

Seguridad humana en edificaciones colombianas: diagnóstico del enfoque prescriptivo y propuesta del modelo conceptual SHIELD-Col para la incorporación progresiva del diseño basado en desempeño

Human Safety in Colombian Buildings: Diagnosis of the Prescriptive Approach and Proposal of the SHIELD-Col Conceptual Model for the Progressive Incorporation of Performance-Based Design

David Ernesto Gómez Contreras

dernestogomez@correo.uts.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-9717-0852>

Unidades Tecnológicas de Santander. Piedecuesta, Colombia

Resumen

La seguridad humana constituye uno de los pilares fundamentales para la protección de la vida en las edificaciones. No obstante, en Colombia su aplicación continúa sustentándose principalmente en el enfoque prescriptivo establecido por la normativa vigente, mientras que el Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD) presenta una limitada incorporación en la práctica profesional. El objetivo de esta investigación fue diagnosticar el estado actual del conocimiento, la aplicación, la percepción, las barreras y la disposición de los profesionales del sector frente al PBD, así como desarrollar un modelo conceptual que facilite su incorporación progresiva en edificaciones colombianas. Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, sustentado en la revisión de literatura científica, el análisis del marco normativo nacional e internacional y la aplicación de la encuesta **ENSHIELD-Col** a **35 profesionales** vinculados al diseño, construcción, interventoría y supervisión técnica de edificaciones. Los resultados evidenciaron un nivel intermedio de conocimiento (3,29/5) y aplicación (3,53/5), acompañado de una alta percepción de barreras para su implementación (4,16/5) y una muy alta disposición para su adopción (4,29/5). Las principales limitaciones identificadas correspondieron a la falta de capacitación especializada, la ausencia de lineamientos técnicos nacionales y las dificultades asociadas con la revisión por parte de las autoridades competentes. Asimismo, se obtuvo un **Índice de Madurez SHIELD de 3,58/5**, que ubica al sector en un nivel intermedio de preparación para incorporar el PBD. Como principal aporte se desarrolló el **modelo conceptual SHIELD-Col**, estructurado en cuatro niveles (SHIELD-Evidence, SHIELD-Maturity, SHIELD-Screening y SHIELD-Performance), el cual integra evidencia empírica, evaluación de capacidades, análisis temprano del proyecto y metodologías basadas en desempeño para apoyar una transición gradual desde el enfoque prescriptivo hacia estrategias orientadas al desempeño, sin sustituir el marco normativo colombiano vigente.

Palabras clave: Seguridad humana; diseño basado en desempeño; enfoque prescriptivo; edificaciones; SHIELD-Col; Colombia.

Abstract

Human safety is a fundamental principle for protecting life in buildings. However, in Colombia, building fire and life safety design is still primarily based on the prescriptive approach established by current regulations, whereas **Performance-Based Design (PBD)** has seen limited adoption in professional practice. This study aimed to diagnose the current state of professionals' knowledge, application, perception, perceived barriers, and willingness regarding PBD, and to develop a conceptual framework to support its progressive implementation in Colombian buildings. A descriptive quantitative study was conducted based on a review of scientific literature, an analysis of national and international regulations, and the administration of the **ENSHIELD-Col** survey to **35 professionals** involved in building design, construction, supervision, and technical inspection. The results revealed intermediate levels of knowledge (3.29/5) and application (3.53/5), together with a high perception of implementation barriers (4.16/5) and a very high willingness to adopt PBD (4.29/5). The most significant barriers identified were the lack of specialized training, the absence of national technical guidelines, and limitations associated with regulatory review processes. In addition, a **SHIELD Maturity Index of 3.58/5** indicated an intermediate level of readiness for the implementation of Performance-Based Design within the Colombian construction sector. The main contribution of this research is the development of the **SHIELD-Col conceptual model**, structured into four complementary levels (SHIELD-Evidence, SHIELD-Maturity, SHIELD-Screening, and SHIELD-Performance), integrating empirical evidence, maturity assessment, early project screening, and performance-based methodologies to support a gradual transition from prescriptive design toward performance-oriented strategies without replacing the current Colombian regulatory framework.

Keywords: Human Safety; Performance-Based Design; Prescriptive Approach; Buildings; SHIELD-Col; Colombia.

1. Introducción

La seguridad humana en las edificaciones comprende el conjunto de estrategias de diseño, protección, gestión y respuesta orientadas a reducir la pérdida de vidas ante incendios y otras emergencias. Este concepto trasciende la instalación de sistemas de protección contra incendios, al integrar aspectos como las características de los ocupantes, los medios de evacuación, la detección y alarma, el control de humos, la resistencia al fuego, los sistemas de supresión, la intervención de los organismos de emergencia y la gestión de la seguridad durante todo el ciclo de vida de la edificación. En consecuencia, la protección de la vida debe entenderse como un sistema integral y coordinado, más que como el cumplimiento aislado de requisitos técnicos.

Tradicionalmente, la regulación de la seguridad contra incendios se ha fundamentado en normas prescriptivas que establecen requisitos mínimos para materiales, sistemas y características constructivas. Aunque este enfoque facilita la estandarización y el control normativo, presenta limitaciones frente a edificaciones con geometrías complejas, usos mixtos, grandes concentraciones de personas o condiciones especiales de ocupación. Por esta razón, la normativa internacional ha evolucionado hacia esquemas que complementan los requisitos prescriptivos con metodologías basadas en desempeño (Spinardi, 2016).

El diseño de seguridad contra incendios basado en desempeño (Performance-Based Design, PBD) constituye un proceso de ingeniería que busca demostrar el cumplimiento de objetivos específicos de seguridad mediante el análisis de escenarios de incendio, el comportamiento de los ocupantes, la propagación del fuego y del humo, el desempeño de los sistemas de protección y las posibles consecuencias sobre las personas y la infraestructura (Meacham & Custer, 1995). Este enfoque fue posteriormente consolidado mediante la norma ISO 23932-1:2018, la cual establece los principios generales para el diseño, implementación y gestión de la seguridad contra incendios en el entorno construido (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

El enfoque basado en desempeño no reemplaza las normas prescriptivas, sino que las complementa cuando la complejidad del proyecto exige demostrar niveles de seguridad que no pueden verificarse únicamente mediante requisitos normativos. Su aplicación requiere definir objetivos de seguridad, criterios de aceptación, escenarios representativos de incendio y procedimientos de evaluación técnicamente sustentados, conforme a las guías desarrolladas por la Society of Fire Protection Engineers (SFPE, 2007).

Diversos estudios destacan que este enfoque favorece soluciones más flexibles y adaptadas a cada proyecto, aunque también requiere profesionales capacitados, procedimientos rigurosos y mecanismos de revisión técnica que reduzcan la incertidumbre asociada a los modelos empleados (Gernay, 2024; Meacham, 2014).

En Colombia, la protección contra incendios está regulada principalmente por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Los Títulos J y K establecen los requisitos mínimos para la protección contra incendios y la evacuación de los ocupantes, constituyendo la base obligatoria para el diseño de las edificaciones. Sin embargo, su estructura responde predominantemente a un enfoque prescriptivo basado en la verificación de requisitos previamente establecidos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a, 2010b).

Aunque este modelo ha permitido establecer un nivel mínimo de seguridad para la mayoría de las edificaciones, aún existe un vacío respecto al conocimiento y aplicación del diseño basado en desempeño por parte de los profesionales del sector, así como sobre las condiciones necesarias para una transición gradual hacia metodologías de análisis más avanzadas.

En respuesta a esta necesidad, la presente investigación combina una revisión de literatura científica y normativa con una encuesta aplicada a profesionales vinculados al diseño, construcción, consultoría, interventoría y supervisión de edificaciones en Colombia. El propósito es analizar el nivel de conocimiento, la aplicación de los principios de seguridad humana y la disposición para incorporar metodologías basadas en desempeño, con el fin de sustentar la propuesta del modelo conceptual SHIELD-Col, concebido como un marco preliminar para orientar la incorporación progresiva del enfoque basado en desempeño de acuerdo con la complejidad y el nivel de riesgo de las edificaciones.

2. Marco teórico

Seguridad humana en edificaciones

La seguridad humana en edificaciones comprende el conjunto de estrategias de diseño, construcción, protección y gestión orientadas a salvaguardar la vida de los ocupantes frente a incendios y otras emergencias. Este concepto integra medidas de protección pasiva, protección activa, evacuación, respuesta de emergencia y gestión durante todo el ciclo de vida de la edificación, entendiendo que la seguridad depende de la interacción entre la infraestructura, los sistemas de protección, los ocupantes y la organización responsable de su operación (International Organization for Standardization [ISO], 2018).

Enfoque prescriptivo de seguridad contra incendios

La mayoría de los códigos de construcción se fundamentan en un enfoque prescriptivo, mediante el cual se establecen requisitos mínimos relacionados con materiales, resistencia al fuego, sistemas de detección, medios de extinción, rutas de evacuación y demás condiciones constructivas. Este modelo ha permitido uniformar los criterios de diseño y facilitar la revisión de los proyectos, constituyendo una base adecuada para edificaciones convencionales.

No obstante, cuando las edificaciones presentan usos mixtos, grandes alturas, ocupaciones especiales o configuraciones arquitectónicas complejas, el cumplimiento de los requisitos prescriptivos puede resultar insuficiente para demostrar el nivel real de seguridad. En estos casos, la evaluación del comportamiento integral del edificio adquiere mayor relevancia (Spinardi, 2016).

Diseño basado en desempeño

Como respuesta a estas limitaciones surge el diseño basado en desempeño (Performance-Based Design), entendido como un proceso de ingeniería que verifica el cumplimiento de objetivos de seguridad previamente definidos mediante el análisis de escenarios de incendio, comportamiento de los ocupantes y desempeño de los sistemas de protección (Meacham & Custer, 1995). Este enfoque fue consolidado mediante la norma ISO

23932-1:2018, la cual establece principios para el diseño, implementación y gestión de la seguridad contra incendios en entornos construidos (ISO, 2018).

A diferencia del enfoque prescriptivo, el diseño basado en desempeño no define únicamente qué medidas deben instalarse, sino que exige demostrar técnicamente que la solución propuesta satisface criterios de seguridad previamente establecidos. Para ello se requiere definir objetivos, criterios de aceptación, escenarios representativos y procedimientos de evaluación acordes con la complejidad del proyecto (Society of Fire Protection Engineers [SFPE], 2007).

La literatura coincide en que este enfoque permite desarrollar soluciones más flexibles y adaptadas a edificaciones complejas; sin embargo, su implementación requiere profesionales especializados, metodologías rigurosas y procesos de revisión técnica que garanticen la confiabilidad de los resultados (Gernay, 2024; Meacham, 2014).

Contexto colombiano y fundamento de SHIELD-Col

En Colombia, la protección contra incendios se encuentra regulada principalmente por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, cuyos Títulos J y K establecen los requisitos mínimos para la protección contra incendios y la evacuación de los ocupantes. Aunque este marco normativo proporciona una base técnica sólida para el diseño de edificaciones, responde predominantemente a una lógica prescriptiva (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a, 2010b).

En consecuencia, la incorporación progresiva del diseño basado en desempeño no debe entenderse como un reemplazo del enfoque prescriptivo, sino como un complemento para proyectos cuya complejidad exige verificar el comportamiento integral de la edificación mediante herramientas de ingeniería. Bajo esta perspectiva se plantea el modelo conceptual SHIELD-Col, el cual propone mantener el cumplimiento normativo como requisito mínimo e incorporar verificaciones adicionales de acuerdo con el nivel de riesgo, la vulnerabilidad de los ocupantes y la complejidad del proyecto.

Método y metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo-exploratorio y un diseño no experimental de corte transversal, orientado a analizar el nivel de conocimiento, la aplicación de principios de seguridad humana y la disposición de los profesionales colombianos para incorporar el diseño basado en desempeño en edificaciones. La presentación metodológica siguió, cuando fue pertinente, las recomendaciones de la declaración STROBE para estudios observacionales.

El estudio se estructuró en tres fases. La primera consistió en una revisión de literatura científica, normativa y documentos técnicos sobre seguridad humana, regulación prescriptiva y diseño basado en desempeño, con el propósito de fundamentar las variables analizadas y la propuesta conceptual SHIELD-Col. La segunda correspondió a la aplicación de una encuesta digital dirigida a profesionales vinculados con el diseño, construcción, consultoría, interventoría y protección contra incendios en Colombia. Finalmente, la tercera fase integró los resultados obtenidos para sustentar la formulación preliminar del modelo conceptual SHIELD-Col.

Participantes e instrumento

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, mediante difusión en redes académicas y profesionales. La población objetivo estuvo conformada por arquitectos, ingenieros, consultores, docentes y demás profesionales relacionados con el sector de las edificaciones en Colombia. Se incluyeron participantes mayores de edad con experiencia profesional o académica en el área y se excluyeron registros incompletos o duplicados.

El instrumento correspondió a una encuesta electrónica con un máximo de 30 preguntas, conformada por preguntas cerradas, selección múltiple e ítems tipo Likert de cinco puntos, diseñada para diligenciarse en aproximadamente cinco minutos. Su estructura abordó cuatro componentes: caracterización profesional,

conocimiento sobre seguridad humana y diseño basado en desempeño, aplicación de prácticas de seguridad y percepción sobre las barreras y la incorporación progresiva del enfoque basado en desempeño. Antes de su aplicación se realizó una revisión por expertos y una prueba piloto para evaluar la claridad y pertinencia de las preguntas, sin pretender una validación psicométrica completa.

Análisis de la información

Las respuestas fueron depuradas y codificadas para su análisis. Las variables categóricas se describieron mediante frecuencias y porcentajes, mientras que los ítems tipo Likert se analizaron mediante medidas descriptivas y representaciones gráficas. Además, se exploró la relación entre las dimensiones de conocimiento, aplicación y disposición, así como su asociación con variables como profesión, experiencia y formación, utilizando correlaciones de Spearman y pruebas no paramétricas cuando resultó pertinente. La consistencia interna de las escalas se evaluó de forma exploratoria mediante el coeficiente alfa de Cronbach.

Formulación del modelo SHIELD-Col

La propuesta conceptual SHIELD-Col se construyó a partir de la integración de la revisión bibliográfica, el análisis del marco normativo colombiano y los resultados de la encuesta. El modelo se presenta como un marco conceptual preliminar para orientar la incorporación progresiva del diseño basado en desempeño mediante tres niveles: prescriptivo, prescriptivo reforzado e integrado. Su propósito en esta investigación es fundamentar conceptualmente la propuesta y no validar su aplicación, la cual deberá desarrollarse en estudios posteriores.

Consideraciones éticas

La investigación fue clasificada como de riesgo mínimo. La participación fue voluntaria, anónima y precedida por la aceptación de un consentimiento informado. La información recolectada se utilizó exclusivamente con fines académicos y los resultados se presentan de forma agregada, garantizando la confidencialidad de los participantes.

3. Resultados

Estructura del instrumento

Para la recolección de información se diseñó la **Encuesta Nacional sobre Seguridad Humana y Diseño Basado en Desempeño en Edificaciones Colombianas (ENSHIELD-Col)**, elaborada específicamente para esta investigación a partir de la revisión de literatura científica, el análisis del marco normativo colombiano y los principios de la ingeniería de seguridad contra incendios. El instrumento tuvo como propósito caracterizar el nivel de conocimiento, la aplicación profesional y la percepción sobre la incorporación del diseño basado en desempeño en Colombia.

La encuesta estuvo conformada por **30 preguntas**, distribuidas en seis dimensiones temáticas. Las cinco primeras correspondieron a la caracterización de los participantes y las veinticinco restantes fueron evaluadas mediante una **escala Likert de cinco puntos**, donde 1 representó *Totalmente en desacuerdo* y 5 *Totalmente de acuerdo*.

Tabla 1. Estructura general de la encuesta ENSHIELD-Col

Dimensión	Objetivo	Número de preguntas
Caracterización profesional	Identificar el perfil de los participantes	5
Conocimiento técnico	Evaluar el conocimiento sobre seguridad humana y diseño basado en desempeño	5
Aplicación profesional	Analizar la incorporación de la seguridad humana en la práctica profesional	5
Percepción sobre el diseño basado en desempeño	Analizar la percepción sobre la utilidad del enfoque	6
Barreras para la implementación	Identificar los principales obstáculos para su adopción	4

Disposición para la incorporación progresiva	Evaluar el interés en la adopción futura del enfoque	5
Total		30

Las preguntas abordaron aspectos relacionados con el perfil profesional de los participantes, el conocimiento de la seguridad humana y del diseño basado en desempeño, la aplicación de estos principios en proyectos de edificaciones, la percepción sobre sus beneficios y limitaciones, las barreras para su implementación y la disposición para incorporar progresivamente este enfoque en el contexto colombiano. El cuestionario completo se presenta como material complementario de la investigación.

Análisis de los resultados

Panel estadístico resumen

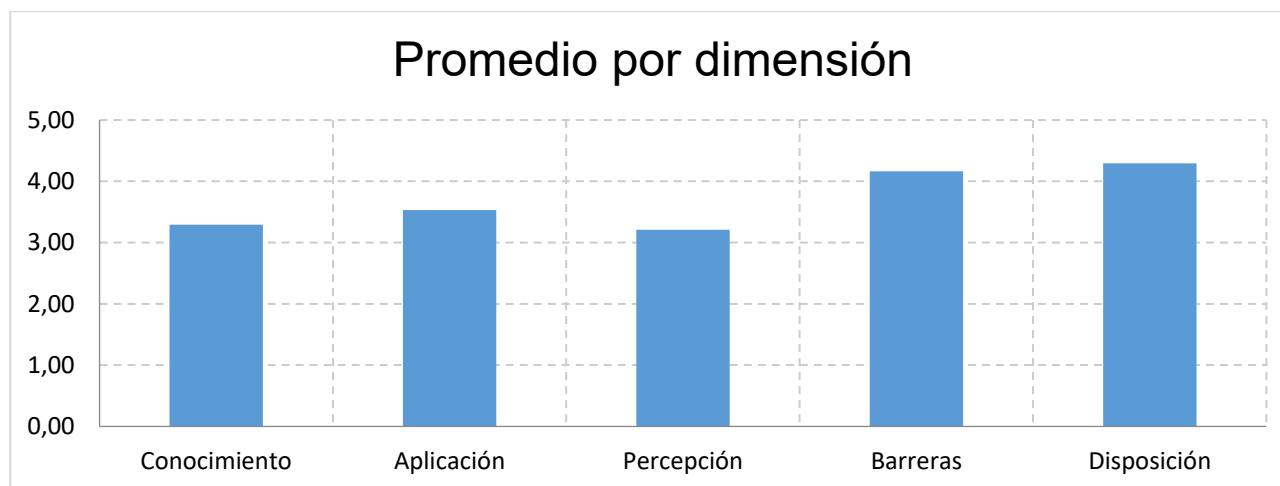
Figura 1. Indicadores globales de conocimiento, aplicación, percepción, barreras y disposición de los profesionales frente a la seguridad humana y el diseño basado en desempeño.

Encuestas válidas	Conocimiento	Aplicación	Percepción favorable	Barreras	Disposición
35	3,29	3,53	3,21	4,16	4,29

Elaboración Propia.

Los resultados evidencian que, aunque los profesionales manifiestan interés por implementar metodologías más avanzadas de seguridad humana, aún perciben importantes obstáculos para su aplicación. Esta diferencia sugiere la existencia de una brecha entre la disposición del sector y las condiciones necesarias para facilitar la transición hacia enfoques basados en desempeño.

Figura 2. Valoración promedio de las dimensiones de conocimiento, aplicación, percepción, barreras y disposición frente al diseño basado en desempeño en edificaciones colombianas.

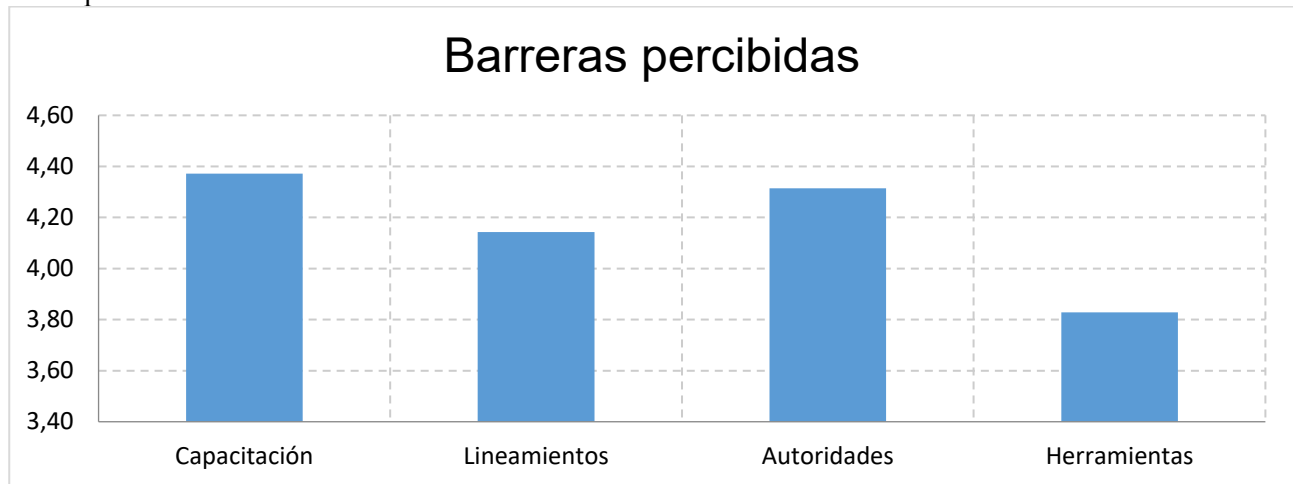


Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, aunque los profesionales manifiestan una alta disposición para incorporar el diseño basado en desempeño en las edificaciones, también perciben importantes barreras para su implementación. Esta diferencia evidencia una brecha entre el interés del sector y las condiciones técnicas, normativas e institucionales necesarias para facilitar su adopción en Colombia.

Este resultado proporciona un diagnóstico general del estado actual de la seguridad humana en edificaciones colombianas y constituye una base para sustentar la propuesta del modelo conceptual **SHIELD-Col**, orientado a promover la incorporación progresiva del diseño basado en desempeño de acuerdo con la complejidad de las edificaciones.

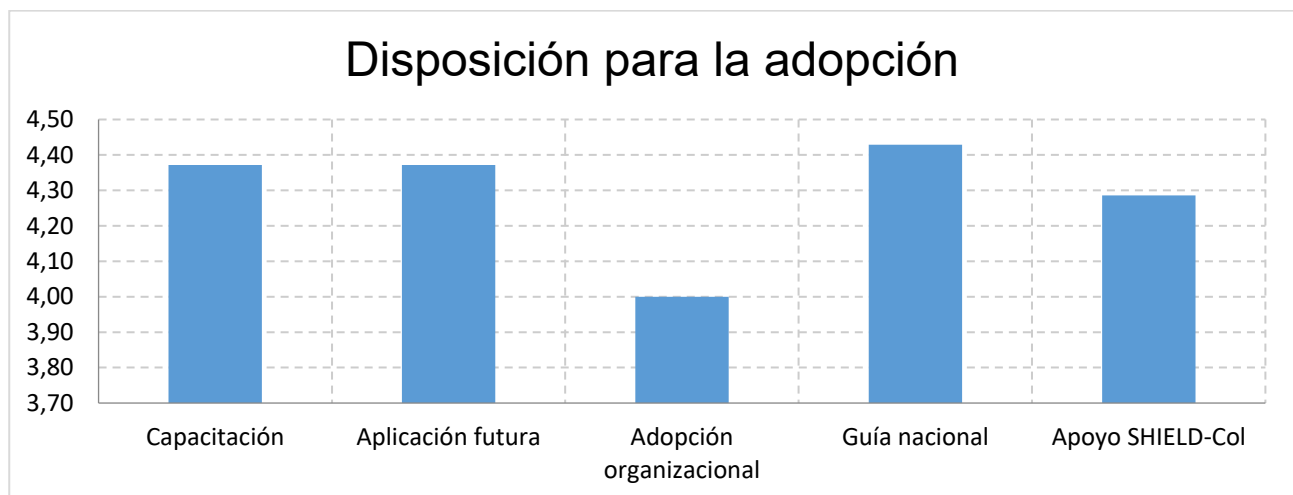
Figura 3. Valoración de las principales barreras percibidas para la implementación del diseño basado en desempeño en edificaciones colombianas.



Fuente: elaboración propia

Los resultados evidencian que las principales dificultades para la incorporación del diseño basado en desempeño no se relacionan con la falta de interés de los profesionales, sino con limitaciones en la formación especializada, la existencia de lineamientos técnicos y la capacidad institucional para evaluar este tipo de proyectos. La menor valoración de las herramientas sugiere que el factor tecnológico representa una barrera secundaria frente a las necesidades de capacitación y fortalecimiento institucional.

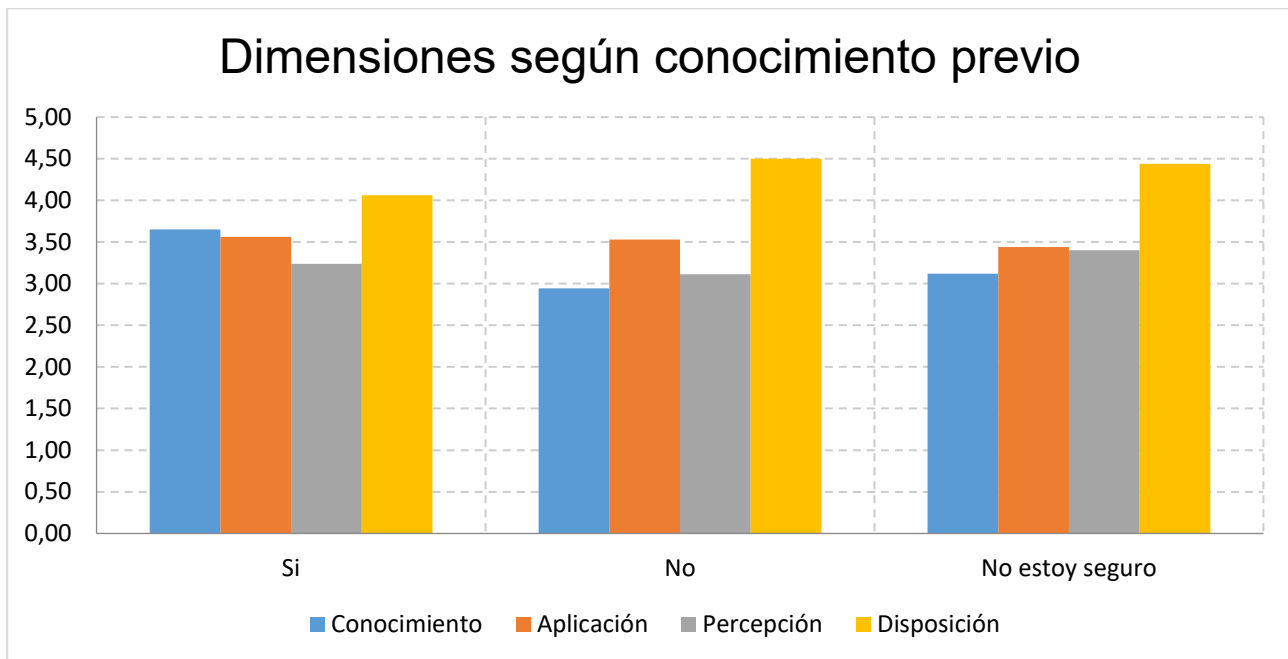
Figura 4. Disposición de los profesionales para la adopción del diseño basado en desempeño en edificaciones colombianas.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian una actitud favorable hacia la incorporación del diseño basado en desempeño en Colombia. La alta valoración otorgada a la elaboración de una guía nacional y a la capacitación profesional refleja que los participantes consideran necesario fortalecer el marco técnico y normativo para facilitar su implementación. Aunque la adopción organizacional presenta el menor promedio, su valoración continúa siendo positiva, lo que demuestra una disposición general del sector para avanzar hacia este enfoque.

Figura 5. Comparación de las dimensiones evaluadas según el conocimiento previo sobre el diseño basado en desempeño.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian que, independientemente del conocimiento previo, los participantes manifiestan una actitud favorable hacia la implementación del diseño basado en desempeño. Incluso quienes indicaron no conocer esta metodología presentan una alta disposición para adoptarla, lo que sugiere que el principal desafío no radica en la aceptación del enfoque, sino en fortalecer el conocimiento técnico y generar mecanismos que faciliten su incorporación en la práctica profesional.

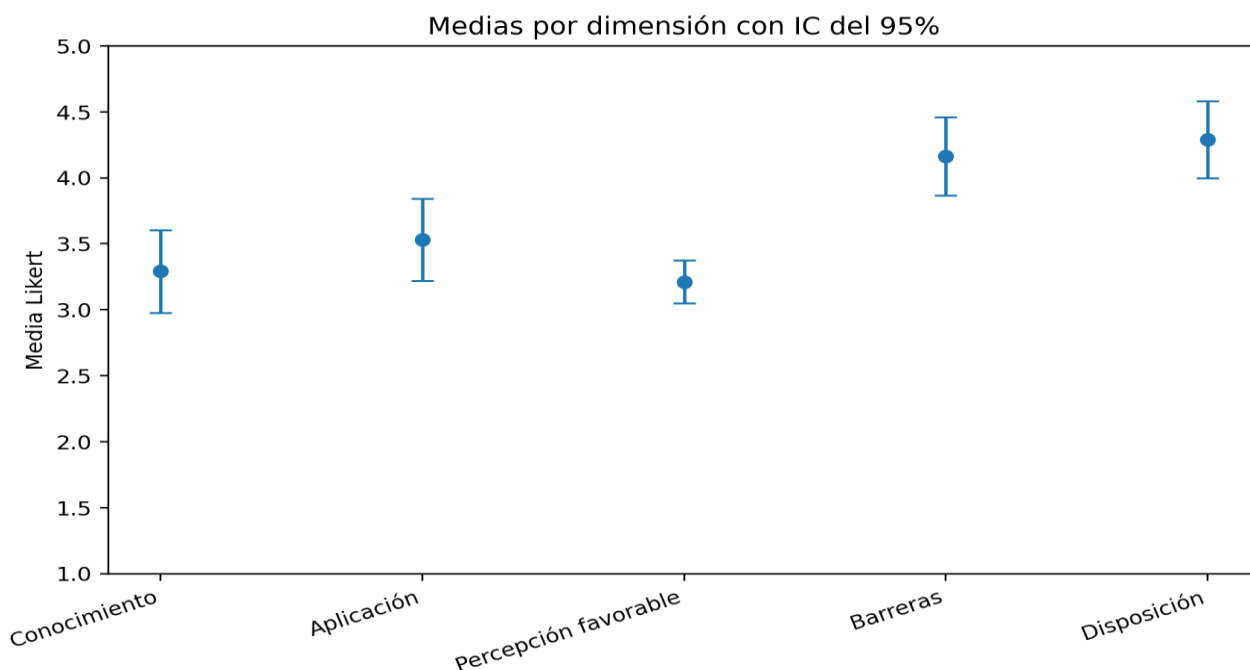
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las dimensiones evaluadas en la investigación.

Dimensión	N	Media	Mediana	Desv. estándar	Error estándar	IC95% inferior	IC95% superior	Asimetría	Curtosis
Conocimiento	35	3,291	3,400	0,916	0,155	2,977	3,606	-0,747	0,108
Aplicación	35	3,531	3,800	0,909	0,154	3,219	3,844	-0,953	0,445
Percepción favorable	35	3,211	3,200	0,475	0,080	3,048	3,375	-0,211	-0,462
Barreras	35	4,164	4,250	0,864	0,146	3,868	4,461	-1,553	3,913
Disposición	35	4,291	4,400	0,848	0,143	4,000	4,583	-2,180	6,325
Índice de madurez	35	3,581	3,650	0,573	0,097	3,384	3,778	-1,488	3,530

Fuente: Elaboración propia

Las desviaciones estándar inferiores a una unidad en todas las dimensiones indican una variabilidad moderada entre las respuestas, lo que sugiere una percepción relativamente homogénea de los participantes. Asimismo, los intervalos de confianza al 95 % muestran una adecuada precisión en la estimación de las medias. La asimetría negativa observada en todas las dimensiones evidencia una mayor concentración de respuestas hacia las categorías de valoración alta, especialmente en las dimensiones de **barreras** y **disposición**.

Figura 6. Medias e intervalos de confianza (IC95 %) de las dimensiones evaluadas en la investigación.



Fuente: Elaboración propia

La distribución de los intervalos de confianza evidencia una consistencia en las respuestas de los participantes y respalda la estabilidad de las medias estimadas. Las dimensiones de **barreras** y **disposición** presentan valores superiores respecto a las demás, confirmando que los profesionales reconocen importantes desafíos para implementar el diseño basado en desempeño, aunque mantienen una alta disposición para adoptarlo. Esta tendencia coincide con los resultados descritos previamente y fortalece la consistencia interna del estudio.

La incorporación de los intervalos de confianza aporta mayor solidez estadística al análisis, al evidenciar la precisión de las estimaciones obtenidas para cada dimensión. Estos resultados respaldan la confiabilidad del diagnóstico y constituyen una base cuantitativa para sustentar la propuesta del modelo conceptual **SHIELD-Col** como estrategia para promover la incorporación progresiva del diseño basado en desempeño en las edificaciones colombianas.

Tabla 3. Matriz de correlación entre las dimensiones evaluadas en la investigación.

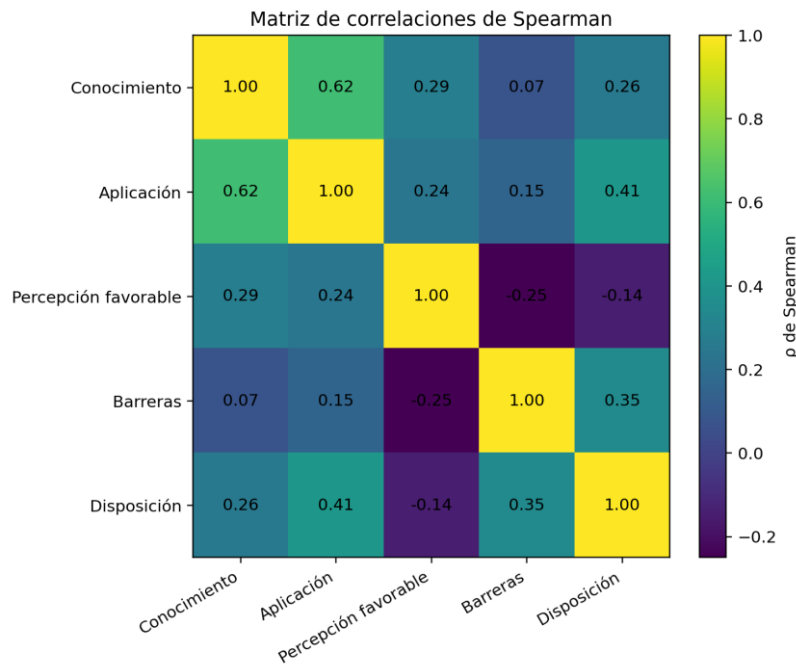
Correlacion

Dimensión	Conocimiento	Aplicación	Percepción favorable	Barreras	Disposición
Conocimiento	1,000	0,615	0,285	0,074	0,257
Aplicación	0,615	1,000	0,243	0,153	0,412
Percepción favorable	0,285	0,243	1,000	-0,250	-0,144
Barreras	0,074	0,153	-0,250	1,000	0,349
Disposición	0,257	0,412	-0,144	0,349	1,000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian que el conocimiento constituye un factor determinante para la aplicación práctica de la seguridad humana y del diseño basado en desempeño. De igual manera, la relación positiva entre aplicación y disposición sugiere que los profesionales con mayor experiencia en la implementación de estos criterios muestran una mayor intención de continuar utilizándolos. Las correlaciones negativas observadas entre percepción favorable y barreras indican que, a medida que aumentan las barreras percibidas, disminuye la valoración positiva hacia la implementación de estas metodologías, aunque esta relación es débil.

Figura 7. Matriz de correlaciones de Spearman entre las dimensiones evaluadas en la investigación.

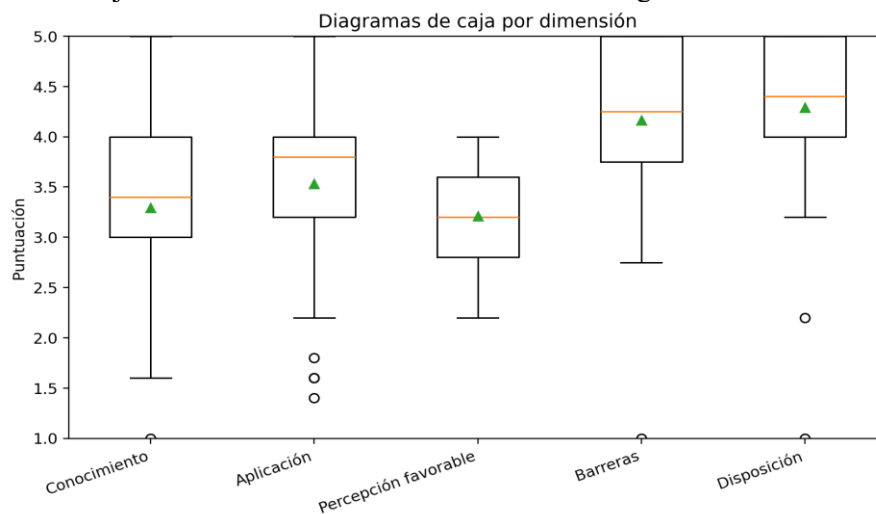


Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que un mayor nivel de conocimiento se asocia con una mayor aplicación de los principios de seguridad humana y del diseño basado en desempeño. Asimismo, los profesionales con mayor aplicación muestran una mayor disposición para adoptar este enfoque. Las correlaciones negativas entre percepción favorable y barreras evidencian que, a medida que aumentan los obstáculos percibidos, disminuye la valoración positiva hacia su implementación, aunque esta relación es débil.

La matriz de correlaciones confirma que el fortalecimiento del conocimiento constituye un elemento clave para incrementar la aplicación práctica del diseño basado en desempeño. Estos resultados respaldan el enfoque del modelo conceptual **SHIELD-Col**, el cual propone que la capacitación, los lineamientos técnicos y el fortalecimiento institucional son factores esenciales para favorecer la incorporación progresiva de esta metodología en las edificaciones colombianas.

Figura 8. Diagramas de caja de las dimensiones evaluadas en la investigación.

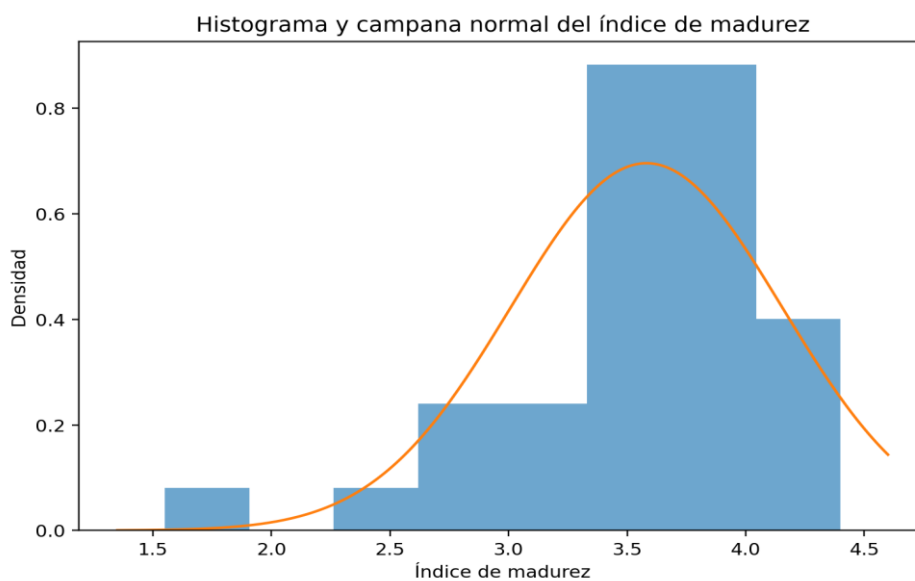


Fuente: Elaboración propia

Los diagramas de caja muestran una distribución relativamente homogénea de las respuestas, con una dispersión moderada en todas las dimensiones. La cercanía entre la media (Δ) y la mediana en cada variable indica que las respuestas no presentan sesgos importantes, aunque la presencia de algunos valores atípicos refleja la existencia de participantes con percepciones particulares frente a la seguridad humana y el diseño basado en desempeño. La mayor concentración de respuestas en las dimensiones de **barreras** y **disposición** confirma los resultados obtenidos en los análisis descriptivos previos.

El análisis de la distribución de las respuestas evidencia la consistencia de los datos y confirma que las conclusiones obtenidas no dependen de un reducido número de observaciones extremas. En conjunto, estos resultados fortalecen la confiabilidad del diagnóstico realizado y respaldan la propuesta del modelo conceptual **SHIELD-Col** para la implementación progresiva del diseño basado en desempeño en las edificaciones colombianas.

Figura 9. Distribución del índice de madurez para la incorporación del diseño basado en desempeño en edificaciones colombianas.



Fuente: Elaboración propia

La distribución del índice muestra un comportamiento cercano a una distribución normal, con una ligera asimetría hacia valores bajos, asociada a un reducido número de participantes con menores niveles de madurez. La concentración de respuestas alrededor de la media evidencia una percepción relativamente homogénea entre los profesionales y confirma que el sector presenta un desarrollo moderado, caracterizado por avances en la disposición para adoptar este enfoque, aunque aún persisten oportunidades de mejora en conocimiento, aplicación y fortalecimiento institucional.

El índice de madurez constituye un indicador sintético que integra las dimensiones evaluadas en la investigación y permite estimar el nivel de preparación del sector para la implementación del diseño basado en desempeño. Este resultado proporciona una línea base para futuras investigaciones y para el seguimiento de estrategias orientadas a fortalecer la seguridad humana en las edificaciones colombianas mediante el modelo conceptual **SHIELD-Col**.

3.5 Modelo conceptual SHIELD-Col para la incorporación progresiva del Diseño Basado en Desempeño Fundamentación del modelo

El modelo conceptual **SHIELD-Col** (**S**afety and **H**uman **I**ntegrated **E**valuation for **L**ife **D**esign – **C**olombia) se desarrolló mediante la integración de tres fuentes de información: (i) la revisión de literatura científica sobre Ingeniería de Seguridad Contra Incendios y Diseño Basado en Desempeño (Performance-

Based Design, PBD); (ii) el análisis de la normativa colombiana e internacional aplicable; y (iii) los resultados obtenidos mediante la encuesta **ENSHIELD-Col**.

Los resultados evidenciaron un nivel intermedio de **conocimiento** (3,29), **aplicación** (3,53) y **madurez** (IMS = 3,58), acompañado de una alta percepción de **barreras** (4,16) y una elevada **disposición** para incorporar el diseño basado en desempeño (4,29). Asimismo, se identificó una correlación positiva entre el conocimiento y la aplicación ($p = 0,62$), así como entre la aplicación y la disposición hacia la adopción del enfoque ($p = 0,41$). Estos hallazgos indican que el principal desafío no corresponde a la aceptación del PBD, sino al fortalecimiento de las capacidades técnicas, la formación especializada y los lineamientos nacionales.

En este contexto, SHIELD-Col se plantea como un marco conceptual para orientar la incorporación progresiva del Diseño Basado en Desempeño, complementando el enfoque prescriptivo establecido por la reglamentación colombiana.

Tabla 4. Evidencia que sustenta el modelo SHIELD-Col

Componente	Evidencia obtenida	Implicación para el modelo
Conocimiento	3,29	Requiere fortalecimiento técnico
Aplicación	3,53	Existe implementación parcial
Percepción	3,21	Actitud moderadamente favorable
Barreras	4,16	Se requieren lineamientos y capacitación
Disposición	4,29	Alta aceptación para su incorporación
Índice de Madurez SHIELD (IMS)	3,58	Nivel intermedio de preparación
ρ Conocimiento–Aplicación	0,62	Mayor conocimiento favorece la aplicación
ρ Aplicación–Disposición	0,41	La experiencia incrementa la disposición

Arquitectura del modelo SHIELD-Col

El modelo se organiza en cuatro niveles secuenciales que integran el diagnóstico del sector, la evaluación de capacidades, el análisis del proyecto y la aplicación del Diseño Basado en Desempeño.

Tabla 5. Arquitectura general del modelo SHIELD-Col

Nivel	Propósito	Resultado esperado
Nivel 0. SHIELD-Evidence	Integrar la evidencia empírica y normativa	Diagnóstico del contexto nacional
Nivel I. SHIELD-Maturity	Evaluar la madurez técnica del sector mediante el IMS	Nivel de preparación profesional
Nivel II. SHIELD-Screening	Determinar si el proyecto requiere análisis adicionales	Selección de la ruta metodológica
Nivel III. SHIELD-Performance	Desarrollar el Diseño Basado en Desempeño	Estrategia integral de seguridad humana

El proceso inicia con el cumplimiento del enfoque prescriptivo establecido por la normativa vigente. Posteriormente, la etapa **SHIELD-Screening** evalúa la complejidad del proyecto, las características de los ocupantes y las capacidades técnicas disponibles para determinar si el cumplimiento normativo es suficiente o si resulta necesario incorporar un Diseño Basado en Desempeño. Cuando este último es requerido, el modelo desarrolla una metodología estructurada basada en objetivos de seguridad, criterios de desempeño, escenarios de incendio, análisis de evacuación, evaluación de resultados y optimización del diseño.

Principales aportes del modelo

El modelo SHIELD-Col aporta cuatro elementos diferenciadores: (i) se fundamenta en evidencia empírica obtenida del sector colombiano; (ii) incorpora el **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** como indicador exploratorio del nivel de preparación; (iii) introduce la etapa **SHIELD-Screening** para apoyar la decisión sobre la necesidad de aplicar un enfoque basado en desempeño; y (iv) integra el cumplimiento prescriptivo y el Diseño Basado en Desempeño dentro de un mismo marco metodológico, promoviendo una transición gradual sin sustituir la reglamentación vigente.

Tabla 6. Ficha SH-01. Diagnóstico Inicial del Proyecto

Componente	Información requerida	Fuente
Identificación	Nombre, ubicación, etapa	Proyecto
Clasificación	Uso y ocupación (NSR-10)	NSR-10 Títulos J y K
Características físicas	Área, altura, niveles	Planos
Complejidad	Atrios, usos mixtos, geometrías especiales	Diseño arquitectónico
Riesgo	Ocupación, carga combustible, continuidad operativa	Proyecto
Normativa aplicable	NSR-10, NFPA, otras normas	Revisión normativa
Capacidades técnicas	Especialistas, software, autoridad competente	Equipo del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Nivel I. SHIELD-Maturity: Evaluación de la madurez técnica

El **Nivel I (SHIELD-Maturity)** tiene como objetivo determinar si el equipo responsable del proyecto cuenta con las competencias técnicas necesarias para desarrollar o participar en un Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD). SHIELD-Col parte del principio de que la incorporación de este enfoque no depende únicamente de la complejidad de la edificación, sino también de la capacidad técnica del equipo encargado de diseñar, revisar y aprobar el proyecto.

Antes de continuar con el análisis de la edificación, el responsable del proyecto deberá desarrollar las siguientes actividades.

Paso 1. Conformar el equipo técnico

Se identifican los profesionales que participarán en el proyecto. Como mínimo deberán incluirse:

- Director del proyecto.
- Diseñador arquitectónico.
- Diseñador estructural.
- Diseñador de protección contra incendios (cuando aplique).
- Revisor independiente o interventor (cuando aplique).

Una vez conformado el equipo, se inicia la evaluación de madurez.

Paso 2. Diligenciar el Formato SH-02 – Evaluación de Madurez Técnica

Cada integrante del equipo será evaluado mediante el **Formato SH-02**, registrando evidencia objetiva de sus competencias.

Tabla 7. Formato SH-02. Evaluación de Madurez Técnica

Criterio	Evidencia	Puntaje
Formación en seguridad humana o protección contra incendios	Diplomas o certificados	
Conocimiento de la NSR-10 (Títulos J y K)	Experiencia certificación	
Conocimiento de normas NFPA e ISO aplicables	Certificados experiencia	
Participación en proyectos con análisis de seguridad humana	Relación de proyectos	
Participación previa en proyectos con Diseño Basado en Desempeño	Relación de proyectos	
Manejo de herramientas de simulación (FDS, Pathfinder u otras)	Certificados experiencia	o
Capacitación reciente en Ingeniería de Seguridad Contra Incendios	Certificados	

Cada criterio se calificará en una escala de **1 a 5**, donde:

- **1:** Muy bajo.
- **2:** Bajo.
- **3:** Medio.
- **4:** Alto.
- **5:** Muy alto.

Toda calificación deberá estar respaldada mediante evidencia verificable.

Paso 3. Calcular el Índice de Madurez SHIELD (IMS)

Se calcula el promedio de las calificaciones obtenidas para determinar el **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** del equipo responsable del proyecto.

Posteriormente se clasifica el resultado de acuerdo con la Tabla X.

Tabla 8. Clasificación del Índice de Madurez SHIELD

IMS	Nivel de madurez	Decisión
1,00 – 2,49	Bajo	El proyecto no debe continuar hacia un Diseño Basado en Desempeño hasta fortalecer las competencias del equipo.
2,50 – 3,49	Medio	El proyecto podrá continuar únicamente con el acompañamiento de un especialista en Diseño Basado en Desempeño.
3,50 – 5,00	Alto	El equipo cuenta con las competencias necesarias para continuar con el Nivel II – SHIELD-Screening.

Paso 4. Elaborar el Informe SH-02

Finalizada la evaluación, el responsable del proyecto elaborará el **Informe SH-02 – Evaluación de Madurez Técnica**, el cual deberá contener como mínimo:

- Integrantes del equipo evaluado.
- Evidencias revisadas.
- Puntaje obtenido en cada criterio.
- Valor del Índice de Madurez SHIELD (IMS).
- Nivel de madurez alcanzado.
- Fortalezas identificadas.
- Brechas técnicas detectadas.
- Recomendaciones de capacitación o fortalecimiento.
- Decisión para continuar o no con el **Nivel II – SHIELD-Screening**.

Producto del Nivel I

Al finalizar esta etapa el proyecto deberá contar con:

- **Formato SH-02 – Evaluación de Madurez Técnica** diligenciado.
- **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** calculado.
- **Informe SH-02** con la decisión documentada sobre la continuidad de la metodología.

Solo los proyectos cuyo equipo alcance un nivel de madurez suficiente podrán avanzar al **Nivel II – SHIELD-Screening**, garantizando que las etapas posteriores sean desarrolladas por profesionales con las competencias necesarias para implementar y evaluar un Diseño Basado en Desempeño.

Nivel II. SHIELD-Screening: Determinación de la necesidad de aplicar un Diseño Basado en Desempeño

El Nivel II (SHIELD-Screening) constituye el núcleo de la metodología SHIELD-Col. Su objetivo es determinar, mediante un procedimiento estructurado y documentado, si una edificación puede resolverse satisfactoriamente mediante el cumplimiento del enfoque prescriptivo establecido por la normativa colombiana o si requiere desarrollar un Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD).

La decisión no depende del criterio personal del diseñador, sino de la evaluación objetiva de las características del proyecto, los riesgos asociados y las limitaciones del enfoque prescriptivo.

Paso 1. Verificación del cumplimiento prescriptivo

Como primera actividad, el responsable del proyecto deberá verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la NSR-10 (Títulos J y K) y demás normas técnicas aplicables.

Si la totalidad de los requisitos prescriptivos puede cumplirse y estos garantizan adecuadamente las condiciones de seguridad humana de la edificación, el proyecto continuará bajo el enfoque prescriptivo y no será necesario desarrollar un Diseño Basado en Desempeño.

Cuando el cumplimiento normativo resulte insuficiente para demostrar el nivel de seguridad requerido o existan condiciones especiales no contempladas por la reglamentación, deberá continuarse con la evaluación de elegibilidad SHIELD.

Paso 2. Evaluación de elegibilidad SHIELD

El profesional responsable diligenciará el Formato SH-03 – Evaluación de Elegibilidad, verificando la presencia de las siguientes condiciones.

Tabla 9. Formato SH-03. Evaluación de Elegibilidad para Diseño Basado en Desempeño

Criterio	Sí	No
La edificación supera los límites de aplicación previstos por el enfoque prescriptivo.	☐	☐
Se proponen soluciones alternativas no contempladas en la NSR-10.	☐	☐
Existen atrios, espacios abiertos o geometrías complejas que requieren verificación adicional.	☐	☐
El proyecto corresponde a hospitales, aeropuertos, terminales, centros comerciales, edificaciones de gran altura o instalaciones industriales de riesgo especial.	☐	☐
Se requieren estrategias especiales de evacuación o protección de ocupantes vulnerables.	☐	☐
El propietario solicita optimizar el diseño mediante alternativas equivalentes al cumplimiento prescriptivo.	☐	☐
Se requiere justificar técnicamente una solución diferente a la establecida por la normativa vigente.	☐	☐

Paso 3. Toma de decisión

Una vez diligenciado el Formato SH-03, se aplicarán las siguientes reglas de decisión:

Tabla 9. Reglas de decisión SHIELD-Col

Tabla 10. Resultados de la evaluación

Resultado de la evaluación	Decisión
El proyecto cumple completamente el enfoque prescriptivo y no presenta ninguna condición especial.	Continuar únicamente con el diseño prescriptivo.
El proyecto cumple la normativa, pero presenta una o más condiciones especiales que requieren verificación técnica adicional.	Desarrollar verificaciones específicas (evacuación, control de humo, ocupación, resistencia al fuego u otras), manteniendo el enfoque prescriptivo.
El proyecto incorpora soluciones alternativas, presenta alta complejidad o el cumplimiento prescriptivo no permite demostrar adecuadamente el nivel de seguridad humana.	Continuar con el Nivel III – SHIELD-Performance y desarrollar un Diseño Basado en Desempeño.

Criterios para desarrollar un Diseño Basado en Desempeño

De acuerdo con SHIELD-Col, un Diseño Basado en Desempeño deberá desarrollarse cuando se presente al menos una de las siguientes situaciones:

- El cumplimiento prescriptivo no permite demostrar el nivel de seguridad requerido.
- Se pretende implementar una solución alternativa no contemplada por la reglamentación vigente.
- La complejidad arquitectónica o funcional de la edificación requiere evaluar el comportamiento del incendio, el humo o la evacuación mediante herramientas de ingeniería.
- El proyecto involucra edificaciones de ocupación especial, alta concentración de personas o continuidad operativa crítica.
- La autoridad competente o el propietario exigen una demostración técnica del desempeño de la solución propuesta.

Producto del Nivel II

Al finalizar esta etapa deberán generarse los siguientes documentos:

- SH-03. Formato de Evaluación de Elegibilidad.
- SH-04. Acta de Decisión Metodológica, donde se documenta la justificación técnica para continuar con el enfoque prescriptivo o desarrollar un Diseño Basado en Desempeño.
- Concepto de Elegibilidad SHIELD, el cual constituye el documento de entrada para el Nivel III – SHIELD-Performance.

Nivel III. SHIELD-Performance: Desarrollo del Diseño Basado en Desempeño

El **Nivel III (SHIELD-Performance)** se desarrolla cuando el **Nivel II (SHIELD-Screening)** concluye que el enfoque prescriptivo no permite demostrar adecuadamente el nivel de seguridad humana requerido o cuando el proyecto incorpora soluciones alternativas que deben justificarse mediante un análisis de ingeniería.

En esta etapa se desarrolla el **Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design – PBD)** siguiendo los principios establecidos en la **ISO 23932-1**, la **SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection**, la **NFPA 550** y las demás normas técnicas aplicables según las características del proyecto. SHIELD-Col organiza este proceso en siete etapas secuenciales, facilitando su aplicación y documentación.

Tabla 11. Protocolo de ejecución del Nivel III – SHIELD-Performance

Etapas	Actividad	Norma de referencia	Herramienta recomendada	Entregable
1	Definir el alcance y los objetivos del estudio	ISO 23932-1	—	SH-05. Alcance y objetivos
2	Establecer los criterios de desempeño (temperatura, visibilidad, CO, ASET, RSET, entre otros)	ISO 23932-1 / SFPE	—	SH-06. Criterios de desempeño
3	Seleccionar los escenarios de incendio de diseño	NFPA 550 / NFPA 551	—	SH-07. Escenarios de incendio
4	Desarrollar el modelo computacional del incendio	SFPE / FDS User Guide	PyroSim® o FDS	SH-08. Modelo de incendio
5	Desarrollar el modelo de evacuación	SFPE	Pathfinder® u otro software equivalente	SH-09. Modelo de evacuación
6	Comparar los resultados con los criterios de desempeño y optimizar el diseño cuando sea necesario	ISO 23932-1 / SFPE	FDS + Pathfinder	SH-10. Matriz de verificación
7	Elaborar el informe técnico final	ISO 23932-1	—	SH-11. Informe del Diseño Basado en Desempeño

Desarrollo del análisis

Una vez definidos los objetivos, los criterios de desempeño y los escenarios de incendio, se construye el modelo computacional de la edificación incorporando la geometría, las propiedades de los materiales, la carga combustible, las condiciones de ventilación, los sistemas de protección contra incendios y las demás variables necesarias para representar el comportamiento esperado del incendio.

Posteriormente, se desarrolla el modelo de evacuación considerando el número de ocupantes, sus características, las rutas de evacuación y las condiciones de movilidad. Los resultados del modelo de incendio y del modelo de evacuación permiten comparar el **Tiempo Disponible para la Evacuación (ASET)** con el **Tiempo Requerido para la Evacuación (RSET)**, además de verificar otros criterios de desempeño definidos para el proyecto, como temperatura, visibilidad, concentración de gases y exposición térmica.

Si alguno de los criterios establecidos no se cumple, el diseño deberá modificarse y repetirse el proceso de simulación hasta demostrar que la solución propuesta satisface los objetivos de seguridad humana definidos al inicio del estudio.

Producto del Nivel III

Como resultado de esta etapa se generan los siguientes documentos:

- **SH-05. Definición del alcance y objetivos.**
- **SH-06. Criterios de desempeño.**
- **SH-07. Escenarios de incendio.**
- **SH-08. Modelo computacional del incendio.**
- **SH-09. Modelo de evacuación.**
- **SH-10. Matriz de verificación del desempeño.**
- **SH-11. Informe técnico del Diseño Basado en Desempeño.**

El Informe SH-11 constituye el documento técnico que demuestra, mediante análisis de ingeniería y simulaciones computacionales, que la solución propuesta proporciona un nivel de seguridad equivalente o superior al requerido por la reglamentación prescriptiva.

4. Discusión

Los resultados evidencian que la principal limitación para la incorporación del Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD) en Colombia no radica en la aceptación del enfoque por parte de los profesionales, sino en la disponibilidad de capacidades técnicas, lineamientos metodológicos y mecanismos institucionales que permitan su aplicación. Este hallazgo coincide con estudios internacionales que identifican la formación especializada, la experiencia profesional y el respaldo normativo como factores determinantes para la implementación de la Ingeniería de Seguridad Contra Incendios (Meacham, 2014; Gernay, 2024).

La relación positiva entre el conocimiento, la aplicación y la disposición para adoptar el PBD confirma que el fortalecimiento de las competencias técnicas constituye un elemento clave para promover su incorporación en la práctica profesional. En este sentido, las barreras identificadas por los participantes no deben interpretarse como una resistencia al cambio, sino como una manifestación de la necesidad de consolidar procesos de capacitación, criterios de evaluación y lineamientos nacionales que orienten el desarrollo y la revisión de este tipo de diseños.

Uno de los aportes de esta investigación es la formulación del **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** como un indicador exploratorio para estimar el nivel de preparación del sector frente al Diseño Basado en Desempeño. Aunque el índice requiere validación mediante estudios con muestras más amplias y diferentes contextos, representa una herramienta inicial para diagnosticar capacidades técnicas y orientar estrategias de fortalecimiento institucional.

De igual manera, el modelo metodológico **SHIELD-Col** constituye una propuesta para estructurar la incorporación progresiva del Diseño Basado en Desempeño en Colombia. A diferencia de las metodologías internacionales, centradas principalmente en el desarrollo técnico del PBD, SHIELD-Col incorpora etapas previas de diagnóstico, evaluación de madurez y selección de la ruta metodológica, permitiendo determinar objetivamente cuándo el enfoque prescriptivo resulta suficiente y cuándo es necesario desarrollar un análisis basado en desempeño. De esta manera, el modelo busca complementar la reglamentación vigente, optimizar la toma de decisiones desde las etapas iniciales del diseño y facilitar una transición gradual hacia enfoques orientados al desempeño.

No obstante, este estudio presenta algunas limitaciones. El tamaño de la muestra y el tipo de muestreo no probabilístico limitan la generalización de los resultados a toda la población de profesionales del sector. Asimismo, el modelo SHIELD-Col corresponde a una propuesta metodológica cuya validación deberá realizarse mediante su aplicación en proyectos reales de diferentes tipologías y niveles de complejidad.

En consecuencia, futuras investigaciones deberán evaluar el desempeño del modelo en casos de estudio representativos, analizar la utilidad del Índice de Madurez SHIELD en distintos contextos organizacionales y desarrollar herramientas estandarizadas que faciliten su implementación y validación en la práctica profesional.

5. Conclusiones

La presente investigación permitió caracterizar el estado actual de la incorporación de la seguridad humana y del Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD) en el contexto colombiano, evidenciando que el principal desafío para su implementación no corresponde a la aceptación por parte de los

profesionales, sino al fortalecimiento de las capacidades técnicas, la disponibilidad de lineamientos metodológicos y el desarrollo de mecanismos institucionales para su aplicación y revisión.

Los resultados obtenidos muestran que el sector presenta condiciones favorables para avanzar hacia enfoques orientados al desempeño; sin embargo, esta transición requiere fortalecer la formación especializada en Ingeniería de Seguridad Contra Incendios, promover criterios técnicos homogéneos y consolidar procedimientos que orienten la toma de decisiones durante las primeras etapas del diseño.

Como principal aporte de esta investigación se propone la metodología **SHIELD-Col**, concebida como un marco estructurado para apoyar la incorporación progresiva del Diseño Basado en Desempeño en edificaciones colombianas. La metodología integra cuatro niveles secuenciales: **SHIELD-Evidence**, para el diagnóstico del contexto técnico y normativo; **SHIELD-Maturity**, para evaluar la preparación del equipo responsable; **SHIELD-Screening**, para determinar objetivamente cuándo un proyecto requiere un Diseño Basado en Desempeño; y **SHIELD-Performance**, para organizar el desarrollo del PBD mediante un procedimiento documentado y alineado con las metodologías internacionales de ingeniería de seguridad contra incendios.

De manera complementaria, se propone el **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** como un indicador exploratorio para evaluar el nivel de preparación técnica de los actores involucrados en el desarrollo de proyectos bajo un enfoque basado en desempeño. Aunque este índice requiere procesos posteriores de validación, constituye una herramienta inicial para apoyar el diagnóstico, la planificación de estrategias de fortalecimiento y el seguimiento de la evolución del sector.

Desde el punto de vista práctico, SHIELD-Col proporciona una ruta metodológica que permite decidir de forma objetiva cuándo el cumplimiento prescriptivo resulta suficiente y cuándo es necesario desarrollar un Diseño Basado en Desempeño, integrando formatos, criterios de evaluación y productos específicos para cada etapa del proceso. Esta característica diferencia la propuesta de otras metodologías internacionales, centradas principalmente en el desarrollo técnico del PBD, al incorporar un procedimiento previo de diagnóstico y selección de la ruta metodológica adaptado al contexto colombiano.

Finalmente, se recomienda validar la metodología SHIELD-Col mediante su aplicación en proyectos reales de diferentes tipologías y niveles de complejidad, así como evaluar la confiabilidad del Índice de Madurez SHIELD y desarrollar herramientas estandarizadas que faciliten su implementación por parte de diseñadores, revisores y autoridades competentes. Estos estudios permitirán consolidar la metodología y ampliar su aplicación como instrumento de apoyo para la toma de decisiones en materia de seguridad humana en edificaciones.

5. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda fortalecer la formación especializada en **Ingeniería de Seguridad Contra Incendios y Diseño Basado en Desempeño (Performance-Based Design, PBD)** mediante programas de capacitación dirigidos a diseñadores, revisores, interventores y autoridades competentes. El fortalecimiento de estas competencias constituye un requisito fundamental para facilitar la incorporación progresiva de enfoques basados en desempeño en el contexto colombiano.

Asimismo, se recomienda promover el desarrollo de lineamientos técnicos nacionales que establezcan criterios unificados para la elaboración, revisión y aprobación de proyectos desarrollados mediante Diseño Basado en Desempeño. La existencia de procedimientos homogéneos contribuiría a reducir la incertidumbre durante los procesos de diseño y evaluación, favoreciendo una aplicación más consistente de este enfoque.

Desde el ámbito investigativo, se recomienda validar la metodología **SHIELD-Col** mediante su aplicación en proyectos reales de diferentes tipologías, niveles de complejidad y usos de ocupación. Esta validación permitirá evaluar la utilidad práctica de cada uno de sus niveles, verificar la pertinencia de los formatos propuestos y ajustar los criterios de decisión definidos para el proceso de **SHIELD-Screening**.

De igual forma, se recomienda ampliar la validación del **Índice de Madurez SHIELD (IMS)** mediante estudios con muestras representativas de profesionales, empresas y entidades públicas, incorporando análisis de confiabilidad y validez que permitan consolidarlo como un indicador para evaluar el grado de preparación técnica del sector frente a la implementación del Diseño Basado en Desempeño.

Finalmente, se propone desarrollar herramientas digitales que faciliten la aplicación de la metodología SHIELD-Col, tales como listas de verificación, formatos electrónicos y plataformas de apoyo para la toma de decisiones durante las etapas iniciales del diseño. Estas herramientas podrían contribuir a estandarizar el proceso de evaluación y favorecer la adopción progresiva del Diseño Basado en Desempeño en Colombia.

7. Referencias bibliográficas

- Gernay, T. (2024). Performance-based design for structures in fire: Advances, challenges, and perspectives. *Fire Safety Journal*, 142, 104036. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104036>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 23932-1:2018. Fire safety engineering—General principles—Part 1: General. <https://www.iso.org/standard/63933.html>
- Meacham, B. J. (2014). Fire safety engineering at a crossroad. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.csfs.2013.11.001>
- Meacham, B. J., & Custer, R. L. P. (1995). Performance-based fire safety engineering: An introduction of basic concepts. *Journal of Fire Protection Engineering*, 7(2), 35–53. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/104239159500700201>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título J. Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título K. Requisitos complementarios.
- Society of Fire Protection Engineers. (2007). SFPE engineering guide to performance-based fire protection (2nd ed.).
- Spinardi, G. (2016). Fire safety regulation: Prescription, performance, and professionalism. *Fire Safety Journal*, 80, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.11.012>
- Gernay, T. (2024). Performance-based design for structures in fire: Advances, challenges, and perspectives. *Fire Safety Journal*, 142, 104036. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.104036>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 23932-1:2018. Fire safety engineering—General principles—Part 1: General. <https://www.iso.org/standard/63933.html>
- Meacham, B. J. (2014). Fire safety engineering at a crossroad. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.csfs.2013.11.001>
- Meacham, B. J., & Custer, R. L. P. (1995). Performance-based fire safety engineering: An introduction of basic concepts. *Journal of Fire Protection Engineering*, 7(2), 35–53. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/104239159500700201>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título J. Requisitos de protección contra incendios en edificaciones.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título K. Requisitos complementarios.
- Society of Fire Protection Engineers. (2007). SFPE engineering guide to performance-based fire protection (2nd ed.).
- Spinardi, G. (2016). Fire safety regulation: Prescription, performance, and professionalism. *Fire Safety Journal*, 80, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.11.012>
- Gernay, T. (2024). *Performance-based design for structures in fire: Advances, challenges, and perspectives. Fire Safety Journal*, 142, 104036.
- Meacham, B. J. (2014). Fire safety engineering at a crossroad. *Case Studies in Fire Safety*, 1, 8–12.