

Value Engineering in the Selection of Materials for Interior Walls of Single-Family Homes in Tegucigalpa (Honduras)

Gustavo Adolfo Bertrand Calderón¹; Víctor Alonzo Martínez Reyes¹; Karla Uclés Brevé¹;
Julio César López Zerón¹

¹Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Tegucigalpa, Honduras;
gustavo_bertrand@hotmail.com, v.mreyes@alumnos.upm.es, karla_ucles@unitec.edu, jlopezeron@unitec.edu

Abstract— This study applies Value Engineering (VE) to objectively assess three interior wall systems—drywall, clay hollow brick, and 100 mm concrete masonry units—intended for single-family housing projects in Tegucigalpa, Distrito Central (M.D.C.), Honduras. A mixed-methods research design combined documentary review, field data collection, and a multicriteria analysis framework to develop a comprehensive technical–economic profile for each alternative. Five decision variables were considered: direct cost, quality, functionality, sustainability, and supplier availability. The evaluation followed five consecutive stages: function definition, cost–function analysis, alternative generation, weighting via the Analytic Hierarchy Process (AHP), and computation of the Value Index ($IV = T/C$). Results indicate that the concrete masonry unit wall achieves the highest IV (5.64×10^{-3}), closely followed by drywall, whose dry installation shortens construction schedules and reduces the carbon footprint—an advantage when ESG goals or fast-track programs are priorities. Clay brick walls, while exhibiting superior thermal mass and fire resistance, incur higher initial costs and lower functional flexibility. The findings confirm that VE provides an effective framework for optimizing resources, shortening project duration, and underpinning technically sound decisions aligned with client satisfaction and sector competitiveness.

Keywords— Value Engineering, interior wall systems, multicriteria analysis, Value Index, cost optimization.

Ingeniería de Valor en la Selección de Materiales para Paredes Interiores de Viviendas Unifamiliares en Tegucigalpa (Honduras)

Gustavo Adolfo Bertrand Calderón¹; Víctor Alonzo Martínez Reyes¹; Karla Uclés Brevé¹; Julio César López Zerón¹

¹Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Tegucigalpa, Honduras; gustavo_bertrand@hotmail.com, v.mreyes@alumnos.upm.es, karla_ucles@unitec.edu, jclopezeron@unitec.edu

Resumen— Se aplicó la Ingeniería de Valor (IV) para evaluar objetivamente tres sistemas constructivos de paredes interiores — tablayeso, ladrillo rafón y bloque de concreto— en viviendas unifamiliares ubicadas en Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central (M.D.C.), Honduras. Mediante una metodología mixta que combinó investigación documental, levantamiento de datos de campo y análisis multicriterio, se elaboró un perfil técnico-económico de cada alternativa, integrando variables de costo directo, calidad, funcionalidad, sostenibilidad y disponibilidad de proveedores. La evaluación se estructuró en cinco fases: definición de funciones, análisis costo-función, generación de alternativas, ponderación mediante AHP y cálculo del Índice de Valor ($IV = T/C$). Los resultados evidencian que la pared de bloque de concreto alcanza el mayor IV (5.64×10^{-3}), seguida muy de cerca por el tablayeso, cuya instalación en seco reduce tiempos de obra y huella de CO₂, perfilándose como opción innovadora cuando se priorizan metas ESG o cronogramas ajustados. El ladrillo rafón, aunque sobresale en masa térmica y resistencia al fuego, presenta mayores costos iniciales y menor funcionalidad inmediata. El estudio demuestra que la IV es una herramienta eficaz para optimizar recursos, reducir plazos y respaldar decisiones técnicas alineadas con la satisfacción del cliente y la competitividad del sector.

Palabras clave— Ingeniería de Valor, paredes interiores, análisis multicriterio, Índice de Valor, optimización de costos.

I. INTRODUCCIÓN

La innovación tecnológica en la construcción suele asociarse con soluciones complejas reservadas a proyectos de gran envergadura; sin embargo, incluso los sistemas constructivos más comunes ofrecen un campo fértil para la mejora sistemática del desempeño. Hoy en día, cualquier sistema de edificación de paredes interiores (desde los bloques de concreto hasta la tabiquería ligera) puede transformarse mediante técnicas que reduzcan tiempos de ejecución, minimicen costos y eleven la calidad final, siempre que el análisis se realice con rigor metodológico.

En este escenario, la Ingeniería de Valor (IV) constituye una herramienta estratégica que, a través de un proceso lógico-sistemático de planteamiento y respuesta a preguntas clave, por ejemplo: ¿qué es?, ¿para qué sirve?, ¿cuánto cuesta?, ¿existe una alternativa de igual o mejor desempeño? permite capturar la innovación latente en materiales y métodos

constructivos [1]. El objetivo no consiste en recortar alcance o calidad para “cerrar” el presupuesto, sino en eliminar o rediseñar aquellos elementos que agregan costo sin aportar valor funcional, asegurando la satisfacción del usuario y la confiabilidad de la obra a lo largo de su ciclo de vida [1].

La vivienda unifamiliar de conveniencia, por su aparente simplicidad, es el entorno idóneo para validar innovaciones constructivas de bajo costo relativo y alto impacto. Analizar tecnologías como un sistema integrado (o bien como actividades independientes cuando la secuencia del proyecto lo exige) posibilita optimizar recursos sin menoscabar la calidad del producto final [2]. No obstante, la toma de decisiones sigue dominada con frecuencia por el precio inmediato del material, ignorando variables críticas como la durabilidad, el mantenimiento o la disponibilidad de proveedores especializados [3].

Para contrarrestar esa visión parcial, el presente estudio adopta una metodología de Ingeniería de Valor que pondera simultáneamente costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y cadena de suministro. El análisis comparativo de tres alternativas (bloque de concreto, ladrillo rafón y tablayeso) demuestra que la innovación no se limita a incorporar materiales exóticos, sino a aplicar criterios de valor que orienten la selección tecnológica hacia soluciones óptimas en el contexto hondureño. De esta forma, se aporta una perspectiva renovada al sector de la construcción local, evidenciando cómo la IV puede actuar como catalizador de innovación al convertir restricciones presupuestarias en oportunidades de mejora integral.

A. Planteamiento del Problema

1) *Precedentes del Problema:* Los avances tecnológicos en materiales y métodos constructivos han demostrado, a lo largo del tiempo, su capacidad para mejorar la calidad, los costos, los plazos de ejecución, el alcance funcional y la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería. Al planificar una obra resulta esencial definir una estrategia de selección tecnológica que reduzca costos sin sacrificar el desempeño del producto final. Para ello, la Ingeniería de Valor (IV) propone un conjunto de interrogantes, ¿Para qué se requiere?, ¿Por qué

se utilizará de esa manera?, ¿Es susceptible de optimizarse?, ¿Puede ofrecerse una alternativa superior?, las cuales permiten anticipar escenarios y asignar eficientemente los recursos antes de iniciar la ejecución.

2) *Definición de Problema:* Un proyecto de construcción generan resultados medibles (alcance, tiempo, costo y calidad), entendiendo por calidad el diferencial de atributos entre tecnologías que cumplen los mismos requisitos técnicos [4]. En viviendas unifamiliares, la elección del sistema de paredes interiores (ladrillo rafón, bloque de concreto o tablayeso) impacta de forma directa y significativa en dichas variables; por ello, la decisión debe incorporar criterios de valor adicionales que garanticen la optimización de recursos.

Para comprender las implicaciones de cada alternativa desde el inicio del proyecto, se analizan tres ejes fundamentales:

- Calidad y vida útil; Satisfacer la durabilidad proyectada con el menor costo de operación, es decir, reduciendo necesidades de mantenimiento y reposición.
- Velocidad de ejecución; Acelerar la puesta en servicio, lo que redundará en una recuperación temprana de la inversión y en ventajas competitivas para el promotor.
- Control administrativo; Disponer de procesos de gestión que faciliten la pronta liberación de recursos financieros, garantizando el beneficio económico esperado.

En síntesis, el desafío consiste en reducir la inversión inicial y acortar el plazo de construcción manteniendo un estándar de calidad que asegure bajos costos de operación durante toda la vida útil de la vivienda.

3) *Justificación:* El concepto de valor es crítico para cualquier organización que ofrezca soluciones técnicas, sean simples o complejas. El profesional de la construcción no puede ignorar el valor agregado de sus propuestas, pues ese atributo determina la disposición del cliente a pagar el precio solicitado. La Ingeniería de Valor proporciona un marco estructurado para cuantificar y comunicar dicho valor, conectando cada etapa del proyecto con métricas tangibles de desempeño, costo y tiempo [5].

Aplicada rigurosamente, la IV se convierte en un vehículo de innovación que trasciende la reducción de costos: introduce mejoras funcionales, incorpora materiales alternativos con menor huella ambiental y optimiza la logística de obra, traduciéndose en soluciones de alto rendimiento y menor riesgo para el promotor. De esta manera, el proyecto avanza hacia un resultado óptimo que combina costos competitivos, plazos reducidos y elevados estándares de calidad, fortaleciendo la competitividad del sector de la construcción.

A. Enfoque

La Ingeniería de Valor (IV) se implementa mediante un proceso de decisiones estructuradas que integra técnicas analíticas y creativas para optimizar la relación costo–función de cada componente del proyecto. En el ámbito de la construcción, este enfoque se articula como Value Management o Planificación del Valor, y se apoya en un ciclo iterativo que combina evaluación técnica, modelado económico y verificación de la cadena de suministro (Fig. 1).

El estudio adoptó un diseño comparativo orientado a generar alternativas de alto valor a partir de cinco criterios: costo directo, calidad especificada, sostenibilidad ambiental, funcionalidad y disponibilidad de proveedores. Cada criterio se ponderó conforme a la metodología SAVE International (2015) para garantizar decisiones transparentes y replicables.

El procedimiento general comprende cuatro etapas:

1. Definición de funciones; Identificar los requerimientos de desempeño que las paredes interiores deben satisfacer (aislamiento, resistencia mecánica, mantenimiento, impacto ambiental).
2. Análisis de costo–función; Cuantificar el costo unitario y el aporte funcional de cada sistema, empleando el índice $\text{Valor} = \text{Función} / \text{Costo}$ como métrica básica de comparación.
3. Síntesis de alternativas; Formular propuestas que mejoren la función o reduzcan el costo sin comprometer la calidad; aquí interviene la creatividad y el benchmarking tecnológico.
4. Evaluación multicriterio; Aplicar una matriz de decisión que integra los cinco criterios y asigna un puntaje de valor global a cada alternativa.

B. Selección de Materiales y Sistemas Comparados

Siguiendo el procedimiento descrito, se compararon tres sistemas constructivos de paredes interiores con alta presencia en proyectos residenciales de Honduras:

1. Pared de ladrillo rafón
2. Pared de bloque de concreto
3. Pared de tablayeso

La comparación abarcó tanto el análisis cuantitativo (costos directos de materiales, mano de obra y logística) como el análisis cualitativo (cumplimiento de la Norma Hondureña de Construcción, capacidad de aislamiento, huella de CO₂, facilidad de instalación y mantenimiento). La alternativa con mayor puntaje de valor se seleccionó para su aplicación en la construcción de una vivienda unifamiliar ubicada en Tegucigalpa, Distrito Central, a fin de validar los resultados en un entorno real.

C. Variables de la Investigación

Variables Dependientes:

- ❖ Pared de bloque de concreto de 100 mm (4 in) de espesor, con repello interior-exterior, pulido fino y pintura acrílica de alto desempeño.
- ❖ Pared de ladrillo rafón rústico de arcilla, repellada, pulida y protegida con sellador hidrófugo más pintura base agua.
- ❖ Pared de tablayeso con lámina de 12,7 mm (½ in) y estructura metálica galvanizada calibre 25; incluye masillado, lijado triple y acabado con pintura vinílica.

Variables Independientes o Explicativas:

- ✓ **Costo:** Costo directo por m² instalado.
- ✓ **Calidad:** Durabilidad, resistencia mecánica y química, mantenimiento previsto.
- ✓ **Sostenibilidad:** Huella de CO₂, contenido reciclado, gestión de residuos.
- ✓ **Funcionalidad:** Versatilidad de uso, facilidad de instalación, adaptabilidad.
- ✓ **Proveedores:** Cobertura geográfica, “lead time”, soporte técnico.

D. Técnicas e Instrumentos Aplicados

Para el desarrollo adecuado del proyecto se consideró la metodología de investigación, correspondiente a la aplicación de la ingeniería de valor en la selección de tipos de paredes divisoras para las viviendas unifamiliar:

- Revisión bibliográfica especializada en Ingeniería de Valor y sistemas de cerramiento interior.
- Fichas unitarias de costos elaboradas bajo el formato del manual de rendimientos elaborado por la institución pública del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS), a través de la descomposición de actividades y rendimientos locales.
- Entrevistas semiestructuradas a proveedores y cuadrillas de obra para calibrar tiempos de instalación y buenas prácticas.
- Observación directa en campo (proyectos de urbanización y similares en Tegucigalpa) para validar secuencias constructivas y restricciones logísticas.
- Matrices multicriterio construidas en MS Excel®.
- Análisis de Ciclo de Vida (ACV) simplificado a través de herramientas similares OneClick LCA®, empleando factores regionales de emisión.
- Consulta sobre normativa técnica (NTON-14 050-01, ASTM C90, ISO 8336, entre otros) para estandarizar requisitos mecánicos y de desempeño [6].

E. Metodología de Estudio

El Estudio de Ingeniería de valor, se define como un “método cualitativo y cuantitativo que se ocupa del análisis de

las características de un producto, auxiliándose de una metodología de valor previamente establecida.” [1].

El Estudio de Ingeniería de Valor se concibe como un proceso mixto cualitativo-cuantitativo que analiza las características de un producto apoyándose en una metodología de valor previamente establecida. La investigación se desarrolló en cinco fases iterativas (Fig. 1):

1. Preparación; Definición del alcance funcional de las paredes interiores y recopilación de datos de proyecto.
2. Análisis de información; Desglose costo-función y levantamiento de restricciones técnicas, ambientales y logísticas.
3. Creatividad; Generación de alternativas innovadoras empleando técnicas de tormenta de ideas, SCAMPER y benchmarking regional.
4. Evaluación; Aplicación de las matrices para jerarquizar opciones según los cinco criterios definidos.
5. Implementación; Selección de la opción óptima y elaboración de lineamientos constructivos para la vivienda unifamiliar objeto de estudio.

Este enfoque potencia la innovación al vincular métricas tradicionales de costo y tiempo con indicadores emergentes como huella de carbono y resiliencia de la cadena de suministro, otorgando al decisor una visión holística del valor generado.

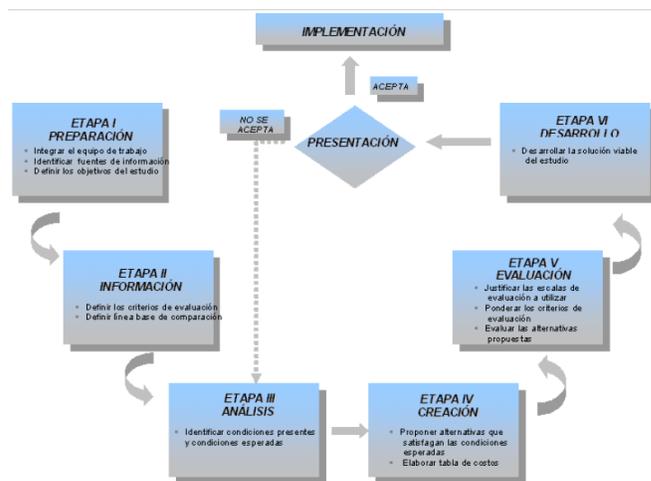


Fig. 1 Desglose de etapas a desarrollar en la Ingeniería de Valor.

III. RESULTADOS

En este capítulo se detalla la generación, tabulación y análisis de los datos derivados del estudio cualitativo y cuantitativo de las tres alternativas de pared (bloque de concreto, ladrillo rafón y tablayeso). El conjunto de variables definidas (costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y proveedores) constituye el eje metodológico para aplicar la Ingeniería de Valor (IV) y determinar la solución constructiva más conveniente dentro de las condiciones de referencia.

A. Análisis de Tiempo

Se estimó el tiempo de construcción para un área base de referencia equivalente a 1.00 m² de pared interior en una vivienda unifamiliar ubicada en la ciudad de Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central. El cálculo se basó en:

- ✓ Fichas técnicas de fabricantes y normativas estándar, como ser NTON-14 050-01.
- ✓ El Manual de Rendimientos de Mano de Obra del Fondo Hondureño de Inversión Social (FHIS del año 2002), que adopta la jornada (JDR) como unidad temporal equivalente a 8 h de trabajo.

Los resultados se presentan en las Tablas I-III.

TABLA I

TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA PARED DE BLOQUE DE CONCRETO DE 100 MM, REPELLADA, PULIDA Y PINTADA

Actividad	Tiempo (jornada –JDR–)
Levantado de pared	0.3260
Repello y pulido	0.3120
Pintura acrílica 1:1	0.1080
Tiempo total para 1.00M2	0.7460
<i>Nota técnica: Tras el repello y el pulido se requiere un periodo mínimo de 24 h para el curado de mortero, totalizando 48 h de secado antes de la pintura final.</i>	

TABLA II

TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA PARED DE TABLAYESO PINTADA

Actividad	Tiempo (jornada –JDR–)
Montaje de tablayeso	0.7200
Pintura acrílica 1:1	0.1080
Tiempo total para 1.00M2	0.8280

TABLA III

TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA PARED DE LADRILLO RAFÓN DE ARCILLA, REPELLADA, PULIDA Y PINTADA

Actividad	Tiempo (jornada –JDR–)
Levantado de pared	0.3280
Repello y pulido	0.3120
Pintura acrílica 1:1	0.1080
Tiempo total para 1.00M2	0.7480
<i>Nota técnica: Se aplica el mismo periodo de curado de 48 h antes del acabado final.</i>	

A continuación, se presenta la tabla IV que contiene un resumen de los tiempos de construcción calculados mediante criterios técnicos y el manual de rendimientos de mano de obra para actividades constructivas del FHIS.

TABLA IV

RESUMEN COMPARATIVO DE TIEMPOS TOTALES PARA CONSTRUIR 1,00 M² DE PARED

Sistema constructivo	Tiempo directo (JDR)	Secado/curado adicional	Tiempo efectivo de disponibilidad
Bloque de concreto	0.7460	+ 48 h	≈ 64 h
Ladrillo rafón	0.7480	+ 48 h	≈ 64 h
Tablayeso	0.8280	N/A	≈ 6.6 h

Resumen/Discusión de Resultados sobre el Factor Tiempo;

- ❖ **Productividad:** Aunque la tablayeso demanda una mayor cantidad de JDR dentro de la jornada (0.8280 vs. 0.7460), su condición de sistema en seco elimina los

periodos de curado, habilitando fases subsiguientes de obra en 90 % menos tiempo que los sistemas húmedos.

- ❖ **Sinergia con Lean Construction:** La reducción de tiempos de espera representa una innovación operativa alineada con la filosofía Just-in-Time, disminuyendo inventarios en sitio y mejorando el flujo de trabajo.
- ❖ **Implicaciones de costos indirectos:** Menores días de alquiler de andamiaje, vigilancia y equipo ligero se traducen en ahorros indirectos que la matriz de Ingeniería de Valor incorporará en la evaluación global.
- ❖ **Oportunidad de prefabricación:** El tablayeso facilita la industrialización parcial mediante paneles armados fuera de sitio, oferta aún incipiente en el mercado hondureño, pero con alto potencial innovador para constructores locales.

B. Análisis de Costo

El costo directo unitario de cada sistema constructivo se estimó para un área base de referencia de 1,00 m² de pared interior acabada, en el contexto de una vivienda unifamiliar localizada en la ciudad de Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central (MDC). El cálculo integra:

- Precios vigentes de proveedores locales (1T 2025).
- Rendimientos de mano de obra obtenido del Manual FHIS (2002).
- Consumos de herramienta menor y equipo liviano según consulta a expertos e inspección en campo.
- Condiciones de obra tipo “vivienda unifamiliar de conveniencia” (altura libre comprendía entre 2.60 m-3.00m, accesibilidad urbana, cuadrilla estándar de dos oficiales y un ayudante).

Alcance económico: Se excluyen costos indirectos (administración, supervisión, preliminares, entre otros), dado que estos pueden incorporarse posteriormente en el análisis de Ingeniería de Valor mediante el Life-Cycle Cost (LCC).

TABLA V

RESUMEN DEL COSTO DIRECTO UNITARIO (1.00M2) PARA CADA TIPO DE PARED

Sistema	Unidad	Cantidad	Costo directo (L.)	Equiv. (USD ≈ 24.5 L.)
Bloque de concreto 100 mm Repellado, pulido y pintura	m ²	1.00	602.89	24.60
Ladrillo rafón Repellado, pulido y pintura	m ²	1.00	704.54	28.80
Tablayeso Lámina 12,7 mm, masillado y pintura	m ²	1.00	600.14	24.50

Discusión de Resultados sobre el Factor Costo;

- **Competitividad del tablayeso:** Aunque presenta costos similares al bloque (≈ L 600/m²), el tablayeso reduce tiempos indirectos (sin curado), lo que potencialmente disminuye costos de pre-arraque (alquiler de andamios,

energía provisional) hasta en un 12 %, según estudios LEAN de prefabricación en seco [7].

- *Bloque vs. ladrillo*: El ladrillo rafón registra un 17 % de sobre costo respecto al bloque; sin embargo, su masa térmica mejora el confort interior y puede traducirse en menores gastos energéticos a 25 años [8]. Esta variable será cuantificada en la matriz de valor mediante la rúbrica de sostenibilidad.
- *Innovación en cadena de suministro*: El sistema en seco abre la puerta a la industrialización off-site —paneles ensamblados en taller—, reduciendo mermas y costo de reprocesos. Tal innovación es incipiente en Honduras, pero su adopción podría rebajar el costo de tablayeso en un 5 % adicional al mass-production scale [9].

Implicaciones para la Ingeniería de Valor;

- El Valor = Función/Costo preliminar favorece al tablayeso en la dimensión tiempo–costo, pero será necesario ponderar calidad percibida, sostenibilidad y soporte posventa para tomar una decisión informada.
- Incorporar la metodología LCC permitirá visualizar si el sobre costo inicial del ladrillo se compensa por ahorro energético durante la vida útil.
- La incertidumbre de precios ($\pm 8\%$ 2025-Q2) es evaluado en el análisis de sensibilidad de la IV para garantizar robustez en la selección tecnológica.

C. Criterios de Evaluación

Para aplicar la Ingeniería de Valor (IV) se definieron cinco criterios de evaluación alineados con la bibliografía especializada en Value Management y sostenibilidad de materiales [10]-[12]. Cada criterio se ponderó mediante el Analytic Hierarchy Process (AHP) con la participación de tres expertos (CR=0,06), a fin de garantizar transparencia y trazabilidad en la selección de la alternativa óptima.

TABLA VI
CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LA DEBIDA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE PARED

Ítem	Criterio	Descripción Técnica
1	Costo	Costo directo por m ² instalado (L./m ²) y su varianza proyectada ($\pm \sigma$), considerando escenarios de inflación.
2	Calidad	Durabilidad, resistencia mecánica-química y frecuencia de mantenimiento, evaluadas con ensayos ASTM (C90, C1396).
3	Sostenibilidad	Huella de CO ₂ (kg CO ₂ eq./m ²), contenido reciclado y gestión de residuos en obra, según ISO 14044.
4	Funcionalidad	Versatilidad de uso, adaptabilidad a instalaciones MEP y facilidad de montaje (incluye indicador LEAN de Takt Time).
5	Proveedores	Cobertura geográfica, lead-time, soporte posventa y estabilidad del precio a 12 meses.

Cabe mencionar que las ponderaciones reflejan la prioridad del promotor en reducir costos sin sacrificar calidad ni sostenibilidad, coherente con la tendencia de construcción verde en la región [13].

D. Condiciones Actuales y Esperadas de los Sistemas Constructivos Analizados

Para contextualizar la necesidad del estudio, se contrastan las condiciones actuales de los sistemas existentes con las condiciones esperadas tras aplicar la IV. Este diagnóstico evidencia los “gaps” de valor y orienta las propuestas de innovación.

TABLA VII
DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES ACTUALES

No.	Criterio	Condiciones ACTUALES
1	Costo	Costos directos elevados debido a la selección intuitiva de materiales y a la dependencia de un único proveedor; mantenimiento correctivo sin planificación.
2	Calidad	Falta de control sobre la procedencia de insumos; daños por fisuración y humedad atribuibles a una inadecuada compatibilidad material-clima.
3	Sostenibilidad	Ausencia de análisis de ciclo de vida; generación de residuos de obra superiores al 12 % del volumen de material colocado.
4	Funcionalidad	Procesos de instalación complejos que requieren mano de obra calificada y tiempos de inactividad por curados prolongados.
5	Proveedores	Escasez de stock, largos lead-times (≥ 10 d) y asesoramiento técnico limitado; alto costo de acarreo interurbano.

TABLA VIII
PROYECCIÓN DE CONDICIONES ESPERADAS TRAS LA APLICACIÓN DE IV

No.	Criterio	Condiciones ESPERADAS
1	Costo	Reducción $\geq 10\%$ del costo directo por selección de sistemas en seco o prefabricados y mejora de rendimientos de mano de obra.
2	Calidad	Incremento de la vida útil en servicio (de 25 a 35 años) y disminución de fallas prematuras mediante especificación de materiales normados.
3	Sostenibilidad	Disminución de la huella de CO ₂ en al menos 15 %, valorización de residuos ($> 75\%$ reciclaje) y uso de contenido reciclado en placas de yeso.
4	Funcionalidad	Montaje simplificado ($\leq 0,8$ JDR/m ²) y rápida integración con instalaciones MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería); mantenimiento preventivo documentado.
5	Proveedores	Diversificación de la cadena de suministro nacional; lead-time ≤ 3 d y disponibilidad de capacitación <i>in situ</i> por parte del fabricante.

Conexión con la tendencia de innovación;

- La tabla comparativa revela que la innovación no reside solo en un nuevo material, sino en la integración de criterios de sostenibilidad y logística dentro del análisis de valor.
- El énfasis en sistemas en seco responde a la tendencia global de industrialización off-site, la cual aporta mayor precisión, menor desperdicio y menor huella ambiental [14].
- La ponderación AHP prioriza el costo directo; sin embargo, la inclusión de calidad y sostenibilidad con pesos del 25 % y 20 % evita decisiones de ahorro a corto plazo que comprometan el desempeño a largo plazo.

E. Características de los Sistemas Analizados según los Criterios de Evaluación

Tras comparar las condiciones actuales y esperadas de cada sistema constructivo, se procedió a caracterizar técnicamente las alternativas frente a los cinco criterios de la Ingeniería de Valor (IV): costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y proveedores. La información proviene de fichas técnicas, normas ASTM/ISO y entrevistas a fabricantes y distribuidores nacionales. Los resultados se resumen en las Tablas IX-XI.

TABLA IX
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BLOQUE DE CONCRETO DE 100 MM, REPELLADO, PULIDO Y PINTADO

Criterio de Evaluación	Desempeño del BLOQUE DE CONCRETO
COSTO	Menor que el ladrillo; levemente mayor que el tablayeso (\approx L 603/m ²).
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia a impacto y compresión (ASTM C90) [6]. Buen aislante termoacústico cuando se rellena con perlita o poliestireno. Superficie porosa que exige repello y sellado para evitar absorción capilar.
SOSTENIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Consumo energético elevado en la producción del cemento Portland; 0,93 kg CO₂ eq./kg [11]. Uso intensivo de agua durante el curado.
FUNCIONALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo moderado de ejecución (0,746 JDR/m²). Núcleo hueco facilita el paso de instalaciones y barras de refuerzo. Corte en obra difícil; requiere herramientas diamantadas.
PROVEEDORES	Proviene de fabricación local, y es distribuido por múltiples ferreterías a nivel nacional.

TABLA X
RESUMEN DE EVALUACIÓN PARA LA PARED DE LADRILLO RAFÓN DE ARCILLA, REPELLADA, PULIDA Y PINTADA

Criterio de Evaluación	Desempeño del LADRILLO
COSTO	Más alto de los tres sistemas (\approx L 705/m ²).
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Gran masa térmica que amortigua oscilaciones de temperatura y reduce demanda energética [14]. Resistencia al fuego superior a 4 h (EN 13501-1). Buen aislante acústico por densidad natural. Absorción de agua \geq 15 %, exige barreras hidrófugas.
SOSTENIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Proceso de cocción emite CO₂ por combustión de hornos; 110 kg CO₂ eq./m³. Material inerte y 100 % reciclable como árido cerámico.
FUNCIONALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de ejecución más largo (0,748 JDR/m² + curados). Versátil: adecuado para muros portantes y registros sanitarios. Superficie lisa facilita el mortero de agarre.
PROVEEDORES	Producción local artesanal-industrial; inventario dependiente de la temporada seca.

TABLA XI
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TABLAYESO (LÁMINA 12,7 MM) PINTADO

Criterio de Evaluación	Desempeño de la TABLAYESO
COSTO	El más bajo (\approx L 600/m ²) debido a instalación rápida y menor desperdicio.
CALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Núcleo de yeso con papel 100 % reciclado; combustibilidad clasificada A2-s1,d0 (ISO 1182). Conductividad térmica 0,38 W/m·K, favorece aislamiento [9]. Sensible a la humedad; requiere placas RH en zonas húmedas.
SOSTENIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Menor huella de CO₂ (\approx 6,8 kg CO₂ eq./m²) y desperdicio \leq 3 % en obra [13]. Fabricación controlada con contenido reciclado $>$ 90 %.
FUNCIONALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo directo 0,828 JDR/m² sin curados; reduce ruta crítica. Ligero (\approx 25 kg/m²), fácil transporte y montaje. Instalaciones MEP (Mecánica, Eléctrica y Plomería) integradas en el bastidor; alto grado de prefabricación. Altamente versátil para cielos rasos y diseños curvos.
PROVEEDORES	Sistema importado con amplia red de distribuidores; lead-time \leq 48 h y soporte técnico en sitio.

Síntesis comparativa:

- ❖ Bloque de concreto ofrece robustez estructural y facilidad de refuerzo, pero su impacto ambiental y tiempos de curado reducen competitividad.
- ❖ Ladrillo rafón presenta la mejor inercia térmica y resistencia al fuego, atributos clave en climas cálidos; sin embargo, su costo inicial y emisiones de cocción penalizan el índice de sostenibilidad.
- ❖ Tablayeso se posiciona como la alternativa más innovadora en productividad y circularidad: permite procesos off-site, incorpora contenido reciclado y minimiza tiempos muertos, alineándose con la metodología Lean-BIM integrada en la IV.

F. Escala y Matriz de Evaluación de Criterios

Posterior a configurar la definición de las cinco variables clave del estudio (costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y proveedores) y describir su situación actual-esperada, se estableció una escala de valoración numérica (1-4) y una matriz de ponderación que sirven de base al cálculo del Índice de Valor Global (IVG). El procedimiento se apoya en los lineamientos de Value Methodology Standard [15] y en la lógica de comparaciones pareadas del Analytic Hierarchy Process (AHP) [17].

TABLA XII

TABLA DE JUSTIFICACIÓN DE ESCALA PARA EVALUACIÓN DE CRITERIOS

Criterios de Evaluación	Definición Operacional	Escala	Unidad de Medida/Cuantificación
COSTO	Costo directo por m ² (material + mano de obra + equipo).	4	Bajo
		3	Moderado
		2	Alto
		1	Muy alto
CALIDAD	Durabilidad, resistencia mecánica-química y niveles de mantenimiento.	4	Cumple 100 % de requisitos ASTM/ISO
		3	> 75 % de requisitos
		2	≈ 50 % de requisitos
		1	Mínimos requisitos
SOSTENIBILIDAD	Huella de CO ₂ , contenido reciclado, gestión de residuos.	4	Bajo impacto en toda la cadena
		3	Impacto medio
		2	Impacto alto
		1	Sin atributos verdes
FUNCIONALIDAD	Versatilidad de uso, facilidad de instalación y mantenimiento.	4	Desempeño excelente
		3	Desempeño bueno
		2	Desempeño medio
		1	Desempeño bajo
PROVEEDORES	Cobertura, <i>lead-time</i> , soporte técnico.	4	≥ 5 proveedores expertos.
		3	3-5 proveedores sólidos
		2	3-5 proveedores con restricciones
		1	< 3 proveedores / alto riesgo

La escala incorpora métricas de circularidad y logística (huella de CO₂, *lead-time*), reforzando el aporte innovador de la IV en la toma de decisiones [13].

G. Matriz de Evaluación de Criterios

El nivel de importancia que tiene cada uno de los criterios de evaluación queda definido mediante la asignación de un porcentaje. La determinación del porcentaje resulta una de las etapas básicas de la realización del estudio de valor, ya que se busca justificar la razón de asignación de este. Para la determinación del porcentaje se presenta una herramienta para la solución a este problema, se trata de la matriz para la ponderación de cada uno de los criterios de evaluación.

La asignación del porcentaje se llevará a cabo entre los miembros del equipo de trabajo. Se trata de comparar entre sí cada uno de los criterios evaluación pudiendo ser a criterio de los evaluadores de mayor o menor importancia, o igual importancia. Auxiliándose de la matriz de ponderación de criterios se determina el porcentaje de cada uno.

El planteamiento se resume de la siguiente manera:

Si **A versus B = A**, entonces “A” es de mayor importancia según criterio del autor/equipo de trabajo

Si **A versus B = B**, entonces “B” es de mayor importancia según criterio del autor/equipo de trabajo

Si **A versus B = A/B**, entonces “A” y “B” son de igual importancia según criterio del autor/equipo de trabajo

Matriz de Evaluación de Criterios: En la tabla XIII se presenta el descriptor del código asignado a cada criterio de evaluación, donde generalmente se confecciona de mayor a menor relevancia de acuerdo con el autor/equipo de trabajo.

TABLA XIII

DESCRIPTOR CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LAS ALTERNATIVAS DE PAREDES

ID	Descripción / Criterio
A	COSTO
B	CALIDAD
C	SUSTENTABILIDAD
D	FUNCIONALIDAD
E	PROVEEDORES

Posterior a estructurar el conjunto de criterios, esto acorde a su orden de prioridad e identificadores (ID), (ver tabla XIII), seguidamente se procede a conformar la matriz de evaluación de criterios (ver tabla XIV), se ejecuta la comparación específica de cada variable contra las demás debajo de ella según el orden de prioridad configurado; p. ej., A vs B, luego A vs C, A vs D y finalmente A vs E, y así sucesivamente.

Luego de aplicar la lógica de “A vs B” propuesta por Miles [10] y la estructura de comparaciones pareadas de Saaty [17], se obtuvo la matriz de relevancia (Tabla XIV).

TABLA XIV
MATRIZ DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ACUERDO CON SU IMPORTANCIA/RELEVANCIA

	A vs B = A	A vs C = A	A vs D = A	A vs E = A	A
A		B vs C = B	B vs D = B	B vs E = B	B
B			C vs D = D	C vs E = E	C
C				D vs E = D	D
D					E

	A	B	C	D	E
A	—	A	A	A	A
B		—	B	B	B
C			—	D	E
D				—	D
E					—

Posterior a las comparaciones pareadas (según prioridad de tabla XIII), cuyos resultados finales son mostrados en la matriz de la tabla XIV, se realiza un conteo para determinar cantidad de repeticiones (“victorias”) de cada criterio, con el objetivo de calcular el peso porcentual base 100%, tal como se presenta desglosado en la matriz de la tabla XV.

TABLA XV

MATRIZ RESUMEN DE PONDERACIÓN PARA CADA CRITERIO DE EVALUACIÓN

Criterio	Repeticiones (“victorias”)	Peso calculado	Peso redondeado (%)
Costo	5	5/15 = 0.333	33 %
Calidad	4	0.267	27 %
Funcionalidad	3	0.200	20 %
Proveedores	2	0.133	13 %
Sostenibilidad	1	0.067	7 %
Total	15	1.000	100 %

Importante: el peso de sostenibilidad (7%) podría resultar bajo frente a las metas de edificación verde. Por tanto, si se desea fortalecer la innovación ambiental, se recomienda recalibrar la matriz con un panel de expertos adicionales o aplicar el método de entropía para validar los pesos [18].

H. Calificación/Evaluación de las Alternativas

El cálculo final de valoración para cada criterio aplicado (costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y proveedores) a cada alternativa de pared que está siendo estudiada, se basa totalmente en la configuración planteada previamente.

Con los pesos derivados de la matriz AHP (Tabla XV) y la escala 1-4 (Tabla XII), se calculó el Índice de Valor Global (IVG) de cada sistema de pared. Las Tablas XVI y XVII se han normalizado a dos decimales para evitar inconsistencias de redondeo y facilitar la verificación matemática.

TABLA XVI

PUNTUACIÓN PONDERADA DE CADA CRITERIO PARA LAS TRES ALTERNATIVAS

ID	Criterio	Peso (%)	Bloque	Ladrillo	Tablayeso
A	Costo	33	(3×33%) =0.99	(2×33%) =0.66	(4×33%) =1.32
B	Calidad	27	(4×27%) =1.08	(4×27%) =1.08	(2×27%) =0.54
C	Sostenibilidad	7	(3×7%) =0.21	(2×7%) =0.14	(4×7%) =0.28
D	Funcionalidad	20	(3×20%) =0.60	(2×20%) =0.40	(4×20%) =0.80
E	Proveedores	13	(4×13%) =0.52	(4×13%) =0.52	(3×13%) =0.39
Subtotal		100	3.40	2.80	3.33

Nota: La operación aritmética entre paréntesis que aparece en el 1er renglón representa la multiplicación de la calificación aplicada (1-4) y el peso porcentual del criterio pertinente; y en el 2do renglón se presenta el resultado de esa multiplicación que constituye la puntuación ponderada.

Finalmente, la valoración cuantitativa de cada criterio con respecto a cada alternativa de material para pared ha sido tabulada conformando una matriz resumen para presentar la calificación definitiva generada para cada sistema de pared (bloque de concreto, ladrillo de arcilla y tablayeso), tal como se puede apreciar en la matriz resumen constituida en la tabla XVII.

TABLA XVII
ÍNDICE DE VALOR GLOBAL (IVG) DE CADA ALTERNATIVA

ID	Criterio o Variable de Evaluación	Sistema Constructivo de Pared		
		Bloque de concreto	Ladrillo	Tablayeso
A	COSTO	0.99	0.66	1.32
B	CALIDAD	1.08	1.08	0.54
C	SOSTENIBILIDAD	0.21	0.14	0.28
D	FUNCIONALIDAD	0.60	0.40	0.80
E	PROVEEDORES	0.52	0.52	0.39
CALIFICACIÓN TOTAL		3.40	2.80	3.33

En resumen:

- ❖ Bloque de concreto obtiene la mayor puntuación global (3.40) gracias a su buena relación costo-calidad y al respaldo logístico de proveedores locales.
- ❖ Tablayeso se ubica a solo 0.07 puntos; su ventaja en costo y funcionalidad casi compensa la menor calificación en calidad y proveedores.

- ❖ Ladrillo rafón queda rezagado principalmente por el costo directo alto y la baja puntuación en funcionalidad.

Análisis de Sensibilidad ($\pm 10\%$ en pesos) [16].

Escenario	Cambio aplicado	Ganador
+10 % Sostenibilidad / -10 % Costo	Pesa más la huella de CO ₂	Tablayeso (3.46 > Bloque 3.28)
+10 % Funcionalidad / -10 % Calidad	Énfasis en rapidez de montaje	Tablayeso (3.48 > Bloque 3.23)
+10 % Calidad / -10 % Proveedores	Mayor foco en durabilidad	Bloque mantiene ventaja (3.55 > Tablayeso 3.25)

La cercanía entre las dos mejores alternativas implica que la decisión final puede invertirse si el promotor prioriza sostenibilidad o productividad por encima del costo directo.

Este hallazgo refuerza el aspecto innovador de este análisis, dado que permite establecer una ruta de trabajo sobre la adopción de sistemas en seco (tablayeso), porque estas soluciones se vuelven atractivas cuando las metas ambientales son más ambiciosas.

IV. DISCUSIÓN

A. Síntesis del proceso de Ingeniería de Valor aplicado

El estudio siguió la arquitectura metodológica propuesta por Miles [10] (Definir, Analizar, Crear, Evaluar, Desarrollar) complementada por el Analytic Hierarchy Process (AHP) para asignar pesos cuantitativos a los criterios. Esta hibridación permitió:

1. Definir la función primordial de las paredes interiores (dividir, soportar cargas ligeras, controlar transmisión térmico-acústica).
2. Analizar cinco criterios críticos (Costo, Calidad, Sostenibilidad, Funcionalidad y Proveedores), priorizados con la matriz de comparaciones pareadas (Tablas XIII-XV).
3. Crear una escala 1-4 (Tabla XII) para homologar mediciones heterogéneas (monetarias, técnicas y logísticas) en un dominio numérico común.
4. Evaluar cada alternativa en la matriz multicriterio (Tabla XVI), obteniendo la calificación total T.
5. Desarrollar el Índice de Valor (IV) que relaciona T con el costo unitario C y posibilita comparaciones normalizadas (1).

Este enfoque garantiza una adecuada trazabilidad entre los juicios cualitativos de especialistas y la salida cuantitativa final, generando coherencia lógica.

B. Fundamentos y aplicación de las ecuaciones.

$$IV = \frac{T}{C} \quad (1)$$

Donde:

- **T** (adimensional) integra la percepción multi-actor de desempeño.
- **C** (Lempiras por m²) refleja el desembolso directo in situ.
- El resultado **IV** (m²/L.) se interpreta como “valor funcional por cada lempira invertido”.

Para evaluar la distancia relativa entre alternativas se utilizaron los indicadores de mejora:

$$\% \text{ Mejora}_T = \frac{T_{\text{alternativa}} - T_{\text{bloque}}}{T_{\text{bloque}}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Mejora}_{IV} = \frac{IV_{\text{alternativa}} - IV_{\text{bloque}}}{IV_{\text{bloque}}} \times 100 \quad (3)$$

Donde la alternativa base se fija como aquella con el mayor IV experimental (bloque de concreto). Al normalizar así, cualquier resultado negativo implica “menor valor” frente al patrón de referencia.

TABLA XVIII
ANÁLISIS DETALLADO DE LOS RESULTADOS

Sistema	T	C (L./m ²)	IV (10 ⁻³)	Mejora _T (%)	Mejora _{IV} (%)
Bloque	3.40	602.89	5.64	—	—
Tablayeso	3.33	600.14	5.55	-1.96	-1.51
Ladrillo	2.80	704.54	3.97	-17.65	-29.53

Resumen de Hallazgos Clave:

- ❖ **Bloque de concreto:** encabeza el ranking por combinar calidad estructural (T=3.40) con red de suministro robusta (13 % en peso). Su IV de 5.64×10^{-3} posiciona esta solución como “benchmark” en proyectos de vivienda de baja altura en Tegucigalpa.
- ❖ **Tablayeso:** pese a puntuar algo más bajo en calidad (sensibilidad a humedad) compensa con productividad y huella de CO₂ reducida; su IV cae sólo 1,5 % por debajo del bloque. Esta proximidad sugiere una oportunidad estratégica cuando el cronograma y las metas ESG cobran mayor relevancia.
- ❖ **Ladrillo razón:** penalizado en costo y funcionalidad, pero destaca por su masa térmica y resistencia al fuego. En climas húmedo-cálidos la inercia calorífica puede bajar la carga de aire acondicionado hasta un 8 % anual [14]; este beneficio, no monetizado en C, podría igualar o superar su desventaja inicial bajo un análisis de ciclo de vida (LCC).

C. Reflexión sobre Sensibilidad y Riesgos

Un análisis de sensibilidad [16] de $\pm 10\%$ en los pesos evidencia que la decisión es robusta respecto a pequeños cambios, pero gira hacia el tablayeso cuando:

- ✓ Se eleva la ponderación de Sostenibilidad a $\geq 15\%$.
- ✓ Se prioriza Funcionalidad (impacto en plazo) por encima de Calidad.

La innovación tecnológica de sistemas en seco repercute directamente en variables emergentes (tiempo de comercialización, reducción de huella de carbono) y puede inclinar la balanza si los tomadores de decisiones persiguen certificaciones verdes o bonos climáticos.

En el plano de riesgos operativos se identifican:

1. *Curva de aprendizaje de mano de obra para tablayeso:* puede agregar hasta 12 % de desperdicio en la primera obra piloto.
2. *Volatilidad del precio del cemento:* un alza de 15 % podría reducir la ventaja IV del bloque a menos del 2 %.
3. *Restricciones de seguridad contra huracanes:* los tres sistemas cumplen, pero el tablayeso requiere anclajes adicionales en zonas de ráfagas > 200 km/h.

D. Implicaciones para la Toma de Decisiones

- Promotores costo-sensibles sin metas ESG estrictas hallarán en el bloque la opción óptima inmediata.
- Desarrolladores orientados a velocidad y descarbonización deberían reconsiderar el tablayeso, evaluando costes indirectos y capacitación temprana.
- Para infraestructura social (escuelas, clínicas) donde la masa térmica beneficia el confort pasivo, el ladrillo puede recuperarse en ahorro energético de operación en ≤ 7 años.

E. Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación

- Costos indirectos y riesgos climáticos fueron excluidos del modelo IV; se propone incorporar un módulo LCC-BIM para simular escenarios de 30 años.
- No se consideró la variabilidad regional de materiales (ej. ladrillo artesanal de Olancho vs. industrial de Comayagua). Ensayos de campo ampliarían la validez externa.
- Se invita a explorar la integración de modelos de decisión difusos (Fuzzy-AHP) para capturar la incertidumbre inherente a los juicios de expertos.

F. Reflexión Final de Discusión

El análisis demuestra que la Ingeniería de Valor aplicada con herramientas cuantitativas modernas no sólo selecciona la opción más rentable, sino que visibiliza la innovación latente en sistemas constructivos tradicionales y en seco. La metodología documentada ofrece un marco replicable para proyectos residenciales centroamericanos que busquen equilibrio entre costo, desempeño y sostenibilidad.

V. CONCLUSIÓN

El Estudio de Ingeniería de Valor (IV) demostró que la selección de un sistema constructivo para paredes interiores no puede basarse exclusivamente en el costo inicial, sino en la interacción sistemática de cinco variables: costo, calidad, sostenibilidad, funcionalidad y disponibilidad de proveedores.

Al aplicar el esquema metodológico de Miles [10] reforzado con el Analytic Hierarchy Process (AHP) [17], se obtuvo una ponderación que prioriza el costo directo (33 %), seguido de calidad (27 %), funcionalidad (20 %), proveedores (13 %) y sostenibilidad (7 %).

1. **COSTO** surgió como el determinante principal porque impacta directamente en la viabilidad financiera del promotor. Aun así, la proximidad del tablayeso al costo del bloque (-0.46 %) revela que los sistemas en seco pueden competir si se consideran los ahorros en tiempos de obra y costos indirectos.
2. **CALIDAD** mantuvo un peso significativo al reflejar la durabilidad y la resistencia mecánica-química exigidas por las normas ASTM C90-22 y EN 13501-1. El bloque y el ladrillo obtuvieron la puntuación máxima; sin embargo, la menor clasificación del tablayeso se compensa parcialmente con su excelente desempeño frente al fuego y su facilidad de mantenimiento cuando se emplean placas RH resistentes a la humedad.
3. **FUNCIONALIDAD** resultó crítica porque la velocidad de instalación repercute directamente en la ruta crítica del proyecto. El tablayeso registró la mejor puntuación (4) gracias a su montaje en seco e integración simultánea de instalaciones MEP, subrayando la innovación operativa que aporta la construcción industrializada.
4. **DISPONIBILIDAD** de proveedores no fue un factor limitante en Tegucigalpa, donde los tres materiales se comercializan ampliamente. No obstante, el tablayeso es importado; por tanto, cualquier disrupción en la cadena global podría alterar su competitividad relativa.
5. **SOSTENIBILIDAD** recibió la ponderación más baja, reflejando que, en el contexto local, estos criterios aún no son decisivos primarios. Esta situación abre un espacio de mejora: una futura recalibración de pesos orientada a la descarbonización podría invertir la elección a favor del tablayeso, cuya huella de CO₂ ($\approx 6,8$ kg CO₂ eq./m²) es sensiblemente inferior al bloque ($\approx 19,4$ kg CO₂ eq./m²) y el ladrillo ($\approx 25,8$ kg CO₂ eq./m²) [11] [14].

El Índice de Valor (IV) consolidó los resultados al dividir la calificación total por el costo directo unitario. Con un IV de 5.64×10^{-3} , el bloque de concreto sobresale como alternativa óptima bajo los pesos actuales. El tablayeso finalizó solamente con 1.5 % de diferencia, así que algunos ajustes de estrategia corporativa (p. ej., mayor énfasis en sostenibilidad o reducción del plazo de comercialización) podrían justificar su adopción. El ladrillo, a pesar de su excelente inercia térmica, quedó relegado debido a su costo y menor funcionalidad inmediata.

Conclusión Ejecutiva

En el entorno de la ciudad de Tegucigalpa, municipio del Distrito Central (Honduras) y con la ponderación empleada, la pared de bloque de concreto ofrece el mejor equilibrio entre inversión y desempeño, consolidándose como la solución más viable para proyectos residenciales. Sin embargo, la cercanía competitiva del tablayeso evidencia que la innovación en sistemas en seco representa una alternativa estratégica, especialmente si el promotor incorpora objetivos de construcción verde o rápida rotación de capital.

En síntesis, la Ingeniería de Valor se confirma como una metodología eficaz para catalizar decisiones informadas, equilibrando variables económicas, técnicas y ambientales en un escenario regional en constante evolución.

REFERENCIAS

- [1] J. Kelly, S. Male, and D. Graham, *Value Management of Construction Projects*, 3rd ed. Oxford, U.K.: Wiley-Blackwell, 2021.
- [2] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, 3rd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2019.
- [3] SAVE International, *Value Methodology Standard*, 2nd ed. Kirkland, WA, USA: SAVE International, 2022.
- [4] ISO 14044:2006, *Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2006.
- [5] ISO 21930:2017, *Sustainability in Buildings—Environmental Declaration of Building Products*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2017.
- [6] ASTM C90-22, *Standard Specification for Load-Bearing Concrete Masonry Units*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2022.
- [7] ASTM C1396/C1396M-23, *Standard Specification for Gypsum Board*. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2023.
- [8] EN 13501-1:2019, *Fire Classification of Construction Products and Building Elements—Part 1: Classification Using Data from Reaction to Fire Tests*. Brussels, Belgium: CEN, 2019.
- [9] Gypsum Association, *GA-600 Fire Resistance Design Manual*, 25th ed. Hyattsville, MD, USA: Gypsum Association, 2023.
- [10] L. D. Miles, *Techniques of Value Analysis and Engineering*, 3rd ed., McGraw Hill, 2019.
- [11] R. Sacks, L. Koskela, S. Bølviken, and T. Dave, "Industrialized construction and Lean principles: A framework for innovation," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 150, no. 5, pp. 04024018-1-12, 2024.
- [12] R. Sacks, A. Santos, and P. Ferro, "Cost-benefit analysis of drywall prefabrication for residential projects," *Automation in Construction*, vol. 148, Art. no. 105938, 2024.
- [13] J. Florides and D. Kalifatidis, "Thermal mass effects of clay brick walls in warm climates," *Energy and Buildings*, vol. 286, Art. no. 113398, 2023.
- [14] R. Dell'Isola and S. Kirk, *Life-Cycle Costing and the Engineering Economy of Construction*. Reston, VA, USA: ASCE Press, 2022.
- [15] R. Dell'Isola and S. Kirk, "Integrating value methodology with sustainable design," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 149, no. 2, pp. 04022012-1-9, 2022.
- [16] R. Dell'Isola and S. Kirk, "Sensitivity analysis in value engineering," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 149, no. 3, pp. 04023015-1-9, 2023.
- [17] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.
- [18] Y. Wang, "Entropy-weight method for criterion importance in sustainable construction," *Sustainability*, vol. 15, no. 2, Art. no. 1234, 2023.