



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y
GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN
HONDURAS**

SUSTENTADO POR:

MARTÍN ALEJANDRO MONTES BENÍTEZ

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE

**MÁSTER EN
ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZÁN, HONDURAS, C.A.

FEBRERO, 2025

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
UNITEC**

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTORA

ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA

SECRETARIO GENERAL/ PRORRECTOR

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL

JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA

DECANA DE FACULTAD DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY VARGAS

**OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y
GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN
HONDURAS**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE**

MÁSTER EN

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

ASESOR:

RIGOBERTO RODRIGUEZ ÁVILA

MIEMBROS DE LA TERNA:

JOSÉ GABRIEL ZORTO

JOSÉ ARIEL FLORES

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2025
Martin Alejandro Montes Benítez

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS

Martín Alejandro Montes Benítez

Resumen

La investigación abordó la optimización del cálculo de materiales y la gestión de residuos en el sector de la construcción en Honduras. El estudio identificó deficiencias significativas en la planificación de materiales y el manejo de residuos, destacando la falta de infraestructura adecuada, el uso predominante de métodos tradicionales y la escasa adopción de tecnologías avanzadas como BIM. A través de un análisis detallado, se propuso el seguimiento de la GUÍA DE ESTRATEGIAS INTEGRADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS (GEICHO), la cual combinó metodologías como Lean Construction, principios de economía circular y herramientas tecnológicas, con el objetivo de reducir costos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia operativa en los proyectos de construcción. Estas estrategias fueron diseñadas para ser aplicables a empresas de diferentes tamaños, con énfasis en pequeñas y medianas constructoras, buscando así fomentar prácticas sostenibles y competitivas en el sector.

Palabras claves: Cálculo de materiales, Gestión de Residuos, BIM, Lean Construction, Economía Circular.



GRADUATE SCHOOL

OPTIMIZATION OF MATERIAL ESTIMATION AND WASTE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION IN HONDURAS

Martin Alejandro Montes Benítez

Abstract

The research addressed the optimization of material estimation and waste management in the construction sector in Honduras. The study identified significant deficiencies in material planning and waste management, highlighting the lack of adequate infrastructure, the predominant use of traditional methods, and the limited adoption of advanced technologies such as BIM. Through a detailed analysis, the implementation of the GUIDE OF INTEGRATED STRATEGIES FOR THE OPTIMIZATION OF MATERIAL ESTIMATION AND WASTE MANAGEMENT IN CONSTRUCTION IN HONDURAS (GEICHO) was proposed. This guide combined methodologies such as Lean Construction, principles of circular economy, and technological tools to reduce costs, minimize environmental impact, and improve operational efficiency in construction projects. These strategies were designed to be applicable to companies of different sizes, with an emphasis on small and medium-sized construction firms, thus fostering sustainable and competitive practices in the sector.

Keywords: Material Estimation, Waste Management, BIM, Lean Construction, Circular Economy.

DEDICATORIA

A Dios por darme perseverancia, a mis padres Waldo y María por ser los pilares fundamentales desde los inicios de mi educación hasta el final. A mi novia Saidy por acompañarme y comprenderme en el camino para llevar a cabo este trabajo, a mi hermano Milton por apoyarme siempre en toda ocasión, a mi abuela Laura que no pudo acompañarme en este camino, pero sé que me guio de la mejor forma desde el cielo.

¡Esto se logró gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

A mis padres María Benítez y Waldo Montes por su amor y apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, los cuales siempre se esforzaron por darme todo lo necesario y así también el mejor ejemplo, lo cual agradeceré por el resto de mi vida.

A mi hermano Milton Montes por todo el apoyo que siempre me ha brindado, desde mi niñez y quien se convirtió en uno de mis mejores amigos, de él me llevo su ejemplo de constancia y fuerza ante las adversidades.

A mi Novia Saidy Betancourth por todo el apoyo, amor y confianza que deposito en mi desde que la conocí y que me ayudo durante este corto camino.

A cada uno de mis amigos, Kevin, Gerardo, Arnold, Sharon, Ilianna con quienes compartí tanto alegrías como tristezas, fueron un apoyo incondicional en mi vida universitaria a nivel de pregrado, y que se convertirán en amigos durante toda mi vida.

A UNITEC, a mis docentes por su paciencia, entendimiento a lo largo de este proceso. En especial al Máster Rigoberto Rodríguez Ávila por su dedicación y entendimiento hacia mi persona.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	12
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.5 JUSTIFICACIÓN	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.	17
2.1.1 Situación Actual de Residuos Sólidos en Honduras.....	17
CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	18
2.1.2 Cálculo de Materiales de Construcción en Honduras.....	20
2.2 CONCEPTUALIZACIÓN	21
2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO	23
2.3.1 BASES TEÓRICAS.....	23
2.3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS	28
2.4 MARCO LEGAL	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	30
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	30
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA	30
3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO	31
3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	32
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	32
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3.1 POBLACIÓN	33
3.3.2 MUESTRA.....	33
3.3.3 TÉCNICAS DE MUESTREO	34
3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS	35

3.5	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	35
3.5.1	FUENTES PRIMARIAS.....	35
3.5.2	FUENTES SECUNDARIAS	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		36
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		55
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....		60
6.1	NOMBRE DE LA PROPUESTA	60
6.2	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	60
6.4	DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO.....	61
6.4.1	DESCRIPCIÓN	61
6.4.2	DESARROLLO.....	62
6.4.3	ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO.....	67
6.4.4	PLAN DE CALIDAD	68
6.4.5	ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RECURSOS (EDR).....	69
6.4.6	GUÍA DE ESTRATEGIAS INTEGRADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS (GEICHO	72
6.6	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO.....	97
6.3	CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		107
ANEXOS.....		110
	ENCUESTA APLICADA.....	110

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Honduras enfrenta desafíos significativos en la gestión de materiales y residuos, lo que impacta negativamente en la eficiencia operativa, los costos de los proyectos y la sostenibilidad ambiental. Actualmente, la falta de precisión en el cálculo de materiales genera un alto porcentaje de desperdicio, lo que incrementa los costos de obra y reduce la rentabilidad de las empresas constructoras. Además, la ausencia de un sistema estructurado para la gestión de residuos contribuye al deterioro ambiental y dificulta el cumplimiento de normativas internacionales de sostenibilidad.

En Honduras, la planificación de materiales y la gestión de residuos se realizan mayoritariamente con métodos tradicionales, lo que limita la adopción de tecnologías como BIM (Building Information Modeling) y prácticas avanzadas de Lean Construction. Esto se traduce en ineficiencias operativas, sobrecostos en los proyectos y un uso ineficiente de los recursos disponibles.

La presente investigación busca abordar esta problemática a través del diseño e implementación de estrategias integradas que combinen herramientas tecnológicas avanzadas, metodologías probadas y principios de economía circular. Se plantea el desarrollo de una Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO), que servirá como un modelo práctico para mejorar la planificación, reducir los residuos y fomentar la sostenibilidad en el sector construcción.

1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La gestión de residuos en la construcción es un tema crucial debido al alto porcentaje que genera la industria. Tal circunstancia provoca inconvenientes en gestiones administrativas, utilizando la mano de obra y equipo de forma inadecuada. Los residuos de construcción tienen un impacto directo en el presupuesto de los proyectos de obra civil debido a los costos asociados con su manejo y disposición. La optimización de la gestión de residuos puede llevar a una reducción significativa de costos, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.



Figura 1. Residuos en la Construcción.

Fuente: (Interempresas, 2017).

- “Se identificó que un aproximado del 90% del total de los municipios del país (267 municipios), no cuentan con manejo y sitios de disposición final adecuados para los residuos sólidos.” (Equipo Técnico del Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras, 2021)
- “Las herramientas de planificación han ayudado a reducir desperdicios de toda clase, como, por ejemplo, Last Planner System, una de las herramientas dentro de Lean Construction, reduce el desperdicio mediante la minimización de tiempos, información o materiales de reserva” (Alejandro Vásquez Herrera, 2015)
- "La implementación de estrategias de optimización en la gestión de residuos de construcción es fundamental para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la (Interempresas, 2017)industria. Entre las principales estrategias se encuentran la reducción en la fuente, que aboga por un diseño de proyectos que minimice la

generación de residuos desde el inicio; la reutilización de materiales, que promueve el uso de materiales recuperados en nuevos proyectos; y el reciclaje de residuos, que establece sistemas para la separación y procesamiento de residuos en nuevos productos. Además, la educación y capacitación de los trabajadores en prácticas sostenibles y la implementación de políticas y regulaciones gubernamentales son esenciales para el éxito a largo plazo de estas estrategias. La reducción en la fuente puede lograrse mediante el uso de técnicas como el diseño modular y prefabricado, que permiten un mayor control sobre la cantidad de materiales utilizados. La reutilización de materiales como concreto, ladrillos y acero no solo reduce los residuos, sino que también disminuye los costos asociados con la adquisición de nuevos materiales. El reciclaje de residuos requiere la creación de infraestructuras adecuadas, como plantas de reciclaje dedicadas, que pueden procesar una variedad de materiales. Por último, la capacitación continua y la implementación de políticas incentivadoras son cruciales para mantener y fomentar prácticas óptimas en la gestión de residuos. (Weisheng Lu, 2011)

Aunque el desperdicio de materiales puede parecer un problema técnico del calculista, también puede tener raíces culturales, involucrando costumbres, creencias y valores específicos de cada región. Esto puede resultar en un aumento de los costos de materiales y mano de obra.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La gestión inadecuada de residuos en la construcción en Honduras genera impactos negativos ambientales y económicos, incrementando costos operativos y afectando el presupuesto de los proyectos debido al desperdicio de materiales y los costos de eliminación.

1. ¿Cómo afectan las prácticas actuales de gestión de residuos en la construcción al presupuesto de los proyectos en Honduras?
2. ¿Qué estrategias de optimización pueden reducir el desperdicio de materiales en proyectos de construcción?
3. ¿Cuáles son los principales desafíos en la gestión de residuos de construcción en el contexto hondureño?
4. ¿Qué impacto económico tienen las estrategias de gestión de residuos en el costo total de un proyecto de construcción?
5. ¿Qué medidas pueden implementarse para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos en la industria de la construcción en Honduras?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General: Desarrollar estrategias de optimización para la gestión de residuos y el cálculo de materiales en la construcción en Honduras, con el fin de reducir costos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia operativa en los proyectos.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar el impacto de las prácticas actuales de gestión de residuos en la construcción sobre el presupuesto de los proyectos en Honduras, identificando los principales factores que incrementan los costos operativos.
2. Investigar las estrategias de optimización en la gestión de residuos de construcción que pueden implementarse para reducir el desperdicio de materiales y mejorar la rentabilidad de los proyectos.

3. Identificar los principales desafíos en la gestión de residuos de construcción en el contexto hondureño, analizando las barreras culturales, tecnológicas y económicas que afectan su implementación efectiva.
4. Cuantificar el impacto económico de las estrategias de gestión de residuos en el costo total de los proyectos de construcción en Honduras, analizando casos de estudio locales.
5. Proponer medidas y recomendaciones para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos en la industria de la construcción en Honduras, considerando las mejores prácticas internacionales adaptadas al contexto local.



Figura 2. Gestión de Residuos en la Construcción.

Fuente: (Canarias, 2008).

1.5 JUSTIFICACIÓN

La construcción, siendo una de las industrias más relevantes en Honduras, enfrenta desafíos significativos relacionados con la gestión ineficiente de materiales y residuos. Este problema no solo afecta la sostenibilidad ambiental, sino que también incrementa los costos operativos de los proyectos. La ausencia de normativas estrictas, la falta de adopción de tecnologías avanzadas, y una infraestructura insuficiente para el reciclaje han perpetuado estas prácticas ineficientes.

La importancia de esta investigación radica en abordar el impacto económico y ambiental de la gestión de residuos, así como en la optimización del cálculo de materiales en el sector de la construcción. Proponer estrategias efectivas no solo ayudará a mitigar los efectos negativos actuales, sino que también fomentará prácticas más sostenibles en un entorno en el que predominan pequeñas y medianas empresas con recursos limitados. Además, este estudio es un aporte para consolidar la economía circular en Honduras, promoviendo la reutilización y reciclaje de materiales como parte integral del ciclo constructivo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

2.1.1 Situación Actual de Residuos Sólidos en Honduras

En las últimas décadas, la producción de residuos sólidos (basura) en Honduras experimentó cambios significativos debido al crecimiento poblacional, que demanda más bienes de consumo y el aumento de la producción, y la significativa migración de la población rural a centros urbanos. Según estimaciones del INE, la tasa de crecimiento poblacional de Honduras fue de 1.99 por ciento en 2013 y de 1.64 por ciento en 2016. (Estadística, 2022)



Figura 3. Crematorio Municipal Comayagüela

Fuente: (CONTRACORRIENTE, 2020).

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El manejo de los residuos sólidos se ha clasificado de acuerdo a los estándares internacionales y convenios suscritos entre Honduras y organismos internacionales. El reglamento para la gestión ambiental racional de las sustancias químicas en Honduras (artículos números 13 y 16) define la clasificación de los residuos sólidos en:

- Especiales domésticos, industriales, comerciales, hospitalarios y radioactivos.
- No especiales: domésticos e industriales y comerciales.
- Inertes: construcción, demolición y desastres naturales.
- Los peligrosos se definen según las características de su material: inflamabilidad, reactividad, toxicidad, corrosividad, explosividad, etcétera.

Y en el artículo 21 del mismo reglamento se establecen las etapas de la gestión y el manejo de residuos sólidos.

- Prevención.
- Recolección, reutilización y reciclaje.
- Almacenamientos y acondicionamiento.
- Disposición final.

Es importante conocer la caracterización y composición de los residuos municipales (que se presentan en el **gráfico**) para implementar el mecanismo seguro y la metodología de disposición final.

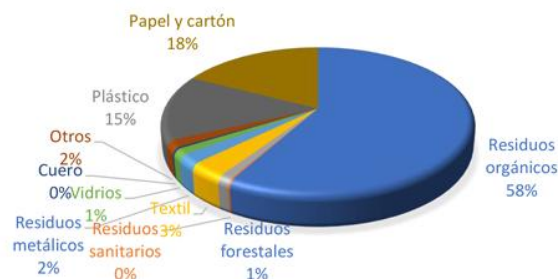


Figura 4. Caracterización de los Residuos Sólidos.

Fuente: (Estadística, 2022).

El manejo de los residuos enfocado en la industria de la construcción en Honduras es un área inexplorada, que enfrenta destacables desafíos. Las normativas vigentes relacionada con la gestión ambiental y residuos, existen, pero no son implementadas de manera efectiva. Entre algunos de los principales problemas tenemos:

- **Falta de infraestructura adecuada:** No existen suficientes instalaciones de reciclaje de materiales. Como resultado, la mayoría de los residuos de construcción terminan en vertederos, ríos o crematorios, lo que aumenta la presión sobre estos espacios y genera problemas ambientales como la contaminación del suelo y del agua superficial y subterránea.
- **Falta de cultura de sostenibilidad:** Si bien algunas empresas grandes han comenzado a integrar prácticas más sostenibles en sus proyectos, la conciencia y la implementación generalizada de buenas prácticas de gestión de residuos sigue siendo baja.
- **Incentivos insuficientes para el reciclaje:** No hay incentivos por parte del gobierno o de las autoridades locales para que las empresas constructoras gestionen adecuadamente los residuos. El costo de las prácticas de reciclaje puede ser una barrera para su adopción, especialmente para las pequeñas empresas.
- **Marco regulatorio débil:** Aunque hay normativas ambientales, su cumplimiento es irregular, y no siempre se supervisa adecuadamente.

La gestión adecuada de residuos en la construcción implica no solo la recolección y eliminación adecuada de los desechos, sino también la implementación de estrategias que prevengan la generación de residuos desde el diseño del proyecto. Esto incluye prácticas como la reutilización de materiales, la prefabricación, y el reciclaje de componentes como el concreto, los metales y los residuos de demolición. Sin embargo, en muchos países en vías de desarrollo, estas estrategias enfrentan barreras significativas debido a la falta de infraestructura de reciclaje, la ausencia de políticas que promuevan la economía circular, y la falta de incentivos para las empresas constructoras. La gestión ineficiente de residuos no solo tiene un impacto ambiental, sino que también incrementa los costos a largo plazo para las empresas y las comunidades involucradas en estos proyectos.

2.1.2 Cálculo de Materiales de Construcción en Honduras

En el sector de la construcción en Honduras, el cálculo de materiales sigue siendo un reto debido a la falta de estandarización en los métodos de estimación y la limitada adopción de tecnologías avanzadas. Las empresas constructoras, especialmente las pequeñas y medianas, tienden a depender de métodos tradicionales como las hojas de cálculo y el cálculo manual, lo que a menudo resulta en imprecisiones significativas. Estas imprecisiones pueden llevar tanto a la sobreestimación de materiales, lo que incrementa los costos y genera desperdicio, como a la subestimación, que provoca retrasos en los proyectos debido a la falta de insumos durante la ejecución.

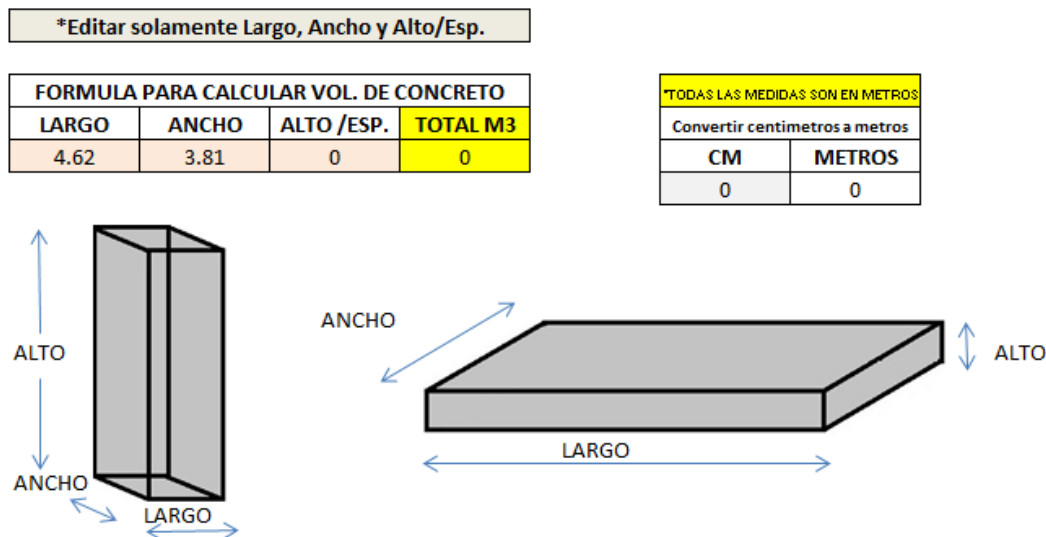


Figura 5. Ejemplo Hojas Excel para Cálculo de Materiales (Métodos Tradicionales)

Fuente: (RG, 2020).

En contraste, algunas empresas grandes han comenzado a adoptar tecnologías avanzadas como el Modelado de Información de Construcción (BIM), que permite una mayor precisión en la planificación y el cálculo de los materiales necesarios desde la fase de diseño hasta la construcción final. BIM facilita la coordinación entre las distintas partes involucradas en el proyecto y reduce los errores humanos que son comunes en los métodos manuales. Sin embargo, la adopción de BIM en Honduras es aún limitada debido a los altos costos iniciales de implementación y a la falta de personal capacitado.

A pesar de estos avances en algunas empresas, existe una falta de normativas claras que exijan el uso de tecnologías de optimización de materiales. Esto ha perpetuado el uso de métodos

ineficientes y ha limitado la modernización del sector. Además, la inversión en capacitación técnica para el uso de software especializado es baja, lo que impide a muchas empresas beneficiarse de herramientas que podrían mejorar significativamente la precisión en las estimaciones y reducir el desperdicio de materiales.

2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

En la presente investigación se abordan conceptos claves y característicos que son fundamentales para comprender la problemática del cálculo de materiales y la gestión de residuos en el sector construcción en Honduras. Los conceptos que se presentarán proporcionarán entendimiento del marco teórico que sustentara el desarrollo de las estrategias de optimización propuestas. A continuación, se definen los términos más relevantes:

1. **Cálculo de materiales de construcción:** Se refiere a la estimación de la cantidad de insumos necesarios para la elaboración de un proyecto de obra civil. Este proceso incluye el análisis de los planos, especificaciones técnicas y documentos necesarios para el cálculo. (España, 2024)
2. **Gestión de residuos en la construcción:** La gestión de residuos en la construcción comprende el conjunto de acciones destinadas a la reducción, reutilización, reciclaje y correcta disposición de los desechos generados durante las fases de demolición, construcción y remodelación de infraestructuras. Los residuos de construcción y demolición (RCD) incluyen materiales como concreto, ladrillos, metales, plásticos, y madera, entre otros.
3. **Optimización del cálculo de materiales:** La optimización del cálculo de materiales busca maximizar el uso eficiente de los insumos en un proyecto de construcción, minimizando tanto los desperdicios como los costos. Para lograrlo, es necesario el uso de herramientas tecnológicas avanzadas, como el Modelado de Información de Construcción (BIM) y sistemas de planificación como Lean Construction. (Eastman).
4. **Principios de Gestión de Proyectos (PMBOK®):** Los 12 principios del PMBOK® son guías fundamentales para liderar proyectos de manera eficiente y efectiva. Estos principios se aplican transversalmente a cualquier sector, incluyendo la

construcción, y proporcionan una base sólida para la planificación y ejecución de proyectos sostenibles. En el contexto de la presente investigación, estos principios permiten alinear los objetivos de la gestión de residuos y la optimización de materiales con una metodología estructurada.

5. **Economía circular:** La economía circular es un concepto que promueve la reutilización, reciclaje y regeneración de productos y materiales para reducir el impacto ambiental y fomentar un uso más eficiente de los recursos. En el contexto de la construcción, este concepto se refiere a la implementación de estrategias que minimicen la generación de residuos desde el diseño del proyecto y promuevan el uso de materiales reciclables.
6. **Modelado de Información de Construcción (BIM):** El BIM es una herramienta tecnológica que permite la planificación y modelado tridimensional de proyectos de construcción. BIM ayuda a mejorar la coordinación entre las diferentes partes involucradas en un proyecto, ya que proporciona una visión integrada y precisa de los requerimientos de materiales. Además, es útil para prever y reducir los errores humanos, optimizando la cantidad de materiales necesarios y evitando tanto la sobreestimación como la subestimación.
7. **Lean Construction:** Lean Construction es una metodología que busca aumentar la eficiencia en los procesos constructivos al eliminar actividades que no agregan valor, como los tiempos de espera, el exceso de inventario y el desperdicio de materiales. Dentro de Lean Construction, el Last Planner System es una herramienta clave para la planificación y control de proyectos que ayuda a reducir los desperdicios en tiempo, mano de obra y materiales. (Institute, 2024).

2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO

2.3.1 BASES TEÓRICAS

En el marco de la optimización del cálculo de materiales y la gestión de residuos en la construcción, es crucial fundamentar el estudio en teorías o enfoques probados que guíen la investigación hacia soluciones y enunciados efectivos. A continuación, se presentarán las teorías clave para esta investigación:

1. Teoría del Lean Construction: esta teoría adapta los principios del Lean Manufacturing al sector de la construcción, con el objetivo de maximizar el valor para el cliente mientras se minimizan los desperdicios. Entre las herramientas claves del Lean Construction se encuentra el Last Planner System es un sistema para la producción de proyectos que promueve la creación de un flujo de trabajo predecible entre las distintas partes para lograr resultados confiables. El LPS® permite detectar posibles obstáculos y abordarlos antes de que ralenticen el flujo. (Institute, 2024)

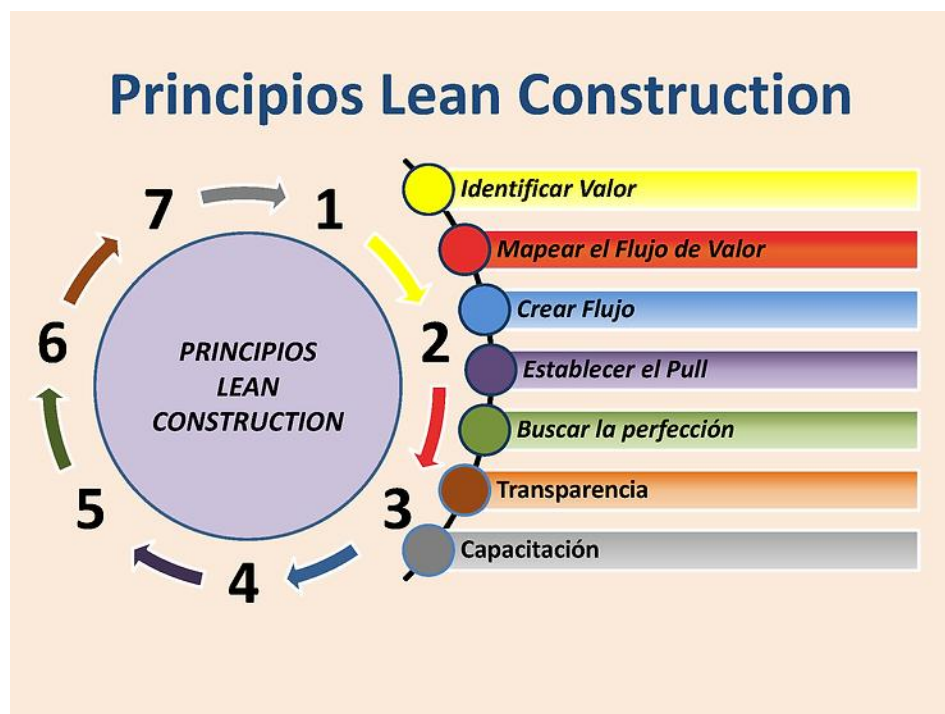


Figura 6. Principios Lean Construction.

Fuente: (Medina, 2021).

2. Modelado de Información de Construcción (BIM): El Modelado de Información de Construcción (BIM) utiliza modelos digitales para representar y gestionar la información de los proyectos de construcción a lo largo de su ciclo de vida. BIM permite la integración de datos de diseño, construcción y operación en un único modelo digital. El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación. BIM facilita la coordinación y comunicación entre los diferentes actores del proyecto, mejora la precisión en el cálculo de materiales y permite una visualización detallada del proyecto. Su adopción en la construcción puede reducir errores, mejorar la planificación y optimizar el uso de recursos. Sin embargo, la implementación de BIM puede enfrentar desafíos debido a los costos iniciales y la necesidad de capacitación especializada

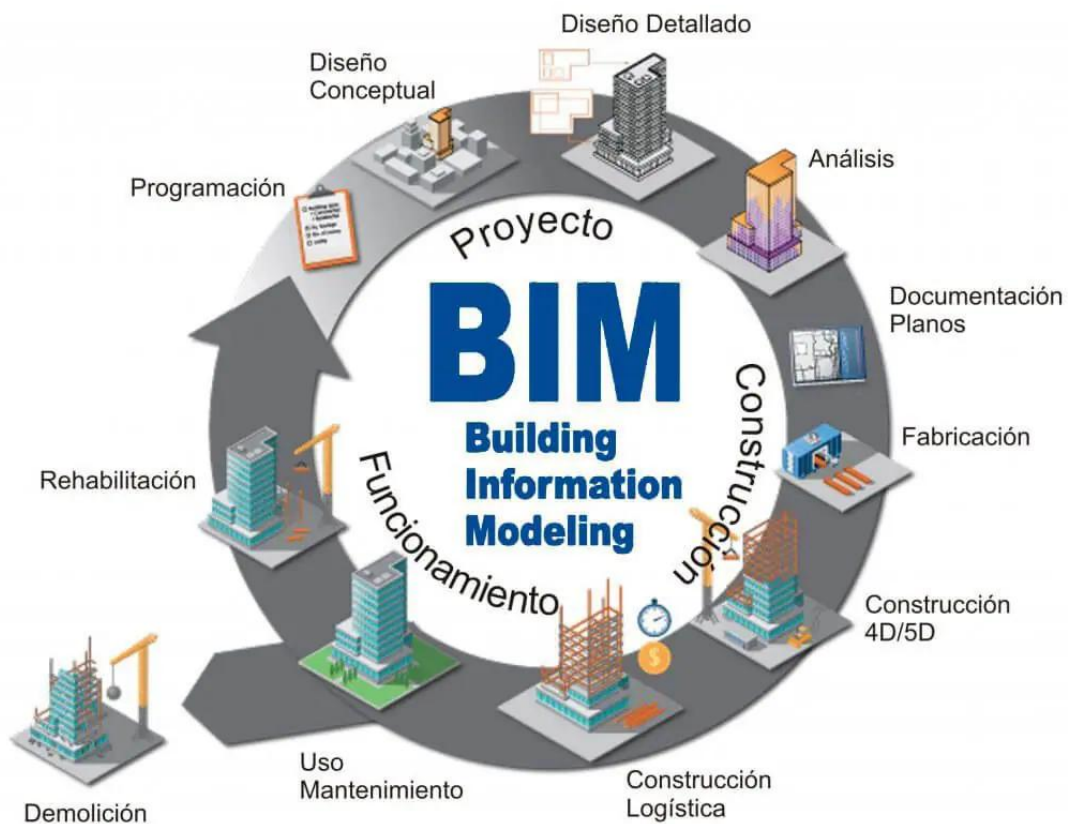


Figura 7. Modelado BIM.

Fuente: (360, 2019).

3. Teoría de la Economía Circular: La Teoría de la Economía Circular promueve un sistema económico que minimiza el desperdicio y maximiza el uso de los recursos a través de la reutilización, el reciclaje y la reparación. Este enfoque busca crear un ciclo continuo de producción y consumo que reduzca el impacto ambiental. Uno de los motivos para avanzar hacia una economía circular es el aumento de la demanda de materias primas y la escasez de recursos. Varias materias primas cruciales son finitas y, como la población mundial crece, la demanda también aumenta. (EUROPEO, 2024)



Figura 8. Modelo Economía Circular

Fuente: (Páez, 2023).

4. Principios de Gestión de Proyectos (PMBOK®): Los 12 principios del PMBOK® son guías fundamentales para liderar proyectos de manera eficiente y efectiva. Estos principios se aplican transversalmente a cualquier sector, incluyendo la construcción, y proporcionan una base sólida para la planificación y ejecución de proyectos sostenibles. En el contexto de la presente investigación, estos principios permiten alinear los objetivos de la gestión de residuos y la optimización de materiales con una metodología estructurada.

2.3.2 Metodologías Desarrolladas por Otros Investigadores

En el campo de la construcción, diversos investigadores han desarrollado metodologías enfocadas en la optimización del cálculo de materiales y la gestión de residuos. Estas metodologías buscan reducir el impacto ambiental y los costos asociados, promoviendo prácticas sostenibles. A continuación, se resumen algunas contribuciones relevantes:

1. Gestión de Residuos en Construcción Civil:

(Meza, 2011) desarrolló un enfoque centrado en el control de materiales significativos (como acero y concreto) debido a su alto impacto económico y generación de residuos. Esta metodología incluyó:

- Registro y monitoreo constante de consumos.
- Análisis de tendencias en indicadores de productividad.
- Implementación de ajustes en procesos constructivos para reducir residuos y optimizar recursos

2. Plan de Gestión de Residuos para Edificaciones Multifamiliares:

(Lozano, 2021) propuso un plan de gestión de residuos enfocado en proyectos de vivienda en Ecuador. Esta metodología abordó:

- Evaluación de procesos de producción de residuos por etapas constructivas (obra gris y acabados).
- Identificación de materiales reutilizables y reciclables.
- Diseño de un plan integral que incluye la promoción de políticas públicas y estándares de

sostenibilidad

3. Análisis de Residuos en Edificaciones Urbanas:

(Capellan, 2021) investigó la falta de sistemas de reutilización en proyectos urbanos y propuso:

- El uso de matrices de categorización para caracterizar residuos sólidos.
- Desarrollo de estrategias para reducir gastos innecesarios mediante la reutilización de materiales

4. Certificación de Edificios Sustentables:

(González, 2018) integró criterios de evaluación ambiental en la certificación de edificios sustentables. Su propuesta incluyó:

- Análisis del ciclo de vida de materiales.
- Diseño para la reutilización y reciclaje de componentes.
- Adaptación de metodologías internacionales al contexto local

Las metodologías revisadas convergen en la necesidad de integrar prácticas sostenibles en todas las etapas del ciclo constructivo, desde el diseño inicial hasta la disposición final de residuos. A pesar de las diferencias en los contextos nacionales, estos estudios comparten puntos clave:

1. La monitorización y control de materiales son fundamentales para reducir costos y mejorar la eficiencia.
2. La caracterización y clasificación de residuos permite diseñar estrategias específicas para su reutilización y reciclaje.
3. Los planes de gestión integral y las normativas locales son esenciales para incentivar el cambio hacia una construcción más sostenible.
4. El uso de indicadores de productividad y metodologías certificadas fortalece el impacto de estas prácticas, alineándolas con estándares internacionales.

Estas investigaciones ofrecen un marco valioso que puede adaptarse a diferentes entornos, incluyendo el contexto hondureño, para optimizar los procesos constructivos y fomentar la sostenibilidad ambiental y económica en el sector.

2.3.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para poder llevar a cabo la metodología que integra Lean Construction, Principios de Gestión de Proyectos (PMBOK®), BIM, y los principios de la Economía Circular se necesitan variedad de instrumentos que van desde herramientas tecnológicas hasta procedimientos teóricos puros.

- **Softwares de Modelado de la Información de la Construcción (BIM):** Softwares como Autodesk Revit y Autodesk Civil 3d son esenciales para poder generar modelos digitales detallados de los proyectos, los mismos tienen la capacidad de cuantificar los materiales de forma precisa y eficaz.
- **Last Planner System:** Instrumentos como Tablero Kanban y software como Microsoft Project son de apoyo en la aplicación del sistema Last Planner. Estos instrumentos garantizan gestionar el cronograma de trabajo evitando demoras o excesos de materiales.
- **Software de gestión de proyectos:** Herramientas como Trello o Monday.com ayudan a coordinar tareas y garantizan el flujo de trabajo este alineado con los principios del Lean, eliminando pérdidas de tiempo y recursos.
- **Economía Circular:** Las bases de datos de materiales potencialmente reciclables y un sistema de gestión de inventario ayudará a identificar y clasificar los materiales reutilizables para otros proyectos.
- **Encuestas:** Dará como resultado opiniones desde diferentes perspectivas, identificando mejoras en la teoría que impacten directamente en su implementación.

2.4 MARCO LEGAL

Tabla 1. Marco Legal.

Materia	Marco Jurídico	Institución	Descripción
Gestión de residuos sólidos	Ley General del Ambiente (Decreto No. 104-93)	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (Mi Ambiente)	Regula la protección del ambiente, incluyendo la gestión de residuos sólidos. Establece pautas para el manejo adecuado de residuos en la construcción.
Gestión de residuos de construcción	Reglamento de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Acuerdo Ejecutivo No. 025-2012)	Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras	Norma sobre la disposición final de residuos sólidos generados por actividades productivas, incluyendo la construcción, promoviendo la minimización, reutilización y reciclaje.
Economía Circular	Ley para la Promoción de la Economía Verde (Decreto No. 181-2016)	Secretaría de Desarrollo Económico (SDE)	Fomenta la aplicación de principios de economía circular en procesos productivos, promoviendo la sostenibilidad en la construcción.
Impacto ambiental de los proyectos de construcción	Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental (Decreto No. 189-2009)	Instituto de Conservación Forestal (ICF) y Mi Ambiente	Obliga a realizar estudios de impacto ambiental para proyectos de construcción, regulando el manejo de residuos y la mitigación de daños ambientales.
Uso eficiente de los recursos y sostenibilidad	Ley de Energía Renovable (Decreto No. 70-2007)	Comisión Nacional de Energía (CNE)	Promueve el uso eficiente de materiales y energías renovables en la construcción, facilitando la implementación de principios sostenibles.
Normativa técnica de construcción	Código Nacional de Construcción (Decreto No. 161-2007)	Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras (CICH) y Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos (INSEP)	Establece requisitos sobre la calidad de materiales y las mejores prácticas para minimizar desperdicios en la construcción.
Estimación y control de costos	Ley de Contratación del Estado (Decreto No. 74-2001)	Oficina Normativa de Contratación y Adquisiciones del Estado (ONCAE)	Regula los contratos de construcción, exigiendo el control de costos y la correcta estimación de materiales para evitar sobrecostos y desperdicios.

Fuente: (Propia, 2024)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

Tabla 2 Matriz Metodológica

Objetivo	Pregunta de Investigación	Variable Principal	Método de recolección de datos	Técnica de análisis
Analizar el impacto de las prácticas actuales de gestión de residuos en el presupuesto de los proyectos de construcción.	¿Cómo afectan las prácticas actuales de gestión de residuos en la construcción al presupuesto de los proyectos?	Gestión de residuos	Encuestas a Ingenieros Civiles Documentación con Estudios Previos	Análisis de estadísticas encontradas
Investigar las estrategias de optimización en la gestión de residuos de construcción que pueden implementarse para reducir el desperdicio de materiales y mejorar la rentabilidad de los proyectos.	¿Qué estrategias de optimización pueden reducir el desperdicio de materiales en proyectos de construcción?	Estrategias de Optimización	Revisión documental (estudios previos, literatura científica)	Análisis cualitativo (contenido) y comparación de casos
Cuantificar el impacto económico de las estrategias de gestión de residuos en los costos totales de un proyecto.	¿Qué impacto tienen las estrategias de gestión de residuos en los costos de construcción?	Impacto económico	Encuesta a Ingenieros Civiles. Literatura de Artículos de Revistas Científicas. Tesis de Postgrado.	Evaluación financiera de costos
Proponer medidas que mejoren la eficiencia en la gestión de residuos y cálculo de materiales.	¿Qué medidas pueden mejorar la gestión de residuos en el sector de la construcción en Honduras?	Medidas de mejora	Consultas a expertos y estudios de caso	Análisis descriptivo de costos.

Fuente: (Propia, 2024).

3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

Este esquema define las variables independientes y dependientes que serán fundamentales para la investigación.

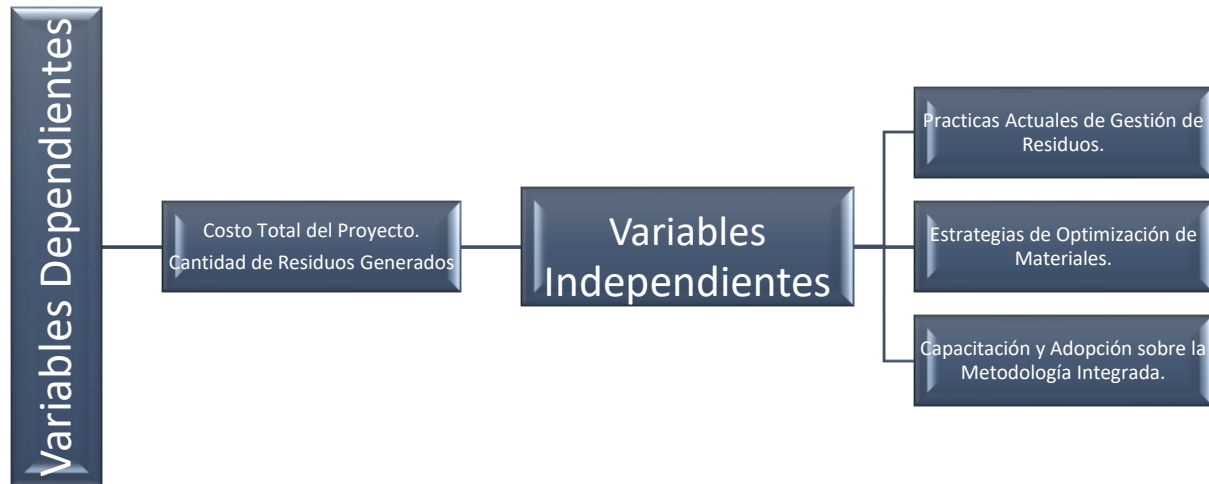


Gráfico 1. Esquema de Variables de Estudio.

Fuente: (Propia, 2024).

3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 3. Operacionalización de las Variables.

Variable	Concepto	Operacionalización
Gestión de residuos	Acciones implementadas en los proyectos de construcción con el fin de reducir, reutilizar y reciclar los residuos generados durante el proceso constructivo.	Prácticas implementadas en las obras de construcción para el manejo eficiente de los residuos generados.
Costo total de proyectos	El costo total asociado a la construcción de un proyecto, incluyendo los costos de gestión de residuos y la compra de materiales.	Valor monetario total destinado a la eliminación de residuos y compra de materiales en un proyecto de construcción.
Eficiencia en cálculo de materiales	Capacidad para determinar de manera precisa las cantidades exactas de materiales necesarios para el proyecto, reduciendo al máximo los errores y el desperdicio.	Precisión en la estimación de materiales necesarios para completar el proyecto, minimizando los desperdicios.

Fuente: (Propia, 2024).

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

El enfoque que sustenta esta investigación es mixto, integrando tanto el análisis cuantitativo como el cualitativo. Con el análisis cuantitativo, se busca cuantificar los costos y desperdicios generados en los proyectos de construcción, con el fin de obtener datos objetivos que permitan una evaluación precisa de su impacto. Por otro lado, el enfoque cualitativo se emplea para recopilar y analizar las percepciones de los ingenieros civiles sobre las mejores prácticas aplicadas en la optimización del cálculo de materiales y la gestión de residuos.

El método de recolección de datos se divide en dos partes:

- **Cuantitativo:** Se aplicarán encuestas estructuradas a Ingenieros Civiles en la ciudad de San Pedro Sula para obtener datos cuantificables sobre costos, tipos de residuos y prácticas en la gestión de materiales.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación sigue un diseño descriptivo y exploratorio. Descriptivo ya que se plantea detallar las prácticas actuales del cálculo de materiales y la gestión de residuos. Exploratorio porque se busca investigar estrategias no implementadas en Honduras, pero efectivas en otros países similares.

3.3.1 POBLACIÓN

La población objetivo de estudio son los ingenieros civiles que trabajan en proyectos de construcción en Honduras. Para esta población relevante no se incluye un rango de edad, ya que es necesario saber los diferentes niveles de implementación de tecnologías y prácticas que tienen los ingenieros civiles.

3.3.2 MUESTRA

Para determinar el tamaño de la muestra para esta investigación, se utilizarán las fórmulas tradicionales para el cálculo muestral. Se seleccionó la muestra considerando los ingenieros civiles que trabajan en proyectos de construcción en San Pedro Sula, ya que representan un segmento clave del sector en Honduras. Se aplicó un muestreo por conveniencia, ya que el acceso a esta población específica facilita la recopilación de datos relevantes para la investigación. El tamaño de la muestra se ha calculado considerando la población de ingenieros civiles que trabajan en proyectos en la ciudad de San Pedro Sula, población consultada en la oficina de secretaría del CICH CAPITULO NOROCCIDENTAL, una de las principales ciudades de desarrollo en infraestructura en Honduras. Se utilizó la fórmula estadística adecuada para variables categóricas, como las percepciones y prácticas de los ingenieros respecto a la gestión de residuos:

$$n = \frac{PQZ^2N}{PQZ^2 + e^2N}$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra.
- P es la proporción estimada de ingenieros civiles a la que se le aplican las encuestas, estimada en un 80% para esta investigación.

- Q es la proporción sobrante o complementaria, en este caso un 20%.
- Z es el valor correspondiente al nivel de confianza del 95%, equivalente a 1.96.
- N es el tamaño de la población de ingenieros civiles en San Pedro Sula, estimada en 1200. (**Dato consultado en secretaría del CICH CAPITULO NOR-OCCIDENTAL**)
- e es el margen de error, que se ha definido en un 10%.
- Se seleccionó p=0.80 y q=0.20 debido a que estudios previos sobre la adopción de tecnologías en la industria de la construcción han demostrado que un alto porcentaje de ingenieros civiles tiene experiencia en gestión de materiales y residuos, pero no necesariamente en su optimización. El uso de p=0.80 refleja un escenario realista basado en la información recolectada en investigaciones previas, en lugar del valor conservador de p=0.50, que se usa cuando no se tiene conocimiento previo de la población.

Cálculo:

$$n = \frac{0.80 \times 0.20 \times (1.96^2) \times 1200}{0.80 \times 0.20 \times (1.96^2) + 0.10^2 \times 1200}$$

$$n = 58.47$$

El tamaño de la muestra es de 60 ingenieros civiles en la ciudad de San Pedro Sula.

Este valor redondeado garantiza un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 95%.

3.3.3 TÉCNICAS DE MUESTREO

Se hará uso de un Muestreo por Conveniencia: La muestra se elige de acuerdo con la conveniencia de investigador, le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes puede haber en el estudio. (González, 2020). Dada la cita anterior se seleccionará ingenieros civiles con experiencia directa en la construcción y en presupuestos. Este tipo de muestreo es adecuado dado que la investigación busca obtener datos de especialistas con conocimientos específicos en el área de la investigación.

3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán son:

- Encuestas estructuradas: Se diseñarán para obtener datos numéricos sobre las técnicas que se utilizan para el cálculo de materiales y los costos asociados a los residuos.
- Revisión de documentos: Se utilizarán fuentes secundarias, como normativas hondureñas y literatura científica, para comparar las prácticas internacionales con las locales.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Encuestas a ingenieros civiles en la ciudad de San Pedro Sula, quienes proporcionarán datos sobre las técnicas de cálculo de materiales de obra y las prácticas de gestión de residuos con su costo derivado.

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

1. Artículos científicos sobre optimización de materiales y gestión de residuos en la construcción, obtenidos de bases de datos académicas.
2. Trabajos de Postgrados obtenidos de bases académicas.
3. Informes nacionales e internacionales sobre gestión de residuos y sostenibilidad en la construcción.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las técnicas y procedimientos detallados en el marco metodológico. Se analizarán los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos a través de encuestas y entrevistas a ingenieros civiles, sobre los cálculos de materiales y la gestión de residuos en la industria de la construcción en Honduras.

El análisis de estos datos permitirá evaluar las prácticas actuales de cálculo de materiales y gestión de residuos en proyectos de construcción, identificando los factores que influyen en el desperdicio y los costos adicionales. Este capítulo explora los resultados estadísticos y la interpretación de las respuestas obtenidas, así como los hallazgos relevantes sobre los desafíos y oportunidades para la implementación de metodologías de optimización. Estos resultados constituirán la base para formular recomendaciones orientadas a mejorar la sostenibilidad y eficiencia en los proyectos de construcción del país.

4.1 INFORMACIÓN SOBRE EL PROCESO DE RECOLECCIÓN

Para el proceso de recolección de datos se consideró un tipo de población de estudio, por lo cual se desarrolló solamente un instrumento. La aplicación del instrumento fue una encuesta dirigida a los profesionales (Ingenieros Civiles) que se dedican a la construcción, diseño, presupuestos y supervisión de obras civiles, la cual fue desarrollada a través de la plataforma de Google Forms, esta misma fue compartida mediante vía telefónica.

Sección I Preguntas Demográficas

1. Edad:

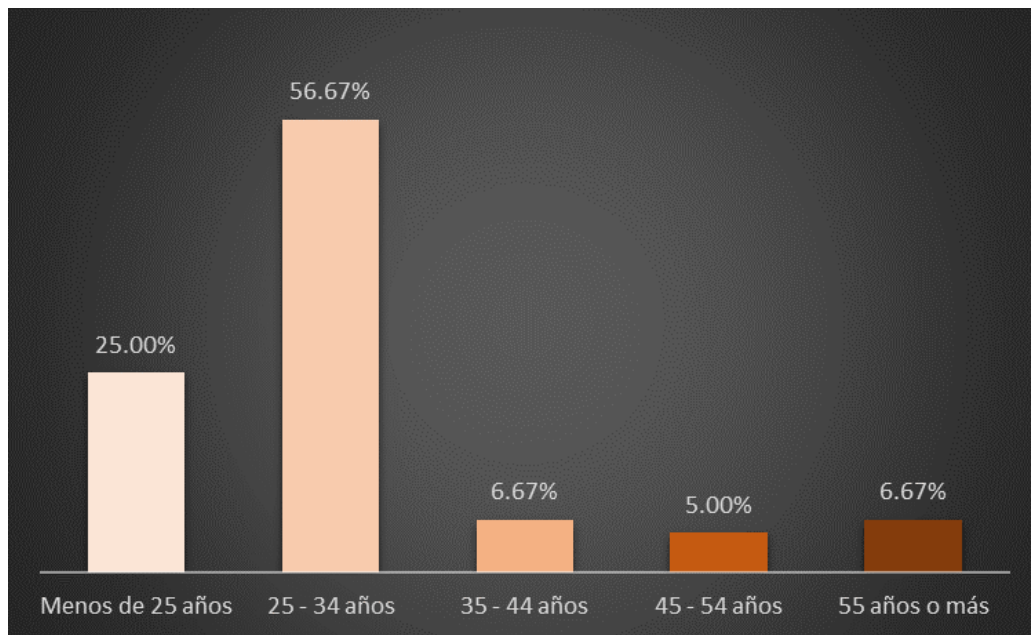


Gráfico 2 Edad.

Fuente: (PROPIA, 2024).

Los datos reflejan que la mayor parte de la muestra (81.7%) está compuesta por personas menores de 35 años. Esto sugiere una población predominantemente joven de ingenieros civiles en la ciudad de San Pedro Sula. Este predominio juvenil podría ser un factor a considerar al implementar las estrategias de gestión de residuos y optimización del cálculo de materiales, dado que las generaciones más jóvenes pueden estar más abiertas a adoptar tecnologías y prácticas innovadoras. Esto puede implicar una mayor disposición a adoptar tecnologías innovadoras como BIM y Lean Construction. Sin embargo, también resalta la necesidad de programas de capacitación para mejorar la gestión de materiales y residuos en una generación con menos experiencia acumulada en el sector.

2. Género:

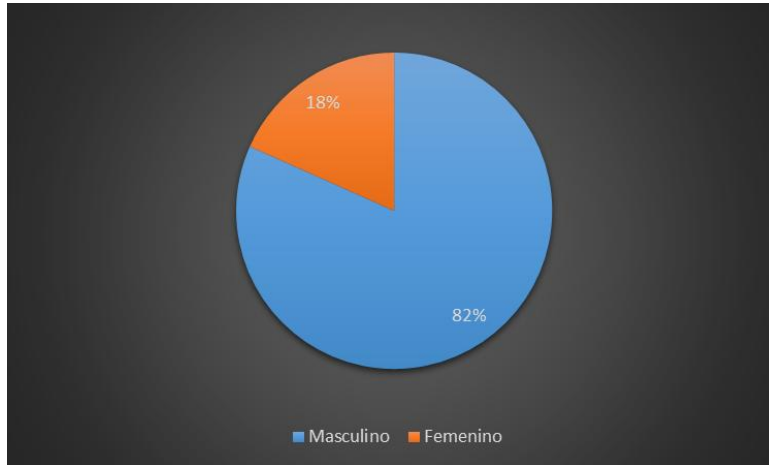


Gráfico 3 Género.

Fuente: (PROPIA, 2024)

La encuesta refleja que la gran mayoría de los encuestados son hombres. Este resultado es consistente con la tendencia histórica de la industria de la construcción, donde los hombres representan la mayor parte de la fuerza laboral.

No obstante, en un contexto donde la diversidad se asocia con mejoras en la toma de decisiones y en la resolución de problemas, sería recomendable promover políticas de inclusión de género en el sector, especialmente en áreas relacionadas con la gestión ambiental y la optimización de materiales. Se ha demostrado que equipos diversos tienden a generar enfoques más innovadores para abordar desafíos técnicos, como la reducción de residuos en la construcción.

3. Años de experiencia en la construcción:

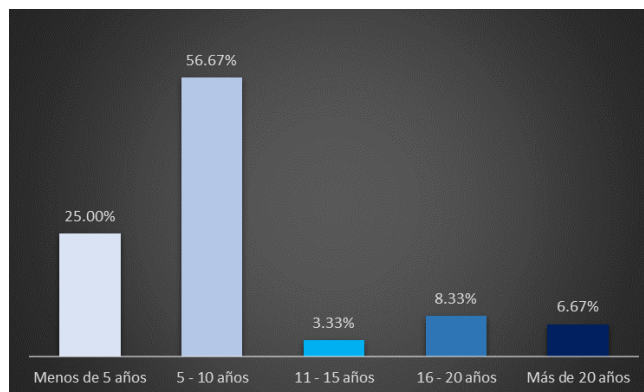


Gráfico 4 Experiencia en la Construcción

Fuente: (PROPIA, 2024).

Más del 80% de los encuestados tiene menos de 10 años de experiencia, lo que sugiere una fuerza laboral en etapa de consolidación profesional. Esto puede influir en la toma de decisiones dentro de los proyectos de construcción, ya que los profesionales con menor experiencia pueden estar menos familiarizados con prácticas de optimización de materiales y gestión de residuos.

Este hallazgo destaca la importancia de la formación continua dentro de las empresas constructoras. La capacitación en metodologías como Lean Construction y la adopción de BIM puede mejorar la capacidad de los ingenieros jóvenes para optimizar el cálculo de materiales y reducir los residuos en obra.

4. Sector de trabajo:

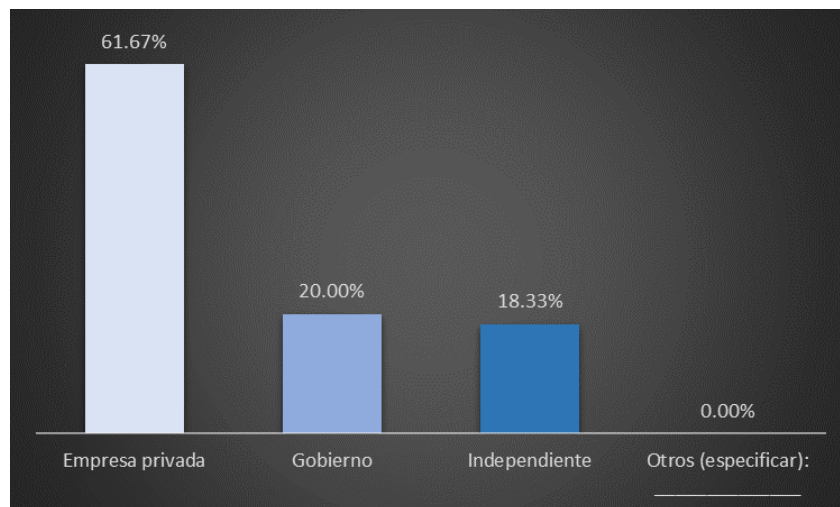


Gráfico 5 Sector de Trabajo

Fuente: (PROPIA, 2024).

Más de la mitad de los encuestados están empleados en empresas privadas, lo que sugiere que este sector es el principal empleador dentro del ámbito de la construcción en la muestra analizada. Para el sector privado dado su predominio, las estrategias de gestión de residuos y optimización de materiales deben enfocarse principalmente en las empresas privadas. Estas organizaciones tienen el mayor potencial para generar un impacto significativo en la sostenibilidad del sector y tienen mayor probabilidad de éxito si se adaptan a las necesidades económicas y operativas de las empresas privadas.

5. Tamaño de la empresa en la que trabaja:

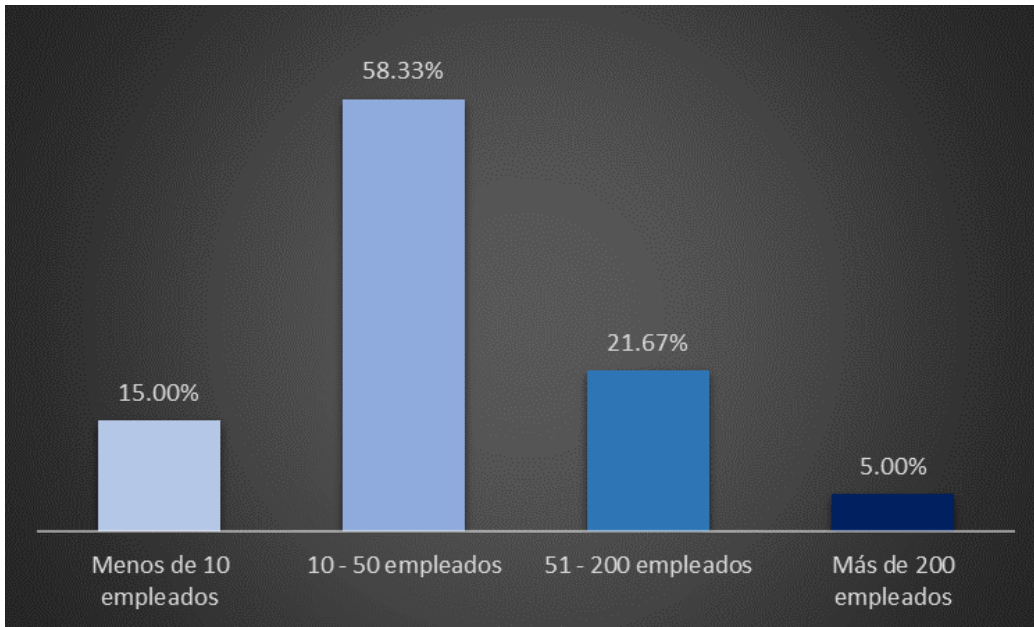


Gráfico 6 Sector de Trabajo

Fuente: (PROPIA, 2024).

La mayoría de los encuestados trabajan en empresas pequeñas y medianas (entre 10 y 50 empleados), con una menor representación de empresas de gran tamaño. Esto coincide con la alta representación del sector privado e independiente en los datos anteriores. Más del 73% de los encuestados trabajan en empresas con menos de 50 empleados, lo que destaca la importancia de las PYMES en el sector de la construcción. Este dato se alinea con la alta representación de trabajadores independientes y privados en los datos anteriores, ya que las empresas más pequeñas suelen ser características de estos sectores. Las grandes empresas, aunque menos representadas, podrían actuar como líderes en la adopción de tecnologías avanzadas y buenas prácticas, sirviendo de ejemplo para empresas más pequeñas.

Sección II: Cuestionario

6. ¿Su empresa utiliza un sistema de gestión de residuos en proyectos de construcción?

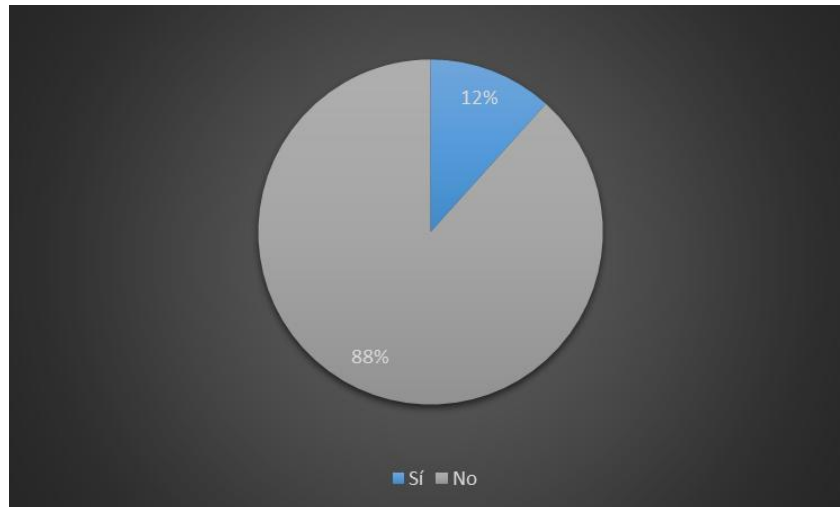


Gráfico 7 Porcentaje de Respuestas Negativas o Afirmativas

Fuente: (PROPIA, 2024).

La baja proporción de empresas que implementan sistemas de gestión de residuos refleja una falta de concienciación, recursos o regulaciones eficaces en el sector. Este resultado puede estar relacionado con el predominio de PYMES en la muestra, ya que estas empresas a menudo carecen de los recursos necesarios para implementar tecnologías o procesos complejos. Es esencial involucrar a los líderes empresariales en la toma de decisiones estratégicas que prioricen la sostenibilidad como un valor agregado en sus proyectos.

7. ¿Qué tan importante considera la implementación de estrategias de gestión de residuos en proyectos de construcción?

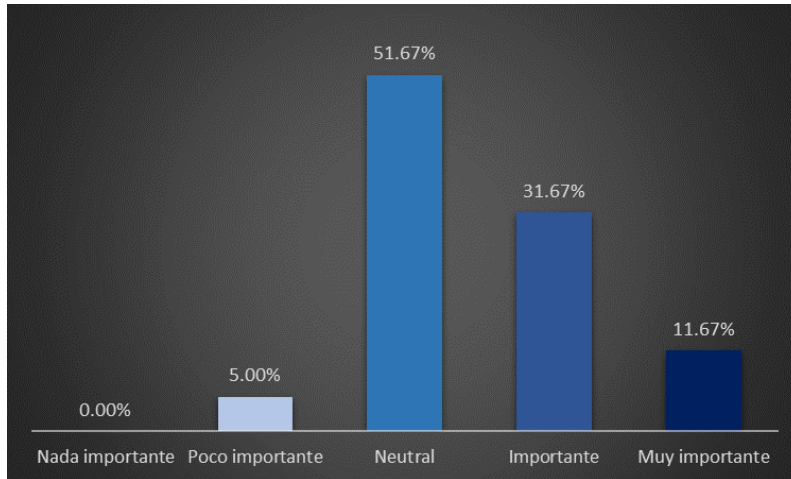


Gráfico 8 Nivel de importancia de la Gestión de Residuos en la Construcción.

Fuente: (PROPIA, 2024).

Más de la mitad de los encuestados (51.7%) se mantienen neutrales, lo que podría indicar una falta de información sobre el impacto positivo de las estrategias de gestión de residuos o una percepción de que estas no son prioritarias. Este dato es preocupante, ya que implica que muchas empresas no consideran prioritario reducir desperdicios, lo que puede derivar en sobrecostos y mayor impacto ambiental.

Para abordar este problema, se recomienda realizar campañas de concienciación y formación dentro de las empresas, enfocadas en demostrar con datos concretos cómo la reducción de desperdicios se traduce en beneficios económicos y operativos.

¿Su empresa implementa técnicas para reducir el desperdicio de materiales desde la fase de diseño?

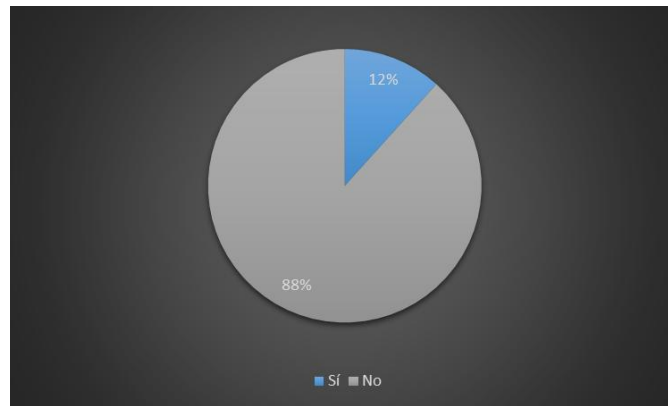


Gráfico 9 Porcentaje de respuestas Si/No pregunta

Fuente: (PROPIA, 2024).

La baja adopción de metodologías como BIM y Lean Construction en la fase de diseño refleja un problema estructural en la planificación de los proyectos de construcción en Honduras. Muchas empresas continúan utilizando métodos manuales o empíricos para estimar materiales, lo que genera sobreestimaciones y desperdicio. Se recomienda que las empresas adopten BIM como una herramienta estándar en la planificación, ya que permite mejorar la precisión en el cálculo de materiales y prever la cantidad exacta requerida para cada proyecto.

9. ¿Qué tan efectivo cree que es el sistema de gestión de residuos implementado en su empresa?

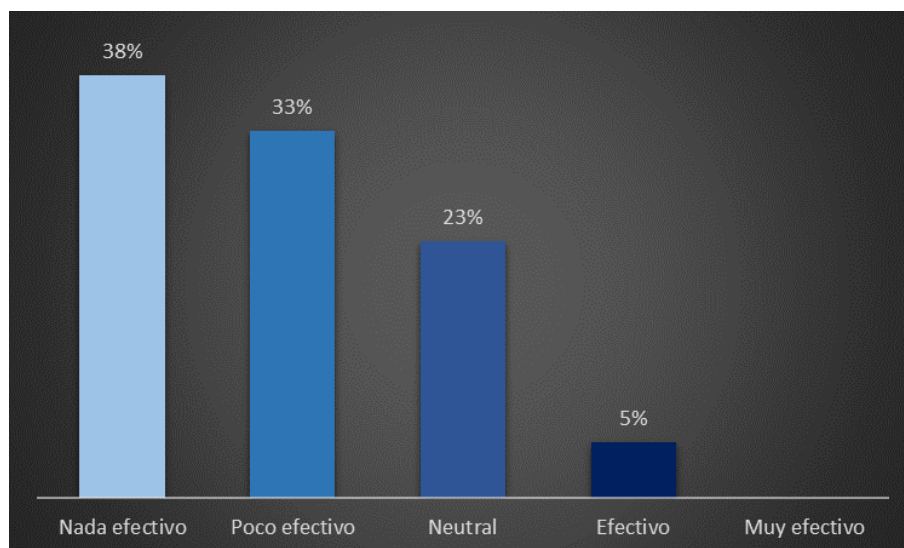


Gráfico 10 Efectividad de los sistemas de gestión de residuos

Fuente: (PROPIA, 2024).

Más del 70% de los encuestados considera que los sistemas de gestión de residuos son "Nada efectivos" o "Poco efectivos", lo que indica fallas significativas en el diseño, implementación o mantenimiento de estos sistemas. Y solo el 5% de los encuestados considera que los sistemas implementados son efectivos, y ninguno los califica como "Muy efectivos". Esto evidencia la necesidad de mejoras sustanciales en los enfoques actuales.

10. ¿Está familiarizado con el concepto de economía circular aplicado a la construcción?

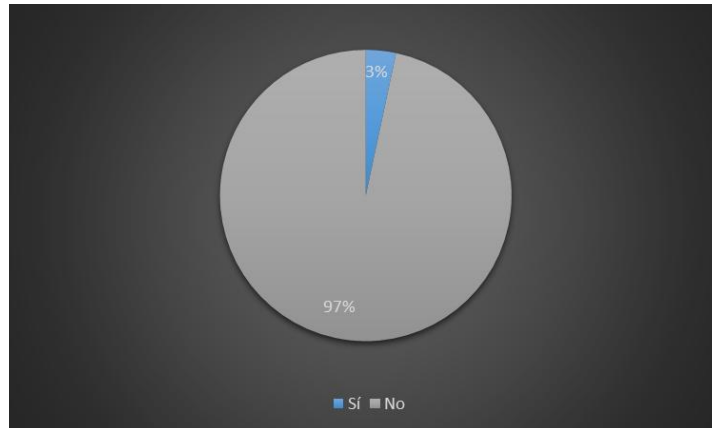


Gráfico 11 Conocimiento del Concepto Economía

Fuente: (PROPIA, 2024)

El 96.7% de los encuestados no tiene familiaridad con el concepto de economía circular, lo que evidencia una brecha significativa en la difusión de este enfoque sostenible en la construcción. La ausencia de conocimiento limita la adopción de estrategias innovadoras que podrían transformar la manera en que se manejan los materiales, los residuos y los recursos en general. Este desconocimiento probablemente contribuye a la baja implementación de técnicas de reducción de desperdicios y sistemas de gestión de residuos observados en las respuestas a otras preguntas. Aplicando el principio del PMBOK® de "Habilitar cambios para lograr los objetivos organizacionales", es fundamental diseñar iniciativas que eduquen y sensibilicen sobre este tema, vinculándolo con los beneficios operativos y financieros que aporta.

11. ¿Cree que el gobierno de Honduras ofrece suficientes incentivos para la gestión eficiente de residuos en la construcción?

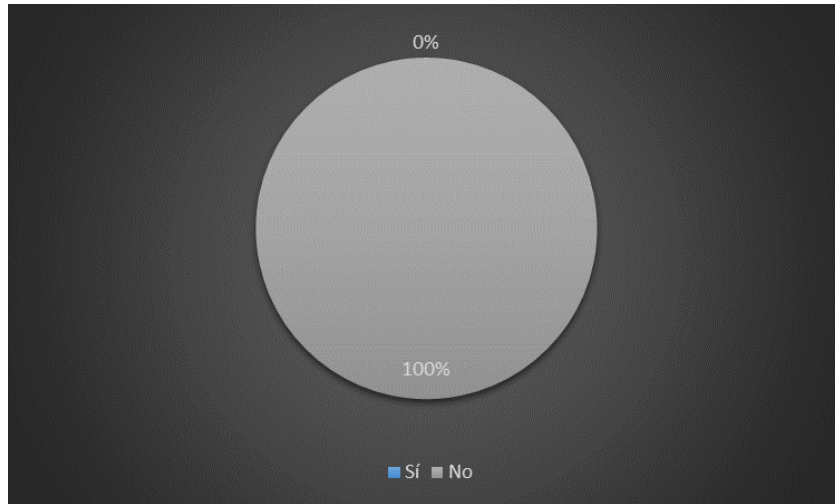


Gráfico 12 Respuesta Incentivos de Parte del Gobierno

Fuente: (PROPIA, 2024).

Todos los encuestados están de acuerdo en que no existen suficientes incentivos gubernamentales, lo que indica una percepción generalizada de inacción o insuficiencia en las políticas públicas relacionadas con la sostenibilidad en la construcción. La falta de incentivos desalienta a las empresas de implementar prácticas sostenibles como la gestión eficiente de residuos, ya que perciben pocas recompensas o apoyo para hacerlo. Este resultado puede estar relacionado con los bajos niveles de adopción de sistemas de gestión de residuos y la falta de familiaridad con conceptos avanzados como la economía circular. El desarrollo de normativas que exijan la implementación de estrategias de reducción de desperdicios, junto con beneficios fiscales para las empresas que adopten estos cambios, podría generar un impacto positivo en la industria.

12. ¿Qué tan satisfecho está con las técnicas actuales utilizadas en su empresa para el cálculo de materiales?

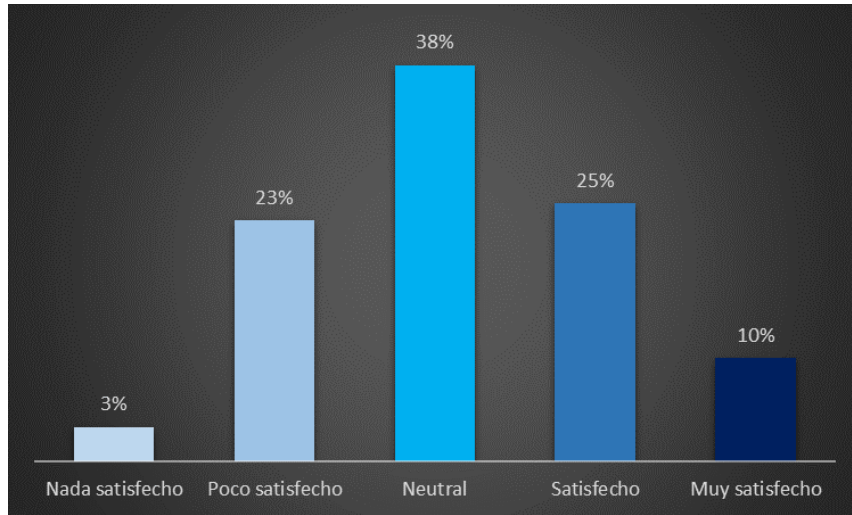


Gráfico 13 Nivel de satisfacción de las técnicas de cálculo de materiales

Fuente: (PROPIA, 2024).

Los resultados muestran que un porcentaje significativo de los encuestados expresa insatisfacción o neutralidad con respecto a las técnicas actuales utilizadas en sus empresas para el cálculo de materiales. Este hallazgo es clave, ya que sugiere que los métodos tradicionales de estimación no están proporcionando los niveles de precisión y eficiencia esperados.

La insatisfacción puede estar relacionada con diversos factores, entre ellos:

1. Dependencia de métodos manuales: Muchas empresas aún utilizan hojas de cálculo y cálculos empíricos, lo que incrementa el riesgo de errores humanos y variabilidad en las estimaciones.
2. Falta de herramientas tecnológicas adecuadas: La limitada implementación de software de modelado como BIM (Building Information Modeling) impide una planificación precisa y detallada.
3. Poca capacitación en metodologías avanzadas: La ausencia de formación en herramientas tecnológicas especializadas en estimación de materiales puede contribuir a la percepción de ineficiencia.

13. ¿Considera que la falta de infraestructura de reciclaje es un obstáculo importante para la gestión de residuos en la construcción en Honduras?

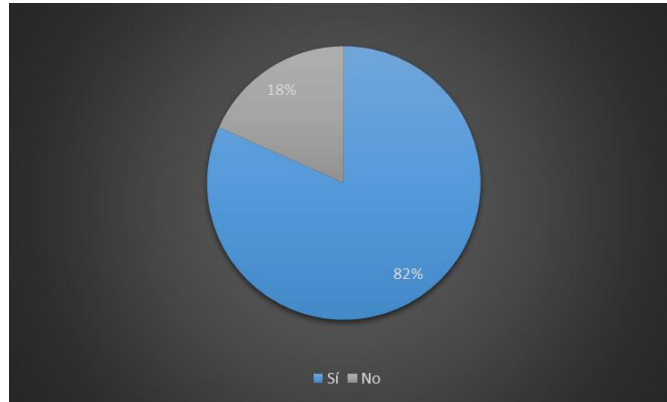


Gráfico 14 Opinión acerca de la infraestructura de reciclaje en Honduras

Fuente: (PROPIA, 2024).

Más del 80% de los encuestados considera que la falta de infraestructura de reciclaje es un obstáculo importante, lo que subraya una carencia crítica en la capacidad del país para manejar residuos de manera sostenible. El 18% que no ve esto como un obstáculo importante podría pertenecer a empresas que no generan grandes volúmenes de residuos reciclables o que han encontrado soluciones alternativas, como la reutilización interna.

14. ¿En qué medida cree que las prácticas de gestión de residuos pueden reducir los costos operativos en la construcción?

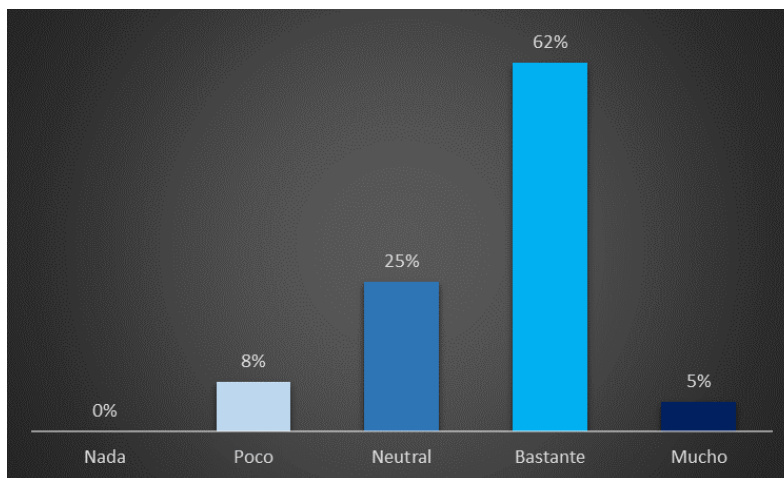


Gráfico 15 Impacto de las prácticas de gestión de residuos

Fuente: (PROPIA, 2024)

Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados percibe un impacto positivo de la gestión de residuos en la reducción de costos operativos, aunque todavía existe cierta incertidumbre. Esto subraya la necesidad de difundir más información y fomentar la adopción de prácticas efectivas que puedan optimizar tanto los recursos como los beneficios económicos en el sector de la construcción. Esto destaca la importancia de demostrar, mediante métricas claras, cómo la gestión de residuos puede traducirse en ahorro de costos y mayor eficiencia en los proyectos.

15. ¿Su empresa reutiliza materiales de construcción en nuevos proyectos?

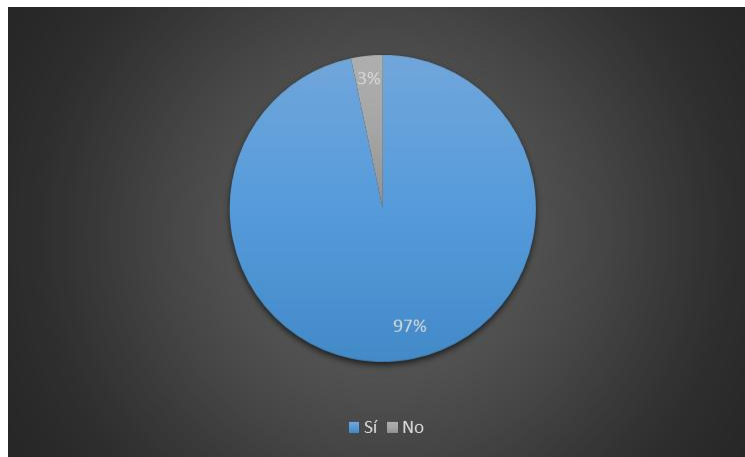


Gráfico 16 Porcentaje de empresas que reutilizan materiales

Fuente: (PROPIA, 2024).

La reutilización de materiales es una estrategia clave para reducir costos y minimizar el impacto ambiental de la construcción. En los resultados obtenidos, se observa que un porcentaje considerable de empresas encuestadas ya implementa prácticas de reutilización de materiales, lo que indica un nivel de concienciación sobre la importancia de optimizar recursos. Sin embargo, aún queda espacio para mejorar estas prácticas, ya que muchas empresas pueden estar reutilizando materiales de manera informal o sin estrategias estructuradas. La reutilización efectiva requiere procesos sistematizados, incluyendo:

1. Clasificación de residuos en obra para facilitar su reutilización en otros proyectos.
2. Capacitación en economía circular, fomentando una cultura empresarial orientada al reaprovechamiento de recursos.
3. Normativas que incentiven la reutilización, estableciendo criterios técnicos para asegurar la calidad y seguridad de los materiales reciclados.

16. ¿Considera que las normativas actuales en Honduras son adecuadas para la gestión de residuos en la construcción?

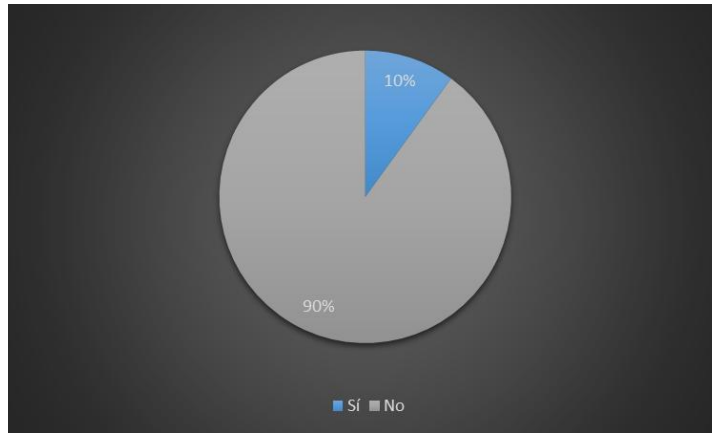


Gráfico 17 Porcentaje de aceptación de las normativas actuales en Honduras para la gestión de residuos

Fuente: (PROPIA, 2024).

Este hallazgo está alineado con la percepción de que el gobierno no ofrece suficientes incentivos para la gestión de residuos y que la infraestructura de reciclaje es insuficiente. La combinación de estos factores subraya una carencia sistémica en el enfoque nacional hacia la gestión de residuos.

17. ¿Se utilizan hojas de cálculo u otros métodos manuales para el cálculo de materiales en su empresa?

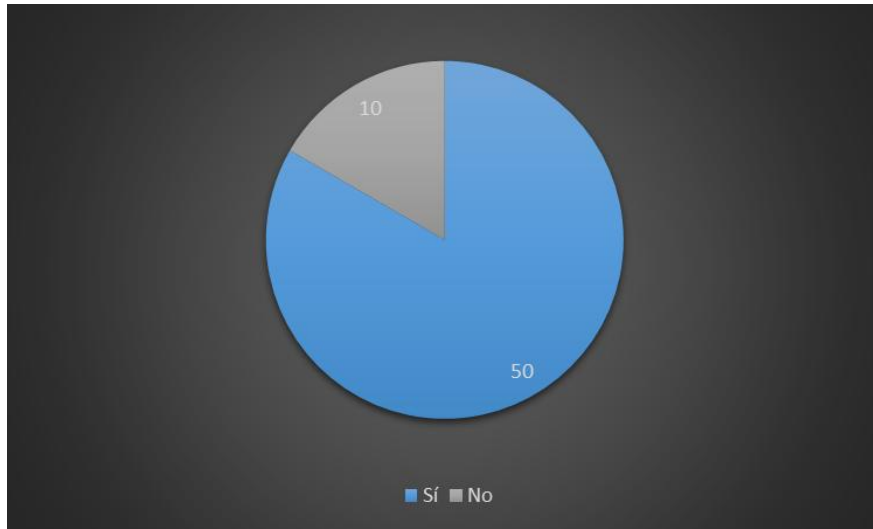


Gráfico 18 Porcentaje de utilización de métodos manuales para el cálculo de materiales

Fuentes: (PROPIA, 2024).

La amplia mayoría que utiliza hojas de cálculo refleja una preferencia por herramientas accesibles y flexibles, pero que pueden ser propensas a errores humanos y requerir mayor tiempo de ejecución. Esto también indica que muchas empresas aún no han adoptado soluciones tecnológicas más avanzadas, como software especializado para el cálculo de materiales. La dependencia predominante de métodos manuales en el cálculo de materiales refleja una oportunidad significativa para la modernización en el sector de la construcción. Promover la adopción de herramientas tecnológicas más avanzadas y accesibles podría mejorar la precisión, eficiencia y satisfacción general en los procesos de estimación de materiales. Un alto porcentaje de empresas aún utiliza métodos manuales, como hojas de cálculo, para el cálculo de materiales, lo que evidencia una brecha tecnológica significativa en la industria de la construcción en Honduras.

Problemas asociados a los métodos manuales:

1. Mayor margen de error en la planificación, lo que puede llevar a sobreestimaciones o subestimaciones de materiales.
2. Mayor tiempo de ejecución, lo que reduce la eficiencia en la toma de decisiones.
3. Falta de integración con otras herramientas tecnológicas que podrían optimizar la gestión de insumos.

18. ¿Qué tan importante es la reducción del desperdicio de materiales en la fase de diseño del proyecto?

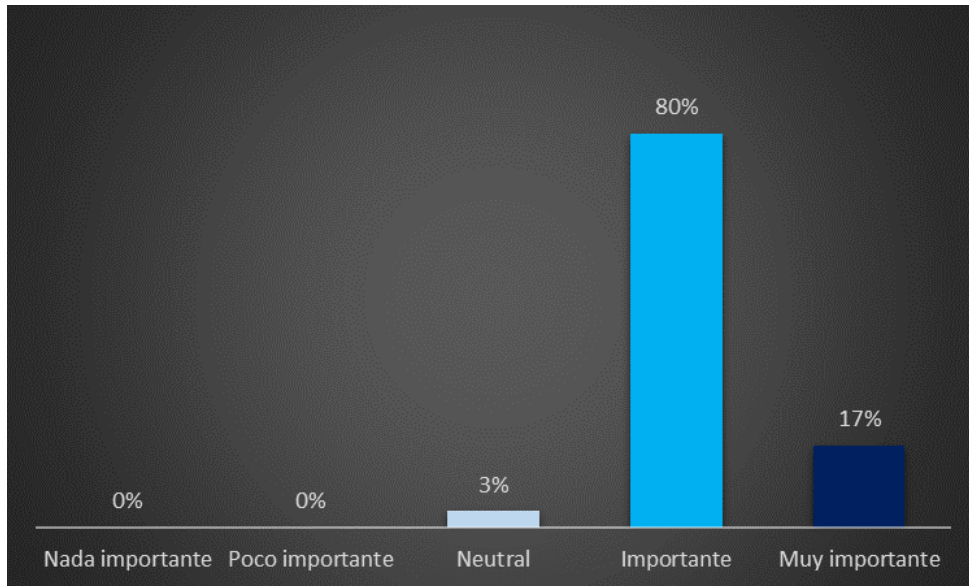


Gráfico 19 Importancia de la reducción de residuos en la etapa de diseño

Fuente: (PROPIA, 2024).

El 96.7% que calificó la reducción de desperdicios como "Importante" o "Muy importante" evidencia un entendimiento colectivo de que el diseño juega un papel clave en minimizar el desperdicio de materiales y, por ende, en la gestión eficiente de recursos. Solo un pequeño porcentaje de los encuestados se mantiene neutral frente a la importancia de este tema, lo que podría reflejar una falta de experiencia o conocimientos específicos sobre cómo el diseño impacta en la generación de residuos.

Factores que impiden la reducción de desperdicios desde el diseño:

- Falta de herramientas adecuadas para simular escenarios de optimización de materiales.
- Resistencia al cambio dentro de las empresas, que prefieren seguir utilizando métodos tradicionales.
- Desconocimiento sobre técnicas avanzadas, como la prefabricación y el uso de materiales modulares.

19. ¿Considera que su empresa está preparada para implementar un sistema de economía circular en sus proyectos de construcción?

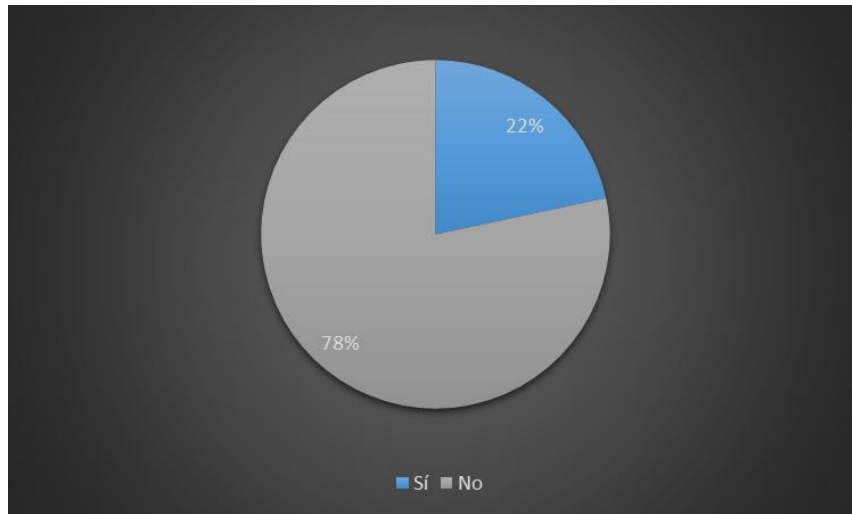


Gráfico 20 Nivel de preparación de las empresas de los encuestados para implementar un sistema de energía circular

Fuente: (PROPIA, 2024).

El 78.3% que respondió "No" evidencia la existencia de obstáculos importantes, como la carencia de incentivos gubernamentales, la falta de infraestructura de reciclaje y posiblemente una baja familiaridad con el concepto de economía circular.

Principales barreras para la implementación de la economía circular:

1. Falta de incentivos gubernamentales que motiven la inversión en estrategias de reutilización de materiales.
2. Desconocimiento sobre las ventajas económicas de la economía circular en la construcción.
3. Limitaciones tecnológicas y de infraestructura para clasificar, procesar y reutilizar residuos de construcción.

20. ¿Cree que la sobreestimación de materiales en su empresa es común?

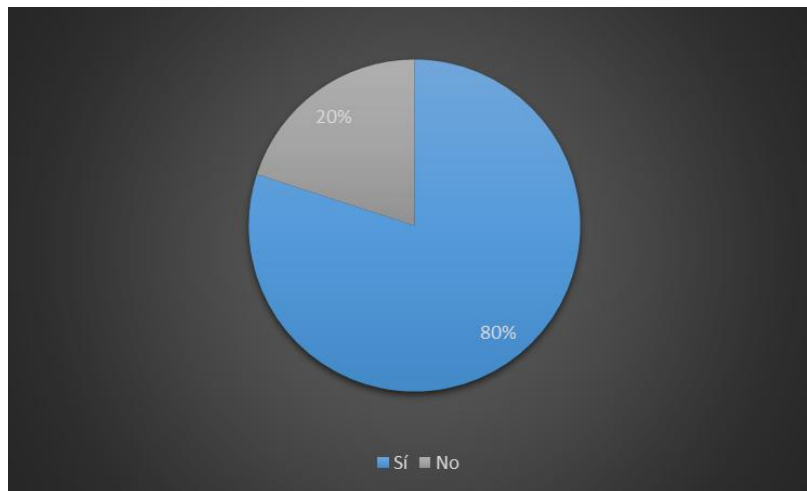


Gráfico 21 Porcentaje de sobre estimación de materiales

Fuente: (PROPIA, 2024).

Un 80% de los encuestados considera que la sobreestimación de materiales es común, lo que señala una tendencia en el sector hacia la sobre planificación de recursos. Esto podría reflejar prácticas conservadoras o una falta de herramientas precisas en el cálculo de materiales, lo que a menudo lleva a un uso excesivo y a la generación de residuos innecesarios. La sobreestimación de materiales puede tener consecuencias significativas en términos de costos adicionales, desperdicio de materiales y pérdidas operativas. Esto también puede estar vinculado a una gestión ineficiente de los inventarios y un mal cálculo en la fase de diseño y planificación del proyecto. Fomentar la transparencia en los procesos de estimación con el uso de tecnologías como BIM puede reducir significativamente este problema y generar confianza entre los interesados.

21. ¿Qué tan satisfecho está con las herramientas tecnológicas (software) utilizadas en su empresa para el cálculo de materiales?

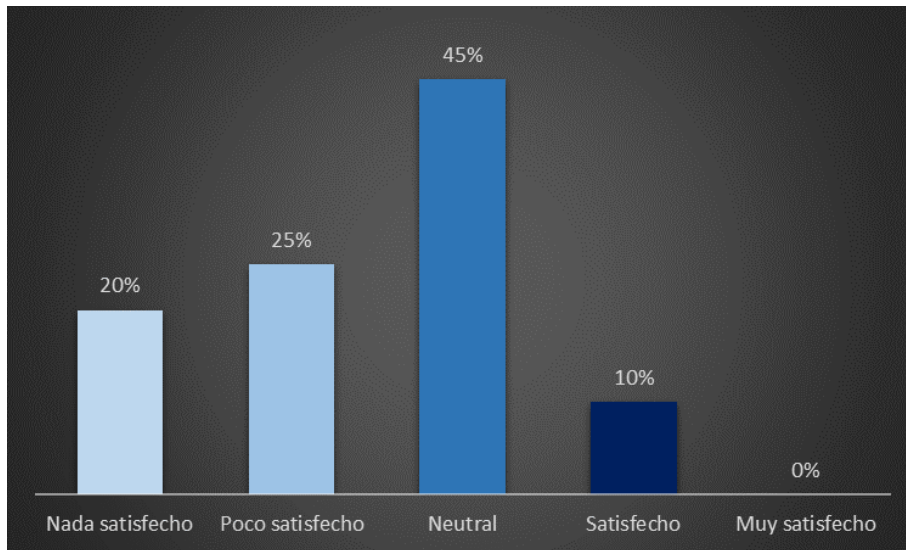


Gráfico 22 Nivel de satisfacción con las herramientas tecnológicas para cálculo de materiales

Fuente: (PROPIA, 2024).

Un 45% de los encuestados está en una postura neutral respecto a las herramientas tecnológicas, lo que sugiere que las herramientas actuales no son completamente efectivas o no generan un impacto significativo en la eficiencia del cálculo de materiales. Un 20% de los encuestados está nada satisfecho y un 25% está poco satisfecho, lo que indica una insatisfacción considerable con las herramientas disponibles. Esto puede estar relacionado con problemas como la falta de características avanzadas, la complejidad de uso o la incompatibilidad con los procesos internos de las empresas.

La insatisfacción con las herramientas tecnológicas puede estar directamente relacionada con las dificultades observadas en el cálculo preciso de materiales, como se menciona en la pregunta 20 sobre la sobreestimación de materiales. Herramientas más eficientes podrían reducir los márgenes de error y mejorar la planificación de recursos en los proyectos

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a partir de los resultados de la investigación sobre la optimización del cálculo de materiales y la gestión de residuos en la construcción en Honduras. Estas conclusiones están directamente relacionadas con los objetivos planteados en el estudio y buscan proporcionar una visión clara de los principales hallazgos, tanto en términos de la situación actual como de las posibilidades de mejora en la industria de la construcción. Además, se proponen una serie de recomendaciones dirigidas a los diferentes actores involucrados, como empresas constructoras, ingenieros civiles y el gobierno, con el fin de promover la adopción de prácticas más sostenibles y eficientes en la gestión de materiales y residuos, con un enfoque en la optimización de recursos y la reducción de costos operativos.

5.1 CONCLUSIONES

Conclusión General: La gestión de residuos en la construcción en Honduras presenta importantes desafíos que impactan tanto la sostenibilidad ambiental como la rentabilidad económica de los proyectos. A partir del análisis de las respuestas obtenidas en la encuesta aplicada a ingenieros civiles, se concluye que las prácticas actuales son ineficientes en la mitigación del desperdicio de materiales y la mejora en la precisión del cálculo de los mismos.

Entre los principales factores que contribuyen a esta problemática se encuentran:

- Falta de infraestructura de reciclaje, identificada como un obstáculo crítico por más del 80% de los encuestados (Gráfico 14).
- Desconocimiento sobre economía circular, con un 96.7% de los encuestados afirmando que no están familiarizados con este concepto (Gráfico 11).
- Bajos incentivos gubernamentales, reflejado en el 100% de los encuestados que consideran insuficiente el apoyo del gobierno para la gestión eficiente de residuos (Gráfico 12).
- Uso predominante de métodos tradicionales en la estimación de materiales, con más del 70% de las empresas aun dependiendo de hojas de cálculo o cálculos manuales (Gráfico 18).

A pesar de estos desafíos, existe un alto potencial para implementar estrategias de optimización en el sector. El 96.7% de los encuestados considera que reducir los desperdicios en la fase de diseño es una estrategia clave para mejorar la eficiencia en la construcción (Gráfico 19).

Conclusión #1: La evaluación del impacto de las prácticas actuales de gestión de residuos sobre el presupuesto de los proyectos en Honduras revela que la gestión ineficiente de residuos y el desperdicio de materiales aumentan significativamente los costos operativos. Más del 70% de los encuestados considera que los sistemas de gestión de residuos implementados en sus empresas son ineficaces, lo que subraya la necesidad urgente de un enfoque más estructurado y profesionalizado en la gestión de residuos, desde la fase de diseño hasta la disposición final.

Conclusión #2: La baja adopción de herramientas tecnológicas para el cálculo de materiales limita la precisión en la planificación de los proyectos. Aunque existen técnicas avanzadas como BIM y Lean Construction, la mayoría de las empresas en la muestra aún depende de métodos manuales (Gráfico 18), lo que aumenta el margen de error en las estimaciones. Esto genera un problema de sobreestimación de materiales, el cual fue identificado como común por el 80% de los encuestados (Gráfico 21). Esta sobreestimación no solo implica mayores costos, sino que también incrementa la cantidad de residuos generados en obra. La implementación de herramientas digitales avanzadas podría mejorar significativamente la eficiencia en la planificación de materiales.

Conclusión #3: Los principales desafíos en la gestión de residuos en la construcción en Honduras están relacionados con la falta de infraestructura adecuada de reciclaje, la escasez de incentivos gubernamentales y la resistencia al cambio en las prácticas tradicionales. Aunque las empresas son conscientes de la importancia de la gestión de residuos, los obstáculos económicos y la falta de políticas públicas claras limitan su capacidad para implementar soluciones efectivas. Existen tres obstáculos principales para la implementación de una gestión eficiente de residuos en la construcción en Honduras:

1. Falta de infraestructura adecuada para el reciclaje: Más del 80% de los encuestados considera que la escasez de centros de reciclaje es un problema importante (Gráfico 14).
2. Ausencia de incentivos gubernamentales: El 100% de los encuestados considera que el gobierno no ofrece apoyo suficiente para la gestión de residuos (Gráfico 12).

3. Resistencia al cambio y cultura organizacional: Aunque el 96.7% de los encuestados reconoce la importancia de reducir los desperdicios en la fase de diseño (Gráfico 19), pocas empresas han implementado cambios reales debido a la falta de conocimiento y de recursos.

Para superar estas barreras, es fundamental que el gobierno y el sector privado trabajen conjuntamente en el desarrollo de políticas que fomenten la sostenibilidad y la eficiencia en la construcción.

Conclusión #4: La implementación de estrategias de gestión de residuos y optimización de materiales puede generar ahorros significativos en costos operativos. Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados percibe un impacto positivo de la gestión de residuos en la reducción de costos operativos, aunque todavía existe incertidumbre sobre cómo cuantificar estos beneficios (Gráfico 15).

La reducción de desperdicios mediante la adopción de mejores prácticas puede generar ahorros en:

1. Costos de compra de materiales, evitando sobreestimaciones innecesarias.
2. Gastos de disposición de residuos, minimizando la necesidad de transporte y almacenamiento.
3. Optimización del tiempo de trabajo, al reducir la necesidad de rectificaciones en obra.

Conclusión #5: Para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos en la construcción en Honduras, es esencial adoptar una combinación de estrategias que incluyan:

1. Capacitación y desarrollo de competencias en economía circular y sostenibilidad, dado que el 96.7% de los encuestados no está familiarizado con estos conceptos (Gráfico 11).
2. Uso de tecnologías avanzadas como BIM y software especializado para el cálculo de materiales, reduciendo errores y minimizando desperdicios.
3. Creación de incentivos gubernamentales que promuevan la inversión en infraestructura de reciclaje y en procesos más eficientes.

Sin estas medidas, la industria de la construcción en Honduras continuará enfrentando problemas de costos elevados, ineficiencia operativa y un impacto ambiental significativo.

5.2 RECOMENDACIONES

Recomendación General: Se recomienda que el sector de la construcción en Honduras adopte un enfoque más integral en la gestión de residuos y el cálculo de materiales, que involucre tanto a las empresas como al gobierno. La implementación de prácticas sostenibles debe ir acompañada de políticas públicas que fomenten la educación, la capacitación, el reciclaje y la adopción de tecnologías innovadoras. Además, las empresas deben integrar técnicas de diseño que minimicen el desperdicio de materiales desde la etapa inicial de los proyectos.

Recomendación #1: Para mejorar el impacto de la gestión de residuos sobre el presupuesto de los proyectos, es crucial que las empresas implementen sistemas de gestión de residuos más efectivos. Esto incluye la integración de procesos de separación, reutilización y reciclaje de materiales desde la fase de diseño. Las empresas deben realizar una evaluación de sus prácticas actuales y mejorar las técnicas de estimación de materiales para reducir el desperdicio y los costos adicionales.

Recomendación #2: Es necesario que las empresas en la construcción adopten herramientas tecnológicas más avanzadas, como software especializado para el cálculo de materiales. Además, se debe promover el uso de técnicas de diseño que consideren la reducción de residuos desde la fase de planificación. La capacitación continua sobre la economía circular y su aplicación en la construcción también puede resultar fundamental para la mejora de las prácticas de optimización de recursos.

Recomendación #3: Para superar los desafíos relacionados con la gestión de residuos, es fundamental que el gobierno hondureño implemente incentivos claros para la adopción de prácticas sostenibles en la construcción. Esto puede incluir la creación de programas de subsidios para empresas que inviertan en tecnologías de reciclaje y en la capacitación de personal. Además, es importante mejorar la infraestructura de reciclaje para permitir la reutilización efectiva de materiales de construcción.

Recomendación #4: Se recomienda realizar estudios de caso y análisis de impacto económico para demostrar los beneficios de la gestión de residuos y el uso de prácticas sostenibles en la reducción de costos. Las empresas deben evaluar cómo la adopción de estas prácticas puede

generar ahorros a largo plazo, no solo en términos de reducción de costos de materiales, sino también en la optimización de la mano de obra y en la mejora de la eficiencia operativa.

Recomendación #5: Se recomienda la implementación de buenas prácticas en la gestión de residuos y cálculo de materiales, tales como:

1. Aplicación de herramientas como BIM y Lean Construction para optimizar el cálculo de materiales.
2. Implementación de planes de gestión de residuos en cada fase del proyecto.
3. Establecimiento de programas de capacitación en economía circular y sostenibilidad.
4. Uso de materiales reciclables y reutilización de residuos dentro de los proyectos de construcción.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA

Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO).

6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La industria de la construcción en Honduras enfrenta desafíos significativos en la planificación de materiales y la gestión de residuos, lo que genera sobrecostos, desperdicio de recursos y un impacto ambiental negativo. La ausencia de metodologías estructuradas y la baja adopción de herramientas tecnológicas han limitado la eficiencia operativa en el sector.

La presente propuesta, la Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO), busca abordar estas problemáticas mediante la implementación de estrategias basadas en BIM, Lean Construction y Economía Circular. La aplicación de estos enfoques permitirá reducir el desperdicio de materiales, mejorar la rentabilidad de los proyectos y fomentar prácticas sostenibles en la industria, contribuyendo a la modernización del sector y al cumplimiento de estándares internacionales de sostenibilidad.

6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA

La presente propuesta titulada "Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y la Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras" establece un enfoque amplio y estructurado para abordar las principales problemáticas del sector de la construcción en el país. El alcance de esta propuesta abarca la implementación de un conjunto de acciones orientadas a la mejora de la eficiencia operativa, la reducción de costos y la sostenibilidad ambiental en proyectos de construcción, considerando el contexto económico, social y técnico de Honduras, se buscará que los resultados y metodologías desarrollados sean escalables a todo el país. La propuesta está diseñada para adaptarse a empresas de diferentes tamaños, con énfasis en pequeñas y medianas constructoras.

El objetivo principal de la propuesta es desarrollar una **guía integral** que detalle estrategias

prácticas y herramientas para optimizar el cálculo de materiales y gestionar eficientemente los residuos en proyectos de construcción en Honduras. Esta guía será un recurso clave para empresas constructoras, ingenieros civiles y otros actores del sector. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos centrados en la elaboración de la guía:

1. Mejorar la precisión en el cálculo de materiales en proyectos de construcción.
2. Reducir la generación de residuos mediante técnicas avanzadas de diseño y planificación.
3. Implementar estrategias de economía circular adaptadas al contexto local.
4. Fomentar la adopción de tecnologías como BIM en empresas pequeñas y medianas.
5. Sensibilizar y capacitar a los ingenieros civiles sobre prácticas sostenibles.

6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO

6.4.1 DESCRIPCIÓN

La propuesta consiste en la implementación de estrategias integradas que permitan optimizar el cálculo de materiales y gestionar eficientemente los residuos en proyectos de construcción en Honduras. Se enfoca en abordar las problemáticas actuales, como la sobreestimación de materiales, la falta de infraestructura para el manejo de residuos y la carencia de incentivos para la adopción de prácticas sostenibles.

El "qué" de la propuesta se define como la mejora de los procesos de planificación y ejecución en proyectos de construcción a través de cuatro pilares fundamentales:

1. **Modelado de Información de Construcción (BIM):** Utilización de herramientas digitales avanzadas para modelar y prever el uso de materiales.
2. **Lean Construction:** Metodologías para eliminar actividades que no generan valor, como desperdicios de tiempo, recursos y materiales.
3. **Economía Circular:** Promoción de la reutilización y reciclaje de materiales desde la etapa de diseño hasta la ejecución y cierre del proyecto.
4. **Principios de Gestión de Proyectos (PMBOK®):** Sirven como marco estructural para diseñar, implementar y evaluar las estrategias propuestas, asegurando el cumplimiento de objetivos ambientales, económicos y sociales.

El "cómo" implica una serie de pasos estratégicos que incluyen el análisis inicial, el desarrollo de herramientas personalizadas, la capacitación del personal involucrado y la implementación de proyectos piloto para validar la efectividad de las estrategias propuestas.

6.4.2 DESARROLLO

El desarrollo de esta propuesta contempla la creación y aplicación de diversos elementos clave para garantizar su éxito. Estos son los pasos y herramientas necesarias:

1. Acta de Constitución del Proyecto:

NOMBRE DEL PROYECTO
Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO)

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	
Este proyecto tiene como propósito desarrollar una guía integral con estrategias innovadoras para optimizar el cálculo de materiales y la gestión de residuos en proyectos de construcción en Honduras. A través de herramientas tecnológicas como BIM, principios de Lean Construction y estrategias de economía circular, se busca reducir el desperdicio de materiales, disminuir costos y promover la sostenibilidad ambiental. La propuesta abarca desde la planificación hasta la finalización en proyectos, con el objetivo de escalar las mejores prácticas a nivel nacional.	
ANTECEDENTES:	
La industria de la construcción en Honduras enfrenta desafíos críticos relacionados con el uso ineficiente de materiales, la generación de residuos y la falta de infraestructura adecuada para su manejo. Estos problemas no solo incrementan los costos operativos, sino que también afectan la sostenibilidad ambiental y la competitividad del sector. Aunque existen normativas y métodos de cálculo tradicionales, su efectividad ha sido limitada. Este proyecto surge como una solución integral, utilizando tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles que han demostrado ser exitosas en contextos internacionales similares.	
FINALIDAD DEL PROYECTO	
Mejorar la eficiencia constructiva y la sostenibilidad de los proyectos de construcción en Honduras mediante la creación de una guía integral que combine herramientas y estrategias innovadoras para la gestión de materiales y residuos. Al lograrlo, se reducirá el impacto ambiental y se optimizarán los recursos económicos, contribuyendo a la modernización del sector y fomentando una economía circular en la industria de la construcción, así como también reduciendo los gastos tanto directos como indirectos.	
OBJETIVO DEL PROYECTO:	
CONCEPTO	OBJETIVO
<i>I. ALCANCE</i>	Creación de una guía integral que abarque herramientas tecnológicas y estrategias sostenibles para el cálculo de materiales y la gestión de residuos.
DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO:	
Funcionales: Uso de BIM, metodología Lean, Principios PMBOK® y estrategias de economía circular.	
No Funcionales: Normativas de Regulación, Adaptación al contexto local.	
Calidad: Estandarización de procesos, Actualizaciones Anuales.	
Recursos: Recurso Financiero, Humano y Tecnológico.	

Comunicación: Informes periódicos a partes interesadas	
ENTREGABLES CLAVE:	
Guía Integral Metodológica.	
CICLO DE VIDA DEL PROYECTO (PRELIMINAR):	
Inicio: Identificación de Necesidad y Planificación inicial.	
Desarrollo: Investigación, diseño de estrategias, simulación en proyectos.	
Finalización: Evaluación de Resultados.	
RIESGOS GENERALES DEL PROYECTO:	
Resistencia al cambio por parte de las empresas constructoras.	
Limitada adopción de herramientas tecnológicas por parte de las PYMES.	
Cambios en las Normativas y Regulaciones gubernamentales.	
CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO:	
<i>HITOS</i>	<i>FECHAS PROGRAMADAS</i>
Inicio del Proyecto	15 de enero de 2025
Identificación de Necesidad y Análisis Inicial.	20 de marzo de 2025
Diseño de estrategias	16 septiembre de 2025
Evaluación y Ajustes	2 octubre de 2025
Cierre del proyecto	25 de noviembre de 2025
Duración Total	314 días
COSTOS PRESUPUESTARIOS ESTIMADOS	
<i>ÍTEM</i>	<i>MONTO</i>
Recursos Operativos Iniciales	L. 100,000.00
Adquisición Computadora y Licencias	L. 70,000.00
Gastos Administrativos y de Gestión del Proyecto	L 370,000.00
Costos de Suministros y Consumibles	L. 60,000.00
Monto Total:	L. 600,000.00
DIRECTORY EJECUTOR DE PROYECTO: Ing. Martín Alejandro Montes Benítez	
LISTA DE INTERESADOS CLAVE	
Empresas constructoras (PYMES y grandes).	
Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras.	
Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción.	
Ingenieros civiles y técnicos especializados.	
Entidades gubernamentales reguladoras.	
Proveedores de herramientas tecnológicas.	
Comunidad académica y de investigación.	
SUPUESTOS	
1. Colaboración efectiva entre empresas y expertos en tecnología.	
2. Disponibilidad de financiamiento de fuentes públicas o privadas.	
3. Aprobación de la guía ante entidades.	
4. Cumplimiento de Normativas y Regulaciones gubernamentales.	
RESTRICCIONES	
1. Presupuesto Limitado.	
2. Complejidades en la Obtención de Permisos y Aprobaciones.	
3. Tiempo de implementación restringido.	
4. Infraestructura tecnológica inicial insuficiente.	
REQUISITOS DE APROBACIÓN DEL PROYECTO	
Los requisitos de aprobación del proyecto se centran en el logro de los objetivos establecidos en la propuesta Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras. El éxito del proyecto se determinará mediante la evaluación de las estrategias propuestas en la guía La decisión final sobre el éxito del proyecto recaerá en el director del equipo de investigación y será supervisada por un comité de partes interesadas clave. Este comité tendrá la autoridad para aprobar formalmente el proyecto	

con base en los resultados y recomendaciones generadas.

CRITERIOS DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO

1. Cumplimiento de los objetivos establecidos: Se han alcanzado todos los objetivos planteados, incluyendo la implementación y validación de estrategias en los proyectos piloto y la capacitación del personal involucrado.
2. Satisfacción de los interesados: Los principales interesados, incluidos ingenieros civiles, empresas constructoras y comunidades beneficiadas, expresan su satisfacción con los resultados obtenidos y el impacto positivo del proyecto.
3. Entrega de informe final: El informe final del proyecto, que incluye logros, lecciones aprendidas y recomendaciones, ha sido revisado y aprobado por el comité de partes interesadas y el director del proyecto.

DESIGNACIÓN DEL DIRECTOR DE PROYECTO

<i>NOMBRE</i>	<i>NIVEL DE AUTORIDAD</i>
Ing. Martín Montes	Total

Tabla 4. Diccionario de la EDT

Código EDT	Nombre del Paquete de Trabajo	Entregable	Descripción
	Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras		
1	Inicio del Proyecto		
1.1	Identificación de Interesados	Matriz de interesados	Identificar y documentar todas las partes interesadas relevantes para el proyecto. El entregable asociado es una matriz que detalla las partes interesadas y su nivel de influencia e interés en el proyecto.
1.2	Reunión Inicial	Acta de reunión con metas específicas aprobadas por los interesados.	Presentación del proyecto a las partes interesadas y definición de metas específicas.
1.3	Planificación del Proyecto	Desarrollo del cronograma, identificación de riesgos y asignación de recursos.	Evaluar la viabilidad financiera del proyecto, considerando costos, beneficios y posibles fuentes de financiamiento adaptándose al principio del PMBOK®. Habilitar el desempeño del negocio y los objetivos de valor. El entregable asociado es un informe que presenta los resultados del análisis financiero.
1.4	Adquisición de Equipo y Licencias	Equipos y Licencias Seleccionados	Comprar y recibir los equipos y licencias según las especificaciones. Este entregables implica entrega física de los equipos para su uso.
2	Identificación de Necesidad y Análisis Inicial.		
2.1	Evaluación Técnica	Lista de herramientas y evaluación técnica documentada.	Análisis de herramientas utilizadas en la construcción en Honduras
2.2	Identificación de Barreras	Documento con barreras identificadas.	En esta fase, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los limitantes en las empresas para adoptar las estrategias propuestas.
3	Diseño de Estrategias		
3.1	Diseño de Plantillas BIM	Modelos BIM funcionales para diferentes tipos de proyectos de construcción, aprobados en pruebas de simulación.	Creación de modelos digitales que permitan una estimación precisa de materiales y recursos requeridos en los proyectos donde los principios del PMBOK® sean el marco de referencia para el diseño, adaptando el entregable a los principios Construir un entorno de equipo colaborativo
3.2	Procedimientos de Lean Construction	Manual de procedimientos y plan de implementación aprobado por el equipo técnico.	Desarrollo de procedimientos para minimizar desperdicios en los procesos constructivos, incluyendo estrategias para optimizar la programación y coordinación entre partes interesadas.

3.3	Guías para Economía Circular	Guía de economía circular	Creación de una guía operativa que promueva prácticas de reducción, reutilización y reciclaje de
Código EDT	Nombre del Paquete de Trabajo	Entregable	Descripción
		documentada y validada por expertos.	materiales desde la fase de diseño hasta la ejecución.
3.4	Validación de Estrategias	Informe de validación con recomendaciones finales.	Prueba y ajuste de las herramientas y metodologías desarrolladas mediante simulaciones y casos de estudio para garantizar su aplicabilidad y efectividad.
4	Evaluación y Ajustes		
4.1	Recolección de Datos	Base de datos completa con información validada y relevante para el análisis.	Obtención de información cuantitativa y cualitativa sobre la efectividad de las herramientas y metodologías implementadas en los proyectos piloto. Esto incluye encuestas, entrevistas y observación directa apegadas al principio del PMBOK® Optimizar las Respuestas a las Condiciones del Entorno.
4.2	Análisis de Desempeño	Informe detallado de desempeño con métricas comparativas y gráficas de resultados.	Evaluación de indicadores clave como reducción de desperdicio, precisión en el cálculo de materiales, tiempo de ejecución y nivel de satisfacción de los interesados, esto adaptándose a los principios del PMBOK® Fomentar una Cultura de Rendición de Cuentas y Transparencia y Facilitar el Cambio para Alcanzar los Resultados.
4.3	Identificación de Mejoras	Documento con propuestas de mejoras específicas para cada estrategia implementada.	Detección de oportunidades para optimizar las estrategias basándose en los resultados obtenidos de los proyectos piloto dentro del contexto del principio del PMBOK® Motivar y Promover el Aprendizaje Permanente.
4.4	Validación Final	Aprobación final por parte de las partes interesadas clave.	Revisión conjunta con las partes interesadas para asegurar que las estrategias optimizadas cumplen con los objetivos del proyecto.
5	Cierre del Proyecto		
5.1	Informe de Cierre	Informe completo entregado y validado por las partes interesadas.	Realizar pruebas finales para verificar la funcionalidad integral del laboratorio, identificar posibles problemas y ajustar cualquier aspecto necesario. El entregable es un informe que detalla las pruebas realizadas y los ajustes implementados.
5.2	Presentación de Resultados	Presentación realizada con retroalimentación positiva de los interesados.	Organización de una reunión de cierre para compartir los resultados con las partes interesadas clave, destacando los logros, impactos y próximos pasos.
5.3	Cierre Administrativo	Documentos y contratos archivados.	Liquidación de financiamiento, gestión de documentos finales y aseguramiento de que todas las actividades administrativas relacionadas con el proyecto estén concluidas.

Fuente: (Propia, 2024).

6.4.3 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TRABAJO

La EDT en este proyecto se ha diseñado considerando las particularidades del sector construcción en Honduras, la necesidad de soluciones sostenibles, y la integración de metodologías avanzadas como BIM, Lean Construction y principios de economía circular.

Cada nivel de la EDT representa un mayor detalle del alcance del proyecto, iniciando desde los componentes generales hasta actividades específicas. Esto asegura que el enfoque del proyecto esté alineado con los objetivos estratégicos establecidos en la tesis y con las mejores prácticas de la industria.

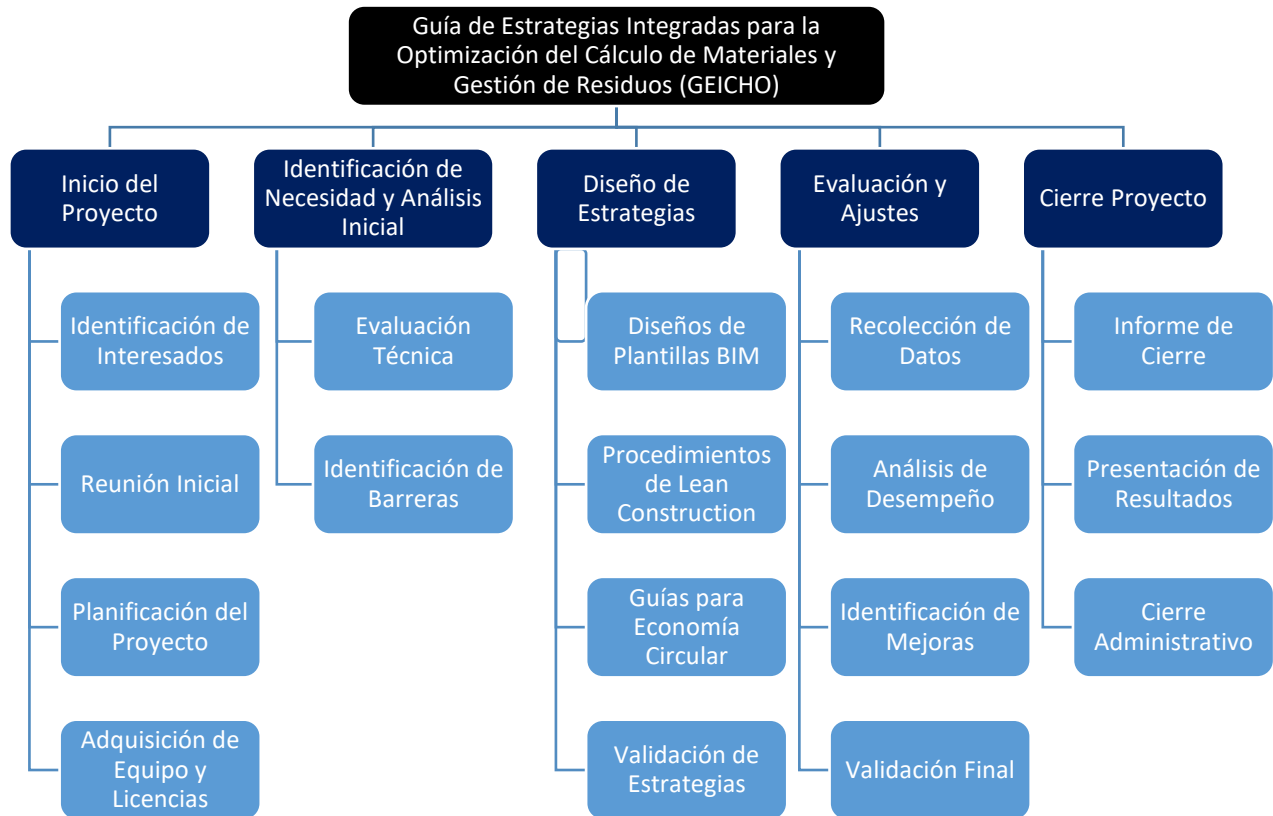


Gráfico 23 EDT GEICHO.

Fuente: (Propia, 2024).

6.4.4 PLAN DE CALIDAD

El plan de calidad presentado asegura que las actividades y resultados estén alineados con las normativas locales, principios de sostenibilidad, y objetivos específicos de eficiencia en el sector construcción. Este plan no solo busca cumplir con los estándares técnicos, sino también optimizar procesos, reducir errores en cálculos de materiales y minimizar la generación de residuos, promoviendo un enfoque innovador y sostenible en el contexto de la ingeniería civil

Tabla 5 Plan de Calidad.

Ítem	Descripción	Criterio de Aceptación	Método de Verificación	Responsable	Frecuencia de Verificación
Planificación del Proyecto	Definir los objetivos, alcance, y estrategias iniciales.	Documentos aprobados por las partes interesadas.	Revisión documental y aprobación de entregables.	Director del Proyecto	Una vez al inicio del proyecto.
Cumplimiento de Normas	Verificar que las estrategias cumplan con la legislación ambiental y de construcción en Honduras.	Conformidad con normas nacionales e internacionales (Ley General del Ambiente, Código Nacional de Construcción).	Auditorías legales y ambientales.	Especialista en Regulación Ambiental y Legal.	Durante las fases de diseño y desarrollo.
Precisión en los Cálculos	Aplicar la guía de técnicas avanzadas para garantizar la exactitud en los cálculos de materiales.	Errores en estimaciones $\leq 5\%$.	Comparación entre cálculos previstos y reales.	Especialista en BIM	Al finalizar cada etapa de diseño.
Optimización de Residuos	Implementar estrategias para reducir, reutilizar y reciclar materiales en proyectos piloto.	Generación de residuos $\leq 10\%$ del material estimado.	Inspecciones en proyectos piloto.	Ingeniero Ambiental	Durante la ejecución y cierre.
Capacitaciones	Proveer entrenamiento en BIM, Lean Construction y economía circular.	90% de los participantes completan la capacitación y aplican los conocimientos en sus proyectos.	Evaluaciones post-capacitación.	Recursos Humanos	Al concluir cada módulo de capacitación.

Fuente: (Propia, 2024).

6.4.5 ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE RECURSOS (EDR)

La EDR presentada permite asignar y optimizar los recursos de manera específica para cada actividad descrita en la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), asegurando que los objetivos del proyecto se cumplan con eficiencia y dentro de los parámetros de sostenibilidad. Asimismo, fomenta un uso estratégico de tecnologías avanzadas como BIM y metodologías innovadoras como Lean Construction, adaptadas a las necesidades del sector construcción en Honduras.

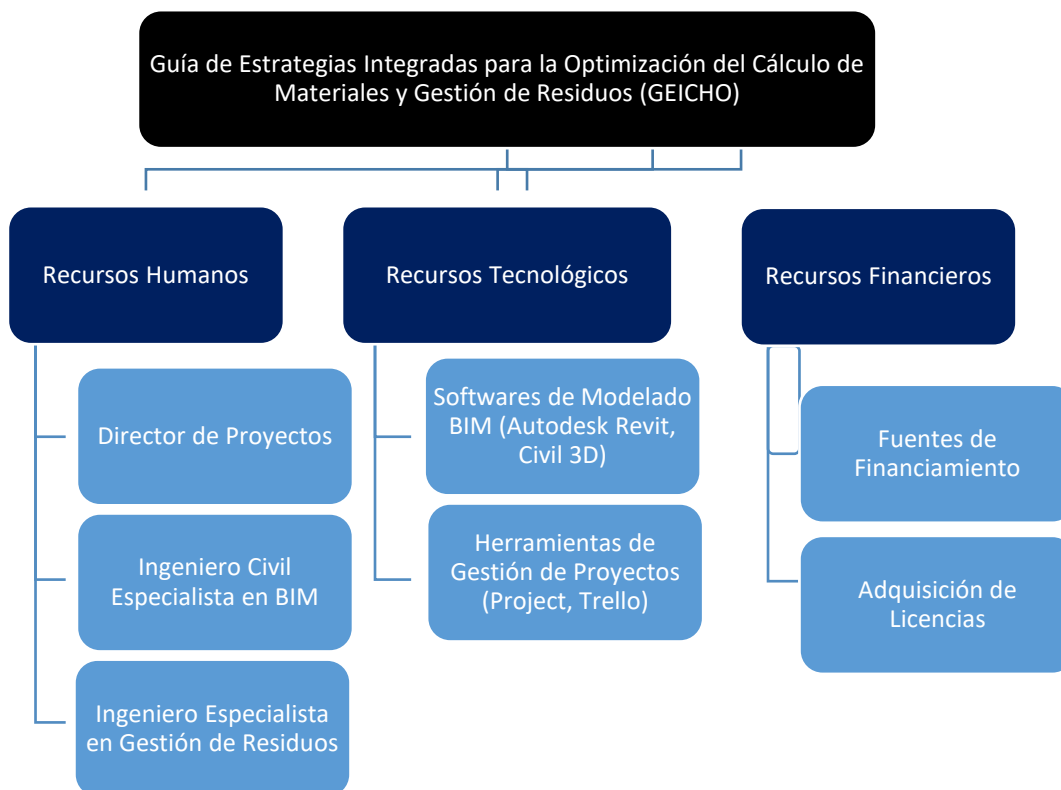


Gráfico 24 EDR.

Fuente: (Propia, 2024).

6.4.6 GUÍA DE ESTRATEGIAS INTEGRADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS (GEICHO)



MAESTRÍA EN
ADMINISTRACIÓN
DE PROYECTOS
UNITEC



BIM, Lean Construction, Economía Circular

En Honduras, BIM comenzó a implementarse en proyectos internacionales, principalmente en edificaciones comerciales y de alta gama, mientras que Lean Construction empezó a usarse de manera informal en grandes obras de infraestructura. La economía circular se ha enfocado en reciclaje de residuos y sostenibilidad, aunque de forma limitada. Todas con un nulo avance en el sector construcción de Honduras.

GUÍA DE ESTRATEGIAS INTEGRADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS (GEICHO)

LINK A GUÍA: <https://drive.google.com/drive/folders/19doI8T57Ven6-8namJrpBfvRdiuC952D?usp=sharing>

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	72
OBJETIVOS.....	73
1. COMPRENSIÓN BIM, LEAN CONSTRUCTION Y ECONOMÍA CIRCULAR.....	74
1.2 DEFINICIÓN LEAN CONSTRUCTION.....	78
2. TIPOS DE PROYECTOS APLICABLES PARA LA GUÍA GEICHO.....	81
3. Profesionales Objetivo para la Guía GEICHO.....	82
4. Alcance de la Guía GEICHO.....	83
Dimensiones del Alcance.....	83
Ámbito Sectorial: La Guía GEICHO se aplica a todos los subsectores de la construcción, incluyendo:.....	83
Límites del Alcance	84
Impactos del Alcance	84
Impacto Económico	84
Proyección del Alcance	85
4. Estrategias Integradas para BIM, Lean Construction y Economía Circular en la Construcción	86
4.2 Estrategias para Implementar Lean Construction.....	89
4.2.2 Estrategia: Mapeo de Procesos y Eliminación de Desperdicios.....	90
Identificar y eliminar actividades que no generen valor dentro del flujo de trabajo de un proyecto.	90
4.3 Estrategias Economía Circular.....	92
6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO.....	97
6.3 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
ANEXOS.....	107

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en Honduras enfrenta desafíos críticos en el cálculo de materiales y gestión de residuos, lo que genera sobrecostos, retrasos y pérdidas de recursos. La construcción es un sector crucial en Honduras, pero enfrenta desafíos significativos que limitan su sostenibilidad y eficiencia. En 2023, más del 60% de los proyectos presentaron sobrecostos debido al mal cálculo de materiales, porcentaje que recae en un aumento de los residuos generados. La Guía GEICHO busca transformar estas problemáticas en ventajas competitivas mediante la implementación de estrategias integradas que aprovechen la tecnología, los principios de sostenibilidad y las mejores prácticas internacionales.

Esta guía tiene como objetivo proporcionar a empresas constructoras, ingenieros civiles y autoridades gubernamentales un recurso práctico que integre estrategias avanzadas para optimizar recursos y gestionar residuos de manera sostenible.

OBJETIVOS

Objetivo General: Transformar la industria de la construcción en Honduras a través de estrategias innovadoras que mejoren el cálculo de materiales y reduzcan los residuos en los proyectos.

Objetivos Específicos:

1. Implementación tecnológica: Diseñar metodologías y herramientas que reduzcan la sobreestimación o subestimación de materiales, introduciendo software de modelado como BIM y estableciendo estándares de cálculo basados en mejores prácticas internacionales permitiendo disminuir los costos asociados al desperdicio y evitar retrasos por insuficiencia de recursos.
2. Economía circular: Proporcionar lineamientos claros para la reutilización y reciclaje de materiales residuales en proyectos de construcción, promoviendo el uso de técnicas como el diseño modular y la economía circular, contribuyendo a reducir significativamente la cantidad de desechos enviados a vertederos y su impacto ambiental.
3. Incrementar la eficiencia operativa en los proyectos: Reducir los tiempos de ejecución y los costos operativos mediante la implementación de técnicas Lean, como el Last Planner System y el mapeo de procesos. Estas metodologías permitirán eliminar actividades que no generen valor, optimizando la gestión de recursos humanos y materiales.
4. Generar herramientas para la toma de decisiones informadas: Crear modelos y simulaciones que permitan prever el impacto económico, ambiental y operacional de las decisiones tomadas en cada etapa del proyecto. Estas herramientas facilitarán la planificación estratégica y la identificación de oportunidades de mejora continua.

1. COMPRENSIÓN BIM, LEAN CONSTRUCTION Y ECONOMÍA CIRCULAR

1.1 Definición de BIM

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa que integra la creación, gestión y análisis de información durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción mediante un modelo digital tridimensional (3D). Este modelo incluye no solo la representación geométrica del edificio o infraestructura, sino también datos técnicos, materiales, tiempos, costos y mantenimiento, proporcionando una base integral para la toma de decisiones.

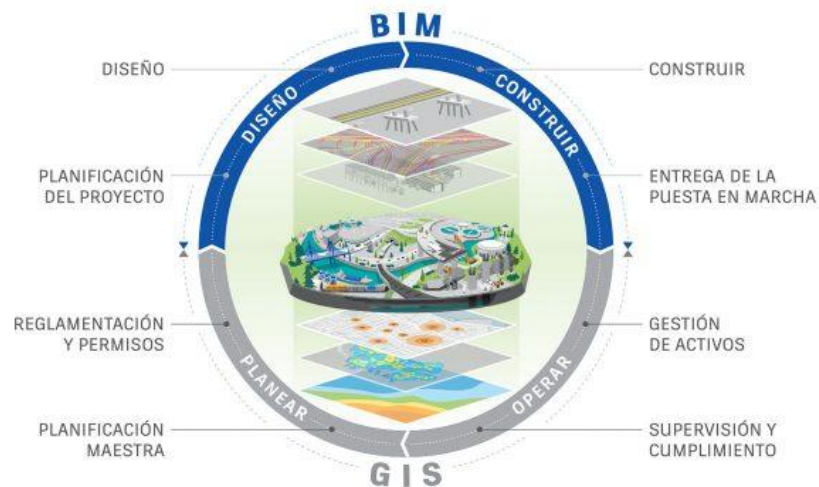


Ilustración 1 Ilustración Procesos Integrados BIM.

Fuente: (Autodesk, Autodesk, s.f.).

Características principales de BIM:

1. Multidimensionalidad.
2. Interoperabilidad.
3. Base de Datos Centralizada.
4. Simulación y Visualización.

1.1.1 Beneficios de BIM:

1. Reducción de errores: Detecta conflictos en el diseño, como interferencias entre sistemas mecánicos, eléctricos y estructurales.
2. Eficiencia en el cálculo de materiales: Proporciona estimaciones precisas que minimizan el desperdicio y optimizan el presupuesto.
3. Mejora en la coordinación: Facilita la comunicación entre todas las disciplinas involucradas en el proyecto.
4. Sostenibilidad: Ayuda a evaluar el impacto ambiental de los materiales y prácticas utilizados.
5. Gestión a largo plazo: Proporciona una herramienta para el mantenimiento y operación eficiente de las instalaciones.

1.1.2 Herramientas BIM:

1. Autodesk Revit: Modelado de edificios con un enfoque multidisciplinario.



Ilustración 2 Logo Autodesk REVIT.

Fuente: (Autodesk, Autodesk, s.f.).

2. Navisworks: Simulación y análisis de interferencias.



Ilustración 3 Logo Autodesk Navisworks

Fuente: (Autodesk, Autodesk, s.f.)

3. Civil 3D: Modelado para infraestructuras civiles como carreteras y sistemas de agua.



Ilustración 4 Logo Autodesk Civil 3D

Fuente: (Autodesk, Autodesk, s.f.).

En 2005, Patrick MacLeamy presentó un conocido gráfico en el AIA (American Institute of Architects) que ilustra cómo tomar decisiones importantes en las primeras etapas del diseño de un proyecto implica un esfuerzo considerable, pero resulta en beneficios significativos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

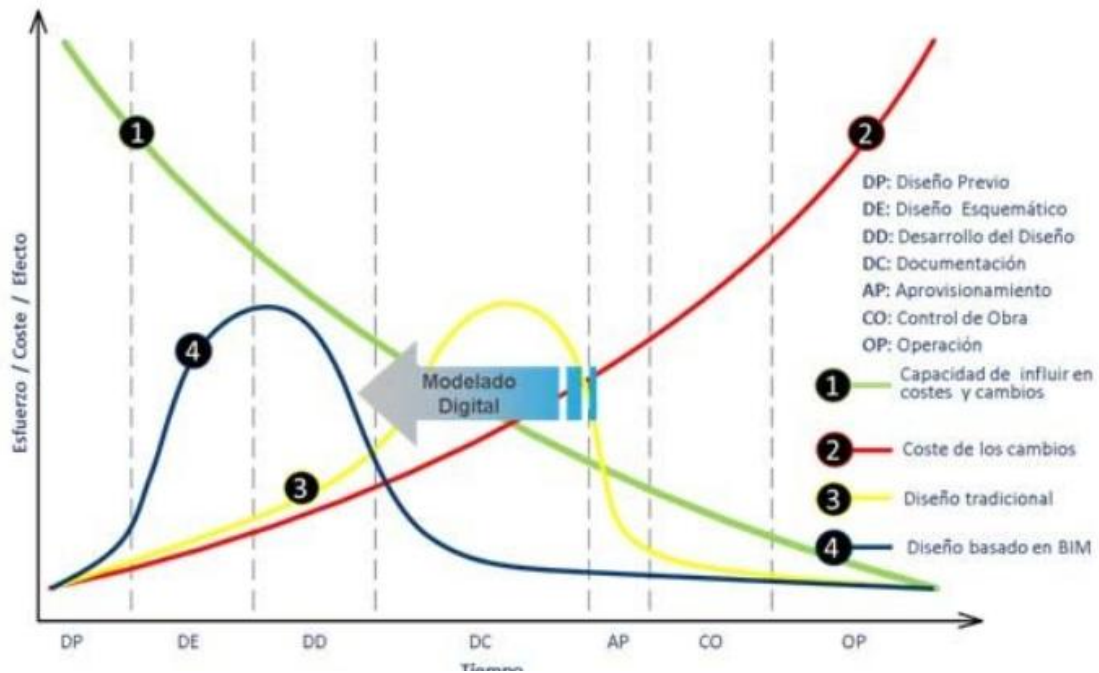


Gráfico 25 Curva Del Esfuerzo Del Proceso Constructivo. (MacLeamy).

Fuente: (Architects).

1.2 DEFINICIÓN LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction es un enfoque de gestión y producción adaptado del Lean Manufacturing al sector de la construcción. Su objetivo es maximizar el valor generado para el cliente mientras se minimizan los desperdicios en tiempo, materiales y recursos. Se centra en la mejora continua de los procesos constructivos, promoviendo la colaboración entre todos los participantes del proyecto para alcanzar resultados más eficientes y predecibles.



Ilustración 5 Desperdicios considerados en Lean Construction

Fuente: (México, 2021).

1.2.1 Beneficios de Lean Construction

1. Reducción de Desperdicios.
2. Mejora en la Productividad.
3. Mejora de la Comunicación.

1.2.2 Herramientas y Técnicas de Lean Construction

1. Last Planner System® (LPS): El sistema LastPlanner® es una herramienta de gestión de proyectos que combina planificación, seguimiento y control, con el objetivo de minimizar la incertidumbre y la variabilidad, al tiempo que optimiza los resultados mediante la aplicación de principios y prácticas Lean en la planificación.

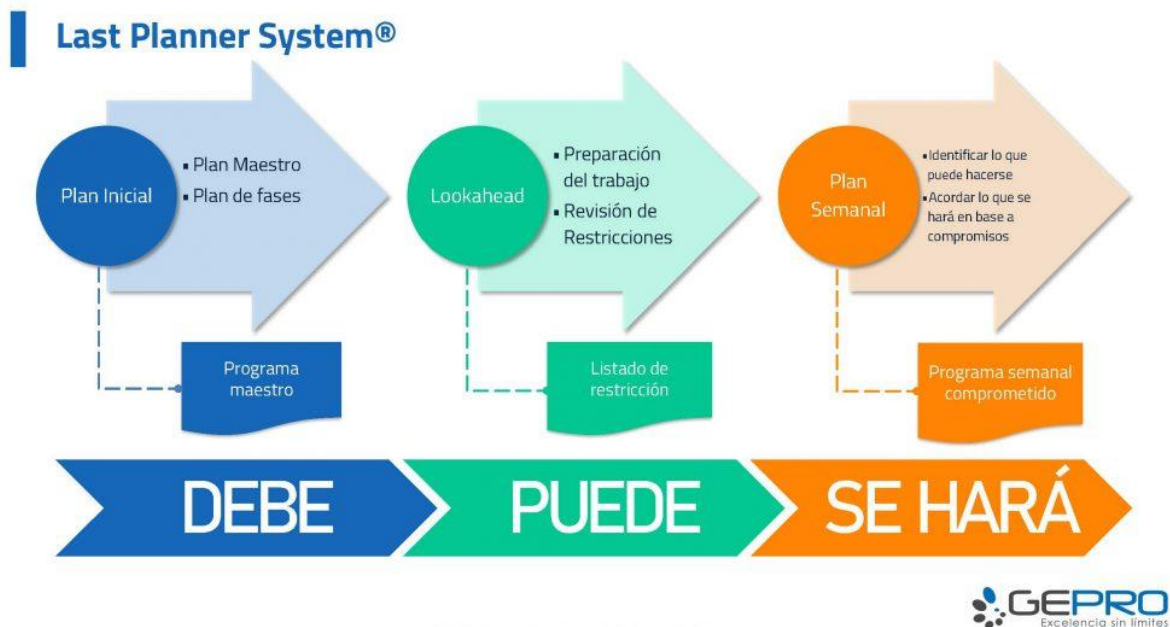


Ilustración 6 Fases Last Planner System®

Fuente: (GEPRO, 2022).

2. 5S (Clasificar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar, Sostener): Este enfoque es especialmente relevante para proyectos que integran herramientas como BIM y prácticas de Lean Construction, donde el orden y la claridad son claves para el éxito. Al implementar las 5S, se crea un entorno más organizado y sostenible, alineado con los objetivos de la guía.



Ilustración 7 Representación 5S.

Fuente: (ENVIRA, 2024).

En proyectos y obras de construcción, la fiabilidad en la finalización de tareas planificadas suele oscilar entre el 55% y el 60%. Esto significa que, en promedio, poco más de la mitad de las actividades programadas para una semana se completan según lo previsto. Un estudio realizado en 2004 por el Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute revela que hasta un 57% del tiempo, esfuerzo y materiales invertidos en proyectos de construcción no contribuyen directamente al valor del producto final.



Gráfico 26 Valor añadido y Despilfarro en la Construcción en comparación con la Fabricación, en Estados

Fuente: (Fauchier, 2019).

2. TIPOS DE PROYECTOS APLICABLES PARA LA GUÍA GEICHO

Es esencial considerar los tipos de proyectos en los que se pueden implementar las estrategias, los cuales incluyen:

- Edificaciones: Incluyen proyectos residenciales, comerciales, oficinas e industriales, abarcando un amplio espectro de construcciones.
- Infraestructura: En esta categoría se encuentran obras como carreteras, vías ferroviarias, oleoductos, tendidos eléctricos, puertos, aeropuertos, represas y centrales hidroeléctricas, enfocadas en mejorar la conectividad y los servicios esenciales.
- Ingeniería Estructural: Se enfoca en sistemas estructurales detallados y especificados según su diseño, ya sea en concreto, estructuras prefabricadas, madera o metal.
- Construcción: Comprende modelos utilizados en obra para supervisar, visualizar y programar el progreso del proyecto. Estos modelos son útiles para gestionar órdenes de cambio y generar representaciones finales tipo *As-built*.
- Fabricación y Planos de Taller: Se centran en la representación detallada del diseño, considerando su especialidad para fabricación, ensamblaje y construcción. Facilitan la comprensión del diseño y se desarrollan principalmente durante la etapa de construcción.
- Gestión de Proyectos: Modelos desarrollados en las fases de diseño que proporcionan información clave para planificar, organizar y administrar el desarrollo del proyecto.

Estos tipos de proyectos muestran la versatilidad de las estrategias al adaptarse a diferentes especialidades dentro del sector de la construcción, maximizando su alcance y efectividad.

3. PROFESIONALES OBJETIVO PARA LA GUÍA GEICHO

La Guía GEICHO está diseñada para ser aplicada por una amplia gama de profesionales en el sector de la construcción. A continuación, se detallan los perfiles clave que pueden beneficiarse de la guía, junto con su rol específico dentro del marco de implementación:

Tabla 6 Profesionales Objetivo

Profesional	Roles en la Guía	Áreas de Especialización
Ingenieros Civiles	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar estrategias de cálculo de materiales y gestión de residuos. • Implementar BIM y Lean Construction. • Supervisar recursos en construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño estructural. • Supervisión de obras. • Presupuestos y planificación de proyectos.
Arquitectos	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar sostenibilidad y economía circular desde el diseño. • Utilizar BIM y diseñar proyectos modulares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño arquitectónico sostenible. • Gestión de proyectos residenciales y comerciales. • Paisajismo.
Especialistas en Gestión de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar y coordinar fases del proyecto usando PMBOK® y Lean Construction. • Integrar BIM en cronogramas y costos. • Asegurar cumplimiento de objetivos de sostenibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de proyectos. • Gestión de cronogramas y presupuestos. • Evaluación de riesgos.
Académicos e Investigadores	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar estudios para optimizar estrategias. • Capacitar futuros profesionales en BIM y sostenibilidad. • Evaluar impacto a largo plazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación en sostenibilidad. • Formación en tecnologías avanzadas. • Desarrollo de normativas técnicas.
Autoridades y Reguladores del Sector Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer normativas para BIM, Lean y economía circular. • Supervisar estándares de sostenibilidad. • Incentivar adopción de prácticas mediante beneficios fiscales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación y control del sector. • Políticas públicas para sostenibilidad. • Gestión de programas de infraestructura.

Fuente: (Propia, 2024).

La Guía GEICHO está dirigida a un amplio espectro de profesionales, promoviendo la colaboración interdisciplinaria para transformar el sector de la construcción en Honduras. Su implementación requiere la participación activa de cada uno de estos perfiles, asegurando que las estrategias se adapten y escalen según las necesidades de cada proyecto y organización.

4. Alcance de la Guía GEICHO

La Guía GEICHO está diseñada para proporcionar un marco integral que aborde los desafíos asociados con el cálculo de materiales y la gestión de residuos en el sector de la construcción en Honduras. Su implementación busca impactar positivamente en múltiples niveles, promoviendo la sostenibilidad, eficiencia y competitividad del sector.

Dimensiones del Alcance

Ámbito Sectorial: La Guía GEICHO se aplica a todos los subsectores de la construcción, incluyendo:

- **Edificaciones:** Proyectos residenciales, comerciales, industriales y de oficinas.
- **Infraestructura:** Carreteras, puentes, ferrocarriles, oleoductos, aeropuertos, represas y sistemas eléctricos.
- **Ingeniería Especializada:** Sistemas estructurales, electromecánicos, plomería, ventilación y climatización.

Ámbito Técnico: La guía cubre las etapas clave de los proyectos de construcción, asegurando una integración completa desde el diseño hasta la operación:

- **Diseño y Planificación:** Uso de herramientas como BIM y simulaciones para estimar materiales y recursos.
- **Ejecución de Proyectos:** Implementación de estrategias Lean para minimizar desperdicios y mejorar la eficiencia.
- **Gestión de Residuos:** Clasificación, reciclaje y reutilización de materiales para fomentar la economía circular.

Ámbito Geográfico

Aunque inicialmente se enfoca en el contexto hondureño, la Guía GEICHO tiene el potencial de adaptarse a otros países en desarrollo con características similares, promoviendo un impacto regional.

Ámbito Ambiental y Social

La guía busca:

- Reducir la generación de residuos sólidos.
- Promover prácticas de sostenibilidad que beneficien a comunidades locales.
- Incrementar la adopción de materiales reciclables y tecnologías sostenibles.

Límites del Alcance

La guía está diseñada para proyectos en fase de desarrollo y diseño, pero su adopción en obras ya avanzadas podría requerir adaptaciones específicas.

Infraestructura Limitada: La implementación completa de estrategias como economía circular dependerá de la disponibilidad de centros de reciclaje y acopio en las zonas de trabajo.

Capacitación y Recursos: La adopción de tecnologías avanzadas como BIM puede estar limitada por la falta de formación previa y la inversión inicial en licencias de software.

Normativas Vigentes: Aunque la guía puede proponer estándares y mejores prácticas, su adopción dependerá de la regulación gubernamental y su alineación con las leyes locales.

Impactos del Alcance

Impacto Económico

- Reducción de costos en proyectos debido a la optimización del cálculo de materiales y la reutilización de residuos.
- Incremento en la competitividad de las empresas constructoras hondureñas al alinearse con estándares internacionales.

Impacto Ambiental

- Reducción de la huella ecológica de los proyectos mediante el uso de materiales reciclados y técnicas sostenibles.
- Mitigación del impacto en vertederos gracias a la implementación de estrategias de gestión de residuos.

Impacto Social

- Creación de empleo en sectores relacionados con la economía circular, como reciclaje y fabricación de materiales reutilizables.
- Mejora de la calidad de vida de las comunidades cercanas a los proyectos mediante prácticas constructivas responsables.
- Capacitación y desarrollo profesional: Formación de ingenieros y técnicos en metodologías modernas de optimización de materiales.
- Participación de actores clave: Integración de empresas, instituciones académicas y organismos gubernamentales en la gestión sostenible de la construcción.

Proyección del Alcance

A largo plazo, la Guía GEICHO busca convertirse en un referente nacional e internacional en la construcción sostenible. Su implementación gradual permitirá evaluar y ajustar las estrategias para maximizar su efectividad y adaptabilidad a otros contextos, promoviendo un sector de la construcción más eficiente, responsable y competitivo.

4. Estrategias Integradas para BIM, Lean Construction y Economía Circular en la Construcción

4.1.1 Estrategia: Introducción y Capacitación en BIM

Facilitar el conocimiento y uso de BIM en todos los niveles del sector de la construcción mediante programas educativos, certificaciones y proyectos piloto.

Acciones

1. Programas de Capacitación:

- Cursos presenciales y virtuales para ingenieros civiles, arquitectos y contratistas.
- Certificaciones internacionales online en herramientas BIM como Autodesk Revit y Civil 3D.



Ilustración 8 Ejemplo Curso Modelado BIM.

Fuente: (Infinitytech, 2022).

2. Integración Académica:

- Incluir BIM en currículos universitarios y técnicos.

3. Incentivos para Aprendizaje:

- Proveer descuentos en licencias BIM para empresas que capaciten a su personal.

4.1.2 Estrategia: Estándares y Protocolos Nacionales de BIM

Crear un marco regulatorio para estandarizar el uso de BIM en Honduras, asegurando compatibilidad e interoperabilidad entre empresas y proyectos.



Ilustración 9 Plan BIM Perú

Fuente: (Finanzas, 2019).

Acciones

1. Adopción Normativa:

Integrar el uso de BIM como requisito en proyectos públicos y privados.

2. Plataforma Centralizada:

Crear un sistema digital que permita compartir modelos BIM entre stakeholders.

4.1.3 Estrategia: Integración de Costos y Cronogramas (4D y 5D BIM)

Ampliar el uso de BIM para incluir simulaciones de tiempos y estimaciones de costos, optimizando los recursos y la planificación.

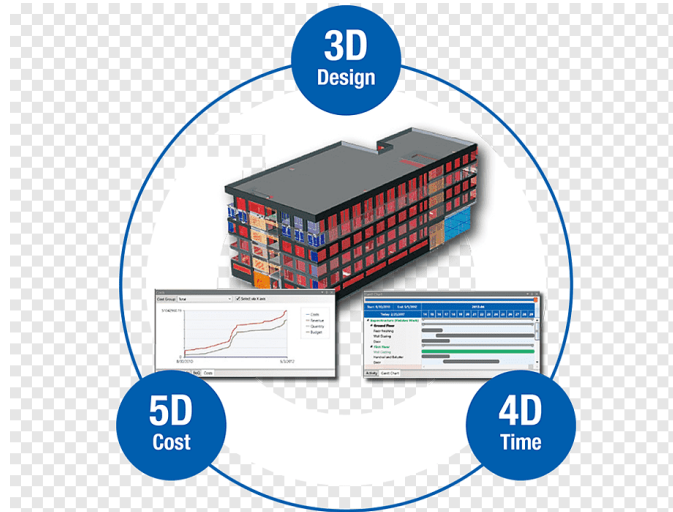


Ilustración 10 Flujo de Modelado BIM.

Fuente: (PNGWING, 2020).

Acciones

1. Capacitación en 4D y 5D BIM:

- Entrenar en software como Navisworks para análisis de cronogramas.

2. Simulación de Escenarios:

- Crear simulaciones para prever conflictos y ajustar plazos y presupuestos.

3. Automatización de Presupuestos:

- Integrar herramientas que generen costos automáticamente a partir del modelo BIM.

4.2 Estrategias para Implementar Lean Construction

4.2.1 Estrategia: Introducción del Last Planner System (LPS)

Utilizar este sistema colaborativo de planificación para garantizar que las actividades de construcción se realicen en tiempo y forma.

Acciones

1. Capacitación en LPS:

- Entrenar a líderes de proyecto en el uso del sistema.

2. Monitoreo y Mejora Continua:

- Revisar cronogramas semanalmente y ajustar según sea necesario.

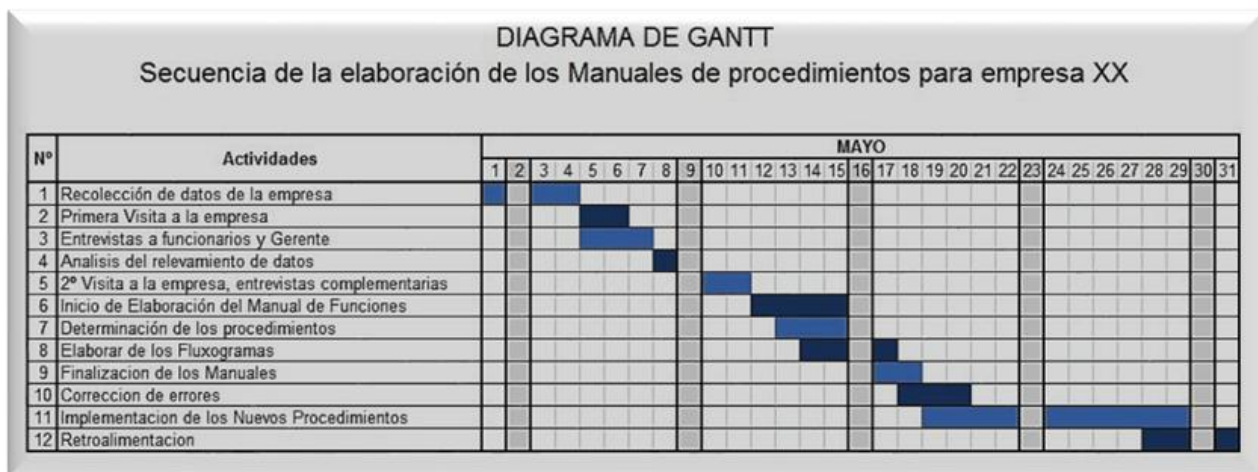


Ilustración 11 Diagrama de Gantt.

Fuente: (DIJMARS, s.f.).

4.2.2 Estrategia: Mapeo de Procesos y Eliminación de Desperdicios

Identificar y eliminar actividades que no generen valor dentro del flujo de trabajo de un proyecto.

Acciones

1. Análisis de Flujos:

- Crear mapas de flujo de valor para visualizar los procesos actuales.

2. Optimización de Tareas:

- Reorganizar tareas para eliminar tiempos muertos y duplicidad de esfuerzos.

4.2.3 Estrategia: Gestión Visual con Kanban

Usar tableros visuales para gestionar tareas y recursos, asegurando un flujo continuo de trabajo.

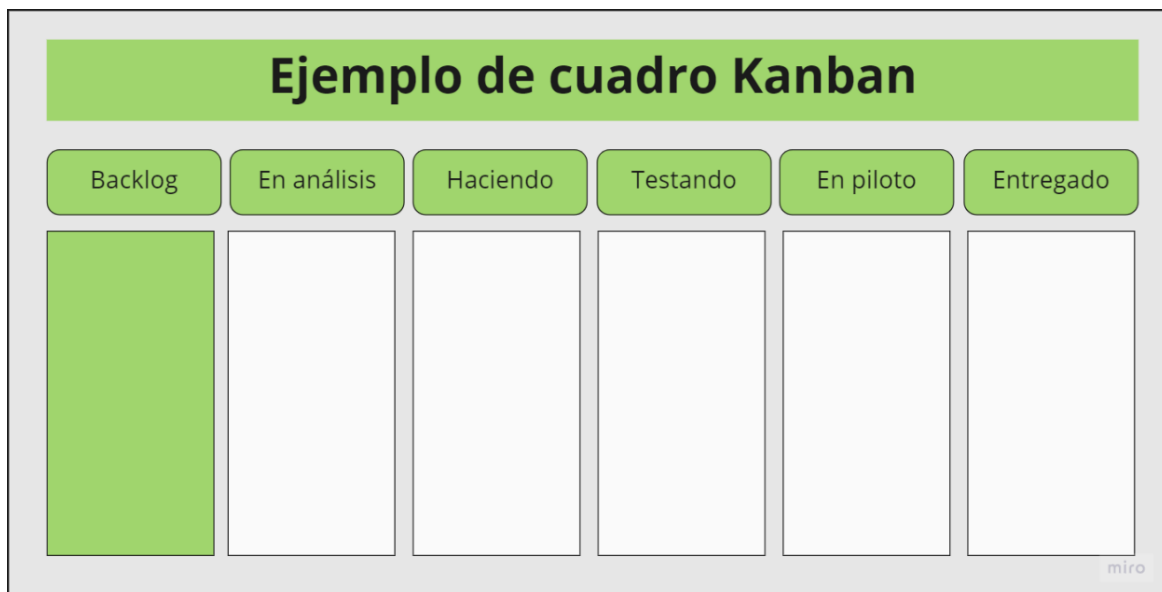


Ilustración 12 Ejemplo de Tablero Kanban.

Fuente: (Sabino, 2022)

Acciones

1. Implementación de Tableros

- Crear tableros físicos o digitales que muestren el estado de cada tarea.

2. Categorías de Avance

- Dividir tareas en categorías como "Por hacer", "En proceso" y "Completado".

3. Actualización Constante

- Revisar y actualizar el tablero diariamente.

4.2.4. Mejora Continua (Kaizen)

Adoptar un enfoque de mejora constante para optimizar procesos y adaptarse a cambios en tiempo real.

Acciones

1. Revisión Periódica

- Realizar evaluaciones semanales para identificar áreas de mejora.

2. Capacitación Continua:

- Entrenar al personal en nuevas técnicas y tecnologías.

3. Retroalimentación:

- Promover la comunicación abierta para recibir sugerencias de mejora.

4.3 Estrategias Economía Circular

4.3.1 Estrategia: Diseño para la Reutilización

Incorporar criterios de diseño que permitan reutilizar componentes y materiales al finalizar el ciclo de vida del proyecto.

Acciones

1. Diseño Modular y Desmontable
 - Diseñar estructuras y componentes que puedan ensamblarse y desmontarse fácilmente.
2. Selección de Materiales Reciclables
 - Priorizar materiales con alta capacidad de reutilización, como acero y madera tratada.
3. Análisis del Ciclo de Vida
 - Utilizar herramientas como matrices de impacto ambiental para evaluar el impacto ambiental de los materiales y fomentar su reutilización.

4.3.2 Estrategia: Cadenas de Suministro Circulares

Establecer sistemas para compartir, reutilizar y reciclar materiales entre diferentes proyectos y empresas del sector.

Acciones

1. Plataformas Digitales de Intercambio
 - Crear aplicaciones o portales web donde las empresas puedan ofrecer y adquirir materiales sobrantes o reciclables.
2. Incentivos para Reutilización
 - Implementar beneficios fiscales o económicos para empresas que participen activamente en la reutilización de materiales.

3. Monitoreo de Materiales

- Llevar un registro detallado de los materiales circulares utilizados en cada proyecto para medir su impacto y fomentar su replicación.

4.3.3 Estrategia: Capacitación en Economía Circular

Crear programas educativos para capacitar a los actores del sector en prácticas de sostenibilidad y reutilización de recursos.



El cartel tiene un encabezado verde con el título "Economía circular un nuevo modelo de negocios" en blanco. Debajo, un recuadro gris muestra "2:00 pm" con un icono de reloj. A la izquierda, una ilustración muestra a un hombre y una mujer examinando ropa en un perchero; el hombre lleva una camiseta con un símbolo de reciclaje y la mujer una bolsa con el mismo símbolo. Debajo de la ilustración está el logo de "MAGAMOSA" con un icono de una botella de agua. A la derecha, un recuadro azul claro contiene el nombre del facilitador "Facilitador: Julio Gom" y sus credenciales: "(Ph. D), Director Asociado de Proyectos. Doctor en Administración de Empresas. Maestría en Gestión de la calidad. Economista. Certificado GRI 2021. Promotor de la Economía Circular en Honduras. Director del Diplomado sobre Economía Circular". En la parte inferior derecha del recuadro azul, se indica "Plataforma: zoom" con el logo de Zoom y "Inscripciones en el enlace adjunto".

Ilustración 13 Ejemplo Capacitación Economía Circular.

Fuente: (Cortés, 2021).

Acciones

1. Talleres Prácticos
 - Diseñar cursos para ingenieros, arquitectos y contratistas sobre cómo implementar economía circular en sus proyectos.
2. Guías y Manuales

- Publicar recursos didácticos que expliquen las mejores prácticas en reutilización y reciclaje.
3. Certificaciones Profesionales
- Ofrecer certificaciones en economía circular para fomentar la profesionalización del sector.

6.5 MEDIDAS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO

Esta sección de la Guía GEICHO proporciona un marco integral para evaluar y mejorar continuamente el desempeño de los proyectos en Honduras, asegurando que las metas de sostenibilidad, eficiencia y rentabilidad sean alcanzadas.

5.1 Importancia de la Medición y Seguimiento

El monitoreo continuo permite:

- Evaluar el desempeño: Identificar áreas de desperdicio y oportunidades de mejora.
- Optimizar recursos: Reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental.
- Cumplir con normativas: Asegurar el cumplimiento de regulaciones locales e internacionales.

5.2 Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

Se deben establecer indicadores específicos para medir la eficacia del cálculo de materiales y la gestión de residuos. Para evaluar la efectividad de la gestión de residuos en proyectos de construcción, se propone una lista de Indicadores Clave de Desempeño (KPI) que permitan cuantificar los beneficios económicos y ambientales de la optimización de materiales:

1. KPI de Materiales:

- Precisión en el cálculo de materiales: Proporción de materiales realmente utilizados / materiales estimados en la planificación. Ejemplo: Se utilizaron 10 bolsas de cemento en la fundición de una columna y planificado estaba un consumo de 11 bolsas de cemento.

$$\text{KPI: } \frac{10}{11} = 0.909.$$

En consecuencia, siempre que el KPI sea igual o menor a 1 se fue preciso en el cálculo,

lo cual es positivo para el proyecto.

- Tasa de reutilización: Porcentaje de materiales recuperados y reutilizados en nuevos proyectos. Ejemplo: La empresa constructora Construlatino adquirió para la construcción de la torre XYZ 300,000 varillas de un diámetro de 1". De las cuales se utilizaron solamente 295,000 debido a un error de cálculo del ingeniero estructural. La empresa queda con 5000 en inventario donde adquieren óxido debido a que han estado almacenadas 3 meses. Pasado ese tiempo le adjudican a la empresa constructora un proyecto de elaboración de pilotes donde se utilizarán ese mismo diámetro de varilla. La empresa decide realizarles un tratamiento contra el óxido y corrosión a las varillas y logra recuperar 4900 de las varillas. La tasa de reutilización estaría dada por:

$$\text{Tasa Reutilización: } \frac{\text{Cantidad Recuperada}}{\text{Cantidad Almacenada}} = \frac{4500}{5000} = 0.9$$

Este porcentaje nos indica un factor de reutilización del 90% para este elemento, se propone un rango de 0.70-0.95 como valores del KPI positivos.

2. Indicador de Residuos:

- Razón de generación de residuos: Volumen generado por m² construido. Ejemplo, para la construcción de una casa de 100 m² se generó 3 m³ de residuos. El indicador está dado por:

$$RS: \frac{\text{Volumen Generado}}{\text{m}^2 \text{ Construidos}} = \frac{3}{100} = 0.03 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Este valor de 0.03 indica que por cada m² construido de la vivienda se generó un desperdicio equivalente a 0.03 m³. Esta razón debe de mantenerse en un intervalo de 0.01 – 0.02. Solo aplicable a construcciones nuevas sin considerar actividades de terracería.

3. Indicadores Económicos

- % Reducción de costos: Ahorros derivados de la disminución de desperdicios a nivel presupuestario y de diseño. Dado por Costo de materiales sin utilizar las estrategias menos Costo de materiales utilizando las estrategias vs Costo de materiales sin utilizar las estrategias. Ejemplo: la constructora Construlatino decide participar en la licitación

de un proyecto de pavimentos en Puerto Cortés donde se fabricarán 600 m³ de concreto 4000 psi. El Gerente de Proyectos reúne al equipo de proyectos propio de la empresa y decide calcular el proyecto de dos maneras: 1. Utilizando los métodos convencionales de la empresa (Hojas de Excel, Utilización de factores de seguridad convencionales, utilizando fichas de proyectos anteriores) y como segunda opción le propone al departamento de proyectos calcular el proyecto utilizando la guía GEICHO. Después del análisis y de un exhaustivo cálculo llegan a dos resultados. Para la opción número 1 se llegó a un valor de L. 3,000,000.00 y utilizando la opción 2 el equipo llega a un valor de L. 2,880,000.00. La reducción de costo a nivel presupuestario esta regida por:

$$\text{Reducción Costo: } \frac{3,000,000.00 - 2,880,000.00}{2,880,000.00} = 0.04 = 4\%.$$

Este valor indica el porcentaje de ahorro que se obtuvo en el cálculo del presupuesto para la licitación, obteniendo un resultado de un 4% de ahorro. Rango estimado positivo de encontrar estaría en el rango de 0.01-0.04. Dando así un beneficio para la empresa constructora y contratante, obteniendo el proyecto el contratante por un menor valor y la constructora tiene más posibilidades de una adjudicación del contrato por su costo significativo mucho menor.

5.3 Definición de Líneas Base

La línea base representa un punto de referencia inicial que permite medir y comparar el desempeño de los proyectos a lo largo del tiempo. Es necesario establecer líneas base para evaluar el impacto de las estrategias implementadas y determinar áreas de mejora. Estas referencias se basan en datos históricos o estimaciones iniciales y son cruciales para garantizar que los objetivos del proyecto se alineen con las mejores prácticas y normativas locales.

Ejemplo:

Generación promedio de residuos en proyectos similares (m³/m²).

El establecimiento de esta línea base es, por tanto, un primer paso fundamental para implementar un sistema de medición robusto.

6.6 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN Y PRESUPUESTO

El cronograma de implementación y presupuesto es esencial para garantizar la ejecución efectiva de la propuesta. Abarca actividades clave, desde la planificación inicial hasta el cierre del proyecto, estableciendo una hoja de ruta clara para optimizar recursos y reducir costos operativos y ambientales.

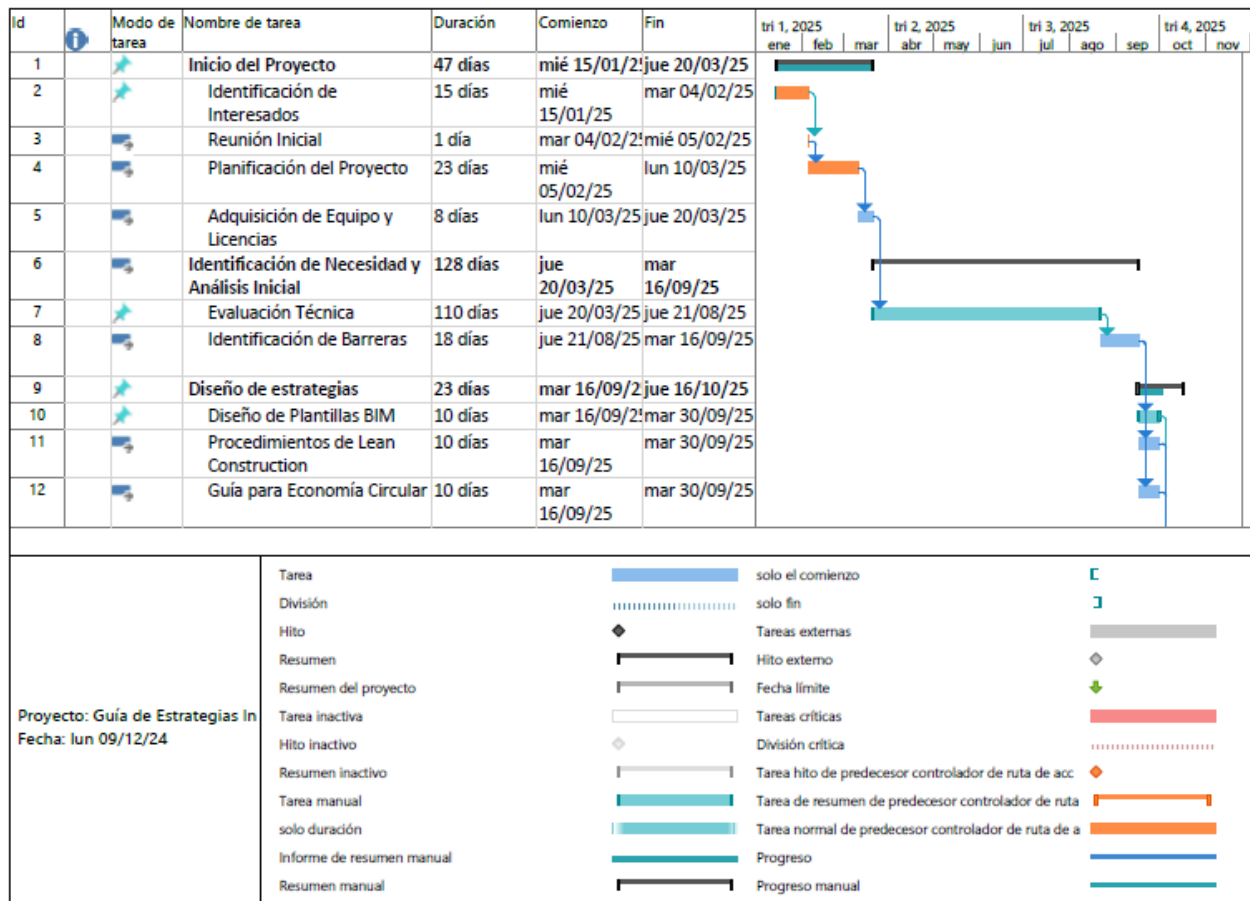


Ilustración 14 DIAGRAMA GANTT GEICHO.

Fuente: (Propia, 2024).

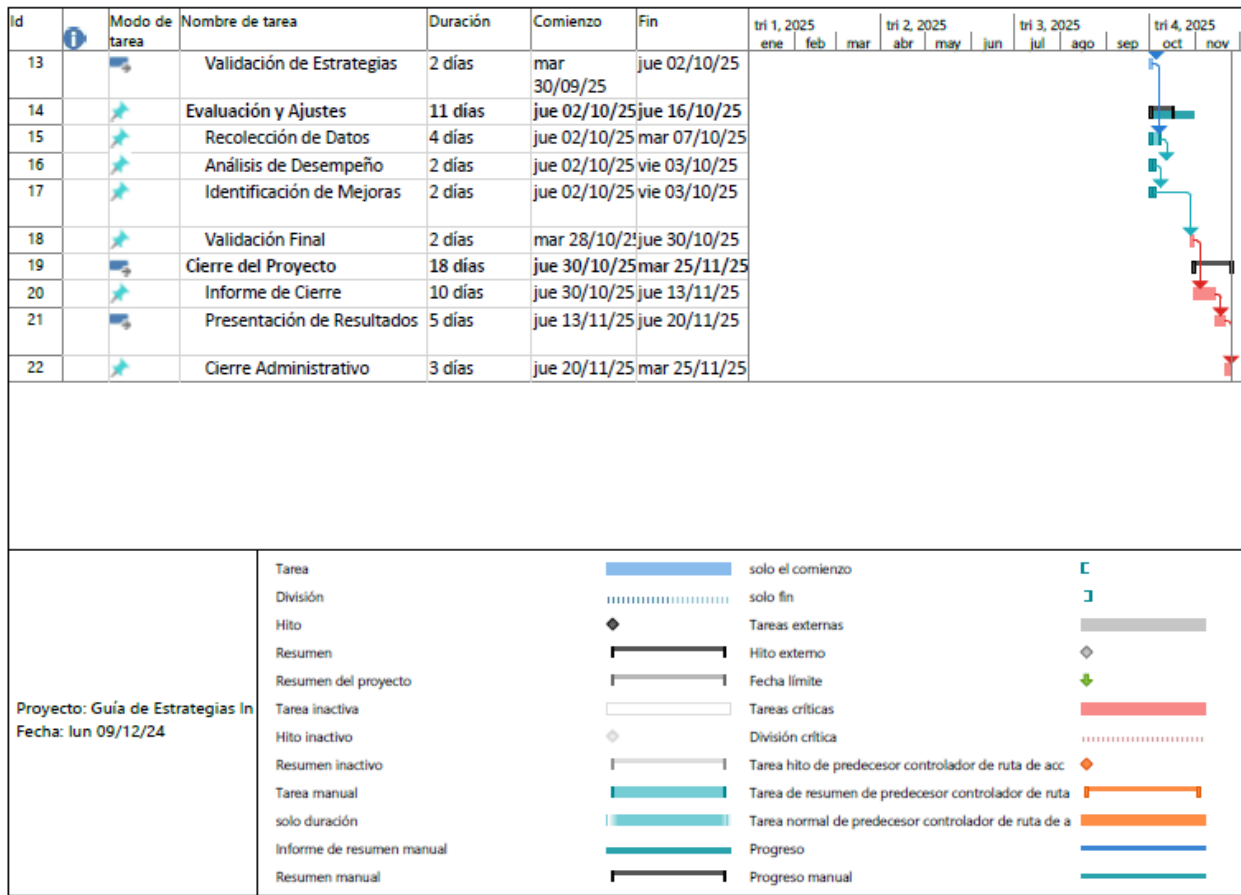


Ilustración 15 DIAGRAMA GANTT GEICHO PARTE 2

Fuente: (Propia, 2024).

El presupuesto para la "Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO)" ha sido diseñado considerando los recursos necesarios para cumplir con los objetivos establecidos de manera eficiente y sostenible.

El costo total estimado es de 600,000.00 Lempiras, distribuidos en categorías clave como recursos operativos, adquisición de tecnología, gastos administrativos y suministros. Este desglose refleja una planificación estratégica, asegurando el éxito del proyecto y su impacto positivo en el sector de la construcción en Honduras.

A continuación, se detalla el presupuesto por categorías y fases del proyecto, mostrando el destino de cada recurso asignado:

Ítem	Monto en Lempiras
1. Recursos Operativos Iniciales	L. 100,000.00
2. Adquisición de Computadoras y Licencias	L. 70,000.00
3. Gastos Administrativos y Gestión del Proyecto	L. 370,000.00
4. Costo de Suministros y Consumibles	L. 60,000.00
5. TOTAL	L. 600,000.00

Tabla 7 Presupuesto Total del Proyecto

Fuente: (Propia, 2024).

1. **Recursos Operativos Iniciales:** Incluyen los costos asociados al inicio del proyecto, como reuniones iniciales, documentación, y coordinación entre las partes interesadas, se presentan detalladamente a continuación:

Ítem	Descripción	Monto en Lempiras
1. Reuniones de Planificación	Alquiler de espacios y materiales para reuniones iniciales	L. 20,000.00
2. Consultoría y Asesoría Inicial	Honorarios de expertos para estructurar el proyecto.	L. 50,000.00
3. Documentación Inicial	Elaboraciones de Actas, Términos y Cronogramas.	L. 20,000.00
4. Investigación y Recursos Literarios	Recopilación de datos iniciales, compra de estudios, otros.	L. 10,000.00

Tabla 8 Desglose de Gastos Fase 1

Fuente: (Propia, 2024).

2. **Adquisición de Computadoras y Licencias:** Está destinado a la implementación de tecnologías como BIM, necesarias para el diseño y modelado en proyectos, que para ello se necesita el equipo con la potencia requerida.

Tabla 9 Desglose de Gastos Fase 2.

Ítem	Descripción	Monto en Lempiras
1. Computadora con Capacidad para Software BIM	Equipo Especializado para Modelado	L. 35,000.00
2. Licencias de Software BIM	Autodesk Revit o Similar	L. 25,000.00
3. Otros Softwares	Herramientas Complementarias (MS Project, etc.)	L. 10,000.00

Fuente: (Propia, 2024).

3. **Gastos Administrativos:** Considera la logística, gestión y otras actividades de apoyo al proyecto.

Tabla 10 Desglose Gastos Fase 3

Ítem	Descripción	Monto en Lempiras
1. Gestión del Proyecto	Salarios de Gestores y Coordinadores, Consultores	L. 330,000.00
2. Comunicaciones	Gastos en Telefonía, Internet, Plataformas Virtuales	L. 20,000.00
3. Transporte y Logística	Visitas a sitios de construcción o reuniones	L. 20,000.00

Fuente: (PROPIA, 2024).

4. **Suministros y Consumibles:** Abarca materiales necesarios para la ejecución de las actividades planeadas durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 11 Desglose Gastos Fase 4

Ítem	Descripción	Monto en Lempiras
1. Material de Oficina	Papelería, impresiones, otros.	L. 10,000.00
2. Equipo de Presentación	Proyectores, pantallas, todo el equipo debe ser alquilado.	L. 20,000.00
3. Material de Capacitación (Si es Necesario)	Guías, Kits, Alimentación, Otros.	L. 30,000.00

Fuente: (Propia, 2024).

Plan Financiero

Con el fin de evaluar la factibilidad económica de la implementación de la Guía GEICHO, se han definido los siguientes indicadores financieros:

1. Retorno sobre la Inversión (ROI): Indicador que mide la relación entre el beneficio neto y el costo de la inversión, permitiendo determinar la rentabilidad del proyecto.

$$ROI = \frac{\text{Ganancia Neta de la Implementación} - \text{Inversión Inicial}}{\text{Inversión Inicial}}$$

Aplicación en la Guía GEICHO: Se espera que la implementación de la guía reduzca los costos operativos en las empresas constructoras a través de la optimización del cálculo de materiales y una gestión eficiente de residuos. Esto generará ahorros que, en combinación con posibles incentivos gubernamentales, mejorarán la rentabilidad de los proyectos.

Un ROI positivo indicará que la inversión en la implementación de estrategias de optimización no solo es viable, sino que genera beneficios económicos tangibles.

2. Valor Actual Neto (VAN): Herramienta financiera que permite evaluar la rentabilidad del proyecto considerando el valor del dinero en el tiempo.

$$VAN = \sum \frac{\text{Flujo de Caja Neto}_t}{(1+r)^t} - C_0$$

Donde:

- **Flujo de Caja Neto_t** representa los ingresos netos generados en el período t.
- r es la tasa de descuento o costo de oportunidad.
- **C₀** es la inversión inicial.

Aplicación en la Guía GEICHO: Este indicador permitirá cuantificar los beneficios económicos derivados de la reducción de costos por desperdicio de materiales y la optimización del tiempo de ejecución en los proyectos.

Un VAN positivo indicará que la inversión en la implementación de la Guía GEICHO generará un retorno financiero superior al costo de la inversión, validando su factibilidad económica en el sector construcción.

3. Tasa Interna de Retorno (TIR): Indicador que refleja la tasa de descuento en la cual el VAN es igual a cero, permitiendo evaluar la viabilidad de la inversión.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Flujo de Caja Neto Anual}}$$

Aplicación en la Guía GEICHO: Este indicador permitirá establecer en qué plazo se amortizará la inversión en la adopción de herramientas tecnológicas y metodologías de optimización.

Un período de recuperación corto hará que la implementación de la Guía GEICHO sea más atractiva para empresas del sector, especialmente pequeñas y medianas constructoras que buscan reducir costos en el corto plazo.

La inclusión de estos indicadores en el **Plan Financiero** proporcionará una visión cuantificable de los beneficios de la **Guía GEICHO**. Su análisis permitirá demostrar que la inversión en metodologías de optimización y gestión de residuos no solo es ambientalmente sostenible, sino

también económicamente viable para las empresas constructoras en Honduras.

6.3 CONCORDANCIA DE LOS SEGMENTOS DE LA TESIS CON LA PROPUESTA

La propuesta "Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras" encuentra su fundamentación en los análisis y planteamientos realizados en los capítulos precedentes de esta investigación. A continuación, se detalla esta concordancia:

Capítulo I			Capítulo II	Capítulo III		Capítulo V		Capítulo VI	
Título de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Teorías / metodologías de sustento	Variables	Poblaciones	Técnicas	Conclusión General	Nombre de la propuesta	Objetivo General de Propuesta
Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras	Analizar la gestión de residuos en la construcción en Honduras, evaluando su impacto económico y ambiental, para proponer estrategias de optimización que mejoren la	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el impacto de las prácticas actuales de gestión de residuos en la construcción sobre el presupuesto de los proyectos en Honduras, identificando los principales factores que incrementan los costos operativos. 2. Investigar las estrategias de optimización en la gestión de residuos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teoría del Lean Construction. 2. Modelado de Información de Construcción (BIM). 3. Teoría de la Economía Circular. 4. Principios de Gestión de Proyectos (PMBOK®) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Costo Total del Proyecto. 2. Cantidad de Residuos Generados. 	1. Ingenieros Civiles de Honduras.	1. Encuesta	La gestión de residuos en la construcción en Honduras presenta importantes desafíos que afectan tanto la sostenibilidad ambiental como la rentabilidad económica de los proyectos. A partir del análisis de	Guía de Estrategias Integradas para la Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras (GEICHO).	Transformar la industria de la construcción en Honduras a través de estrategias innovadoras que mejoren el cálculo de materiales y reduzcan los residuos en los proyectos.

	<p>eficiencia y sostenibilidad de los proyectos de construcción.</p>	<p>de construcción que pueden implementarse para reducir el desperdicio de materiales y mejorar la rentabilidad de los proyectos.</p> <p>3. Identificar los principales desafíos en la gestión de residuos de construcción en el contexto hondureño, analizando las barreras culturales, tecnológicas y económicas que afectan su implementación efectiva.</p> <p>4 cuantificar el impacto económico de las estrategias de gestión de residuos en el costo total de los proyectos de construcción en Honduras, analizando casos de estudio locales.</p> <p>5- Proponer medidas y recomendaciones para mejorar la eficiencia en la</p>					<p>las respuestas obtenidas en la encuesta aplicada a ingenieros civiles, se concluye que las prácticas actuales en la industria de la construcción son inadecuadas para mitigar el desperdicio de materiales y mejorar la eficiencia en el cálculo de los mismos.</p>		
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

		gestión de residuos en la industria de la construcción en Honduras, considerando las mejores prácticas internacionales adaptadas al contexto local.							
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 360, A. (2019). *Arch 360*. Obtenido de <https://arch360.com.ar/que-es-el-bim-y-por-que-es-fundamental-en-el-diseno-arquitectonico-actual/>
2. Alejandro Vásquez Herrera, L. F. (2015). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional . *Ingeniería y Ciencia*, 3.
3. Architects, A. I. (s.f.). Metodología BIM. En P. MacLeamy.
4. Autodesk. (2025). *Autodesk REVIT* . Obtenido de <https://www.autodesk.com/es/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
5. Autodesk. (s.f.). *Autodesk*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/es/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
6. Canarias, C. d. (2008). *CIEC*. Obtenido de <http://www.fundacionciec.online/index.php/gestion-de-residuos>
7. Capellan, A. O. (2021). *Análisis de la Gestión de los Residuos de Materiales de Construcción y Demoliciones en ZEdificaciones Urbanas en el Mundo 2021*.
8. CONTRACORRIENTE. (2020). *CONTRACORRIENTE*. Obtenido de <https://contracorriente.red/2020/08/05/la-basura-de-la-pandemia/>
9. Cortés, C. d. (2021). *CCIC*. Obtenido de https://www.facebook.com/CCICHN/posts/aun-est%3%A1n-abiertas-las-inscripciones-para-la-capacitaci%3%B3n-econom%3%ADa-circular-un-n/4826266017407009/?locale=hi_IN
10. DIJMARS. (s.f.). *DIJMARS*. Obtenido de <https://talentohumanocali.jimdofree.com/cronograma-de-actividades-y-flujograma/>
11. Eastman, C. T. (s.f.). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling.
12. ENVIRA. (2024). *ENVIRA*. Obtenido de <https://envira.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>
13. Equipo Técnico del Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras. (8 de 2021). *Centro Nacional de Producción Más Limpia En Honduras*. Obtenido de <https://www.cnpml-honduras.org/wp-content/uploads/2021/08/Linea-Base-Gestion-Residuos-Honduras-final.pdf>

14. España, C. G. (2024). *Consejo General de Arquitectura Técnica de España*. Obtenido de <https://www.cgate.es/>
15. Estadística, I. N. (15 de Diciembre de 2022). *Estadísticas Científicas y Oportunas para la Transformación de Honduras*. Obtenido de <https://ine.gob.hn/v4/2022/12/15/gestion-integral-de-los-residuos-solidos-en-honduras/>
16. EUROPEO, P. (2024). *PARLAMENTO EUROPEO*. Obtenido de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>
17. Fauchier, D. (2019). *Metodología Last Planner*.
18. Finanzas, M. d. (2019). *Ministerio de Economía y Finanzas, Perú*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=102596&lang=es-ES&view=article&id=5898
19. GEPRO. (2022). *GEPRO*. Obtenido de <https://gepro.cl/2022/08/16/principios-last-planner-system/>
20. González, P. F. (2018). *PROPUESTAS RELACIONADAS A LA GESTIÓN DE MATERIALES Y RESIDUOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN PARA FUTURAS MODIFICACIONES A LA CERTIFICACIÓN EDIFICIO SUSTENTABLE*. SANTIAGO, CHILE.
21. González, O. H. (2020). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico. *Revista Cubana de Medicina General Integral*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v37n3/1561-3038-mgi-37-03-e1442.pdf>
22. González1, O. H. (2020). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico. *Revista Cubana de Medicina General Integral*.
23. Infinitytech. (2022). *Infinitytech*. Obtenido de <https://escuelainfinitytech.com/courses/python-para-sistemas-de-informacion-geografica-2/>
24. Institute, L. C. (1 de 2024). *Lean Construction Institute*. Obtenido de <https://leanconstruction.org/lean-topics/last-planner-system/>
25. Interempresas, R. (2017). *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/203812-UE-quiere-ahorrar-7500-millones-euros-cada-ano-gestionando-mejor-residuos-construccion.html>
26. Lozano, R. (2021). *Gestión de residuos en la construcción: Plan de gestión de residuos*

- generados en construcciones de vivienda multifamiliar en Ecuador*. Universidad de Cuenca.
27. Medina, G. (2021). *Lean Construction México*. Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/los-principios-de-lean-construction>
 28. México, L. C. (2021). *Lean Construction México*. Obtenido de <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/desperdicio-en-lean-construction>
 29. Meza, M. P. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
 30. Montes, M. (2024).
 31. Páez, F. (2023). *CmiGestion*. Obtenido de <https://cmigestion.es/2023/12/08/investigacion-y-transferencia-para-la-economia-circular/>
 32. PNGWING. (2020). *PNGWING*. Obtenido de <https://www.pngwing.com/es/free-png-njpkn>
 33. RG, D. (2020). *Ingeniero Daniel RG*. Obtenido de <https://ingdanielrg.com/calculo-de-materiales-de-concreto/>
 34. ScrummanagerBOK. (2024). *ScrummanagerBOK*. Obtenido de https://www.scrummanager.com/bok/index.php/Tableros_kanban:_conceptos
 35. Weisheng Lu, H. Y. (2011). A framework for understanding waste management studies in construction. *WASTE MANAGEMENT*, 1252-1260.

ANEXOS

ENCUESTA APLICADA



OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE MATERIALES Y GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS

Estimado(a) encuestado(a),

Solicito su valiosa colaboración en llenar la presente encuesta que me permitirá recabar información crucial para mi tesis de investigación titulada "Optimización del Cálculo de Materiales y Gestión de Residuos en la Construcción en Honduras". Su participación es fundamental, ya que su experiencia y conocimiento en el área de la construcción contribuirán a identificar las prácticas actuales y proponer mejoras en la gestión de residuos y la optimización de materiales.

La encuesta es completamente anónima y los datos recopilados serán utilizados exclusivamente con fines académicos, respetando la confidencialidad de sus respuestas. Le tomará aproximadamente 5 minutos completar el cuestionario.

Agradezco de antemano su tiempo y colaboración.

1. Edad:

- Menos de 25 años
- 25 - 34 años
- 35 - 44 años
- 45 - 54 años
- 55 años o más

2. Género:

- Masculino
- Femenino

3. Años de experiencia en la construcción:

- Menos de 5 años
- 5 - 10 años
- 11 - 15 años
- 16 - 20 años
- Más de 20 años

4. Sector de trabajo:

- Empresa privada
- Gobierno
- Independiente
- Otros (especificar): _____

5. Tamaño de la empresa en la que trabaja:

- Menos de 10 empleados
- 10 - 50 empleados
- 51 - 200 empleados
- Más de 200 empleados

Sección II Cuestionario

6. ¿Su empresa utiliza un sistema de gestión de residuos en proyectos de construcción?

- Sí
- No

7. ¿Qué tan importante considera la implementación de estrategias de gestión de residuos en proyectos de construcción?

- Nada importante
- Poco importante
- Neutral
- Importante
- Muy importante

8. ¿Su empresa implementa técnicas para reducir el desperdicio de materiales desde la fase de diseño?

- Sí
- No

9. ¿Qué tan efectivo cree que es el sistema de gestión de residuos implementado en su empresa?

- Nada efectivo
- Poco efectivo
- Neutral
- Efectivo
- Muy efectivo

10. ¿Está familiarizado con el concepto de economía circular aplicado a la construcción?

- Sí
- No

11. ¿Cree que el gobierno de Honduras ofrece suficientes incentivos para la gestión eficiente de residuos en la construcción?

- Sí
- No

12. ¿Qué tan satisfecho está con las técnicas actuales utilizadas en su empresa para el cálculo de materiales?

- Nada satisfecho
- Poco satisfecho
- Neutral
- Satisfecho
- Muy satisfecho

13. ¿Considera que la falta de infraestructura de reciclaje es un obstáculo importante para la gestión de residuos en la construcción en Honduras?

- Sí
- No

14. ¿En qué medida cree que las prácticas de gestión de residuos pueden reducir los costos operativos en la construcción?

- Nada
- Poco
- Neutral
- Bastante
- Mucho

15. ¿Su empresa reutiliza materiales de construcción en nuevos proyectos?

- Sí
- No

16. ¿Considera que las normativas actuales en Honduras son adecuadas para la gestión de residuos en la construcción?

- Sí
- No

17. ¿Se utilizan hojas de cálculo u otros métodos manuales para el cálculo de materiales en su empresa?

- Sí
- No

18. ¿Qué tan importante es la reducción del desperdicio de materiales en la fase de diseño del proyecto?

- Nada importante
- Poco importante
- Neutral
- Importante
- Muy importante

19. ¿Considera que su empresa está preparada para implementar un sistema de economía circular en sus proyectos de construcción?

- Sí
- No

20. ¿Cree que la sobreestimación de materiales en su empresa es común?

- Sí
- No

21. ¿Qué tan satisfecho está con las herramientas tecnológicas (software) utilizadas en su empresa para el cálculo de materiales?

- Nada satisfecho
- Poco satisfecho
- Neutral
- Satisfecho
- Muy satisfecho

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

