

3.1.3.1 Visión, misión y valores:

Visión:

“Posicionarnos como la empresa constructora e inmobiliaria líder en la región del Cusco al 2021 y consolidar nuestro dominio en todo el sur del Perú en los próximos 5 años.” (PROCASA S.A.C., s.f. pár. 3).

Misión:

“Somos una empresa dedicada a solucionar las necesidades crecientes de viviendas, a través de la edificación de edificios multifamiliares construidos con altos estándares que generan satisfacción y confianza en cada uno de nuestros clientes.” (PROCASA S.A.C., s.f. pár. 4).

Valores:

- **Calidad:** PROCASA S.A.C. se compromete con la excelencia en la ejecución de sus proyectos, utilizando materiales de alta calidad, técnicas constructivas eficientes y un riguroso control de calidad para garantizar la durabilidad, seguridad y satisfacción del cliente.
- **Cumplimiento:** La empresa opera con transparencia y ética, cumpliendo con las leyes, normativas y plazos establecidos, y manteniendo una comunicación abierta con sus clientes y socios.
- **Confianza:** PROCASA S.A.C. construye confianza a través de la consistencia en sus acciones, el cumplimiento de sus compromisos y la

transparencia en sus operaciones, buscando relaciones a largo plazo basadas en la confianza mutua.

- Lealtad y compromiso: La empresa valora la dedicación, la responsabilidad y el trabajo en equipo de sus empleados, fomentando un ambiente de trabajo que promueve la lealtad y el compromiso con los objetivos de la empresa.

3.1.3.2 Objetivos estratégicos:

PROCASA S.A.C. ha definido sus objetivos estratégicos con una visión integral que abarca cuatro perspectivas clave: financiera, de clientes, interna y de personal. Estas perspectivas, interrelacionadas entre sí, guían las acciones de la empresa hacia el logro de un crecimiento sostenible y la excelencia en el sector de la construcción.

A) Perspectiva de Clientes:

PROCASA S.A.C. prioriza la satisfacción de sus clientes y busca construir relaciones a largo plazo basadas en la confianza y la excelencia en el servicio. Para ello, la empresa se enfoca en:

- Comprender las necesidades: Se realizan estudios de mercado y encuestas para conocer las necesidades, expectativas y preferencias de los clientes.
- Superar las expectativas: Se busca no solo cumplir con los requisitos del cliente, sino también superar sus expectativas en términos de calidad, plazos y atención personalizada.
- Fidelización: Se implementan programas de fidelización para premiar la confianza de los clientes y fomentar la recomendación de la empresa.
- Ejemplo: PROCASA S.A.C. Ofrece un servicio de postventa que incluye visitas periódicas a las viviendas entregadas para verificar la satisfacción del cliente y atender cualquier necesidad que pueda surgir.

B) Perspectiva Interna:

PROCASA S.A.C. busca la optimización de sus procesos internos para asegurar la eficiencia operativa y la calidad en la ejecución de sus proyectos. Esto implica:

- **Eficiencia en la construcción:** Se implementan metodologías de gestión de proyectos y tecnologías de construcción que permiten optimizar los tiempos de ejecución y reducir los costos.
- **Control de calidad:** Se establecen rigurosos controles de calidad en todas las etapas del proyecto, desde la selección de materiales hasta la entrega de la vivienda, para garantizar que se cumplan los estándares más exigentes.
- **Innovación:** Se fomenta la innovación en los procesos constructivos y en el diseño de viviendas, buscando soluciones que mejoren la eficiencia, la sostenibilidad y la satisfacción del cliente.
- **Ejemplo:** PROCASA S.A.C. Utiliza software de gestión de proyectos para planificar, programar y controlar el avance de las obras, optimizando el uso de recursos y minimizando los riesgos.

C) Perspectiva de Personal:

PROCASA S.A.C. reconoce que su capital humano es su recurso más valioso. Por ello, se enfoca en:

- **Atracción y retención de talento:** Se implementan estrategias para atraer y retener a los mejores profesionales del sector, ofreciendo condiciones laborales competitivas, oportunidades de desarrollo y un ambiente de trabajo positivo.
- **Capacitación y desarrollo:** Se invierte en la formación continua de los empleados, brindándoles oportunidades para actualizar sus conocimientos y desarrollar nuevas habilidades.
- **Colaboración e innovación:** Se fomenta el trabajo en equipo, la comunicación abierta y la generación de ideas innovadoras,

creando un ambiente propicio para el crecimiento profesional y la creatividad.

- Ejemplo: PROCASA S.A.C. ofrece a sus empleados programas de capacitación en nuevas tecnologías de construcción sostenible y en metodologías de gestión de proyectos.

D) Perspectiva Financiera:

PROCASA S.A.C. busca asegurar su sostenibilidad financiera a largo plazo, manteniendo un flujo de efectivo positivo y una rentabilidad consistente. Para ello, la empresa se centra en:

- Control de costos: Se implementan medidas para controlar los costos de los proyectos, buscando la eficiencia en el uso de recursos y la optimización de los procesos.
- Generación de ingresos: Se busca un crecimiento sostenible de los ingresos a través de la satisfacción del cliente, la captación de nuevos proyectos y la diversificación de la oferta de productos y servicios.
- Gestión financiera: Se gestionan las finanzas de la empresa de manera responsable, asegurando la liquidez y la rentabilidad a largo plazo.
- Ejemplo: PROCASA S.A.C. Realiza un análisis de la viabilidad financiera de cada proyecto antes de iniciar su ejecución, evaluando los costos, los ingresos y la rentabilidad esperada.

“La mejor forma de conservar la ventaja competitiva a largo plazo es buscar de manera incansable objetivos estratégicos que fortalezcan la posición del negocio de una empresa sobre la de los rivales. Los objetivos financieros se pueden cumplir de la mejor manera al enfocarse, en primer lugar, en el logro de los objetivos estratégicos que mejoren la competitividad y fortaleza en el mercado de una empresa” (Fred, 2008).

3.1.3.3 Evaluación interna y externa: Análisis FODA cuantitativo.

Durante nuestra investigación, empleamos la técnica de lluvia de ideas para identificar una serie de aspectos relevantes, entre los cuales se incluyen:

- La expertise técnica del personal involucrado.
- Experiencia previa en la edificación de domicilios.
- Habilidad para la gestión de grupos o equipos técnicos.
- Competencia del personal administrativo en la administración.
- Familiaridad con tecnologías innovadoras.
- Conocimientos financieros para la gestión empresarial.
- Compromiso con la ética profesional.
- Conocimiento de regulaciones legales relacionadas con la construcción urbana.
- Disponibilidad de recursos financieros.
- Habilidad para establecer relaciones interpersonales efectivas.
- Promoción de la cultura de innovación dentro de la organización.
- Pericia en la dirección de equipos y maquinaria especializada para la construcción.
- Disponibilidad de personal laboral cualificado.
- Desarrollo de un plan estratégico integral.
- Ejecución de tácticas de mercadotecnia.
- Instauración de un sistema de administración ambiental.
- Capacidad para acceder a recursos externos.
- Oportunidades relacionadas con el desarrollo de infraestructura para el turismo provincial.
- Amenazas asociadas con la competencia desleal.
- Consideración de proyectos inmobiliarios.
- Impacto de la inestabilidad política.
- Participación en obras civiles de gran escala.
- Consideración de la inestabilidad económica nacional.
- Contribución al desarrollo urbano de la provincia.
- Respuesta al crecimiento de la competencia en el sector.
- Acceso a programas de financiamiento para proyectos.
- Conciencia sobre el riesgo de corrupción.

Estas ideas fueron sometidas a un análisis exhaustivo y clasificadas en términos de oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades, lo que permitió llevar a cabo un análisis situacional completo tanto interno como externo de la empresa.

a) Análisis Interno

El análisis interno de una organización implica un examen profundo de sus capacidades y carencias. Este proceso de evaluación permite comprender cómo los factores internos influyen en la consecución de los objetivos. Es fundamental identificar los puntos fuertes que distinguen a la empresa de sus competidores, así como las áreas de mejora que obstaculizan su desempeño óptimo.

Al minimizar las debilidades y maximizar las fortalezas, se impulsa la eficiencia y eficacia de la organización. Además, es imprescindible gestionar proactivamente las amenazas del entorno y aprovechar al máximo las oportunidades que se presenten. De esta manera, la empresa podrá avanzar con paso firme hacia la realización de su misión y la consecución de su visión.

El análisis situacional, que resume el impacto de los elementos internos de la empresa (categorizados como alto, medio o bajo), ofrece una radiografía detallada de su realidad interna. Esta herramienta valiosa permite visualizar las áreas donde la empresa sobresale, así como aquellas que requieren atención y desarrollo. Al ponderar el impacto de estas fortalezas y debilidades en diferentes niveles, se obtiene una comprensión holística de la situación interna, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas y orienta las acciones futuras para optimizar el rendimiento y alcanzar las metas establecidas.

Tabla 1: Factores de análisis interno

MATRIZ N° 1		NIVELES DE IMPACTO INTERNO					
a)	FACTORES DE ANALISIS INTERNO	FORTALEZA			DEBILIDAD		
		A	M	B	A	M	B
1	Conocimientos técnicos de los profesionales	x					
2	Experiencia en construcción de viviendas	x					
3	Conocimiento en el manejo de personal técnico		x				
4	Conocimiento en el manejo de personal administrativo					x	
5	Conocimiento en el manejo de tecnología innovadora		x				
6	Conocimiento financiero en el manejo de la empresa					x	
7	Empresa éticamente responsable	x					
8	Conocimiento de normativas jurídicas para la contratación de obras urbanísticas					x	
9	Disponibilidad de recursos económicos.		x				
10	Facilidad de interrelacionarse con los demás	x					
11	Interés en la innovación de la empresa				x		
12	Experiencia en la administración de equipos de maquinarias para la construcción de viviendas.				x		
13	Disponibilidad de mano de obra calificada.	x					
14	Plan estratégico				x		
15	Plan de marketing				x		
16	Sistema de gestión del medio ambiente				x		

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis Externo

El análisis del entorno externo de una empresa implica estudiar una variedad de factores que pueden influir en su devenir. Entre ellos, destacan la inflación, los avances tecnológicos, el crecimiento demográfico y las políticas gubernamentales. Es crucial que las

empresas, especialmente aquellas que operan en el sector inmobiliario, monitorean de cerca estas tendencias y cambios en su entorno competitivo. Esto les permitirá anticipar posibles amenazas y aprovechar las oportunidades que se presenten.

La capacidad de prever escenarios futuros y desarrollar planes de contingencia para diversas situaciones es fundamental para adaptarse y prosperar en un entorno empresarial dinámico y competitivo. Las empresas que ignoran estos factores externos corren el riesgo de perder competitividad y quedar rezagadas.

El análisis situacional que se presenta a continuación refleja el impacto de diferentes factores externos en la empresa, tal como se determinó durante la sesión de lluvia de ideas. Estos factores han sido clasificados según su impacto potencial, utilizando las designaciones de alto (A), medio (M) y bajo (B). Este análisis permite a la empresa comprender en profundidad las fuerzas externas que pueden afectar su funcionamiento y tomar medidas proactivas para mitigar las amenazas y capitalizar las oportunidades. Al integrar estos factores externos en la planificación estratégica, la empresa puede fortalecer su posición competitiva y garantizar su capacidad para alcanzar sus objetivos a largo plazo.

Tabla 2: Factores de análisis externo

MATRIZ N° 02		NIVELES EN EL IMPACTO EXTERNO					
b)	FACTORES DE ANALISIS EXTERNO	OPORTUNIDAD			AMENAZA		
		A	M	B	A	M	B
1	Incremento en la demanda debido a desastres naturales				x		
2	Desarrollos inmobiliarios	x					
3	Competencia injusta			x			
4	Involucramiento en grandes proyectos de obras civiles				x		
5	Aumento de la competencia	x					
6	Desarrollo urbano de la provincia				x		
7	Inestabilidad económica del país		x				
8	Disponibilidad de programas de financiamiento para proyectos				x		
9	Proyectos de infraestructura para impulsar el turismo en la provincia	x					
10	Inestabilidad política				x		
11	Corrupción	x					

Fuente: Elaboración propia

c) Matriz FODA

Esta matriz estratégica, se llevará a cabo una clasificación exhaustiva de los elementos clave identificados en el análisis FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Esta herramienta fundamental permitirá formular y evaluar estrategias específicas para:

- Aprovechar al máximo las fortalezas internas y las oportunidades externas que se presenten.
- Abordar de manera efectiva las debilidades internas que puedan obstaculizar el desempeño de la empresa.
- Mitigar o superar las amenazas externas que puedan poner en riesgo la consecución de los objetivos.

El objetivo principal será potenciar las fortalezas existentes, capitalizar las oportunidades disponibles en el mercado, minimizar el impacto de las debilidades internas y establecer mecanismos de protección contra las amenazas externas.

La matriz FODA proporcionará una estructura organizada y estratégica para la toma de decisiones, permitiendo a PROCASA S.A.C. planificar y ejecutar acciones con mayor eficacia, basándose en el análisis exhaustivo de su entorno interno y externo. Esta herramienta facilitará la identificación de sinergias entre las diferentes variables, así como la definición de estrategias que impulsen el crecimiento y la sostenibilidad de la empresa en el largo plazo.

Tabla 3: Matriz FODA

Factores internos		FORTALEZAS		DEBILIDADES	
MATRIZ FODA	F 1	Competencia técnica de los especialistas.	D 1	Habilidad en la administración y gestión del personal administrativo.	
	F 2	Trayectoria en la construcción de viviendas.	D 2	Conocimiento financiero para la dirección y gestión empresarial.	
	F 3	Habilidad en la gestión y supervisión del personal técnico.	D 3	Familiaridad con las normativas legales para la contratación de obras urbanísticas.	
	F 4	Pericia en el uso y manejo de tecnologías avanzadas e innovadoras.	D 4	Enfoque en la innovación y mejora continua de la empresa.	
	F 5	Empresa comprometida con la responsabilidad ética y social.	D 5	Experiencia en la gestión de equipos y maquinaria para la construcción de viviendas.	
	F 6	Acceso y disponibilidad de recursos financieros suficientes.	D 6	Estrategia de planificación empresarial.	
	F 7	Capacidad para interactuar y comunicarse eficazmente con otras personas.	D 7	Estrategia de mercadotecnia.	
	F 8	Disponibilidad de trabajadores altamente cualificados y capacitados.	D 8	Sistema de gestión ambiental (SGA).	

Factores
exter-
nos

O P O R T U N I D A D E S	O 1	Incremento de la demanda debido a desastres naturales.	F1, F2, F3, F4 O1, O2, O3, O5, O6 Desarrollar una campaña de marketing agresivo.	D1, D2, O1, O2, O5 Determinar los requerimientos necesarios de equipos tecnológicos y capacitación permanente.
	O 2	Construcción de infraestructura para el desarrollo turístico en la provincia.		
	O 3	Proyectos de desarrollo inmobiliario.		
	O 4	Participación en grandes obras civiles y macroproyectos .		
	O 5	Desarrollo urbano de la provincia.		
	O 6	Disponibilidad de programas de financiamiento para la ejecución de proyectos.		
A M E N A Z A	A 1	Problemas de corrupción.	F3, A1, A2, A3, A4 Implementar programas anticorrupción que tengan de cumplimiento los siguientes aspectos (MOF, código de conducta, auditorías, sistema de denuncia interna, etc.)	D5, A5 Implementar un programa de calidad total para mejorar los procesos.
	A 2	Competencia desleal en el mercado.		
	A 3	Inestabilidad política.		
	A 4	Inestabilidad económica del país.		
	A 5	Aumento de la competencia en el sector.		

Fuente: Elaboración propia

3.2 Modelo de negocio actual (CANVAS)

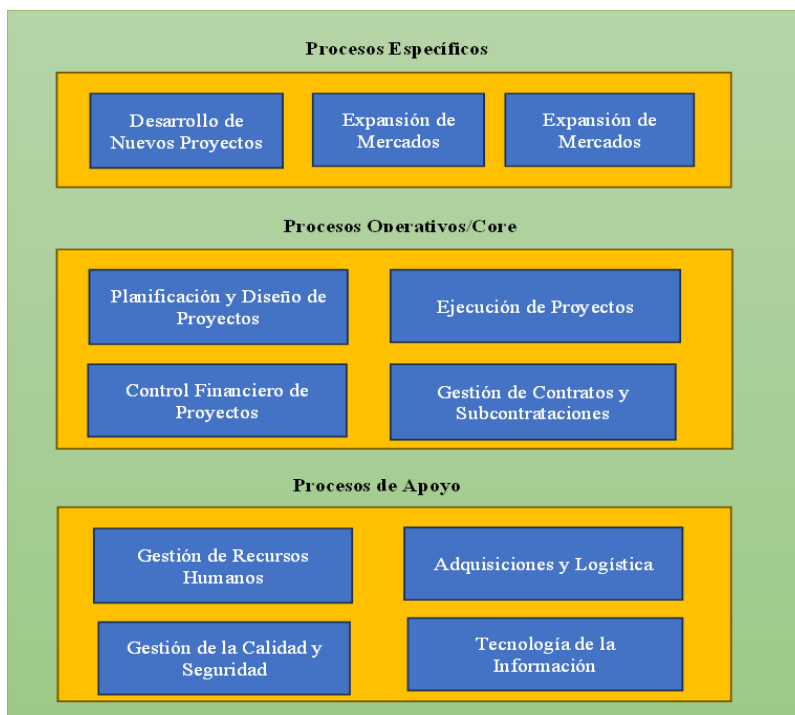
Figure 8: Modelo de negocio actual

MODELO CANVAS DE LA EMPRESA "PROCASA S.A.C."				
Socios clave	Actividades clave	Propuestas de valor	Relación con clientes	Segmentos de clientes
<ul style="list-style-type: none"> Asociación con empresas de consultoría locales para adaptarse a las regulaciones. Colaboración con universidades peruanas para programas de formación y reclutamiento. Relaciones cercanas con autoridades locales y comunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptación a la topografía y condiciones climáticas específicas de la ciudad del Cusco. Participación en proyectos de infraestructura que beneficien a las comunidades locales. Colaboración con organismos gubernamentales en iniciativas de construcción sostenible. Formación continua del personal en regulaciones y prácticas locales. 	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de estándares de construcción locales y regulaciones peruanas. Oferta de soluciones de construcción sostenibles y eficientes energéticamente. Adaptabilidad a la diversidad de proyectos, desde viviendas hasta infraestructura. Conocimiento profundo del entorno geográfico y climático del Cusco. 	<ul style="list-style-type: none"> Comprensión de las necesidades específicas del cliente en el contexto peruano. Enfoque en la cultura y tradiciones locales en el diseño y ejecución de proyectos. Énfasis en la atención personalizada y adaptación a las expectativas locales. 	<ul style="list-style-type: none"> Empresas del sector privado en búsqueda de construcción comercial. Desarrolladores inmobiliarios enfocados en nuevas urbanizaciones. Particulares buscando construcción o renovación de viviendas.
	Recursos clave <ul style="list-style-type: none"> Personal altamente calificado en construcción. Equipos y maquinaria modernos. Relaciones sólidas con proveedores de materiales de construcción. 		Canales <ul style="list-style-type: none"> Presencia en eventos de la industria de la construcción en Cusco. Colaboración con arquitectos y profesionales de la construcción locales. Publicidad local y presencia en redes sociales. 	
Estructura de costos <ul style="list-style-type: none"> Costos laborales basados en las tarifas locales y regulaciones laborales. Inversiones en tecnologías sostenibles y eficientes energéticamente. Gastos de investigación y adaptación a las normativas locales. Estrategias de marketing adaptadas al contexto cultural y geográfico peruano. 		Fuente de ingresos <ul style="list-style-type: none"> Proyectos de construcción residencial Consultoría y asesoramiento en proyectos de diseño y planificación. Venta de Terrenos o propiedades desarrolladas 		

Fuente: Elaboración propia

3.3 Mapa de procesos actual

Figure 9: Mapa de procesos actual



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Descripción de los procesos

3.3.1.1. Procesos Estratégicos:

- **Desarrollo de Nuevos Proyectos:** Este proceso clave se centra en la identificación y evaluación de oportunidades de proyectos de construcción. Esto incluye el análisis exhaustivo de la viabilidad financiera y técnica, así como la definición de estrategias sólidas para el desarrollo exitoso de nuevos proyectos. Se busca maximizar el retorno de inversión y minimizar los riesgos.
- **Expansión de Mercados:** Se trata de la identificación, evaluación e incursión estratégica en nuevos mercados geográficos o segmentos de la industria. Implica la investigación profunda de oportunidades y riesgos, así como el desarrollo de estrategias efectivas para expandir la presencia de la empresa y aumentar su cuota de mercado.
- **Gestión de Relaciones con Clientes Clave:** Este proceso se centra en establecer y mantener relaciones sólidas y duraderas con clientes estratégicos. Incluye la comprensión profunda de sus necesidades, expectativas y la entrega de soluciones personalizadas que superen sus expectativas, fortaleciendo la lealtad del cliente y fomentando relaciones a largo plazo.

3.3.1.2. Procesos Operativos/Core:

- **Planificación y Diseño de Proyectos:** Involucra la definición precisa de los requisitos del proyecto, el diseño arquitectónico y estructural, y la planificación detallada de recursos y cronograma para garantizar una ejecución eficiente y cumplimiento de objetivos.
- **Ejecución de Proyectos:** Desde la preparación del sitio hasta la construcción según el diseño, este proceso se centra en llevar a cabo los proyectos de construcción de manera efectiva, garantizando la calidad, seguridad y cumplimiento de plazos. Se busca optimizar los recursos y minimizar los retrasos.
- **Gestión de Contratos y Subcontrataciones:** Incluye la negociación y gestión de contratos, así como la selección y supervisión de

subcontratistas para asegurar que todas las partes cumplan con sus responsabilidades contractuales. Se busca establecer relaciones justas y transparentes con los subcontratistas.

- **Control Financiero de Proyectos:** Se encarga de la presupuestación, estimación de costos, seguimiento del gasto y análisis de rentabilidad por proyecto para garantizar la gestión financiera efectiva de cada proyecto. Se busca maximizar la rentabilidad y minimizar los riesgos financieros.

3.3.1.3. Procesos de Apoyo:

- **Gestión de Recursos Humanos:** Involucra la selección, contratación, desarrollo y evaluación del personal para asegurar que la empresa cuente con un equipo competente y comprometido. Se busca fomentar un ambiente de trabajo positivo y promover el desarrollo profesional de los empleados.
- **Adquisiciones y Logística:** Este proceso abarca la gestión de proveedores, la adquisición de materiales y la coordinación logística para garantizar el suministro oportuno y eficiente de recursos. Se busca establecer relaciones estratégicas con los proveedores y optimizar la cadena de suministro.
- **Manejo de la Calidad y Seguridad:** Comprende la creación de estándares de calidad, la implementación de sistemas de gestión de calidad, y la garantía de un entorno laboral seguro para efectuar con los máximos estándares. Se busca prevenir accidentes laborales y garantizar la satisfacción del cliente con la calidad de los productos y servicios.
- **Tecnología de la Información (TI):** Se ocupa del desarrollo y mantenimiento de sistemas informáticos, la implementación de tecnologías innovadoras en construcción y la garantía de la seguridad de la información. Se busca mejorar la eficiencia de los procesos y proteger la información confidencial de la empresa.

Capítulo IV: Metodología De La Investigación

4.1 Diseño de la Investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos para lograr una evaluación integral de la huella de carbono en la fase de construcción del edificio 'Sevilla 107' de PROCASA S.A.C. en Cusco.

4.1.1. Alcance de la Investigación:

El alcance de este estudio es descriptivo-explicativo. Se busca describir detalladamente el impacto ambiental generado por las actividades de construcción preliminares, cimentación, estructura y muros, específicamente en términos de la huella de carbono, y a la vez, se pretende explicar las relaciones y factores que contribuyen a este impacto, proporcionando un análisis profundo de las causas y efectos. Además, se propondrán medidas de acción para mitigar los impactos más significativos identificados.

4.1.2. Enfoque

Enfoque Mixto:

- **Enfoque Cuantitativo:**

Se emplea un enfoque cuantitativo para medir y cuantificar la huella de carbono, utilizando 'kg de CO₂ eq' como indicador principal. Esto implica la recopilación y análisis de datos numéricos detallados sobre el consumo de materiales, energía, y transporte. La cuantificación permitirá identificar áreas críticas y establecer una base objetiva para evaluar la eficacia de las estrategias de mitigación.

- **Enfoque Cualitativo:**

El enfoque cualitativo complementará el análisis cuantitativo al proporcionar contexto y profundidad a los datos numéricos. Se realizarán entrevistas con personal clave de PROCASA S.A.C., revisiones de documentos y análisis de procesos constructivos para comprender mejor los factores que influyen en la huella de carbono. Esto permitirá explorar

estrategias de mitigación específicas y adaptadas a la realidad de la empresa, así como analizar la viabilidad de las medidas propuestas.

4.1.3. Diseño

Dado que esta investigación se basa en el análisis de datos recopilados durante el proceso de construcción y la simulación de escenarios de mitigación, el diseño es **no experimental**. No se manipulan variables independientes, sino que se analizarán las relaciones existentes entre las actividades de construcción y la generación de la huella de carbono. Este enfoque es adecuado para evaluar el impacto ambiental en un contexto real y proponer soluciones prácticas y aplicables.

El diseño metodológico se convierte en un paso crucial para desarrollar un enfoque estructurado y efectivo que satisfaga las necesidades específicas de la empresa en términos de gestión ambiental. El concepto de diseño implica la planificación estratégica para obtener la información necesaria, lo cual permite al investigador visualizar cómo abordar de manera práctica y concreta las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos establecidos (Hernández et al., 2014)."

4.1.4. Población y muestra

- **Población:**

La población en este estudio se define como: el conjunto total de elementos y actividades que contribuyen a la huella de carbono durante la fase de construcción del edificio multifamiliar "Sevilla 107". Este edificio, ubicado en Cusco, cuenta con las siguientes características:

- Unidad de análisis: Edificio Multifamiliar "Sevilla 107"
- El Edificio Multifamiliar está conformado por 07 niveles y azotea; Cuenta con 06 estacionamientos, 14 departamentos de tres y un dormitorio y 03 Viviendas de uso colectivo.

- **Muestra:**

Dado que la población es finita y el objetivo es realizar una evaluación exhaustiva y precisa de la huella de carbono, la muestra será igual a la población. Esto significa que la muestra será el edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora Procasa S.A.C.

4.2 Metodología de implementación de la solución

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se utiliza extensamente en el sector de la construcción debido a su capacidad para ofrecer una evaluación integral del impacto ambiental. Este enfoque considera todas las etapas relevantes, desde la extracción y fabricación de materiales, pasando por la construcción y el mantenimiento, hasta la demolición y disposición final del edificio (Bawden & Williams, 2015). En la presente investigación, el ACV se aplicará específicamente para cuantificar la huella de carbono asociada a la fase de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107', ubicado en la ciudad de Cusco, Perú.

Reconociendo que cada edificación presenta características únicas y complejas, el ACV facilita la identificación de los flujos de entrada y salida de materiales y energía en cada etapa del ciclo de vida (Buyle, Braet, & Audenaert, 2013). La selección del tipo de ACV depende de la metodología de recolección de datos, pudiendo optar entre tres enfoques principales. El ACV de procesos, considerado el más detallado, requiere la recopilación de datos específicos sobre las entradas y salidas de cada proceso constructivo (Kucukvar et al., 2014). El ACV basado en el enfoque insumo-producto, por otro lado, utiliza matrices de datos estandarizadas que representan los insumos y productos de las industrias a nivel nacional (Carnegie Mellon University, 2016). Finalmente, el ACV híbrido combina elementos de ambos enfoques anteriores (Kucukvar et al., 2014). Para esta investigación, se ha seleccionado el ACV de procesos debido a su precisión y relevancia para el análisis detallado de la fase de construcción, cuya metodología se describirá a continuación.

4.2.1. ISO 14040:

El estándar fue elegido para proporcionar directrices para la realización de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), incluyendo la definición de objetivos, el alcance, la evaluación del impacto y la interpretación. OpenLCA es una herramienta de software gratuita que apoya los estudios de ACV al proporcionar una plataforma para construir y analizar

modelos de ciclo de vida. Permite a los usuarios definir objetivos, establecer el alcance, recopilar datos, realizar evaluaciones de impacto e interpretar resultados, todo de acuerdo con las directrices de la norma ISO 14040. Las características y funciones de OpenLCA están diseñadas para facilitar la aplicación de los principios de la norma ISO 14040, garantizando que los estudios de ACV se lleven a cabo de forma transparente, completa y estandarizada. (Green Delta, s.f.).

4.2.2. Definición de ACV:

La norma ISO 14040 define el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una metodología para evaluar los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todas las etapas de la vida de un producto o servicio. Conocido como un estudio "de la cuna a la tumba", el ACV abarca desde la adquisición de materias primas, pasando por la producción, uso y tratamiento, hasta el reciclaje y disposición final (ISO, 2006). En el contexto de esta norma, el término "producto" es amplio e incluye bienes y servicios, lo que permite la aplicación del ACV en diversos sectores, incluyendo la construcción de edificaciones (ISO, 2006).

Esta herramienta es fundamental para identificar, cuantificar, interpretar y evaluar los impactos ambientales de manera sistemática y estructurada (ISO, 2006). Estas características hacen del ACV una herramienta valiosa para la toma de decisiones en políticas públicas y privadas relacionadas con la gestión ambiental. Además, la norma establece requisitos para asegurar la comparabilidad de los estudios de ACV, garantizando así la validez y consistencia de los resultados (ISO, 2006).

En el año 2006, se publicaron las normas ISO 14040 e ISO 14044, las cuales establecen el marco metodológico para la realización de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Complementariamente, las normas ISO/TR 14047, ISO/TS 14048 y ISO/TR 14049 proporcionan guías adicionales para la aplicación del ACV.

La norma ISO 14040 ofrece una visión general de la metodología del ACV, definiendo sus principios, etapas, campos de aplicación y limitaciones. Además, establece una distinción entre los estudios de Análisis de Ciclo de Vida completos y los Análisis del Inventario del Ciclo de Vida, estos últimos similares a un ACV, pero sin incluir la etapa de Evaluación de Impacto (ISO, 2006). Por otro lado, la norma ISO 14044 especifica

los requisitos para que un estudio de ACV sea conforme a los parámetros establecidos por la ISO, así como los procedimientos detallados para la realización de cada etapa del ACV (ISO, 2006).

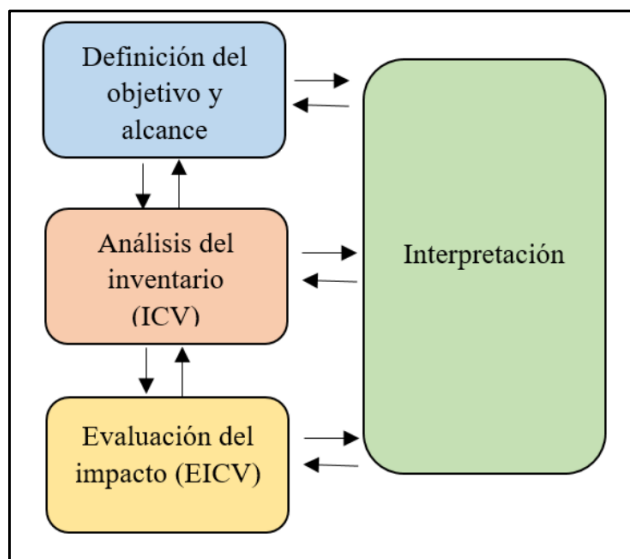
Es importante señalar que, si bien estas normas proporcionan un marco sólido, no detallan metodologías específicas para cada etapa del ACV. Por lo tanto, los resultados de la aplicación del ACV pueden variar en función de las características y decisiones metodológicas adoptadas en cada estudio particular.

4.2.3. Etapas del ACV:

Desde la primera versión de la norma ISO publicada en 1997, las etapas fundamentales del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) han permanecido consistentes, estructurando en: definición del objetivo y alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto e interpretación (ISO, 2006).

Tal como se ilustra en el esquema propuesto por la ISO, la etapa de interpretación se integra transversalmente a lo largo de todo el proceso del ACV, interactuando con cada una de las fases anteriores. Esto se debe a que la formulación de conclusiones robustas en un estudio de ACV requiere una revisión exhaustiva de todas las etapas previas, asegurando que se hayan cumplido los objetivos establecidos (ISO, 2006).

Figure 10: Etapas del ACV



Fuente: ISO 14040:2006

a) Definición del objetivo y alcance

La etapa de definición del objetivo y alcance es crucial en un estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), ya que los resultados finales dependen de la claridad y precisión con que se establezcan sus elementos. El objetivo del estudio debe reflejar el propósito de la investigación, alineándose con los requerimientos específicos del análisis. Por otro lado, el alcance define los límites del sistema a estudiar, determinando el tipo y la cantidad de datos que se recopilaron. Esta definición delimita la profundidad y amplitud del estudio, asegurando que se cumplan los objetivos establecidos (ISO, 2006). Para describir adecuadamente el alcance del estudio, la norma ISO 14040 recomienda definir los siguientes aspectos clave:

- Descripción del sistema en estudio
- Unidad funcional
- Límites del sistema
- Metodología de impacto ambiental
- Requerimientos de información
- Limitaciones encontradas
- Suposiciones hechas

a.1) Unidad funcional

La unidad funcional es un elemento crucial en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), ya que proporciona un punto de referencia para cuantificar las entradas y salidas del sistema estudiado en relación con su función principal (Klöpffer & Curran, 2014). La elección de la unidad funcional es fundamental, pues define los límites del sistema y determina qué elementos se incluirán en el análisis. Además, la comparabilidad entre diferentes estudios de ACV depende de la uniformidad en la unidad funcional empleada (ISO, 2006).

En el caso de edificios, la definición precisa de la unidad funcional adquiere especial relevancia debido a la diversidad de funciones que pueden desempeñar. La falta de claridad en este aspecto puede llevar a la exclusión de procesos importantes en los estudios (Bawden & Williams, 2015). En el sector residencial, por ejemplo, la unidad funcional podría expresarse en términos de

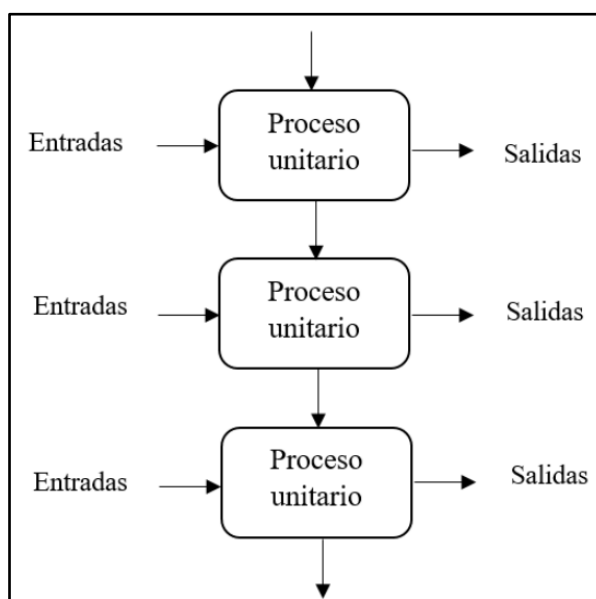
'unidad de vivienda' o 'metros cuadrados de vivienda construida', ya que la función primordial es proveer espacios habitables. En ambos casos, es esencial especificar el período de tiempo considerado en el análisis. Por ejemplo, se podría indicar el 'consumo de energía primaria por metro cuadrado de vivienda construida durante un año'.

a.2) Límites del sistema

Los límites del sistema son las restricciones que definen el alcance del análisis, determinando qué procesos unitarios se incluirán en el estudio. Los procesos unitarios son los componentes que, en su conjunto, conforman el sistema analizado, y están interconectados mediante flujos de materiales y energía, como se ilustra en la Figura 11. Cada proceso unitario se caracteriza por sus propias entradas y salidas, y representa la unidad de información más detallada disponible (Klöpffer & Curran, 2014).

La subdivisión del sistema en procesos unitarios facilita la identificación y recopilación de la información necesaria para el análisis (ISO, 2006). Al establecer límites claros, se asegura que el estudio se centre en los aspectos más relevantes para la evaluación de la huella de carbono del edificio 'Sevilla 107' en Cusco.

Figure 11: Conjunto de procesos unitarios

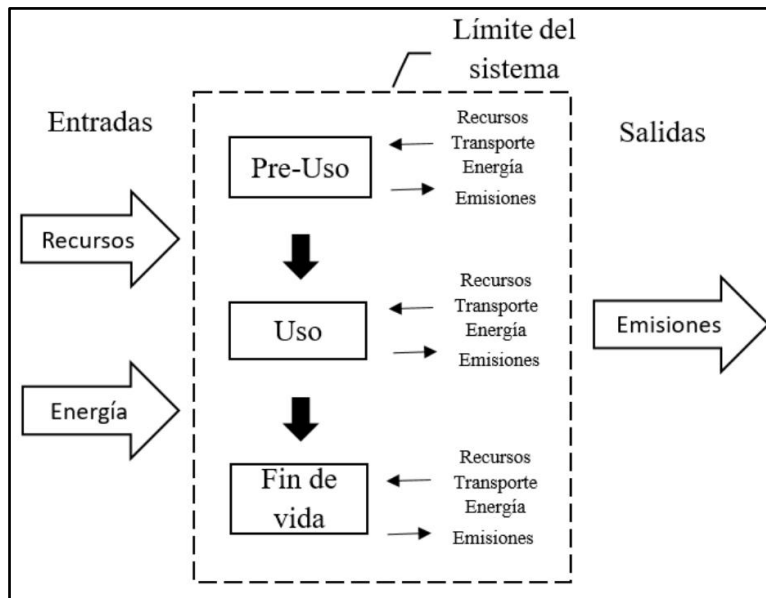


Fuente: ISO 14040:2006

La definición de límites en un estudio de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es esencial para manejar la complejidad inherente al análisis de un ciclo de vida completo. Al abarcar todas las etapas, se podrían incluir numerosas entradas y salidas, lo que haría el estudio inviable (Ver Figura 12). Por lo tanto, los límites del sistema actúan como filtros que permiten enfocar el análisis en los aspectos más relevantes.

Diversos factores influyen en la determinación de estos límites, entre los que destacan el objetivo del estudio, la disponibilidad de datos, los recursos destinados a la investigación y las características intrínsecas del sistema analizado (ISO, 2006).

Figure 12: Ejemplo del sistema de un producto



Fuente: ISO 14040:2006

b) Análisis del inventario

La etapa de análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) se enfoca en la recolección de datos sobre las entradas y salidas de materiales y energía para cada fase del ciclo de vida del producto o servicio bajo estudio. Este proceso es inherentemente iterativo, ya que la identificación de limitaciones o nuevos requerimientos puede llevar a ajustes en la metodología de recopilación de datos. Además, la interpretación continua de la información recolectada es esencial

para asegurar su alineación con los objetivos y el alcance del estudio (ISO, 2006).

La información utilizada en esta etapa puede ser de dos tipos: primaria, obtenida directamente de productores o fabricantes, y secundaria, proveniente de bases de datos especializadas (Klöppfer & Curran, 2014). El uso de software de ACV se vuelve crucial para manejar la complejidad del análisis de datos, permitiendo la creación de inventarios detallados. Estas herramientas suelen contener bases de datos con información sobre los flujos de materiales y energía asociados a diversos productos y procesos industriales (AIA, 2010). Sin embargo, es fundamental evaluar cuidadosamente la relevancia y representatividad de los datos de las bases de datos, seleccionando aquellos que mejor se ajusten al contexto específico del estudio.

En la presente investigación, se utilizará el software OpenLCA para llevar a cabo el análisis del ICV. OpenLCA, conocido por su accesibilidad y flexibilidad, facilitará la modelización de los procesos constructivos y la gestión de los datos de inventario. Su capacidad para comparar y analizar sistemas complejos a través de la descomposición de procesos y materiales lo convierte en una herramienta adecuada para evaluar la huella de carbono del edificio 'Sevilla 107' en Cusco. Aunque existen otras herramientas como SimaPro, OpenLCA se eligió para esta investigación por su carácter de Open Source y su constante actualización de bases de datos.

La base de datos Ecoinvent es una fuente de información ampliamente reconocida en el ámbito del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Contiene extensos inventarios que abarcan diversas áreas, incluyendo materiales y maquinaria utilizados en la industria de la construcción (Ecoinvent, 2018).

Para estructurar los datos del inventario del ciclo de vida, Ecoinvent ofrece diferentes versiones de su base de datos. Estas versiones se generan a partir de la combinación de modelos de sistema (APOS, Cut-off y Consequential) y tipos de procesos (unitario o de sistema), resultando en seis configuraciones posibles (Ecoinvent, 2018). El modelo de sistema define cómo se relacionan los procesos unitarios para la producción de un bien o servicio.

El modelo APOS (Allocation at the point of substitution) sigue un enfoque atribucional, asignando cargas ambientales y recursos a los procesos, y analizando las interrelaciones dentro del sistema (Bikker et al., 2018). El modelo Cut-off también adopta el enfoque atribucional, pero excluye la carga ambiental de la fabricación original para los materiales recuperados a través del reciclaje (Ecoinvent, 2018).

c) Evaluación del impacto

En la etapa de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), los datos del inventario se transforman en indicadores de impacto ambiental, reflejando el potencial de contribución a diversas categorías de impacto. Para ello, se utilizan metodologías que agrupan categorías de impacto y sus respectivos indicadores, cuya selección se alinea con los objetivos del estudio (ISO, 2006).

Un indicador ambiental representa cuantitativamente una categoría de impacto. Por ejemplo, para evaluar el impacto del calentamiento global, se consideran las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como CO₂, CH₄, entre otros. El indicador comúnmente utilizado es el kilogramo de CO₂ equivalente (kg CO₂ eq), que requiere la conversión de las emisiones de otros GEI a su equivalente en CO₂ (Reiter, 2010).

La validez y comparabilidad de los resultados dependen del uso de categorías de impacto e indicadores ambientales reconocidos internacionalmente (ISO, 2006).

c.1) Subetapas

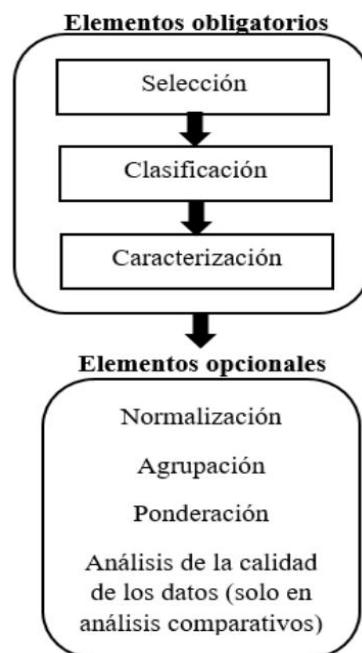
La norma ISO 14044 (2006) establece elementos esenciales y opcionales para la realización de la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) (Ver Figura 13). La evaluación de la calidad de los datos se convierte en un requisito obligatorio únicamente en estudios comparativos.

El proceso de EICV se desglosa en los siguientes pasos:

- Selección: Implica la determinación de las categorías de impacto, los indicadores ambientales y el modelo de caracterización, basándose en los objetivos y el alcance definidos previamente en el estudio.

- **Clasificación:** Consiste en la asignación de los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) a las categorías de impacto seleccionadas, organizándose según su contribución a los problemas ambientales relevantes.
- **Caracterización:** Comprende el cálculo de los valores de cada indicador ambiental. Cada sustancia o emisión se multiplica por un factor de caracterización, que refleja su importancia relativa dentro de la categoría de impacto correspondiente.

Figure 13: Elementos obligatorios y opcionales de la etapa de evaluación de impactos



Fuente: ISO 14044:2006

c.2) Metodologías de impacto

Las metodologías para la evaluación de impactos ambientales en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se pueden clasificar en dos niveles de análisis: punto medio y punto final (AIA, 2010). Las metodologías de punto medio evalúan los impactos ambientales en etapas intermedias, como la contribución de las emisiones de CO₂ al potencial de calentamiento global. En contraste, las metodologías de punto final evalúan los impactos ambientales en sus efectos finales, como la pérdida de hábitats debido al calentamiento global.

En el contexto de esta investigación, el software OpenLCA proporcionará acceso a una variedad de metodologías de punto medio, permitiendo la selección de la más adecuada para la evaluación de la huella de carbono del proyecto 'Sevilla 107'. La elección final se basará en la relevancia de las categorías de impacto para el sector de la construcción en Cusco y la disponibilidad de datos de caracterización adecuados. La elección de la metodología se basa en su relevancia para el análisis de edificaciones residenciales en el contexto peruano, tomando como referencia estudios previos (Cáceres, 2016).

4.3 Metodología para la medición de resultados de la simulación

4.3.1. Recopilación de datos

Se realizará la recopilación de información de la empresa constructora PROCASA S.A.C., específicamente la información sobre el edificio multifamiliar “Sevilla 107” relacionada a los materiales y construcción con entrevistas a trabajadores y un análisis documental de los proyectos residenciales entregados. Así mismo, se realizará una recopilación de información acerca de los materiales que no se encuentran en la base de datos de la herramienta. La selección de OpenLCA se basó en su accesibilidad gratuita, diseño intuitivo y facilidad de uso, junto con su capacidad para interactuar con diversas bases de datos reconocidas, como Ecoinvent V3, GaBi Data base y USDA, entre otras. Al igual que la mayoría de las plataformas de software en este campo, OpenLCA emplea la metodología de agregación de procesos y facilita la modelización de ciclos de vida para una amplia gama de productos o actividades, utilizando dos enfoques diferenciados: el análisis de procesos individuales y el análisis de sistemas de procesos. Ambos enfoques convergen en resultados equivalentes; no obstante, el primero establece conexiones entre cada etapa del proceso, lo que mejora la interpretación final de los datos. En contraste, el segundo modelo incorpora todos los insumos desde el inicio, lo que puede dificultar la identificación de la etapa o proceso más significativo en el análisis. (Gómez, 2018).

4.3.2. Utilización de software para el desarrollo de ACV

OpenLCA 1.7.0 es el software utilizado para el desarrollo de esta aplicación, ha sido desarrollado desde el 2006 por GreenDelta, compañía alemana con más de 20 años de antigüedad dedicada al desarrollo de software, base de datos, métodos y consultoría en

sostenibilidad (Noi, Ciroth, & Srocka, 2017). Fue elegido por ser de uso libre, intuitivo y amigable con el usuario. Además, es posible trabajar con varias bases de datos importantes como Ecoinvent V3, GaBi Database, USDA entre otras. Como la mayoría de los softwares en el mercado, OpenLCA utiliza el enfoque de suma de procesos (Process sum). Este programa permite modelar ciclos de vida para casi cualquier producto o actividad de dos maneras distintas, por procesos unitarios y por procesos de sistema.

Ambos modelos tendrán los mismos resultados, pero en el primero se crean relaciones entre cada proceso que favorece el entendimiento final de los resultados obtenidos, mientras que en el proceso de sistema todos los inputs se consideran desde el comienzo y no se sabe con exactitud qué etapa o proceso es más relevante en el análisis. En esta investigación se utilizó el método de procesos unitarios para las actividades creadas, pero cabe mencionar que los flujos de actividades precedentes como la producción de cemento son obtenidos de procesos de sistema realizados en investigaciones anteriores.

La plataforma OpenLCA ofrece la flexibilidad de emplear diversas metodologías para la caracterización de los impactos ambientales. Para el presente estudio, se optó por la aplicación del método de evaluación IPCC 2021 GWP 100a. Esta elección se fundamenta en su capacidad para cuantificar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), expresándose en kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂-eq).

Los cálculos necesarios para obtener los impactos ambientales son realizados por el software OpenLCA con el ingreso de las cantidades de materiales. Los parámetros de evaluación ambiental y la información de los impactos ambientales son extraídos de la base de datos bioenergie dat 15 y ELCD 3.2.

La huella de carbono se mide en kg de CO₂ equivalentes por unidad de análisis. Los costos asociados a la implementación de estrategias de mitigación se colocarán dentro en un presupuesto. De acuerdo con los resultados de las tres primeras etapas del análisis de ciclo de vida y caracterización de impactos ambientales se realizará una revisión bibliográfica acerca de las estrategias de mitigación de los impactos identificados los cuales serán propuestos por este trabajo de investigación.

4.4 Cronograma de actividades y presupuesto

El diseño de un cronograma se revela como una herramienta esencial para la organización temporal de las diversas actividades que convergen en el proceso de investigación. A continuación, se detallan algunos beneficios clave derivados de la elaboración meticulosa de un cronograma, los cuales se erigen como pilares fundamentales para asegurar el éxito del proyecto:

- **Establecimiento de plazos precisos:** El cronograma permite delimitar con exactitud los plazos de ejecución de cada fase y tarea del proyecto, lo que facilita la planificación y el seguimiento continuo de las actividades a lo largo del tiempo. Esta claridad en los plazos minimiza la posibilidad de retrasos y garantiza el cumplimiento de los objetivos establecidos.
- **Facilitación de la consecución de objetivos:** Al estructurar el proyecto en etapas y asignar plazos específicos para cada una, el cronograma proporciona una hoja de ruta clara para avanzar de manera progresiva hacia la consecución de los objetivos propuestos. Esta división del trabajo en unidades manejables fomenta la eficiencia y mantiene el enfoque en las metas establecidas.
- **Herramienta efectiva de comunicación:** El cronograma se consolida como una herramienta de comunicación eficaz tanto para el investigador como para otros miembros del equipo, permitiendo compartir de manera clara y concisa la planificación y el progreso del proyecto. Esta transparencia en la información fomenta la colaboración y facilita la coordinación entre los diferentes actores involucrados.

Es importante destacar que la planificación de esta tesis se inició en el mes de enero del año 2025. Por lo tanto, el cronograma que se presenta a continuación abarca desde el mes de enero hasta marzo de 2025, incluyendo tanto la fase de planificación como la posible ejecución de las actividades previstas en dicho periodo.

Tabla 4: Cronograma de actividades propuestas

Actividades	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capítulo I: Planteamiento del problema										
1.1 Descripción de la realidad problemática	■									
1.2 Formulación del problema	■									
1.3 Objetivos de la investigación	■	■								
1.4 Hipótesis	■	■								
1.5 Justificación de la investigación		■								
1.6 Delimitación del estudio		■								
Capítulo II: Marco teórico										
2.1 Antecedentes de la investigación		■	■	■						
2.2 Bases teóricas consultadas		■	■	■						
2.3 Marco conceptual		■	■	■						
Capítulo III: Metodología de la investigación										
3.1 Diseño de la investigación				■	■	■				
3.2 Población y Muestra				■	■	■				
3.3 Técnicas de recolección de datos				■	■	■				
Capítulo IV: Desarrollo del proyecto										
4.1 Propuesta de solución							■	■	■	
4.2 Desarrollo de solución							■	■	■	
Capítulo V										
5. Resultados, conclusiones y recomendaciones									■	■

Fuente: Elaboración propia

Además del cronograma, el presupuesto se erige como otro pilar fundamental en la elaboración de una tesis. Este documento representa la estimación financiera detallada necesaria para cubrir los diversos costos asociados con la realización del proyecto. A continuación, se presenta el presupuesto desglosado que abarca los gastos previstos durante el desarrollo de la tesis.

Es crucial tener en cuenta que el presupuesto proporciona una guía financiera esencial para garantizar que los recursos necesarios estén disponibles en cada etapa del proyecto. Una planificación presupuestaria adecuada evita sorpresas y asegura la viabilidad económica de la investigación.

Algunos de los elementos clave incluidos en el presupuesto son los siguientes:

- Costos de investigación: Esta categoría comprende los gastos relacionados con la adquisición de materiales, equipos y herramientas indispensables para llevar

a cabo la investigación de manera efectiva. Esto puede incluir la compra de libros, software especializado, acceso a bases de datos, suscripciones a revistas científicas, material de laboratorio, entre otros recursos necesarios.

- **Gastos operativos:** Estos son los costos asociados con el funcionamiento diario del proyecto, como la impresión de documentos, los costos de envío, las tarifas de acceso a Internet, el alquiler de equipos, el material de oficina, entre otros. También pueden incluir gastos de transporte y comunicación necesarios para llevar a cabo entrevistas o recopilar datos en el campo.
- **Honorarios profesionales:** En algunos casos, puede ser necesario contratar servicios profesionales externos, como consultores o expertos en un área específica, para apoyar ciertas etapas del proyecto. Estos honorarios deben incluirse en el presupuesto total del proyecto, detallando el tipo de servicio, la duración y el costo.
- **Otros gastos:** Esta categoría engloba cualquier otro gasto que pueda surgir durante el desarrollo de la tesis, como los costos de publicación de artículos, la participación en conferencias o seminarios, la traducción de documentos, y cualquier otro gasto imprevisto que pueda presentarse durante el proyecto. Es importante incluir una partida para gastos imprevistos para cubrir posibles contingencias.

El presupuesto que se presenta a continuación se ha elaborado con el objetivo primordial de garantizar una gestión financiera efectiva y transparente durante todo el proceso de investigación. Se ha buscado la mayor precisión posible en la estimación de los costos y se ha considerado todos los aspectos relevantes para asegurar la viabilidad económica del proyecto.

Tabla 5: Presupuesto del proyecto de investigación

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Recursos materiales	unidad	20	-	S/ 50.00
Gastos de transporte	unidad	10	S/ 15.00	S/ 150.00
Consultorías	unidad	1	S/ 5000.00	S/ 5000.00
Capacitaciones al personal	unidad	3	S/ 500.00	S/ 1500.00
Monitoreos ambientales	unidad	2	S/ 400.00	S/ 800.00
Internet	mes	10	S/ 20.00	S/ 180.00
Electricidad	mes	9	S/ 20.00	S/ 180.00
Impresiones	unidad	30	S/ 0.30	S/ 9.00
Viáticos de alimentación	unidad	10	S/ 10.00	S/ 100.00
Asesoramiento externo	unidad	1	S/ 2000.00	S/ 2000.00
Imprevistos	unidad	1	S/ 500.00	S/ 500.00
TOTAL				S/ 10419.00

Fuente: Elaboración propia

Capítulo V: Desarrollo de la Solución

Como se mencionó anteriormente, en la metodología. Se seguirán las tres fases para analizar el ciclo de vida, y una final para la recomendación de medidas de mitigación.

En el presente estudio, se ha empleado la norma ISO 14040 como marco metodológico principal para la evaluación del impacto ambiental del proyecto 'Sevilla 107'. La elección de esta norma radica en su capacidad para proporcionar una estructura sistemática y estandarizada que permite un análisis exhaustivo del ciclo de vida de productos o procesos.

La ISO 14040 se destaca por su enfoque holístico, que abarca desde la extracción de materias primas hasta la disposición final, permitiendo la identificación y cuantificación de los impactos ambientales en cada etapa. Esta metodología es esencial para evaluar la huella de carbono, ya que considera todas las entradas y salidas de materiales y energía, así como las emisiones asociadas.

Además, la ISO 14040 proporciona un marco para la interpretación de los resultados, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y la formulación de recomendaciones para la mitigación de impactos. Su aplicabilidad a una amplia gama de productos y procesos, junto con su reconocimiento internacional, la convierten en una herramienta valiosa para la evaluación de la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Si bien existen otros estándares y metodologías relevantes, como la ISO 14001, la Huella Ambiental de Producto (HAP), LEED y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), la ISO 14040 se ha seleccionado por su enfoque específico en el análisis del ciclo de vida. La integración de otros estándares y metodologías complementarias en futuros estudios podría enriquecer aún más la evaluación de la sostenibilidad del proyecto 'Sevilla 107'.

Para la fase 1 de Alcances y objetivos:

Se considerarán los objetivos establecidos en el planteamiento del problema. Dichos objetivos buscan caracterizar el impacto de los materiales y consumo de combustible usados en la construcción del edificio, usando como indicador la huella de carbono.

Con este fin, se recopiló información relacionada del proyecto en construcción “Sevilla 107”. Dado el estado de la documentación, se estableció una limitación para el trabajo, ya que solo se cuenta con documentación hasta mayo de 2024, cuando el proyecto se encontraba en la etapa de Muros previos a las Instalaciones y Revestimiento.

Para la fase 2 de análisis del inventario del ciclo de vida (ICV):

Se procederá a elaborar el inventario del ciclo de vida. Se identificarán las entradas y salidas de los procesos de manera sistemática.

Para la fase 3 de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV):

Se realizará una evaluación del impacto, usando como herramienta el software OpenLCA con el parámetro IPCC 2021 GPT 50. Debido a que es una métrica utilizada para evaluar el impacto de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global a lo largo de un periodo de 50 años, equivalente al tiempo de vida útil de un edificio.

Finalmente, dado que la industria de la construcción tiene un efecto significativo en el medio ambiente, es fundamental realizar evaluaciones ambientales durante el proceso de construcción. Esto permite identificar los posibles impactos negativos y tomar medidas para mitigar su efecto, planteando un modelo de gestión ambiental efectivo.

5.1 Propuesta de solución

5.1.1 Aplicación del análisis del ciclo de vida según la ISO 14040

5.1.1.1 Alcance

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la huella de carbono durante la fase de construcción del edificio multifamiliar 'Sevilla 107' en Cusco, Perú. Con un enfoque holístico que abarca las etapas preliminares, cimentación, estructura, y muros, este estudio busca obtener una visión de las etapas de la construcción del sistema estructural del impacto ambiental asociado a la construcción de esta edificación.

Siguiendo las directrices de la norma ISO 14040 (2006), se han definido tres etapas principales dentro del ciclo de vida:

- ❖ **Pre-Uso:** Esta etapa incluye la extracción y fabricación de los materiales de construcción, así como el transporte de estos al sitio de construcción.

- ❖ **Construcción:** Abarca todas las actividades de construcción en el sitio, incluyendo el uso de maquinaria, el consumo de energía y la generación de residuos.
- ❖ **Post-construcción:** Esta etapa incluye la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), su transporte y su disposición final.

Es importante destacar que este estudio se enfoca específicamente en la fase de construcción, excluyendo las actividades de demolición previas, ya que estas pertenecen al ciclo de vida de edificaciones anteriores. Así mismo se descartan las fases de gestión de los residuos de la construcción, su transporte y disposición final.

Figure 14: Sistema-proceso y actividad



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.2 Funciones

El análisis sistemático en openLCA implica el cálculo y análisis de resultados después de modelar tus procesos y crear un modelo de ciclo de vida (sistema de producto). Una limitación del análisis sistemático es la complejidad en no poder representar el cálculo de manera unitaria, usando una unidad funcional. La cual está definida por su tipo de uso y estructura.

Tabla 6: Información de Proyecto

Área Lote	1207
Área Construida	1125 metros cuadrados
Número de pisos	7

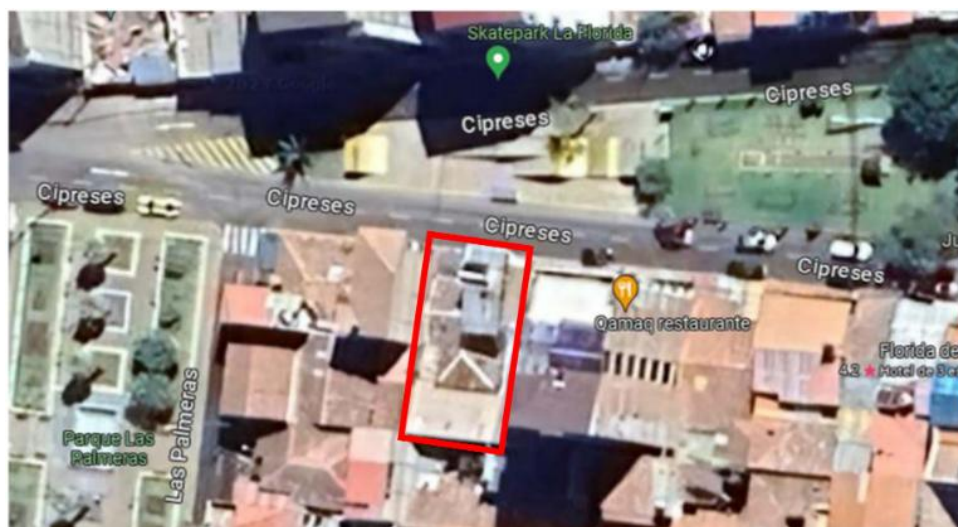
Viviendas	18
Uso	Vivienda
Ubicación	Wanchaq-Cusco

Fuente: Elaboración Propia

El análisis se enfoca en el edificio multifamiliar 'Sevilla 107', un proyecto residencial situado en la Urb. La Florida, Av. Los Cipreses M-16, distrito de Wánchaq, en la ciudad de Cusco (Ver Figura 14). Este edificio, promovido por la empresa constructora PROCASA S.A.C., ha sido diseñado para albergar diversas unidades de vivienda, ofreciendo una variedad de tipologías para satisfacer las necesidades de diferentes residentes.

'Sevilla 107' cuenta con 7 niveles, incluyendo una azotea, y dispone de espacios funcionales como estacionamientos en la primera planta, áreas comunes en la segunda planta. La distribución interna comprende 18 departamentos, con opciones que van desde Tiny Flats de 29 m² hasta Flats de 79m², con configuraciones de 1, 2 o 3 habitaciones. El periodo de construcción de 'Sevilla 107' abarcó desde mayo de 2024 hasta enero de 2025. Actualmente, el edificio se encuentra en la fase de uso, cumpliendo su función residencial. La unidad de análisis para la investigación será de un metro cuadrado.

Figure 15: Plano de ubicación del edificio multifamiliar “Sevilla 107”

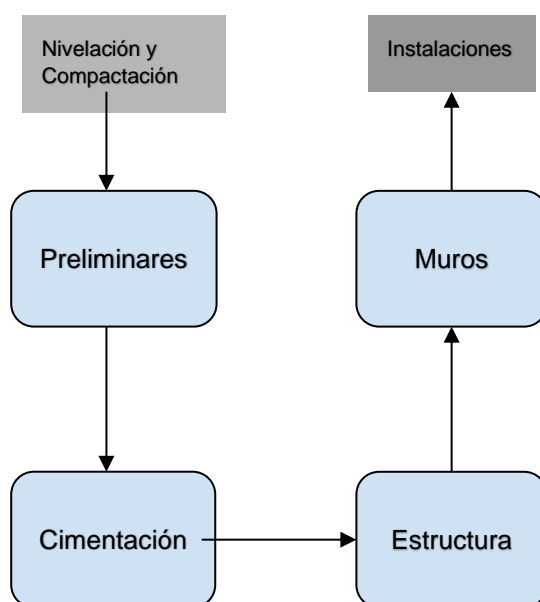


Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3 Límites del sistema

Los límites del sistema son el final de la actividad de nivelación y compactación del terreno y el inicio de las actividades de instalaciones. De la siguiente manera. Dichas actividades son parte de la elaboración del sistema estructural de la construcción del edificio. En estas etapas se utilizan materiales como el cemento y el hormigón conocidos por su uso intensivo de energía y recursos, en su manufactura y uso en la etapa de construcción del sistema estructural abarcado en el siguiente estudio.

Figure 16: Límites del Sistema



Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.4 Categorías de impacto

Para el desarrollo del análisis del ciclo de vida se consideran 7 indicadores de impacto ambiental. Sin embargo, este estudio considera emisiones de CO₂ ya sean emisiones directas por producto la combustión de las maquinarias y consumo de combustible, o indirectamente asociadas a las actividades de producción de los materiales usados en la construcción.

5.1.1.5 Metodología para la evaluación

En el siguiente estudio se utilizó un parámetro para la simulación de escenarios. El parámetro usado fue IPCC 2021 GPT 2021, mencionado anteriormente, es parte del set de herramientas de IPCC 2021 AR6.

El AR6 es el informe más reciente del IPCC, publicado en fases entre 2021 y 2023. Este informe evalúa el estado actual del conocimiento sobre el cambio climático, sus impactos, riesgos futuros y las opciones para mitigarlo y adaptarse a él. Por lo tanto, este parámetro nos ayuda a relacionar los impactos del cambio climático con los impactos de la construcción. (IPCC, 2023).

Comparación de Escenarios: La metodología de evaluación de comparación de escenarios es un enfoque sistemático utilizado para analizar y comparar diferentes escenarios futuros en relación con un tema específico, como el cambio climático, la energía, la economía o el uso del suelo. Esta metodología es ampliamente utilizada en estudios científicos, especialmente en informes como los del IPCC, para evaluar las implicaciones de diferentes trayectorias socioeconómicas, políticas o tecnológicas. (IPCC, 2021).

Pasos clave en la metodología de comparación de escenarios, según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2021):

- **Definición de objetivos:** Establecer el propósito de la comparación, como evaluar impactos climáticos, opciones de mitigación o estrategias de adaptación. Para el siguiente trabajo, están relacionados a los objetivos específicos.
- **Desarrollo de escenarios:** Crear escenarios basados en diferentes supuestos. En el caso del siguiente estudio se propone el desarrollo de escenarios con materiales de distintas cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero. Se puede observar en el punto 5.2.2 acerca de la Simulación de la Solución (pg. 105).
- **Modelización:** Utilizar modelos climáticos, económicos o integrados para proyectar los resultados de cada escenario. Se puede observar en el punto 5.1.2 acerca del Desarrollo de actividades (pg. 92).
- **Análisis comparativo:** Evaluar los resultados de los escenarios en términos de indicadores clave. En el caso del siguiente estudio se utilizaron kilogramos de CO₂ equivalentes. Se puede observar en el

punto 5.2.1 acerca del Análisis de Indicadores cuantitativos y cualitativos (pg. 107).

- Interpretación y conclusiones: Extraer insights sobre los riesgos, oportunidades y trade-offs asociados con cada escenario. En el caso del siguiente estudio, se realizó un análisis de los impactos ambientales de manera integral para proponer actividades de mitigación incluyendo la propuesta ganadora del análisis comparativo. Se puede encontrar bajo el subtítulo “Desarrollo de la propuesta de estrategias de mitigación ambiental” (pg. 93). Así mismo, se realizó el análisis de riesgos de las actividades propuestas, se puede encontrar en la Figura de Identificación de Riesgos (pg. 100). Finalmente, las conclusiones son expuestas en el último capítulo del trabajo.

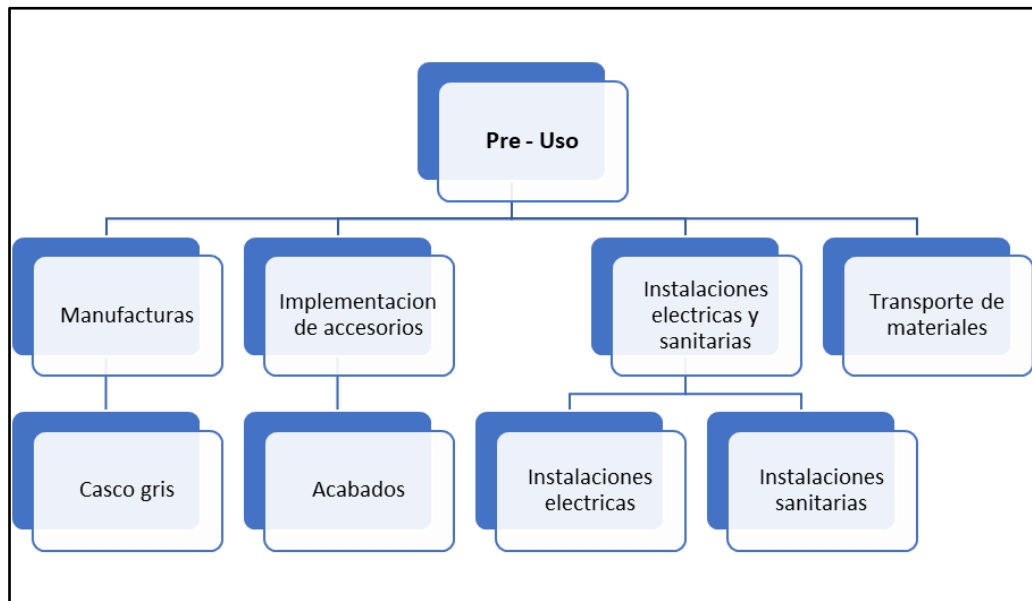
5.1.1.6 Inventario

En la evaluación de la huella de carbono del edificio 'Sevilla 107', se ha realizado un análisis detallado de los materiales y procesos involucrados en la etapa de construcción del ciclo de vida. Para obtener datos precisos y representativos, se han utilizado diversas fuentes de información, incluyendo:

- Metrados de obra: Para cuantificar la cantidad de materiales utilizados en la construcción.
- Fichas técnicas: Para obtener información sobre las características y la composición de los materiales.
- Consultas a expertos: Se ha consultado con los constructores y con la empresa PROCASA S.A.C. para obtener información sobre los procesos constructivos y la gestión de residuos.

Este enfoque exhaustivo en la recopilación de datos y la selección de procesos asegura una evaluación completa y precisa de la huella de carbono del edificio 'Sevilla 107', lo que permitirá identificar estrategias de mitigación efectivas.

Figure 17: Procesos distribuidos para todas las etapas del análisis de ciclo de vida.



Fuente: Elaboración propia

Este análisis se centra exclusivamente en la fase de pre-uso de la construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107”, la cual abarca las siguientes categorías principales: fabricación de elementos estructurales ("Casco Gris"), instalación de acabados y accesorios, implementación de sistemas eléctricos y sanitarios, y transporte de materiales. El proyecto tuvo una duración aproximada de 10 meses de trabajo efectivo.

La etapa de "Casco Gris" comprendió la producción de la estructura principal del edificio multifamiliar “Sevilla 107”. Todos los materiales fueron adquiridos por el responsable de las valorizaciones de la obra. Por lo tanto, no se requirió un proceso de prefabricación o ensamblaje complejo para los elementos estructurales, que incluyeron columnas, vigas, losas aligeradas, zapatas de cimentación y muros divisorios. Se elaboró una lista exhaustiva de todos los materiales utilizados en esta fase.

La mezcla de concreto se preparó directamente en el sitio de construcción. Cabe destacar que los materiales no se obtuvieron en su totalidad de la región de Cusco. El agregado grueso y el acero fueron transportados desde la ciudad de Arequipa, conocida por sus canteras y disponibilidad de materiales de construcción.

La lista de materiales incluyó acero de refuerzo corrugado de diversos diámetros (5/8", 1/2", 3/8", 1/4" y 8 mm). Para el modelado en el programa de análisis, se sumaron los pesos totales de cada tipo de acero, previa multiplicación de la cantidad de varillas por su peso lineal (kg/m), utilizando las especificaciones técnicas del proveedor "Aceros Arequipa". El cemento empleado fue Portland tipo I, seleccionado por su rápido fraguado inicial, lo que facilitó el desencofrado temprano.

Para la construcción de las losas aligeradas, se utilizaron ladrillos de 30 x 30 x 15 cm, combinados con acero, cemento y agua. A pesar de la baja sismicidad de la zona (zona 1 del mapa telúrico del Perú), se incorporaron planchas de poliestireno expandido (Tecnopor) como juntas sísmicas en la etapa de "Casco Gris", con el fin de mitigar posibles daños por movimientos telúricos. Finalmente, se utilizaron adoquines de concreto de baja resistencia para la pavimentación de los senderos en las áreas de recreación del centro educativo.

Para la Instalación de Acabados y Accesorios incluyó la instalación de cerámicos, porcelanatos, cerrajería, sanitarios (inodoros, lavamanos, urinarios), pintura y vidrio templado. Los cerámicos se modelaron en el inventario como un solo tipo de "baldosas de cerámica", debido a su proceso de fabricación similar. Los equipos sanitarios se modelaron utilizando los pesos especificados en sus fichas técnicas. Los vidrios templados se modelaron de manera similar, variando el peso en función del volumen de cada pieza. Las puertas se clasificaron y modelaron como madera o metal, según sus especificaciones, y las áreas para el análisis se obtuvieron de los planos arquitectónicos. La cerrajería de las puertas se modeló como metal de baja aleación laminado en caliente. Las pinturas para los acabados se procesaron según el peso de los galones, considerando sus especificaciones técnicas similares.

Para las instalaciones eléctricas, se consideró el tipo de aleación de los conductores. El peso se modeló utilizando las especificaciones técnicas del proveedor (kg/m). En el caso de las tuberías sanitarias, se obtuvo el peso por metro lineal. Las longitudes y diámetros de las tuberías se obtuvieron de los planos y especificaciones del proyecto. Para simplificar el inventario, se sumaron los pesos totales de cada tipo de tubería. Debido a un corte en el

suministro eléctrico público, se incluyó en esta categoría la instalación y el uso de un grupo electrógeno y un tablero eléctrico provisional. Se registró el tiempo de uso de estos equipos para calcular su consumo energético e impacto ambiental.

En el caso de transporte de materiales se modelaron los tipos de camiones utilizados según su capacidad de carga. Se determinaron las distancias de transporte de los materiales, incluyendo agregados finos y gruesos, y termopaneles. Debido a la naturaleza arcillosa del suelo en la zona, el agregado grueso se transportó desde canteras del Cusco.

En los anexos se presenta el inventario completo de los materiales empleados en la construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107”. Para el modelado de estos materiales, se utilizó la base de datos de procesos de Ecoinvent como referencia. Se realizaron ajustes y adaptaciones a los datos, en la medida de lo posible, para reflejar las condiciones específicas del país o región de origen de los materiales.

Uno de los materiales más relevantes en el inventario fue el cemento Portland tipo I. Este material fue objeto de una adaptación particularmente cuidadosa para alinearlo con las prácticas y especificaciones del contexto peruano. Debido a la considerable cantidad de cemento utilizada en la construcción, se espera que esta adaptación conduzca a una mayor precisión en el cálculo del impacto ambiental.

5.1.1.7 Resultados Obtenidos

Teniendo en cuenta la interpretación de impacto negativos obtenida según el parámetro usado IPCC 2021 GPT 2021, como parte del set de herramientas de IPCC 2021 AR6.

Como resultado se tiene un informe tipo gráfica de barras dinámico que muestra según las entradas, procesos, salidas, residuos y transporte para cada uno de los puntos en cada actividad, de esta manera se puede identificar el nivel de impacto ya sea alto, medio o bajo según el caso.

5.1.1.8 Afectaciones en cada proceso

Las actividades descritas para el ejemplo práctico utilizado para este trabajo en donde tenemos siete actividades principales las cuales son el resultado de un proceso constructivo generando unas afectaciones de los recursos.

En la tabla a continuación se muestran esas posibles afectaciones que se tendría en los recursos.

Tabla 7: Afectación por actividades

Actividad	Sub-Actividad	Afectación
Preliminares	Replanteo Descapote manual Descapote mecánica Excavación manual Excavación mecánica Entibados	Recurso agua, atmósfera y suelo
Cimentación	Muro ciclópeo Viga Corrida Zapata aislada Zapata Corrida Micropilote Pilote Placa maciza Placa flotante Pilote en acero Pilote en madera Caisson	Recurso suelo, afectación fauna y flora, recurso agua
Estructura	Columna Vigas Pantalla Muro Muro de carga Placa contrapiso Placa entrepiso Placa aligerada Placa maciza Placa lamina colaborante Placa steel deck Placa fácil	Recurso atmósfera (aire), afectación fauna y flora, recurso agua
Muros	Mampostería bloque Mampostería adobe Mampostería piedra Madera Drywall Superboard Vidrio	Recurso aire, recurso agua, recurso suelo, afectación flora y fauna

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Desarrollo de actividades

Modelización

Para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del edificio multifamiliar “Sevilla 107” se utilizó el software OpenLCA (Objetivo General). Se obtuvo información acerca del consumo de gasolina de transporte de materiales y actividades de construcción (Objetivo Estratégico 1), y de los materiales de construcción (Objetivo Estratégico 2) de las etapas mencionadas en el principio del capítulo. Los datos extraídos de los volúmenes y pesos fueron extraídos de las fichas técnicas. Primero se operacionalizan antes de colocarlos en el software, se extrae el dato de la densidad de cada material para poder encontrar la masa en kg, donde se creó previamente un proceso con el nombre del proyecto. Luego se colocó la información de los inputs (materiales y gasolina) y los outputs (emisiones de CO₂, entre otros). Las bases de datos usadas fueron Ecoinvent versión 3.4 para los elementos del flujo de materiales de construcción.

Figure 18: Información General del Proceso

The screenshot displays the 'General information' section of the OpenLCA software interface. The 'Name' field is filled with 'Sevilla'. The 'Category' is set to '- none -'. The 'Description' field contains a detailed text about a construction project in Cusco, Peru, mentioning the analysis of materials and gasoline consumption. Below the description, the version is '00.00.001', the last change is '2025-03-04 19:04:13', and the UUID is 'c15a088a-ffed-40de-9118-0816ea29edb1'. There is an 'Add a tag' button. The 'Infrastructure process' checkbox is unchecked. Three buttons are visible: 'Create product system', 'Direct calculation', and 'Export to Excel'. The 'Time' section shows a 'Start date' of '15/01/2024' and an 'End date' of '4/03/2025', both with calendar icons. A 'Description' field is present below the dates. The 'Geography' section shows the 'Location' as 'Peru - PE' with a location pin icon and a close button, and a 'Description' field below it.

Fuente: Elaboración propia

Figure 19: Modelo 1 Inputs – Outputs

Inputs										
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided was...	Provider	Data quality ...	Location	Description
⊗ Copper wire	Materials production/Metal...	21.00000	kg		none					
⊗ crushed stone 16/32	Materials production/Other ...	7.54230E4	kg		none					
⊗ stone	./Resource/in ground	6.36346E4	kg		none					
⊗ Gasoline (regular)	Energy carriers and technol...	7000.00000	gal (US liq)		none					
⊗ Gypsum plasterboard	Systems/Construction	105.06000	m2		none					
⊗ gypsum plaster (CaSO4 al...	Systems/Construction	6612.44000	kg		none					
⊗ aerated concrete block	Systems/Construction	1.43078E4	kg		none					
⊗ lightweight concrete block	Systems/Construction	1.99022E6	kg		none					
⊗ portland cement (CEM I)	Materials production/Other ...	7.12690E4	kg		none					
⊗ sand 0/2	Materials production/Other ...	1.59562E5	kg		none					
⊗ Sand	./Resource/in ground	4.53365E5	kg		none					
⊗ transport in t*km	Transport services/Other tra...	4.63483E9	t*km		none					
⊗ steel hot rolled coil	Materials production/Metal...	5.69328E4	kg		none					

Outputs										
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided pro...	Provider	Data quality ...	Location	Description
⊗ Sevilla		1124.52000	m2		none					
⊗ Carbon dioxide	./Emission to air/high popu...	1.00000	t		none					

Fuente: Elaboración propia

Se analizó el impacto asociado a las actividades de construcción en las etapas preliminares, cimentación, estructura, y muros. Para esto se utilizó el método de la base de datos ELCD 3.2 de Green Delta llamado IPCC 2021 AR6.

Desarrollo de la propuesta de estrategias de mitigación ambiental

Para el desarrollo de la propuesta de estrategias de mitigación efectivas para reducir los impactos ambientales identificados en el ACV de la fase de construcción del edificio 'Sevilla 107', se debe iniciar con un análisis exhaustivo del ACV, identificando y cuantificando los impactos ambientales clave.

Posteriormente, se desarrollarán estrategias centradas en la selección de materiales sostenibles, la eficiencia energética, la gestión de residuos, la optimización del transporte y la gestión del agua. Las actividades descritas para el ejemplo práctico utilizado para este trabajo en donde tenemos 4 actividades principales las cuales son el resultado de un proceso constructivo generando unas afectaciones de los recursos.

En la tabla a continuación se muestran los impactos ambientales del proyecto en su etapa de construcción generan unos aspectos a identificar, tener en cuenta y plantear mitigar en la edificación.

Tabla 8: Matriz de aspecto e impacto por actividades

Actividad	Impacto ambiental	Aspecto ambiental
Preliminares	Ruido Desechos Vertimientos dañinos	Contaminación auditiva, Generación de desechos, vertimientos a alcantarillado
Cimentación	Deforestación Pérdida de flora y fauna	Disminución capa vegetal, daño a especies nativas, daño al medio ambiente, erosión
Estructura	Ruido Material particulado Vertimientos dañinos Emisiones CO2	Contaminación auditiva, problemas respiratorios en la comunidad, contaminación del agua, contaminación del aire e intoxicación por CO2.
Muros	Vertimientos dañinos Contaminación del suelo Material particulado Generación de desecho	Contaminación de aguas y corrientes subterráneas con material, contaminación aire por polvo en la atmósfera, filtraciones en el suelo cementantes

Fuente: Elaboración propia

Elaborar un modelo de gestión ambiental efectivo demanda una evaluación detallada de los impactos generados durante la construcción. El objetivo primordial es proponer estrategias que mitiguen las consecuencias adversas sobre los recursos afectados. Este enfoque cobra especial relevancia dada la magnitud del impacto ambiental intrínseco a las actividades de construcción. Para ello, se requiere un análisis ambiental exhaustivo que identifique los puntos críticos del proceso constructivo, permitiendo así la formulación de medidas correctivas y preventivas.

Tabla 9: Mitigación de impactos según actividades

Actividad	Mitigación
Preliminares	Reutilizar capa vegetal. Controlar el ruido.
Cimentación	Reutilizar suelo removido.

	Excavar no más de lo requerido. No utilizar químicos dañinos para el suelo.
Estructura	Control de material particulado Manejo del recurso hídrico Reutilización de desperdicio Buen acopio de material Acopio de residuos peligrosos Compra de materiales de la zona Compra material con aval sostenible Programa de manejo de residuos sólidos
Muros	Control de material particulado Manejo del recurso hídrico Reutilización de desperdicio Buen acopio de material Acopio de residuos peligrosos Compra de materiales de la zona Compra material con aval sostenible Programa de manejo de residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en cada actividad de obra que se realiza se tiene una gran cantidad de residuos generados por diferente proceso que se llevan a cabo, la idea es buscar alternativas para reducir estos impactos.

A continuación, una gráfica de posibles alternativas para diferentes residuos generados.

Tabla 10: Alternativas para residuos generados

Residuos	Alternativas
Concretos	Reutilizar como rellenos Reutilizar como suelos Reciclar como granular Reciclar como grava suelta
Envolvertes	Reutilizar como nuevos productos
Madera	Reciclar para tableros y aglomerados Reutilizar para casetones, arreglos
Metales	Reutilizar para aplicación en otros productos Reciclar para aleación
Pétreos	Reutilizar como áridos, finos y gruesos
Cerámicos	Reciclar como adoquín Reciclar como fachada Reciclar como acabados

Tierra de excavación	Reutilizar como rellenos Estabilización de suelos
----------------------	--

Fuente: Elaboración propia

Así mismo existen gran cantidad de acciones y planes que ayudan a mitigar ese fuerte impacto que ocasiona cualquier tipo de construcción.

Tabla 11: Mitigación de impacto durante la construcción

Nro	Reducción de impactos durante la etapa de construcción
1	Comprar y almacenar la mayor cantidad de insumos requeridos para la ejecución.
2	Adquirir productos que sean respetuosos con el ambiente
3	Almacenar de manera adecuada los productos, separando los peligrosos del resto y los líquidos combustibles o inflamables en recipientes adecuados
4	Comprar los materiales y productos auxiliares a partir de criterios ecológicos.
5	Cuantificar el volumen de los elementos y estructuras sujetas a demolición, discriminando las cantidades de las diferentes clases de materiales (mampostería, concreto reforzado, enchapes, entre otros)
6	Realizar un plan de gestión ambiental en donde se controle cada uno de los ítems
7	Definir las cantidades y tipos de materiales para disposición final y los que se llevarán a sitios de tratamiento y/o aprovechamiento.
8	Estimar la cantidad de RCYD que se generarán en cada actividad constructiva
9	Realizar la valoración de estos materiales para definir lo que se podría reutilizar en el proyecto
10	Tener en cuenta la reducción, separación, reutilización, reciclaje, valorización y disposición final de los residuos de construcción
11	Disponer de las herramientas y equipos necesarios para cada actividad en la obra
12	Coordinar los suministros y transporte de materiales, con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseables
13	Revisar que los materiales sobrantes de las actividades en la obra no estén contaminados con otros tipos de materiales catalogados como peligrosos

Fuente: Elaboración propia

Para medir la eficacia de las estrategias de mitigación implementadas durante la construcción, es esencial establecer indicadores claros y cuantificables. La siguiente tabla presenta una serie de actividades clave dentro del plan de mitigación, junto con los indicadores propuestos para evaluar su desempeño. Estos indicadores permiten monitorear el progreso hacia la reducción del impacto ambiental, optimizar los procesos y asegurar el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad del proyecto.

Tabla 12: Identificación de responsables e indicadores

Actividades	Áreas	Responsable	Indicadores
Comprar y almacenar la mayor cantidad de insumos requeridos para la ejecución.	Administración y Finanzas	Asistente de compras	Porcentaje de insumos adquiridos sobre el total necesario. Variación en el tiempo de almacenamiento promedio de insumos.
Adquirir productos que sean respetuosos con el ambiente.	Operaciones, Presupuesto y Finanzas	Jefe de Presupuestos, jefe de Contabilidad, y Supervisor de Calidad	Porcentaje de productos con certificación ambiental. Número de proveedores con políticas de sostenibilidad.
Almacenar de manera adecuada los productos, separando los peligrosos del resto y los líquidos combustibles o inflamables en recipientes adecuados	Operaciones	Jefe de Almacén	Número de incidentes por almacenamiento inadecuado. Porcentaje de cumplimiento de la normativa de almacenamiento de productos peligrosos.
Comprar los materiales y productos auxiliares a partir de criterios ecológicos.	Operaciones, Presupuesto y Finanzas	Jefe de Presupuestos, jefe de Contabilidad, y jefe de SSOMA	Porcentaje de materiales y productos auxiliares con criterios ecológicos (material reciclado, biodegradable, etc.). Gasto en materiales ecológicos vs. gasto total en materiales.

Cuantificar el volumen de los elementos y estructuras sujetas a demolición, discriminando las cantidades de las diferentes clases de materiales (mampostería, concreto reforzado, enchapes, entre otros)	Operaciones	Administrador de Obra	Volumen total de residuos de demolición clasificados por tipo de material. Precisión en la estimación de volúmenes (variación entre la estimación y la cantidad real).
Realizar un plan de gestión ambiental en donde se controle cada uno de los ítems	Operaciones	Jefe de SSOMA	Porcentaje de cumplimiento del plan de gestión ambiental. Número de no conformidades identificadas en auditorías ambientales.
Definir las cantidades y tipos de materiales para disposición final y los que se llevarán a sitios de tratamiento y/o aprovechamiento.	Externo	Empresa Operadora de Residuos	Cantidad de residuos enviados a disposición final vs. cantidad enviada a tratamiento/aprovechamiento. Porcentaje de residuos valorizados.
Estimar la cantidad de RCYD que se generarán en cada actividad constructiva	Externo	Empresa Operadora de Residuos	Cantidad estimada de RCYD por actividad vs. cantidad real generada. Variación en la precisión de la estimación.
Realizar la valoración de estos materiales para definir lo que se podría reutilizar en el proyecto	Operaciones	Gerente de Operaciones	Porcentaje de materiales valorizados para reutilización. Cantidad de materiales reutilizados en el proyecto.
Tener en cuenta la reducción, separación, reutilización, reciclaje, valorización y disposición final de los residuos de construcción	Externo	Empresa Operadora de Residuos	Porcentaje de residuos segregados por tipo. Índice de circularidad de los materiales. Tasa de reciclaje de residuos de construcción.

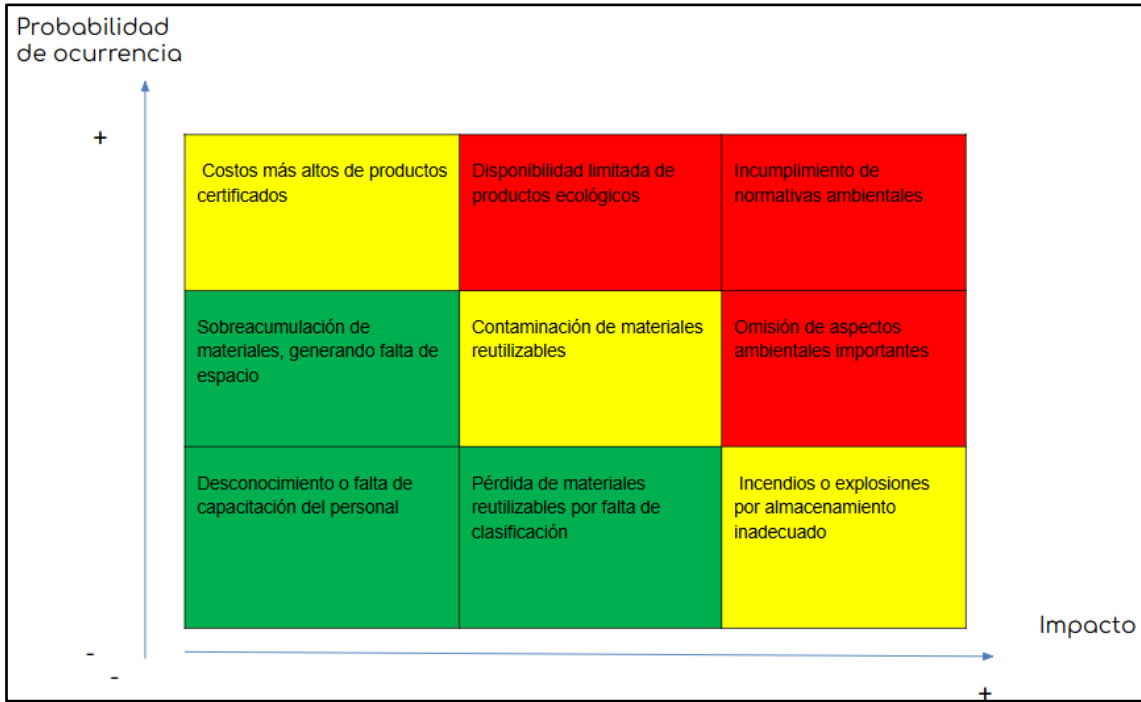
Disponer de las herramientas y equipos necesarios para cada actividad en la obra	Operaciones	Gerente de Operaciones	Tiempo de inactividad por falta de herramientas o equipos. Número de incidentes por fallas en herramientas o equipos.
Coordinar los suministros y transporte de materiales, con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseables	Operaciones	Administrador de Obra	Porcentaje de pérdidas de materiales por mala coordinación. Número de retrasos en la entrega de materiales.
Revisar que los materiales sobrantes de las actividades en la obra no estén contaminados con otros tipos de materiales catalogados como peligrosos	Operaciones	Supervisor de Calidad	Número de incidentes por contaminación de materiales. Porcentaje de materiales sobrantes enviados a reciclaje o reutilización.

Fuente: Elaboración propia

La implementación de medidas de mitigación ambiental durante la fase de construcción se ha convertido en un pilar fundamental. Sin embargo, el camino hacia la ejecución efectiva de estas medidas está plagado de potenciales obstáculos. La identificación proactiva de riesgos que podrían impedir el cumplimiento del proyecto no solo es una práctica prudente, sino una necesidad imperante.

La naturaleza compleja y multifacética de los proyectos de construcción, sumada a la creciente presión por adoptar prácticas más ecológicas, exige un análisis exhaustivo de los factores que podrían comprometer los objetivos ambientales. Desde la volatilidad de los precios de los materiales sostenibles hasta la falta de capacitación del personal en técnicas de construcción verde, los riesgos son diversos y requieren una evaluación meticulosa.

Figure 20: Identificación de riesgos



Fuente: Elaboración propia

Para asegurar la resiliencia de un proyecto de construcción enfocado en medidas de mitigación ambiental, la elaboración de un plan de contingencia se revela como una herramienta indispensable. Este plan no solo actúa como un seguro contra imprevistos, sino que también fomenta una cultura de preparación y respuesta efectiva ante situaciones adversas.

Tabla 13: Elaboración del Plan de Contingencia

Riesgo	Tipo de Riesgo	Plan de Contingencia	Responsables
Incumplimiento de normativas Ambientales	Alto	Mantenerse actualizado con la normativa ambiental vigente.	Área de operaciones, área legal
Disponibilidad limitada de productos ecológicos	Alto	Establecer acuerdos con múltiples proveedores de	Área de presupuesto, calidad

		productos ecológico	
Omisión de aspectos ambientales	Alto	Crear un equipo especializado en gestión ambiental.	Jefe de seguridad, salud y medio ambiente
Costos más altos de productos certificados	Medio	Crear un presupuesto específico para la compra de productos certificados.	Área de presupuesto, oficina técnica, operaciones
Contaminación de materiales reutilizables	Medio	Implementar procedimientos de inspección y clasificación rigurosos.	Jefe de obra, administrador de almacén
Incendios o explosiones por almacenamiento inadecuado	Medio	Capacitar al personal en el manejo seguro de materiales peligrosos.	Jefe de seguridad, salud y medio ambiente

Fuente: Elaboración propia

Los estudios analizados subrayan la considerable influencia que ejercen los edificios de vivienda multifamiliar en el medio ambiente a lo largo de su existencia. En consecuencia, se han propuesto diversas estrategias para optimizar su comportamiento ecológico. Investigaciones previas destacan, por ejemplo, la relevancia de los comportamientos de los usuarios durante la fase de operación. Acciones simples, como ajustar la programación de los sistemas de climatización o asegurar el apagado de iluminación y equipos cuando los espacios están desocupados, pueden generar mejoras significativas.

Diversas investigaciones sostienen que la influencia de la fase operativa de un edificio puede ser más eficazmente abordada durante las etapas de diseño y construcción. Esto se debe a que es en estas fases iniciales donde se sientan los cimientos de su funcionamiento a largo plazo. En este contexto, el diseño bioclimático emerge como

una alternativa prometedora. Dicha estrategia considera las condiciones climáticas locales como factor determinante en el diseño, buscando maximizar el aprovechamiento de recursos naturales como la luz solar y el viento. Esta optimización busca satisfacer las necesidades de confort de los ocupantes, reduciendo simultáneamente la demanda de energía convencional típicamente requerida por los sistemas de climatización. A modo de ejemplo, se puede mencionar que ciertos edificios de vivienda multifamiliar en Perú incorporan fachadas de muro cortina, las cuales pueden no representar la solución bioclimática óptima. Estas fachadas pueden favorecer la captación de radiación solar excesiva y, en ausencia de ventanas adecuadas, limitar la renovación natural del aire interior.

La transición hacia fuentes de energía renovable en la generación eléctrica nacional se presenta como un factor crítico, dada la sustancial demanda energética de los edificios. No obstante, es imperativo que dicha transición considere la totalidad de las implicaciones ambientales (Vázquez-Rowe et al., 2015). Si bien la disminución en el uso de combustibles fósiles conlleva una reducción en las emisiones contaminantes, podría resultar en un incremento en la demanda de otros recursos, lo que exige una evaluación del balance ambiental de tales cambios. En el contexto peruano, la posible vulnerabilidad de las centrales hidroeléctricas ante la futura escasez hídrica sugiere la conveniencia de reforzar la inversión en energías solar y eólica (Vázquez-Rowe et al., 2015). Paralelamente a la evolución de las matrices energéticas nacionales, Scheuer et al. (2003) proponen que el diseño de los edificios contemple su adaptación a fuentes de energía renovable, considerando su prolongada vida útil y la creciente viabilidad tecnológica. Como ejemplo, un estudio realizado en México reveló los beneficios derivados de la transformación de un edificio convencional en uno de alta eficiencia, incluyendo la integración de paneles fotovoltaicos para la generación de energía (Centro Mario Molina, 2014).

La fase de fabricación representa otro aspecto significativo en el ciclo de vida de un edificio. Diversas investigaciones sugieren que la incorporación de la perspectiva del ciclo de vida durante la etapa de diseño de los edificios puede conducir a mejoras sustanciales. Esto implica minimizar el uso de materiales con alta carga contaminante, promover la selección de materiales reciclados o elegir aquellos que requieran reemplazo menos frecuente (Scheuer et al., 2003). La implementación de estas

estrategias podría resultar en una disminución de la demanda energética durante la fase de mantenimiento, al extender los intervalos entre reemplazos de materiales.

En relación con la fase de manufactura, investigaciones adicionales destacan la necesidad de promover regulaciones que incentiven el uso de tecnologías más limpias en la producción de materiales (Huijun et al., 2012). A modo de ejemplo, la industria cementera, siendo uno de los mayores consumidores de energía en el sector industrial, contribuye significativamente a las emisiones globales (IEA, 2018). En el caso de países en desarrollo, como Perú, el incremento en la demanda de cemento resulta inevitable. Por ende, la sustitución parcial o total del clinker en la producción de cemento y la mejora de la eficiencia energética en su fabricación se presentan como alternativas viables (Vázquez-Rowe et al., 2019).

Por otro lado, el uso de combustibles fósiles en el transporte y la maquinaria emerge como un factor determinante en las fases de construcción, mantenimiento y fin de vida de los edificios analizados. Los resultados obtenidos en el estudio del edificio de oficinas peruano resaltaron la relevancia del transporte, influenciado por el uso de camiones que cumplían con la normativa Euro III. Para mitigar las emisiones contaminantes generadas, Aguilar y Loo (2017) sugieren la adopción de normativas europeas (norma Euro) en la selección de maquinaria. Adicionalmente, se propone el uso de maquinaria en óptimas condiciones y la reutilización de materiales temporales como estrategias para reducir los impactos ambientales durante la construcción (Guggemos & Horvath, 2005).

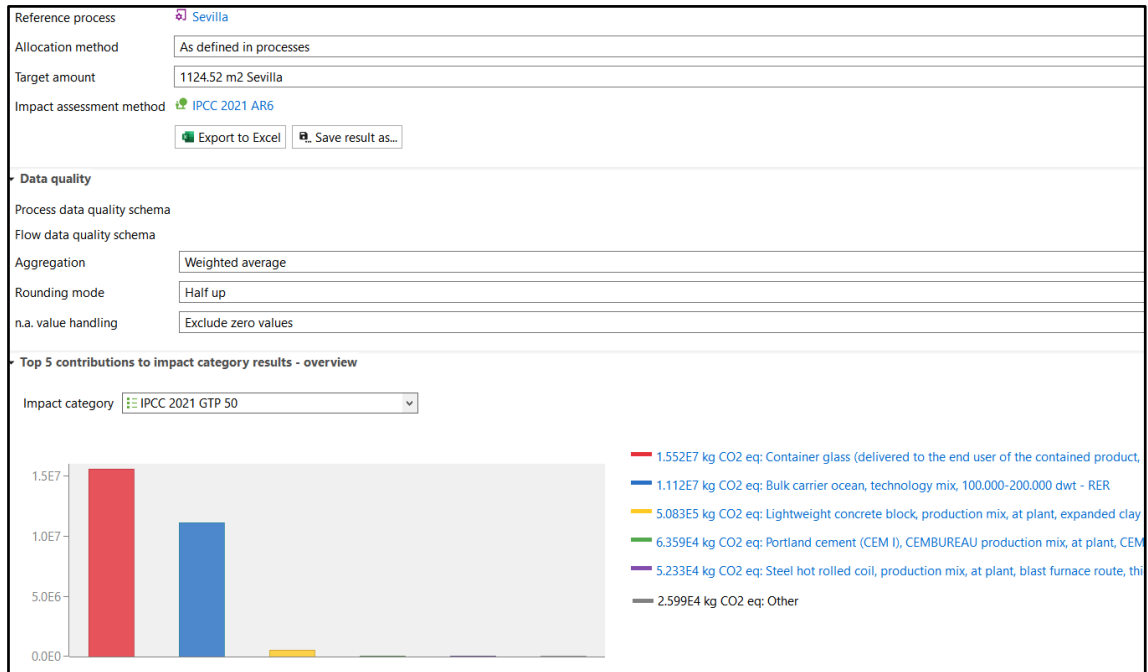
5.2 Medición de la solución

5.2.1 Análisis de Indicadores cuantitativo y/o cualitativo

Como se muestra en la imagen los resultados de la evaluación de impactos donde observamos los resultados según los indicadores del IPCC 2021 OTP 50. Se escogió dicha lista de indicadores porque utilizan los kilogramos equivalentes a emisiones de CO₂ en 50 años, el tiempo de vida del edificio. Los resultados muestran que los contenedores de vidrio y el buque granelero tienen un alto nivel de huella de carbono a comparación del cemento hormigón, cemento, acero, y otros con valores de 508.3, 63.59, 52.33 y 25.99 toneladas de Dióxido de Carbono equivalentes, respectivamente.

Sin embargo, el sistema asocia la gasolina con los contenedores de vidrio, así que la gasolina (GLP 84) representa la mayor cantidad de Dióxido de Carbono equivalente, 15 520 toneladas. Mientras que las emisiones del buque generan 11 120 toneladas de Dióxido de Carbono equivalente. Dando un total de 27 290 toneladas de CO2 equivalente.

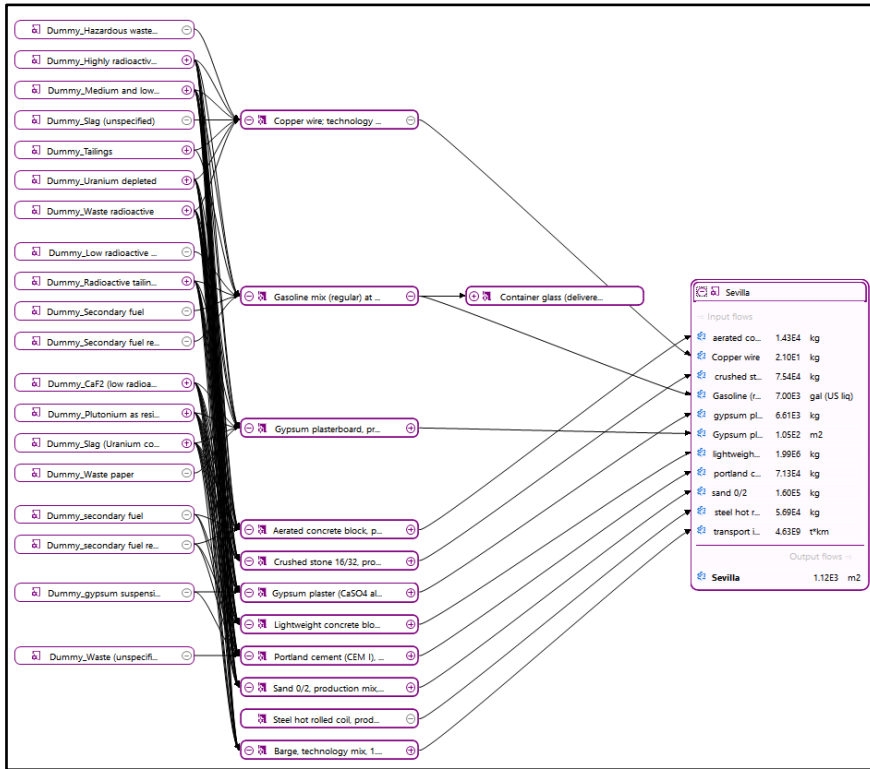
Figure 21: Modelo 1: Reporte de Data Quality e Impactos



Fuente: Elaboración propia

No se encontró en el gráfico del modelo el uso de buques graneleros.

Figure 22: Modelo Gráfico - Resultado de la Evaluación del Impacto



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Simulación de solución

Desarrollo de escenarios

De acuerdo con los resultados obtenidos en la primera simulación, se propone sustituir los materiales que generan un mayor impacto, el cemento Portland y el hormigón.

El hormigón polimérico es un material de construcción alternativo al hormigón convencional que utiliza residuos industriales como materia prima, eliminando la necesidad de cemento Portland.

El hormigón geo polimérico es un tipo de material de construcción que se produce mediante la combinación de materiales ricos en sílice y alúmina, que se activan químicamente en presencia de un líquido alcalino, como una solución de hidróxido de sodio o de potasio. Este proceso genera una reacción de polimerización, formando una matriz sólida y resistente. (Carvajal et. al., 2023).

Presenta los siguientes beneficios:

1. Sostenibilidad: Utiliza materiales industriales reciclados, como cenizas volantes y escorias, lo que reduce la necesidad de cemento Portland, cuyo proceso de fabricación es altamente contaminante. (Zhang et. al., 2024).

2. Propiedades mecánicas: Generalmente, el hormigón geo polimérico tiene una alta resistencia a la compresión y puede ser más durable que el hormigón tradicional, además de ofrecer una mejor resistencia al fuego y a productos químicos. (Zhang et. al., 2024).
3. Resiliencia ambiental: Este tipo de hormigón tiene un menor impacto ambiental en términos de emisiones de carbono, lo que lo hace una opción más viable en la construcción sostenible. (Zhang et. al., 2024).
4. Aplicaciones: Se utiliza en estructuras que requieren alta resistencia, como en puentes, edificios industriales y otras infraestructuras donde se necesiten propiedades mecánicas superiores o resistencia a entornos agresivos.

Figure 23: Modelo 2 Inputs - Outputs

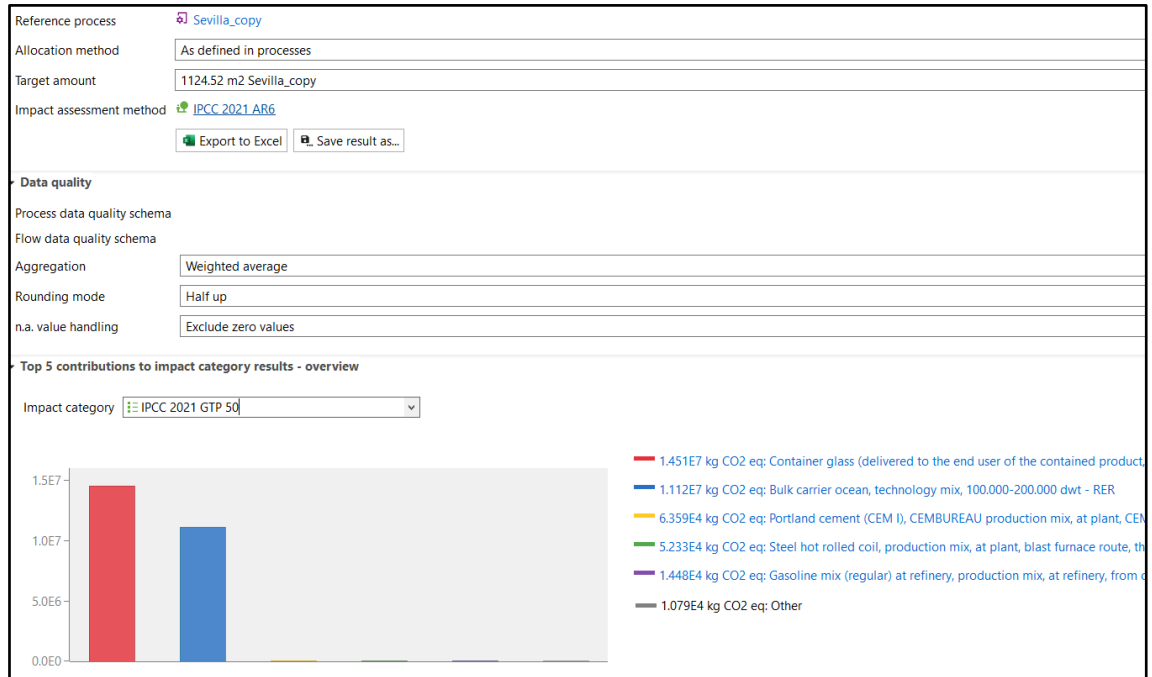
Inputs/Outputs - Sevilla_copy										
Inputs										
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided was...	Provider	Data quality ...	Location	Description
Gasoline (regular)	Energy carriers and technol...	7000.00000	gal (US liq)		none					
gypsum plaster (CaSO4 al...	Systems/Construction	6612.44000	kg		none					
Gypsum plasterboard	Systems/Construction	105.06000	m2		none					
sand 0/2	Materials production/Other ...	1.59562E5	kg		none					
Slag	Deposited goods/Hazardo...	1.39346E6	kg		none					
steel hot rolled coil	Materials production/Metal...	5.69328E4	kg		none					
transport in t*km	Transport services/Other tra...	4.63483E9	t*km		none					
Clay, bentonite, in ground	./Emission to air/high popu...	9233.77000	kg		none					
Clay, bentonite, in ground	./Emission to soil/forestry	1.10392E5	kg		none					
Fly ash	./Waste/ecopoints 97, CH	5.97067E5	kg		none					
Sand	./Resource/in ground	4.53365E5	kg		none					
stone	./Resource/in ground	6.36346E4	kg		none					
portland cement (CEM I)	Materials production/Other ...	7.12690E4	kg		none					
Outputs										
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided pro...	Provider	Data quality ...	Location	Description
Sevilla_copy		1124.52000	m2		none					
Carbon dioxide	./Emission to air/high popu...	1.00000	t		none					

Fuente: Elaboración propia

Se sustituyó la entrada de hormigón por escoria (Slag) y cenizas volantes (Fly ash) con una relación 70:30 (en kg) a la mezcla de concreto geo polimérico. Dicha proporción fue estudiada por Carvajal et. al. (2023).

Análisis Comparativo

Figure 24: Modelo 1: Reporte de Data Quality e Impactos



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el hormigón ya no conforma parte de las mayores contribuciones a emisiones de CO2 equivalentes, así como a sus sustituyentes, escoria y cenizas volantes. Representó una reducción de 1518.81 toneladas de CO2 equivalentes.

Presupuesto Propuesto

Tabla 14: Cálculo del Costo Total

Rubro	Subtotal
Insumos - Materiales	S/ 803 518.47
Gastos de transporte	S/ 1 128 864.4
Licencias y Pólizas	S/ 2 062.40
Valor del Terreno	S/ 1 386 945
Monitoreos ambientales	S/ 30 000
Salarios	S/ 422 400
Imprevistos	S/ 100 000.00
TOTAL	S/ 3 873 790

Fuente: Elaboración Propia

Según el costo de insumos actual y el propuesto por el trabajo, el uso del concreto geopolimérico (S/75 por metro cúbico) representó una reducción en 86 mil 973 nuevos soles en costos de Insumos y Subcontratos. Los demás conceptos fueron extraídos de documentación del Proyecto 'Sevilla 107'.

A excepción del valor de terreno, monitoreos ambientales que fueron extraídos de acuerdo con la información como la ubicación y costos de monitoreos ambientales en laboratorios en Cusco.

Beneficio / Costo

Tabla 15: Cálculo del Ratio Beneficio / Costo

Costos Totales	S/ 3 873 790
Ingresos Totales	S/ 7 059 600
Beneficio / Costo	1.82

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos de la ratio Beneficio - Costo, se observa que los beneficios superan a los costos, con un valor de 1.82. Indicando que la propuesta es viable y rentable.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusión General: En conclusión, el Análisis del Ciclo de Vida, extraído de la norma ISO 14040, puede ser usado como metodología para identificar la huella de carbono del análisis del ciclo de vida de un edificio. Este trabajo se centró en identificar los principales impactos asociados a la huella de carbono en la fase 2 del ACV, enfocándonos en la construcción estructural del edificio.

Conclusión Específica 1 y 2: Los resultados hallados identificaron a la gasolina, sus contenedores de vidrio, el transporte en buque; y, los bloques de concreto son los mayores contribuyentes a las emisiones de CO₂ equivalentes. Sin embargo, la empresa no usa dichos contenedores para transportar gasolina, ni buques. La opción final para la mitigación resultaron ser los bloques de concreto, al ser reemplazados por el concreto geo polimérico, aplicando la concentración (70:30) del estudio mencionado anteriormente.

Conclusión Específica 3: Entonces se procedió a investigar acerca de un material que pueda sustituir al hormigón. Encontrándose así la alternativa sostenible del concreto geo polimérico, la cual resultó en una reducción de 314 toneladas de Dióxido de Carbono equivalentes. Así mismo, el uso de este material en construcciones de magnitudes similares representaría una reducción de sus costos de insumos en 86 mil 973 soles. Obteniéndose un Ratio Beneficio - Costo de 1.82, indicando una viabilidad y rentabilidad buenas.

Ampliación de la conclusión 3 acerca del Plan de Mitigación:

La implementación de medidas de mitigación ambiental durante la fase de construcción es fundamental, ya que ayuda a reducir el impacto negativo en el entorno.

La identificación proactiva de riesgos es crucial para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto, evitando contratiempos y mejorando la eficiencia.

Factores como la volatilidad de los precios de materiales sostenibles y la falta de capacitación en técnicas de construcción ecológica representan desafíos que deben ser abordados con una evaluación meticulosa.

Ampliación de la conclusión 3 acerca del Plan de Contingencia:

El plan de contingencia es una herramienta indispensable para asegurar la resiliencia del proyecto frente a situaciones imprevistas.

Este plan fomenta una cultura de preparación y respuesta efectiva, garantizando que el equipo esté capacitado y listo para actuar ante cualquier adversidad.

La elaboración de un plan de contingencia permite establecer protocolos claros para enfrentar riesgos como el incumplimiento de normativas ambientales, la escasez de productos ecológicos o el almacenamiento inadecuado de materiales peligrosos.

Recomendaciones:

- **Ampliación del análisis de ciclo de vida (ACV):** Incluir todas las etapas del ciclo de vida del edificio, no solo la fase de construcción, para obtener una visión más completa de la huella de carbono. Esto permitiría evaluar el impacto ambiental en el uso, mantenimiento y demolición del edificio.
- **Exploración de materiales alternativos:** Investigar el uso de materiales de construcción más sostenibles y de bajo impacto ambiental, como concreto ecológico, madera certificada o materiales reciclados, y evaluar su viabilidad en proyectos multifamiliares en Cusco.
- **Estudio sobre eficiencia energética en la etapa de operación:** Investigar cómo el diseño y la tecnología del edificio pueden optimizar el consumo energético una vez construido, considerando el uso de paneles solares, sistemas de iluminación eficiente y aislamiento térmico adecuado.
- **Incorporación de otras metodologías ambientales:** Complementar el ACV con metodologías como el análisis de huella hídrica o de materiales, para tener una visión más integral del impacto ambiental del proyecto.
- **Comparación con otros proyectos constructivos:** Ampliar la investigación comparando el edificio “Sevilla 107” o de la constructora Procasa con otras edificaciones multifamiliares similares en Cusco o en otras regiones, para

identificar buenas prácticas y oportunidades de mejora.

- **Estudios de percepción y aceptación:** Analizar la percepción de clientes, trabajadores y partes interesadas sobre la incorporación de prácticas sostenibles en la construcción, y cómo estas pueden influir en la competitividad y el valor del proyecto.

REFERENCIAS

- AIA. (2010). A Guide to Life Cycle Assessment of Buildings. Obtenido de <https://www.brikbases.org/sites/default/files/aiab082942.pdf>
- Agencia Internacional de la Energía (AIE). (s. f.). *Buildings - Energy system*. <https://www.iea.org/energy-system/buildings>
- Aguilar, A., & Loo, F. (2017). Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9994/AGUILAR_DIEGO_LOO_FELIPE_ANALISIS_DE_ECOEFICIENCIA_DE_LA_DEMOLICION_DE_UNA_EDIFICACION_EN_LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alarcón, I., & Alarcón, J. D. (2023). *Evaluación comparativa de criterios de sostenibilidad para edificaciones multifamiliares a nivel de certificación EDGE y LEED con un menor costo en la vida útil respecto a un proyecto tradicional en la ciudad de Cusco-2022* [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital de la Universidad Andina del Cusco. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12640/2155>
- Bawden, K., & Williams, E. (2015). Hybrid Life Cycle Assessment of Low, Mid and High Rise Multi-Family Dwellings. *Challenges* 6, 98-116.
- Buyle, M., Braet, J., & Audenaert, A. (2013). Life cycle assessment in the construction sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 26, 379–388. doi: 10.1016/j.rser.2013.05.001
- Cáceres, A. (2016). Análisis de ciclo de vida comparativo de edificaciones multifamiliares en Lima. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6682>
- Canada Mortgage and Housing Corporation. (2004). *Environmental Framework. Annex 31 Energy-Related Environmental Impact of Buildings*. Canada.
- Carnegie Mellon University. (2016). Economic Input-Output Life Cycle Assessment. Recuperado el 1 de junio de 2019, de Green Design Institute: <http://www.eiolca.net/Method/index.html>
- Carrion, P.R. (04 de junio de 2021). Código Técnico de Construcción Sostenible. *Gobierno del Perú*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1934704/C%C3%B3digo%20-%20CTCS%20.pdf>
- Carvajal, G., & López, M. (2023). Fracture Behavior of slag & flyash-based geopolymer concrete in comparison with OPC-based conventional concrete including the effect of

steel and hybrid fibers. *Revista de la Construcción*, 22(2), 362-375.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850732023000200362&script=sci_arttext&tlng=en

- Centro Mario Molina. (2014). Análisis de Ciclo de Vida: Edificaciones. Obtenido de <http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2014/01/ACV-edificioscomerciales.pdf>
- Cihat Onar, N., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2014). Scope-based carbon footprint analysis of U.S. residential and commercial buildings: An input-output hybrid life cycle assessment approach. *Building and Environment* 72, 53-62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.009>
- Choquimaqui, G., Hernandez, J.E., & Narciso, J.E. (30 de marzo de 2022). Decreto Supremo N.º 002 -2022-VIVIENDA: Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición. *Gobierno del Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3310632-002-2022-vivienda>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2024). *Huella de carbono: Inicio*. <https://biblioguias.cepal.org/huellacarbono>
- Ding, G. (2014). 3 - Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview. En F. Pacheco-Torgal, L. Cabeza, J. Labrincha, & A. (Edits.), *Eco-efficient Construction and Building Materials* (págs. 38-62). Woodhead Publishing. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857097675500030>
- Ecoinvent. (2018). The Ecoinvent Database. Recuperado el 20 de junio de 2018, de <https://www.ecoinvent.org/database/database.html>
- Embajada de Suiza en el Perú. (5 de diciembre 2019). Cusco lanza ordenanza municipal para promover el desarrollo inmobiliario sostenible. *Noticias SECO*. <https://www.cooperacionsuiza.pe/cusco-lanza-ordenanza-municipal-para-promover-el-desarrollo-inmobiliario-sostenible/>
- Enshasi, A., Kochendoerfer, B. y Rizq, E. (diciembre, 2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol 29 N°3.
- Energía renovable. (2025, 15 de febrero). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable

- Falcón, J. (2015). El hacinamiento en viviendas de interés social y su impacto en las políticas públicas territoriales. *Habitabilidad y Política de Vivienda En México*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Flores, P. (2021). La construcción sostenible en Latinoamérica. *Limaq*, 7(007), 161-173. <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq/article/view/5336>
- Forest Trends. (2016, 18 de mayo). *For Cusco, Peru, an investment in the countryside is an investment in the city*. <https://www.forest-trends.org/blog/in-cusco-peru-an-investment-in-the-country-is-an-investment-in-the-city/>
- Fred, D. (2008). *Conceptos de administración estratégica*. Pearson Educación
- Galarza, C.E. (2016). *Estimación de la huella de carbono según la ISO 14064-1 alcance 1 y 2 de una planta constructora de concreto premezclado y prefabricado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2962>
- Garrido, E. L. (2013). *Inventario de emisiones e implementación de huella de carbono mediante metodología GHG Protocol en constructora asociada a la gran minería* [Seminario de título, Universidad de Chile]. Repositorio Académico Universidad de Chile. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113057>
- GBC Perú. (s.f.). *Conozcan Partisano: el primer edificio residencial con certificación EDGE en Cusco*. Green Building Council Perú. <https://www.gbcp.org/site/noticias-y-eventos-784-conozcan-partisano-el-primer-edificio-residencial-con-certificacion-edge-en-cusco>
- GEA Consultores Ambientales. (s.f.). *Certificación EDGE de Edificio Residencial Willkamamyu en Cusco - Perú*. <https://www.geaconsultores.com/certificacion-edge-de-residencial-willkamayu-en-cusco-peru/>
- Ghisellini, P., Cialani, C. y Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, ISSN 0959- 6526.
- Girard, L. F. (1986). The Complex Social Value of Architectural Heritage. *Icomos information*.
- Global O2. (2014). *Cálculo y gestión de Huella de Carbono ISO 14064, GHG Protocol, Real Decreto 163/2014, ...* <https://globalo2.es/calculo-huella-carbono-iso-14064-ghg-protocol/>

- Golisano Institute for Sustainability. (s. f.). *What is life cycle assessment (LCA)?* Rochester Institute of Technology. <https://www.rit.edu/sustainabilityinstitute/blog/what-life-cycle-assessment-lca>
- Gómez, P. A. T. (2018). *Análisis de ciclo de vida de los pavimentos urbanos en Arequipa aplicando la metodología ISO 14040* [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8469>
- Granda, C. (13 de junio de 2023). Incentivos Gubernamentales para EDGE. *Leaf*. <https://leaflatam.com/incentivos-gubernamentales-para-edge/>
- Green Delta. (s.f.). *openLCA2 Manual*. GreenDelta GmbH. <https://greendelta.github.io/openLCA2-manual/>
- Green Design Consulting. (2023, 17 de agosto). *LCA of construction products: From material extraction to end-of-building life*. <https://www.greendesignconsulting.com/single-post/lca-of-construction-products-from-material-extraction-to-end-of-building-life>
- Guggemos, A., & Horvath, A. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel- and Concrete-Framed Buildings. *Journal of infrastructure systems* 11, 93-101.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (4ta edición). Mc Graw Hill Education.
- Huella de carbono. (2025, 15 de febrero). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Huella_de_carbono
- Huijun, J. W., Zengwei, W. Y., Ling, Z., & Bi, J. (2012). Life cycle energy consumption and CO2 emission of an office building in China. *Int J Life Cycle Assess* Vol. 17, 105–118
- Ineria Management. (2023). *Carbon footprint of building materials*. <https://ineriamanagement.com/en/carbon-footprint-of-building-materials/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2021. S.l.: Comportamiento de la Economía Peruana en el Primer Trimestre de 2021. [en línea]. [consulta: 5 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/2950405-comportamiento-de-la-economia-peruana-en-el-primer-trimestre-de-2021>
- ISO. (2006). ISO 14040:2006. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

- Klöpffer, W., & Curran, M. A. (2014). *LCA Compendium - The Complete World of Life Cycle Assessment*. Springer.
- Labaran, Y., Mathur, V., Muhammad, S., & Musa, A. (2022). Carbon footprint management: A review of construction industry. *Cleaner Engineering and Technology*
- *Fuentes y contenido relacionado*, 9(100531), 3-7. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100531>
- López, A., & García, B. (2020). Life cycle assessment (LCA) in construction: Methods, applications, and outcomes. *International Journal of Engineering Research & Development*, 20(8), 350-358. <https://ijerd.com/paper/vol20-issue8/2008350358.pdf>
- Manglai. (2025). *Compensación de emisiones*. <https://www.manglai.io/glossary/compensacion-de-emisiones>
- Miranda, L., Neira, E., Torres, R., y Valdivia, R. (2018). La construcción sostenible en el Perú. *Economía y Sociedad*. Foro Ciudades para la Vida.
- Noi, C. Di, Citroth, A., & Srocka, M. (2017). openLCA 1.7, Comprehensive User Manual, (v. 1.1).
- Nueva ISO 14001. (2021, 16 de febrero). *¿Cómo calcular la huella de carbono con la norma ISO 14064 – 1:2019?* <https://www.nueva-iso-14001.com/2021/02/como-calcular-la-huella-de-carbono-con-la-norma-iso-14064-12019/>
- One Click LCA. (s. f.). *Over 50% of global emissions from construction & manufacturing*. <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/global-emissions-from-construction-and-manufacturing>
- One Click LCA. (s. f.). *Life-cycle assessment for green building experts explained*. <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/life-cycle-assessment-for-green-building-experts>
- One Click LCA. (s. f.). *10 Key facts about building life cycle assessment*. <https://oneclicklca.com/en-us/resources/articles/10-essential-facts-about-building-life-cycle-assessment>
- One Click LCA. (s. f.). *The importance of assessing the carbon footprint of buildings*. <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/analysing-life-cycle-carbon-footprint-of-buildings>
- Organización Internacional de Normalización. (2006). ISO 14040:2006(es), Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

- Ortiz, M. F., & Rozo, S. (2021). ¿De qué manera las estrategias basadas en construcción sostenible contribuyen a la generación de proyectos competitivos en Bogotá? *Colegio 74 de Estudios Superiores de Administración*. <https://repository.cesa.edu.co/handle/10726/4349>
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (Eds.)]. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.)]. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Pardo, N. S., Penagos, G. L., & Acevedo, H. (2022). Impactos ambientales asociados a la huella de carbono y la energía incorporada del ciclo de vida de una edificación en Medellín. *Informes de la Construcción*, 74(565), 1-10. <https://doi.org/10.3989/ic.82758>
- Planbe.eco. (s. f.). *Carbon footprint in the construction industry: Meaning, challenges and the future*. <https://planbe.eco/en/blog/carbon-footprint-in-the-construction-industry-meaning-challenges-and-the-future/>
- Pelgrims, M., Das, A., Correa, J., Morales, R., Morillo, J., Espinosa, M., Herrera, J., Mendez, J., Cadena, A., Lesschen, J., Arets, E., and Loboguerrero, A. (2020). *Propuesta de Actualización y Consolidación de Escenarios de Emisiones GEI Por Sector y Evaluación de Costos de Abatimiento Asociados En Colombia*. Ministerio de Ambiente. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/cambio-climatico-Informe-sobre-el-desarrollo-y-los-supuestos-para-la-realizacion-de-escenarios-de-referencia-ndc.pdf>
- PROCASA S.A.C. (s.f.). *Nosotros*. <https://procasa.pe/nosotros/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2023). *Global status report for buildings and construction*. <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>
- Quispe, L.T., Díaz, L.M., Maquera, C.E., Boluarte, D.A. (2022). *Plan de Implementación de Construcción Sostenible y Certificación Ambiental en un edificio*

mixto - Cusco. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/449c8ddc-e68d-42eb-8dc2-cc4056f7a29e>

- Reiter, S. (2010). Life Cycle Assessment of Buildings – a review. Obtenido de <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/96541/1/Paper-Reiter-2010.pdf>
- Rios, C. J. (2024). *Diseño y propuesta de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14001:2015 para la constructora inmobiliaria PROCASA S.A.C.* [Tesis de pregrado no publicada]. Universidad ESAN.
- Rondón, M. A. (2015). *Huella de Carbono y Neutralización como instrumentos de sostenibilidad*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/semanaclimatica/wp-content/uploads/sites/104/2015/06/1La-Huella-de-Carbono-y-Neutralizaci%C3%B3n-como-instrumentos-de-sostenibilidad.pdf>
- Scheuer, C., Keoleian, G., & Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and Buildings* 35, 1049–1064.
- Selectra. (s.f.). *Energías renovables: ¿Qué son y para qué sirven?* <https://climate.selectra.com/es/que-es/energias-renovables>
- Sustania Perú. (2024). *Greenbuilding, edgebuilding, cusco* [Publicación de LinkedIn]. LinkedIn. https://www.linkedin.com/posts/sustaniape_greenbuilding-edgebuilding-cusco-activity-7290451688946061312-3TA8/?originalSubdomain=es
- Uribe, M. J. (2022). *Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción* [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/183866>
- Vázquez-Rowe, I., Reyna, J., García-Torres, S., & Kahhat, R. (2015). Is climate change centric an optimal policy making strategy to set national electricity mixes? *Applied Energy* 159, 108-116.
- Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., & Sánchez, I. (2019). Perú LCA: launching the Peruvian national life cycle database. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 24, 2089–2090.
- Weya Academy. (2024, 15 de septiembre). *Guía Completa sobre la Norma ISO 14064: Medición y Reporte de Emisiones*. <https://weya.academy/guia-completa-iso-14064/>

- Zhang, Y., Wang, X., & Li, J. (2024). Hormigón de biocarbón: una revisión exhaustiva de sus propiedades, producción y sostenibilidad. *Casos Prácticos de Materiales de Construcción*, 20, e02859. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02859>

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología
¿Cómo se puede reducir la huella de carbono en la etapa de construcción estructural del edificio multifamiliar "Sevilla 107" de la empresa constructora PROCASA S.A.C. en la ciudad de Cusco, utilizando la metodología ISO 14040 para el año 2025?	Proponer estrategias de mitigación para reducir la huella de carbono en la etapa de construcción de viviendas multifamiliares de la empresa constructora PROCASA S.A.C. en la ciudad de Cusco, utilizando la metodología ISO 14040.	La aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) basado en la norma ISO 14040 permitirá evaluar y mitigar significativamente la huella de carbono generada en la fase de construcción del edificio multifamiliar "Sevilla 107" en Cusco.	Independiente:	Tipo:
			Procesos de construcción y selección de materiales.	Explicativo
				Enfoque: Mixto
				Diseño: No experimental transversal
			Dependiente:	Población: Proyecto inmobiliario de la empresa Procasa
			Huella de carbono total generada en la fase de construcción del edificio "Sevilla 107".	Muestra: Etapa de construcción del edificio "Sevilla 107"
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica		
¿Cuál es el impacto asociado al consumo de	Identificar y evaluar el impacto ambiental	El consumo de combustible durante las operaciones de	Variable Independiente: Cantidad y tipo de combustible	Técnicas e instrumentos:

combustible para la fase de construcción del edificio multifamiliar "Sevilla 107" de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?	asociado al consumo de combustible durante las operaciones de construcción y transporte del edificio 'Sevilla 107'.	construcción y transporte del edificio "Sevilla 107" representa una contribución significativa al impacto ambiental global de la fase de construcción, cuantificable a través del ACV.	utilizado en maquinaria de construcción y transporte.	- Análisis de fuentes documentadas - Observación cualitativa - Observaciones de campo - Monitoreo y análisis - Entrevistas y cuestionarios
			Variable Dependiente: Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) resultantes del consumo de combustible.	
¿Cuál es el impacto asociado a los materiales de construcción para la fase de construcción del edificio multifamiliar "Sevilla 107" de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?	Identificar y evaluar el impacto ambiental generado por los materiales de construcción utilizados en la construcción del edificio 'Sevilla 107'.	Los materiales de construcción empleados en el edificio "Sevilla 107" generan un impacto ambiental mensurable, siendo posible identificar aquellos materiales con mayor contribución a la huella de carbono	Variable Independiente: Tipos de materiales de construcción (cemento, acero, ladrillos, etc.).	
			Variable Dependiente: Emisiones de GEI asociadas a la producción y transporte de los materiales.	

		mediante el ACV.		
¿Qué alternativas de solución se pueden proponer para mitigar de manera efectiva los impactos identificados del ACV en la fase de construcción del edificio multifamiliar “Sevilla 107” de la empresa constructora PROCASA S.A.C.?	Proponer estrategias de mitigación efectivas para reducir los impactos ambientales identificados en el ACV de la fase de construcción del edificio 'Sevilla 107'.	La implementación de estrategias de mitigación, basadas en los resultados del ACV, conducirá a una reducción cuantificable de la huella de carbono generada en la fase de construcción del edificio "Sevilla 107".	Variable Independiente: Estrategias de mitigación implementadas.	
			Variable Dependiente: Reducción de la huella de carbono total.	

ANEXO B: Empresa PROCASA S.A.C.



ANEXO C: Rollo fotográfico del diagnóstico de la empresa







ANEXO D: Inventario de materiales modelados en el OpenLCA

ELEMENTO	PROCESO EN ECOINVENT	Unidad	Valor
CEMENTO APU TIPO I	Cement, Portland {PE} cement production, Portland APOS, U	Kg	45 827
VARILLA DE ACERO CORRUGADO 5/8	Reinforcing steel {RoW} production APOS, U	Kg	74 105
VARILLA DE ACERO CORRUGADO 1/2	Reinforcing steel {RoW} production APOS, U	Kg	87 218
VARILLA DE ACERO CORRUGADO 3/8	Reinforcing steel {RoW} production APOS, U	Kg	150 168
VARILLA DE ACERO CORRUGADO 1/4	Reinforcing steel {RoW} production APOS, U	Kg	17 087
VARILLA DE ACERO CORRUGADO 8 mm	Reinforcing steel {RoW} production APOS, U	Kg	2 631
ladrillo de techo 30x30 x15 cm	Clay brick {RoW} production APOS, U	Kg	109 200
TECNOFOR PARA JUNTAS DE DILATACION	Polystyrene, expandable {RoW} production APOS, U	Kg	747
PORCELANATO 60X60 (1.41 M2/CAJA)	Ceramic tile {CH} production APOS, U	Kg	50 315
CERAMICO GRIS 45 X 45	Ceramic tile {CH} production APOS, U	Kg	12 761
CERAMICO 30 X 60 BLANCO	Ceramic tile {CH} production APOS, U	Kg	11 750
CERAMICO 30 X 60 MULTICOLOR	Ceramic tile {CH} production APOS, U	Kg	2 793
ADOQUINES DE CONCRETO	Concrete block {RoW} production APOS, U	Kg	106 912
CABLE BULCANIZADO 2X12	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	10.91
CABLE N· 10 AWG	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	5.5

CABLE L50H CU 80° C 10 MM2	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	9.13
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 4MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	2 083
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 6MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	991
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 16MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	1 815
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 16MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	729
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 25MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	251
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 35MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	307
CABLE SINTOX N2X0H CU 90° C 95MM2 0,6/1KV NEGRO	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	110
CABLE COBRE 25 MM. (7 HILOS)	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	9.04
CABLE SINTOX N2X04 CU 90C150 MM2 0.6/1FV	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	731
CABLE SINTOX N2X04 CU 90C 6 MM2 0.6/1FV N	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	220
CABLE L50H CU 80C 35 MM2 450/750 V V/A	Cable, unspecified {GLO} production APOS, U	Kg	55.18
VIDRIO TEMPLADO 6 MM	Tempering, flat glass {RoW} processing APOS,	Kg	12 831

VIDRIO TEMPLADO 10 MM	Tempering, flat glass {RoW} processing APOS, U	Kg	187.5
PUERTA DE CARPINTERIA METALICA	Door, outer, wood-aluminium {RoW} production APOS, U	m2	85.51
PUERTA CONTRAPLACADA DE MADERA	Door, inner, wood {RoW} production APOS, U	m2	466.78
PINTURA COLOR BLANCO ESMALTE	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	741.45
PINTURA GLOSS BLANCO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	163.8
BASE ZINCOMATO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	656.6
PINTURA ESMALTE NEGRO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	97
PINTURA VENCELATEX BLANCO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	183.16
IMPRIMANTE	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	418
PINTURA SATINADA COLOR TEJA	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	120
PINTURA SATINADA COLOR MARFIL	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	72
PINTURA PIROXICILINA BLANCO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	251.25

PINTURA DE TRAFICO NARANJA	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	254.4
PINTURA DE TRAFICO BLANCO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	21.2
PINTURA DE TRAFICO AMARILLO	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	10.6
PINTURA DE TRAFICO VERDE	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	127.2
PINTURA DE TRAFICO AZUL	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state APOS, U	Kg	190.8
BISAGRAS DE 3X3	Steel, low-alloyed {RoW} steel production, converter, low-alloyed APOS, U	Kg	133.5
CERRADURA DE MANIJA CUADRADA	Steel, low-alloyed, hot rolled {RoW} production APOS, U	Kg	156
CERRADURA BLINDADA	Steel, unalloyed {RoW} steel production, converter, unalloyed APOS, U	Kg	11.9
LAVATORIO TIPO OVALIN	Sanitary ceramics {CH} production APOS, U	Kg	431.2
INODOROS	Sanitary ceramics {CH} production APOS, U	Kg	1036.2
URINARIO	Sanitary ceramics {CH} production APOS, U	Kg	298.7
URINARIO BAMBY	Sanitary ceramics {CH} production APOS, U		92
GRUPO ELECTRICO DE 120 KW (OCT 2018 - SET 2019)	Machine operation, diesel, >= 74.57 kW, generators {GLO} machine operation, diesel, >= 74.57 kW, generators APOS, U	Hr	8 760

TABLERO PROVISIONAL (MAYO 2024 - DICIEMBRE 2024)	Machine operation, diesel, >= 18.64 kW and <74.57 kW, steady-state {GLO} machine operation, diesel, >= 18.64 kW and < 74.57 kW, steady-state APOS, U	Hr	4 416
Tuberías y accesorios de PVC	Polyvinylchloride, suspension polymerised {RoW} polyvinylchloride production, suspension polymerisation APOS, U	Kg	22 748
Camión 20 m3	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RoW} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 APOS, U	Ton x km	6 028 049