RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Jimmy Leonardo Serna Osorio Moises Salazar Perez
FACULTAD	Facultad de ingeniería
PLAN DE ESTUDIOS	Especialización en Interventoría de Obras Civiles
DIRECTOR	Msc. Pedro Nel Angarita Uscategui
TÍTULO DE LA TESIS	Guía para el Seguimiento y Control de la Productividad de Equipos y Mano de Obra por Parte de la Interventoría Técnica, basada en Indicadores Clave de Desempeño (Kpi) para Proyectos de Construcción de Viviendas Unifamiliares en Colombia.
TITULO EN INGLES	Guide for Monitoring and Controlling Equipment and Labor Productivity by Technical Supervision, based on Key Performance Indicators (KPIs) for Single-Family Housing Construction Projects in Colombia.

RESUMEN
(70 palabras)

Este trabajo desarrolla una guía metodológica para el seguimiento y control de la productividad en proyectos de construcción de vivienda unifamiliar en Colombia. La propuesta se fundamenta en la interventoría técnica y en el uso de indicadores clave de desempeño (KPI) aplicados a mano de obra y equipos. El estudio combina referentes normativos, teóricos y metodológicos, ofreciendo formatos estandarizados que fortalecen la gestión de calidad, costos, tiempo y recursos en el sector construcción

RESUMEN EN INGLES

This paper develops a methodological guide for monitoring and controlling productivity in single-family housing construction projects in Colombia. The proposal is based on technical supervision and the use of key performance indicators (KPIs) applied to labor and equipment. The study combines normative, theoretical, and methodological references, offering standardized formats that strengthen quality, cost, time, and resource management in the construction sector.

PALABRAS CLAVES	Productividad, Interventoría técnica, KPIs, Mano de obra
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Productivity, Technical Supervision, KPIs, Labour

CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 86	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:

Guía para el Seguimiento y Control de la Productividad de Equipos y Mano de Obra por Parte de la Interventoría Técnica, basada en Indicadores Clave de Desempeño (Kpi) para Proyectos de Construcción de Viviendas Unifamiliares en Colombia.

Jimmy Leonardo Serna Osorio

Moisés Salazar Pérez

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Especialización en Interventoría de Obras Civiles

Msc. Pedro Nel Angarita Uscategui

18 de agosto de 2025

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Guía para el Seguimiento y Control de la Productividad de Equipos y Mano de Obra por Parte de la Interventoría Técnica, basada en Indicadores Clave de Desempeño (Kpi) para Proyectos de Construcción de Viviendas Unifamiliares en Colombia. 8

1.1 Planteamiento del Problema 8

1.2 Formulación del Problema 10

1.3 Justificación 10

1.4 Objetivos de Investigación 12

1.4.1 Objetivo General 12

1.4.2 Objetivos Específicos 12

1.5 Delimitaciones 13

1.5.1 Delimitación Geográfica 13

1.5.2 Delimitación Temporal 13

1.5.3 Delimitación Conceptual 14

1.5.4 Delimitación Operativa 14

Capítulo 2. Marco Referencial 15

2.1 Marco Histórico. 15

2.2 Marco Contextual 17

2.3 Marco Conceptual 18

2.3.1 Productividad 18

2.3.2 Productividad en Construcción. 19

2.3.3 Productividad en la Mano de Obra 19

2.3.4 Productividad de la Maquinaria y Equipos 20

2.3.5 Interventoría Técnica 20

2.3.6 Gestión de Proyectos 20

2.3.7 Indicador Clave de Rendimiento KPI 21

2.3.8 Lean Construction 21

2.3.9 Vivienda Unifamiliar 22

2.4 Marco Teórico 22

2.4.1 Lean Construction Vs Modelo Tradicional 22

2.4.2 Indicadores Clave de Desempeño (KPI) 24

2.4.3 Innovación en metodologías para la construcción 25

2.5 Marco Legal 26

2.5.1 Ley 80 de 1993 26

2.5.2 Constitución Política de Colombia de 1991, Artículo 51 26

2.5.3 Decreto 1082 de 2015 27

2.5.4 Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001 27

Capítulo 3. Diseño Metodológico 28

3.1 Tipo de Investigación 28

3.2 Población y Muestra 28

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información 29

3.4 Análisis de la Información 29

Capítulo 4. Resultados 30

4.1 Identificación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) para el seguimiento y medición de la productividad en la interventoría de obras civiles. 30

4.1.1 Fundamentos teóricos de los KPIs en la construcción 31

4.1.2 Criterios para la identificación de los KPIs 33

4.1.3 Categorización de indicadores de desempeño KPI. 39

4.1.4 Clasificación de KPIs para proyectos de vivienda unifamiliar 42

4.2 Diseño de formatos de registro y control a través de los indicadores de desempeño (KPIs) y parámetros identificados para la supervisión y gestión de recursos por parte de la interventoría técnica. 47

4.2.1 Estructura general de los formatos 47

4.2.2. Formatos de registro y control 54

4.3 Guía de interventoría técnica a partir de herramientas para la recopilación y análisis de datos que faciliten la toma de decisiones por parte de la interventoría técnica en proyectos de viviendas unifamiliares. 55

4.3.1 Alcance 55

4.3.2 Glosario 57

4.3.3 Procedimiento operativo de recopilación de datos 60

4.3.4 Semaforización para decisiones basadas en KPIs..... 63

4.3.5 Acciones por cada KPIs 66

4.3.6 Retroalimentación y mejora continua 70

4.3.7 Instrumentos para el registro y control de la guía. 73

Capítulo 5. Conclusiones 78

Capítulo 6. Referencias..... 79

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de procesos 71

Figura 2. Formato de seguimiento de Avance Físico. 73

Figura 3. Formato de control de recursos 74

Figura 4. Formato de control de costos.....75

Figura 5. Formato de control de calidad 76

Figura 6. Formato de control de seguridad y salud en el trabajo. 77

Índice de tablas

Tabla 1. Modelo base para el formato de avance físico. 49

Tabla 2. Modelo base para el formato de control de recursos. 50

Tabla 3. Modelo base para el formato de control de costos. 51

Tabla 4. Modelo base para el formato de control de calidad. 52

Tabla 5. Modelo base para el formato de control de seguridad y salud en el trabajo 53

Tabla 6. Semaforización de indicadores de desempeño KPIs 65

Capítulo 1. Guía para el Seguimiento y Control de la Productividad de Equipos y Mano de Obra por Parte de la Interventoría Técnica, basada en Indicadores Clave de Desempeño (Kpi) para Proyectos de Construcción de Viviendas Unifamiliares en Colombia.

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, Colombia cuenta con una economía dinámica y su industria de la construcción se posiciona como la tercera más grande en América Latina, después de Brasil y México. Así mismo, dicho sector contribuye con el desarrollo socioeconómico del país, que representa el 4,3% del PIB colombiano (Hernández, 2024). Sin embargo, durante el progreso de esta actividad económica en las últimas dos décadas se identificaron desafíos significativos en el proceso de construcción en obras civiles. Entre las deficiencias encontradas que afectan la productividad se destacan la mano de obra, los sobrecostos, la discontinuidad de los trabajos, desorden en la ejecución de las actividades de obra y prórrogas en los tiempos, los cuales comprometen en gran medida el desarrollo de los procesos constructivos, especialmente, los proyectos de vivienda unifamiliares. (Serna, 2018, citado por Cadavid y Almanza, 2021).

Como lo menciona el ingeniero Piqui, (citado por Romuacca, 2016), de la Universidad de Sao Paulo, si construimos cuatro torres de edificios, la última de ellas saldría de los costos perdidos por manos de obra de las otras tres edificaciones. A esto se suma la percepción generalizada en el sector, de que una mayor cantidad de personal equivale a un mejor rendimiento, lo que deja en segundo plano aspectos clave como la capacitación, la supervisión y

el conocimiento técnico de los trabajadores afectando directamente los costos y tiempos de los proyectos, debido a la manera arraigada en la que se llevan a cabo las actividades constructivas y la falta de gestión del personal. Por otra parte, una correcta gestión de equipos y maquinaria puede reducir costos y mejorar los rendimientos en obra debido a que, esta hace factible la ejecución de tareas que implican trabajo de gran magnitud pero que de igual manera debe ser supervisada y gestionada. (Solís, Zaragoza y Gonzáles, 2019)

Asimismo, y rescatando la labor de la interventoría técnica, de realizar un correcto seguimiento y control de los procesos constructivos, es necesario identificar estos aspectos que afectan el desarrollo normal de los proyectos, así como las metodologías que permitan gestionar dichos procesos. Actualmente, existen Indicadores de Desempeño (Key Performance Indicator, KPI) que permiten medir el rendimiento o productividad de las actividades de acuerdo a las metas propuestas pero estas alternativas son poco o nada utilizadas en el seguimiento y control de proyectos. De acuerdo con Vargas (2019), “Los indicadores son las herramientas que aclaran y definen de forma precisa, objetivos e impactos, teniendo en cuenta metas preestablecidas y resultados verificables, diseñados con un estándar, estimando y visualizando el progreso de los procesos u objetivos planteados”, esto permitiría a profesionales identificar las áreas de mayor impacto para realizar una correcta supervisión y gestión de los recursos.

En este sentido, debido a la escasez de metodologías que permitan contrarrestar esta problemática y el desconocimiento en la implementación de indicadores de desempeño (KPIs), surge la necesidad de desarrollar una guía de interventoría para el seguimiento y control de

equipos y mano de obra en los procesos constructivos de proyectos de viviendas unifamiliares, apoyando la supervisión de estos recursos y proporcionando a los interventores una herramienta que les ayude a asegurar el alcance de este tipo de proyectos.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo a través de indicadores clave de desempeño (KPI) se puede mejorar el proceso de seguimiento y control de la productividad de equipos y mano de obra por parte de la interventoría técnica en proyectos de construcción de viviendas unifamiliares en Colombia?

1.3 Justificación

En el ámbito de la construcción, la productividad de la mano de obra continúa siendo un reto crítico, particularmente en los proyectos de vivienda. Algunos estudios han identificado que la falta de supervisión efectiva y el uso inadecuado de los recursos humanos resultan en sobrecostos y retrasos significativos en el presupuesto y programación de obras (Purizaca y Pardave, 2023). Por lo tanto, es fundamental analizar cómo la aplicación de metodologías de seguimiento y control puede impactar positivamente en los proyectos, garantizando no solo el cumplimiento de cronogramas sino también la eficiencia económica y el alcance de los proyectos.

En este sentido, la supervisión adecuada no es solo un mecanismo de control, sino también una estrategia para mitigar riesgos y mejorar rendimientos, tal y como lo señalan Berrio y Valer (2020), la falta de herramientas de seguimiento bien estructuradas genera pérdidas operativas que podrían evitarse mediante la implementación adecuada de nuevos recursos, como los indicadores claves de desempeño (KPIs), que ya han sido un éxito mejorando el rendimiento y el alcance en otras industrias, podría mejorar en gran medida la manera en la que se llevan a cabo procesos de supervisión por parte de la interventoría, especialmente en áreas como la mano de obra y equipos que son las más susceptibles a afectar el desarrollo económico y temporal de la obra. Cómo lo menciona Tineo (2017), los KPI reflejan y miden las guías estratégicas del proyecto, lo cual garantiza el éxito del mismo. Estos indicadores orientan la gestión y mueven la organización en la dirección correcta para alcanzar las metas previamente propuestas, identificando las áreas afectadas y permitiendo al profesional una mejor toma de decisiones.

En suma, ante la carencia de herramientas metodológicas que faciliten la superación de esta problemática y el desconocimiento de implementación de KPIs en proyectos de construcción, la propuesta de una guía de interventoría basada en indicadores claves de desempeño (KPIs) que permita el seguimiento y control de la productividad en la mano de obra y el rendimiento de equipos en los procesos constructivos de proyectos de viviendas unifamiliares, contribuirá directamente a la resolución de problemas actuales en los procesos constructivos, tales como la falta de coordinación de personal y la gestión ineficiente de los equipos de trabajo, respondiendo no solo a esta necesidad, sino también buscando ser un modelo replicable en el sector constructivo colombiano sentando las bases para todo tipo de proyectos, aprovechando las tecnologías modernas y fortaleciendo la competitividad de los interventores.

1.4 Objetivos de Investigación

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar una guía para el seguimiento y control de la productividad de equipos y mano de obra por parte de la interventoría técnica, basada en indicadores clave de desempeño (KPI) para proyectos de construcción de viviendas unifamiliares en Colombia.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los indicadores claves de desempeño (KPIs) a través de un análisis documental y recolección de información para el establecimiento de los parámetros a tener en cuenta en el diseño de los formatos de interventoría.
- Diseñar formatos de registro y control a través de los indicadores de desempeño (KPIs) y parámetros identificados para la supervisión y gestión de recursos por parte de la interventoría técnica.
- Estructurar la guía de interventoría técnica a partir de herramientas para la recopilación y análisis de datos que faciliten la toma de decisiones por parte de la interventoría técnica en proyectos de viviendas unifamiliares.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Geográfica

El proyecto de investigación tiene un alcance nacional, Sin embargo, se realizará un estudio de un proyecto en el municipio de Chiriguaná, Cesar. Debido a que es un municipio en expansión, el cual cuenta con varios proyectos que se adaptan al modelo a ejecutar, además, la facilidad de poder intervenir y utilizar el modelo en uno de ellos. Alcaldía de Chiriguaná (2024)

1.5.2 Delimitación Temporal

La realización del trabajo tendrá una duración de cuatro (4) meses.

- Primer mes para la revisión documental, establecer el estado del arte e identificar los indicadores claves de desempeño (KPI).
- Durante el segundo mes se diseñarán los formatos de registro y control, así como la estructuración de la guía de interventoría técnica.
- En el tercer y cuarto mes, se realizará una visita a obra para implementar la guía así realizar los ajustes necesarios para que la guía sea clara y eficiente y se establecerá el documento final de dicha investigación.

1.5.3 Delimitación Conceptual

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta los siguientes conceptos: Productividad de mano de obra, diseños constructivos, planificación, supervisión, interventoría, metodologías limpias de construcción, Lean Construcción, rendimiento de maquinaria, indicadores de rendimiento, KPI.

1.5.4 Delimitación Operativa

La recolección de datos para el análisis de la información se realizará a través de un estado del arte basado en investigaciones nacionales e internacionales enmarcadas en metodología limpia utilizando el repositorio y las bibliotecas digitales que ofrece la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico.

El sector de la construcción se ha caracterizado por estar dentro de los índices de crecimiento global, siendo esta industria una de las más aportantes en el incremento de la economía, y aunque en los últimos años esta tendencia ha decaído, en Colombia, se observa que el subsector de construcciones civiles, lideró la producción del sector durante 2019 con un crecimiento del 8,8% en las construcciones civiles, y aunque no compensa la tendencia descendente de la inversión en obras civiles desde 2017, se refleja que sigue siendo una industria prominente en la economía colombiana. (Sarmiento, Gonzales y Hernandez, 2020)

En este sentido, los contratos públicos siempre han sido objeto de verificación, bien de manera directa por el Estado o por particulares que garantizan el cumplimiento del contrato. De manera especial, los contratos de obra, ya que este sector representa parte importante de la economía de un país, en algunos países se le denomina quantity surveyor al método de control utilizado en y para la ejecución de obras civiles, en otro economista de la construcción. En España particularmente, se le nombra arquitecto técnico, al sujeto encargado de la auditoria de los contratos y de realizar “el análisis de costos y precios de los bienes que adquiere el Estado, sin perjuicio de los controles que se ejercen durante la ejecución de los proyectos” Jiménez, (2007, p.79).

De igual manera, en los países latinoamericanos se establecieron figuras con las cuales se ejercen las funciones de control y vigilancia a los contratos de obras, en Chile y Argentina se establece un inspector técnico. Es como en Colombia surge la figura del interventor. De acuerdo a la literatura investigativa en Colombia existe un vació histórico y no hay claridad desde cuándo se ha venido ejerciendo la interventoría en Colombia, las alusiones a su origen son generalmente vagas y faltas de precisión, se cita en algunos casos como una labor que se ha venido ejerciendo desde hace más de 50 años. (Sánchez, 2007, p.113). Sin embargo, esta figura fue establecida legalmente por primera vez en el Decreto 150 de 1976. Este decreto, define la interventoría como una forma de vigilancia y control de la ejecución de los contratos de obra. Y con el paso del tiempo ha venido adquiriendo más responsabilidades legales establecidas en la Ley 80 de 1993 y la Ley 1474 de 2011.

Aunque la interventoría se ha convertido una figura importante a la hora de llevar a cabo proyectos de construcción, también es evidente que la misma no se realiza en obras pequeñas como viviendas unifamiliares debido a los costos y la demanda de la misma, según lo mención Minvivienda, el año 2021 supera en un 28,6% el registro del año 2020, con más de 227 mil viviendas compradas, registro que en su momento fue el año récord de compras de vivienda en el país. Así pues, surgen diversos proyectos de investigación que buscan generar metodologías o guías para que desde la interventoría se pueda realizar un seguimiento y control de los proyectos de construcción de vivienda unifamiliar en Colombia. Aunado a lo anterior, en el mundo han surgido metodologías de construcción que buscan generar una minimización de los impactos ambientales y económicos, mejorando la eficiencia de los proyectos y enfocándose cada vez más en el sector constructivo.

Finalmente, estas nuevas estrategias y metodologías han permitido mejorar el trabajo de interventores y constructores, explotando al máximo sus habilidades y aumentando considerablemente la eficiencia y eficacia de cada uno. Cada vez se hace más popular en el sector la implementación de estas filosofías enfocadas en el rendimiento y resultados. Como lo menciona Grace Elis en un artículo publicado en Autodesk, la implementación de indicadores claves de desempeño (KPI) permite determinar en el desarrollo del proyecto si todo está bien y de no ser así como corregirlo y aunque es una mirada desde la figura del constructor se hace interesante estudiar como estas metodologías pueden inmiscuirse en la interventoría para aportar en su labor.

2.2 Marco Contextual.

La implementación de indicadores claves de desempeño KPI es escasa por no decir que nula en el sector de la construcción, esta técnica se ha venido implementada con gran crecimiento en la industria de mercado y negocios para optimizar y evaluar el servicio prestado como lo manifiesta Ortiz y Pardo en su tesis en su trabajo de grado. Por otro lado, el concepto de construcción sin perdidas es relativamente nuevo en Latinoamérica, aunque es un factor influyente en el tiempo de operación y la calidad de un producto, en los países suramericanos es un tema que avanza a paso lento.

En el Departamento de Chiriguaná, se ha evidenciado que existen programas de viviendas unifamiliares y que estos mismos no cuentan con una interventoría adecuada, además se hace notorio las dificultades que se presentan con la productividad del personal y la maquinaria, que según Botero son los factores más influyentes en el rendimiento de un proyecto de construcción. En este sentido de acuerdo las circunstancias, este proyecto busca diseñar una guía que permita desde a interventoría realizar un seguimiento y control no solo a las actividades y procesos constructivos, sino también a la productividad del proyecto, asegurando la buena práctica, la productividad y la seguridad de los trabajadores.

Esta investigación está dirigida a la industria de la construcción, gestión de proyectos y a la academia, con el propósito de brindar una guía que permita hacer un seguimiento y control de la productividad de mano de obra y equipos en proyectos de vivienda unifamiliar, presentando un caso de estudio especifico de una obra actual en el municipio de Chiriguaná, Cesar para la verificación y utilidad de la herramienta.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Productividad

Según Serpell (1986), se define como la relación entre lo producido y los recursos utilizados para generar un producto en específico. Posteriormente, Ghio Castillo (2001) enfoca

esta perspectiva optando que la productividad corresponde al resultado de la división entre la producción y los recursos empleados para alcanzarla. Sin embargo, en la ingeniería civil, se define como un indicador de qué tan bien se aprovechan los recursos (materiales, mano de obra, equipos, etc), con el fin de lograr los objetivos establecidos o resultados deseados, ya que esta permite contabilizar la eficiencia y el rendimiento durante la ejecución de los proyectos. Building and Construction Sector Productivity Taskforce (BCSPT) (2009).

2.3.2 Productividad en Construcción.

Esta se define como el rendimiento que tienen los materiales, las cuadrillas de trabajo (mano de obra), equipos y maquinarias en la construcción, estos recursos Según Jiménez (2019) deben estar contemplados en los planes de mejoramiento, garantizando un uso eficiente y eficaz, bajo políticas claras de calidad. De acuerdo Altertecnia, (2019) esta puede también puede definirse como el valor añadido bruto (VAB) por hora trabajada. Resaltando que un bajo índice en la productividad, no sígnica que se esté trabajando menos, sino por el valor que ese genera.

2.3.3 Productividad en la Mano de Obra

Es el buen desempeño del personal en el desarrollo de las actividades en la construcción, se garantiza por la correcta planificación y asignación de los trabadores necesarios para cumplir con las funciones del proyecto. Esta productividad depende en gran parte de la experiencia,

habilidades y conocimientos del equipo de trabajo, puesto que estos factores inciden directamente en el desempeño general de la obra Jiménez (2019)

2.3.4 Productividad de la Maquinaria y Equipos

Representa la eficiencia del uso de los equipos y maquinaria en un proyecto de construcción, afectando directamente en los costos operativos y el presupuesto. Con una óptima programación acompañada de un seguimiento diario, se logra maximizar el rendimiento y evitar pérdidas de tiempo, lo que contribuye a reducción de costos, mejorando el desempeño general del proyecto (Jiménez, 2019).

2.3.5 Interventoría Técnica

Se refiere a la supervisión, la evaluación y el seguimiento, técnico aplicado durante la ejecución de una obra. Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares. (1989). Además, el personal que adquiere la función del interventor vela por el óptimo avance impuesto por los planos, además de obedecer las normas de calidad, seguridad y economía adecuadas a la obra. Sánchez Henao, J. C. (2007).

2.3.6 Gestión de Proyectos.

Consiste en el uso de una combinación de herramientas y técnicas, basadas en buenas prácticas y estándares internacionales, para asegurar el logro de los objetivos específicos del proyecto, ya sea un resultado, producto o servicio, dentro del plazo establecido (cronograma) Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Esta disciplina, que forma parte de la administración de empresas, involucra la planificación, organización, dirección y control de recursos, con el propósito de completar los elementos de trabajo dentro de las restricciones de tiempo, costo y alcance establecidos (Vélez, Zapata, y Henao, 2018).

2.3.7 Indicador Clave de Rendimiento KPI

Es una medida utilizada para evaluar el grado en que una acción o conjunto de iniciativas está cumpliendo con los objetivos establecidos por una organización. son fundamentales para supervisar el desempeño de los procesos y poder tomar decisiones estratégicas basadas en datos concretos, dado estos pueden ser cuantificables. (Coutinho, 2015)

2.3.8 Lean Construction

Es una filosofía de gestión de proyectos inspirada en los principios de la producción lean, se enfoca en la reducción de desperdicios y el aumento de la eficiencia en cada etapa de los procesos constructivos. (Holcim España, 2023).

2.3.9 Vivienda Unifamiliar

Es un tipo de edificación diseñada para una familia. En Colombia, se caracteriza por tener independencia estructural, puesto que no comparte muros ni elementos constructivos con otras unidades. Cuenta con un diseño enfocado en cubrir de manera exclusiva las necesidades habitacionales de un único núcleo familiar. (Cabrera, 2014).

2.4 Marco Teórico

En esta sección se presenta la información para identificar las variables que influyen directamente en la productividad de la mano de obra y equipos, basados en indicadores de clave de desempeño (KPI) en proyectos de viviendas unifamiliares. Se exponen las teorías y conceptos metodológicos pertinentes para realizar un análisis exhaustivo.

2.4.1 Lean Construction Vs Modelo Tradicional

Según Pons (2014), el modelo de producción Lean, inspirado en el sistema de Toyota, surge con el propósito de gestionar productos, operaciones y relaciones para optimizar recursos y tiempo, reducir errores y adaptarse eficazmente a las necesidades del cliente, superando las limitaciones de la producción en masa. Su efectividad quedó demostrada cuando el colapso de la economía japonesa en 1974 no afectó a Toyota, que logró mantener sus ingresos y superó el rendimiento de otras compañías. De este modo, se consolidó como una filosofía de gestión que,

cuando se aplica correctamente, permite alcanzar resultados eficientes y sostenibles en los procesos de producción.

En el año de 1992 establece en el documento Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción los fundamentos teóricos, y posteriormente en el 1993 fue presentado el termino por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993.

Entre los problemas comunes del modelo tradicional de gestión de proyectos, desde la etapa de diseño hasta la ejecución, operación y mantenimiento, se encuentran los siguientes:

- Limitada formación y experiencia en la implementación de nuevos sistemas de gestión y planificación de proyectos de obra.
- Procesos de control de calidad poco efectivos, basados en métodos estadísticos que no aseguran una calidad total.
- Deficiente cumplimiento de las normas de seguridad laboral.
- Presencia de errores y omisiones en la fase de diseño y elaboración de proyectos.
- Desinterés por la actualización y capacitación continua del personal.
- Falta de coordinación entre los distintos actores involucrados a lo largo de las etapas del proyecto.
- Niveles de productividad bajos en comparación con otras industrias.

En conclusión, las deficiencias del modelo tradicional suelen reflejarse en obras entregadas fuera de plazo, con sobrecostos, baja calidad, numerosos accidentes laborales y una alta incertidumbre frente a lo establecido en el contrato. En respuesta a estas limitaciones, se propone un enfoque que prioriza la mejora de la calidad, la reducción de costos y tiempos de ejecución, a través de una planificación más rigurosa, mejor coordinación entre los actores y un uso más eficiente de los recursos disponibles. (Pons, 2014).

2.4.2 Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

De acuerdo Bigwanto et al. (2024) Los KPI son una serie de actividades que requieren tiempo y recursos para cumplir con los estándares o principios de evaluación, estos permiten medir y evaluar el rendimiento en cada fase, teniendo en cuenta que debe ser continua, yendo desde el inicio hasta el cierre del proyecto, permitiendo analizar y corregir errores evitando imprevistos.

En la filosofía lean, los KPI juegan un papel crucial al dar la posibilidad de cuantificar y proporcionar datos precisos identificando la efectividad y puntos críticos de las actividades, esta metodología depende de la capacidad de evaluar continuamente variables clave, la colaboración entre participantes, la calidad del diseño, la reducción de desperdicios, el conocimiento de los factores del personal, la eficiencia en la programación y la entrega oportuna de informes. Este

proceso de medición se sustenta en el enfoque SMART, que exige que los KPI sean Específicos, Medibles, Alcanzables, Relevantes y con plazos definidos, la importancia de esta filosofía radica en la capacidad de maximizar el valor entregado al cliente mediante la eliminación de desperdicios, la optimización de recursos y la mejora continua.

2.4.3 Innovación en metodologías para la construcción

A lo largo del tiempo, En el ámbito de la gestión de proyectos, los métodos tradicionales (cascada, PMI clásico) ha sido las más empleadas, contando con una estructura secuencial y rígida, en la que todas sus fases (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre) tienen una definición inicial y siguen un orden ya estipulado, Frente a estas limitaciones, han surgido las metodologías ágiles como una respuesta a la creciente necesidad de adaptabilidad, Estas por otra parte se basan en ciclos iterativos e incrementales que promueven una planificación adaptativa y una mejora continua. Dentro de este enfoque, Scrum se estructura en sprints de duración fija, donde se entrega incrementos funcionales del proyecto, basándose en reuniones diarias, revisiones y retrospectivas. Esto permite recibir retroalimentación continua y ajustar el rumbo del proyecto según las necesidades del cliente Petraitis (2025).

Entre las metodologías tenemos principalmente difieren en los enfoques, el método tradicional opta por secuencias, las cuales garantizan de previamente el saber cómo plantear las actividades, pero nos limita al momento de presentar imprevistos en la obra, esto complementándose también con la toma de decisiones, ya que, en el método ágil al contar con

ciclos cortos, facilita que el tiempo de respuesta sea más optimo, evitando así gastos y reduciendo el tiempo.

2.5 Marco Legal

Debido al enfoque de la investigación no existe una ley particular que enmarque el control de la productividad de equipo o mano de obra, sin embargo, teniendo en cuenta que esta tarea se realizara desde la interventoría se tienen en cuenta las siguientes normativas legales.

2.5.1 Ley 80 de 1993

Establece las reglas para la contratación estatal y privada en proyectos de construcción, incluyendo aspectos de interventoría y supervisión.

2.5.2 Constitución Política de Colombia de 1991, Artículo 51

Garantiza el derecho de todos los colombianos a una vivienda digna, fundamentando la importancia de los proyectos de construcción de vivienda para el desarrollo social y económico del país.

2.5.3 Decreto 1082 de 2015

Reglamenta aspectos de la interventoría y el control en proyectos públicos, precisando funciones y responsabilidades de los interventores técnicos.

2.5.4 Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001

Esta trata sobre los sistemas de gestión de calidad aplicados en proyectos de construcción, incluidos los procedimientos de seguimiento, control y mejora continua mediante indicadores de desempeño.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

En el presente trabajo se implementará una metodología de tipo descriptiva cualitativa. De esta manera se logrará establecer los parámetros necesarios para elaborar una guía de seguimiento y control de la productividad de la mano de obra y equipos a través de la identificación y clasificación de indicadores claves de desempeño (KPIs).

3.2 Población y Muestra

Para la elaboración de la guía de interventoría técnica se escogen proyectos de construcción de viviendas unifamiliares en Colombia donde se puede identificar el trabajo de mano de obra y equipos.

En elección de la muestra se definió una población a través de un muestre no probabilístico por conveniencia, estas muestras están formadas por los casos disponibles a los cuales se tiene acceso y donde el investigador escoge sus participantes de manera que se ajuste a la investigación. (Vera, 2021). En tal sentido, la muestra en estudio en la que se basará la guía de interventoría técnica serán los proyectos de construcción de vivienda unifamiliar desarrollados en el municipio de Chiriguaná- Cesar.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información

La recolección de la información para la estructuración de la guía se realizará a través de un estado del arte, revisión bibliográfica de normativa y manuales de interventoría, que permitan identificar los parámetros necesarios para evaluar y realizar el seguimiento y control de la productividad de mano de obra y equipos.

3.4 Análisis de la Información

El análisis de la información recolectada se realizará de la siguiente manera.

- Análisis de la carencia de guías de interventoría técnica para el control de productividad de mano de obra y equipos
- Revisión bibliográfica de normativa e información técnica sobre la gestión de recursos como la productividad de mano de obra y de equipos en proyectos de construcción, así como metodologías que ayuden en la optimización de estos recursos.
- Revisión de la influencia de los KPIs en el mejoramiento del rendimiento y la productividad de los proyectos.
- Estructurar la guía de interventoría técnica con los parámetros identificados.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Identificación de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) para el seguimiento y medición de la productividad en la interventoría de obras civiles.

La productividad en las obras es un factor clave que garantiza el uso eficiente de los recursos disponibles para cada una de las actividades, así como el cumplimiento de los plazos establecidos para la optimización de los costos. Si hablamos desde el punto de vista de la interventoría técnica, el seguimiento de estos parámetros es mas relevante, ya que se puede evaluar de forma objetiva el desempeño de la maquinaria y la mano de obra, facilitando una oportuna toma de decisiones para corregir posibles defectos o imperfecciones (Dipura & Soediantono, 2022).

En el presente capítulo se profundiza en el proceso de la identificación de los indicadores clave de desempeño (KPI) aplicables a la gestión de la productividad en proyectos de vivienda unifamiliar. Dicha identificación ha sido realizada en función de su adecuación técnica, su facilidad de medida y su adecuación a la realidad del sector de la construcción colombiano, de forma que se disponga de diferentes mediciones que puedan servir de base para la formulación de diferentes formatos y herramientas de control que integren, a su vez, criterios técnicos y operativos (Setiawan & Purba, 2020).

La identificación de los indicadores clave de desempeño (KPI) no solo responde a la necesidad de medición cuantitativa, sino también, y, sobre todo, a la posibilidad de formalizar un lenguaje común entre las diferentes partes del proyecto (interventores, contratistas, residentes de obra y entes contratantes), a fin de poder medir el avance y calidad de los procesos de construcción bajo estándares verificables. Conviene señalar que se busca que los indicadores sean aplicables a obras de pequeña y mediana escala donde las constricciones de recursos y personal técnico impiden normalmente la utilización de sistemas de control complejos (Aithal & Aithal, 2023).

4.1.1 Fundamentos teóricos de los KPIs en la construcción

Los indicadores clave de desempeño o KPIs, conocido así por sus siglas en inglés, han contribuido en los últimos años a la necesidad de controlar proyectos cada vez mas complejos, mas que todo en exigencias de calidad, tiempo y costo. El valor de los KPIs toma fuerza en su capacidad para medir cuantitativamente actividades y resultados operativos en métricas que son manejables. Según Bigwanto et. al (2024), los KPIs en la construcción se convierten en alertas tempranas que facilitan la prevención y mitigación de riesgos asociados a sobrecostos, retrasos y deficiencias.

En la función de interventor técnico, estas herramientas de medición se presentan como complemento a las relaciones de control y supervisión tradicionales pues, si bien el interventor da cuenta de su trayectoria centrada en los problemas de la verificación contractual y regulatoria,

los indicadores de rendimiento permiten ir más allá del control y cumplimiento de los cronogramas, pero sin una visión leve y dinámica, sino más centrado en el cumplimiento de las metas de eficiencia y eficacia. Así, los KPIs no verifican que la obra avance como estuvo previsto, sino que sirven para evaluar cómo se utilizan los recursos tanto humanos como tecnológicos (Chamorro et.al, 2022).

En el ámbito internacional, se cuenta con una serie de experiencias que avalan la importancia de los KPIs en el sector constructivo. De hecho, el caso japonés y el estadounidense han ido incorporando KPIs dentro de metodologías de gestión de última generación, como Lean Construction y Building Information Modeling (BIM), obteniendo resultados unificados en la reducción del desperdicio y del cumplimiento de cronogramas (Mendoza,2023). En el caso latinoamericano, la apropiación de los KPIs ha sido más lenta, aunque otras investigaciones muestran que el uso de KPIs incrementa de manera significativa la productividad, así como la calidad del producto final (Purizaca & Pardave, 2024)

Aunque en la normativa nacional no existe lineamientos específicos sobre la implementación de los KPIs, si se puede encontrar en la NTC-ISO 9001 y la ISO 21500, relacionada la gestión de la calidad, lineamientos generales que abren un espacio para la inclusión de estas herramientas en la supervisión de las obras.

4.1.2 Criterios para la identificación de los KPIs

El proceso para identificar los indicadores de desempeño KPIs se desarrolló siguiendo una ruta clara, en primer lugar, la consulta de normas internacionales, naciones y manuales de interventoría, de manera que proporcionaran directrices en los aspectos claves de la gestión de proyectos y aseguramiento de la calidad, sirviendo como referente para la estructura de los diferentes KPIs. Con base a ello, se detallan a continuación las diferentes normas consultadas que sirvieron en este primer proceso, de manera que se contextualice sobre en que documentos podemos apoyar la evaluación y medición de los indicadores de desempeño.

4.1.2.1 Sistema de gestión de la calidad, NTC-ISO 9001. Esta norma es la versión colombiana de la ISO 9001:2015, elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Esta versión nacional, establece los requisitos para desarrollar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad, sin importar que tipo de organización sea. En Colombia, se usa con mas frecuencia en sectores como la construcción para asegurar la calidad y eficiencia de las obras, de manera que se cumpla con lo establecido, desde la planificación hasta la entrega final del proyecto (Cardenos, 2021).

La norma se encuentra estructurada en el marco de una organización por procesos soportada por el modelo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), lo que supone un ciclo de mejora continua: se planifican actividades, se ejecutan, los resultados se comprueban y se actúa en caso de desviaciones para mantener de forma continua la calidad. En su versión 2015, la

norma también incluye un enfoque basado en riesgos y mayor lateralidad en lo que se refiere al tratamiento de la documentación, ahora también denominada "información documentada", de tal manera que pueda adaptarse a los distintos tipos de organizaciones y contextos de funcionamiento (Carpio, 2020).

La arquitectura de la NTC-ISO 9001:2015, se organiza en diferentes cláusulas que van desde el contexto de la organización hasta la mejora continua e incluyen:

- Contexto de la organización: donde se estudian y analizan las partes interesadas, el impacto y los requisitos correspondientes.
- Liderazgo: se define el compromiso de la alta dirección y la política de calidad.
- Planificación: se evalúan riesgos, oportunidades y se establecen objetivos de calidad.
- Apoyo: se incluyen recursos, competencias, comunicación y documentación.
- Operación: se recogen la planificación y el control operacional.
- Evaluación del desempeño: se toman en consideración el seguimiento, la medición, el análisis, la auditoría interna y la revisión por parte de la dirección.
- Mejora: se centra en no conformidades, acciones correctivas y mecanismos de mejora continua.

En el desarrollo de este proyecto, esta norma promovió un enfoque basado en procesos y mejora continua, ahí también se contextualiza que los KPIs que se identificaron debían estar

basados en el ciclo PHVA. También se destaca que se debe evaluar el desempeño, donde se exige saber que se medirá, como, cuando y la forma en que se analizará la información, lo que resulta directamente relacionado y fue referente de como estructurar estos KPIs

En esta norma se identificó que la gestión del riesgo es importante, ya que además de medir la productividad, permiten identificar fallos o ineficiencias. Otro punto importante que sirvió de base para este proyecto, es que la norma invita y promueve la elaboración de formatos para recolección de información, lo que resulta en un requisito importante en el registro sistemático de los KPIs para el proyecto.

En base a ello, integrar la NTC-ISO 9001 al proceso de construcción de KPIs otorga rigor académico y estructural. Implica que los KPIs no se eligen al azar, sino que forman parte de una estrategia de calidad formalmente validada. Ésta norma hace que se defina bien cómo se debe medir, con qué frecuencia, quién debe hacerlo, cómo se documenta y cómo se analiza cada KPI. Esto permitió garantizar que la guía de interventoría cuente con un sustento suficientemente sólido como para poder evaluar la productividad de una manera objetiva, coherente y alineada con unas normas internacionales, que también facilitan su aceptación y viabilidad operacional en el sector colombiano.

4.1.2.2 Gestión de proyectos ISO 21500. Esta norma publicada inicialmente en 2012, es una norma internacional que ofrece una guía sobre los principios y buenas practicas en la gestión de proyectos. Esta diseñada para ser aplicable a cualquier tipo de proyectos, sin importar la duración, escala y complejidad (Takagi & Varajão, 2022).

La estructura de la norma ISO 21500 se organiza en cláusulas que tratan los siguientes aspectos:

- Ámbito y definiciones: se incluyen términos esenciales (proyecto, gestión de proyectos, partes interesadas)
- Conceptos de gestión de proyectos: se incorporan principios fundamentales (gestión del contexto, gobernanza, ciclo de vida del proyecto, competencias, entre otros)
- Procesos de gestión de proyectos: se encuentran un conjunto de 39 procesos agrupados en 5 grandes grupos de procesos (inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre) que se interrelacionan con 10 ámbitos temáticos (alcance, tiempo, coste, calidad, riesgos, comunicaciones, adquisiciones y partes interesadas) similares a lo indicado en el PMBOK® Guide
- Anexo gráfico: incluye un conjunto de esquemas gráficos que ofrecen un vistazo a la interacción entre los procesos y los ámbitos temáticos para una mejor comprensión de la aplicación de los procesos en proyectos concretos.

La manera en que la ISO 21500 aportó significativamente a la identificación de indicadores clave de desempeño en este proyecto, ofreciendo una estructura clara de procesos y áreas temáticas que facilitan al interventor seleccionar métricas alineadas con las fases de un proyecto (inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre) y con dimensiones críticas como tiempo, costo, calidad y riesgos. Gracias a este marco, los KPIs se diseñaron con un enfoque integral, cubriendo no solo la productividad de mano de obra y equipos, sino también la interrelación de estos con el cumplimiento de cronogramas y la eficiencia en el uso de recursos. La norma también garantiza un lenguaje común entre los actores del proyecto, lo que fortalece la coherencia y la comparabilidad de los indicadores en diferentes contextos. En el caso específico de la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia, la ISO 21500 resultó fundamental porque respalda la selección de KPIs desde un estándar internacionalmente reconocido, otorga rigor metodológico a la guía de interventoría y permitió adaptar buenas prácticas globales a la escala local, favoreciendo la modernización del control de productividad en este tipo de proyectos.

4.1.2.3 Manual de Interventoría de proyectos de obra públcia (DNP, 2015).

El manual del departamento nacional de planeación publicado en 2015, es un documento técnico y administrativo que establece los lineamientos para la supervisión y control de contratos de obra publica en Colombia. Tiene como objetivo brindar herramientas a los interventores que permitan asegurar que lo que ejecuten sea deacuerdo a lo estipulado en los contratos, en términos de calidad, tiempo y costo.

El manual se desarrolla en capítulos que van desde la planificación del contrato hasta la liquidación, siendo los aspectos más destacados los siguientes:

- Definición de funciones del interventor: consiste en una descripción de las responsabilidades en el ámbito de la supervisión técnica, administrativa, financiera y legal.
- Gestión del cronograma y de los costos: se establece la necesidad de disposiciones que hagan posible el seguimiento del avance físico de la obra, el uso de los recursos humanos y el control de los equipos.
- Informes de la interventoría: se exige la elaboración de informes periódicos de avances, donde deben constar los datos cuantitativos del uso de la mano de obra y la disponibilidad de la maquinaria.
- Formatos de control: se dan ejemplos de cuadros de control del personal, de los equipos, de los plazos de ejecución, de las cantidades de obra y de los costos.
- Gestión de seguridad y calidad: sugiere establecer los mecanismos necesarios para verificar la calidad de los materiales y el cumplimiento de las condiciones de seguridad en obra.

La utilidad de este manual para el proyecto, fue relevante en cuanto a los formatos que relacionan la medición de productividad de la mano de obra, por ejemplo, los cuadros de control diario de recursos humanos y maquinaria pueden servir de base para el cálculo de indicadores

como el rendimiento por hora-hombre, la utilización efectiva de equipos y la disponibilidad operativa de maquinaria. Asimismo, la exigencia de reportes periódicos del manual refuerza la exigencia de contar con métricas comparables en el tiempo, lo que deviene en propósito de los KPIs.

La relevancia del Manual de Interventoría de Proyectos de Obra Pública consiste en que constituyéndose en un referente normativo nacional que orienta la práctica de la interventoría de proyectos de construcción. Su aplicación al ámbito de viviendas unifamiliares permite adaptar los principios generales de la supervisión (pensada para contratos de mayor complejidad) a los proyectos de menor dimensión, garantizando tener un control sistematizado y verificable de los recursos. En este sentido, el manual contribuyó no sólo a definir qué indicadores utilizar, sino que también puede servir de apoyo para su aplicación como parte del proceso formal de interventoría técnica. De este modo, se convirtió en un documento fundamental para la legitimación de la selección de los KPIs dentro de la guía.

4.1.3 Categorización de indicadores de desempeño KPI.

Una vez se ha consultado la normativa del numeral anterior, se ha identificado que es necesario categorizar estos indicadores, de manera que se agrupen por su naturaleza y la relación directa con los recursos más críticos de la obra, partiendo entonces de la mano de obra y los equipos de construcción. Esto se fundamenta en la revisión de las normas anteriores, ya que se ha

visto que parte de la gestión de proyectos y calidad, esta relacionada con estos dos aspectos importantes en los proyectos de construcción.

4.1.3.1 Indicadores de mano de obra

Esta categoría de KPIs, están orientados a calcular el resultado del recurso humano en cada una de las etapas de la ejecución de la obra. Es por ello que se han identificado los aspectos claves que tiene relación con esta primera categoría, sirviendo de base para detallar y explicar mas adelante cada uno de los indicadores correspondientes y que componen esta categoría.

- La productividad individual y colectiva, que se mide a partir de unidades ejecutadas por hora-hombre.
- El cumplimiento de la programación, el cual mide la cantidad de actividades terminadas respecto a la cantidad de actividades que estaba previsto terminar.
- La calidad del trabajo, que se mide en términos de retrabajos o actividades corregidas.
- Por último, aparece la disponibilidad del personal, la cual se mide a partir de índices de ausentismo o de rotación.

En este contexto, la categoría de mano de obra cobra especial relevancia, ya que este recurso es uno de los factores más variables de los proyectos de vivienda unifamiliar; su

rendimiento está condicionado por la capacitación, supervisión y organización en obra, que inciden directamente en los costos y tiempos de ejecución.

4.1.3.2 Indicadores de equipos y maquinaria

En este apartado se incluyen todos aquellos KPIs que hacen referencia a la eficiencia y la utilización de los sistemas constructivos. En este sentido, los más relevantes son los siguientes:

- Disponibilidad operativa, que relaciona las horas en que el equipo estuvo preparado para trabajar frente a las programadas.
- Utilización efectiva, que relaciona las horas de operación real sobre las horas disponibles;
- Consumo específico de recursos (combustibles, energía), que se calcula en base a lo que se ha producido;
- Los costes de mantenimiento, en los que se hace un distingo entre mantenimiento preventivo y de mantenimiento correctivo.

Conforme a los indicadores de la categoría, su utilidad se centra fundamentalmente en reducir los tiempos improductivos y los sobrecostes generados por fallos mecánicos o por una gestión ineficaz del parque de maquinaria.

Segmentar estas dos categorías responde a la necesidad de evaluar de forma diferenciada los recursos más determinantes en la productividad de la construcción. Si la mano de obra puede considerarse un recurso humano al que le afecta la variabilidad del desempeño individual o colectivo, los equipos requieren de un control más técnico, vinculado a la disponibilidad, la eficiencia de uso y costes. Esta categorización también sirvió para estructurar la guía de interventoría al permitir agrupar los formatos de control en dos apartados, uno de seguimiento de recurso humano y otro de maquinaria de los equipos constructivos.

4.1.4 Clasificación de KPIs para proyectos de vivienda unifamiliar

Luego de la búsqueda de información, normativas y categorización, se establecieron un conjunto de indicadores de desempeño pertinentes para la supervisión y control de proyectos de vivienda unifamiliar. Con el fin de evaluar de manera detallada y diferenciada los principales recursos según su productividad, se dividieron en dos grupos, los relacionados a la mano de obra y a los de equipos y maquinaria.

A continuación, se relacionan los KPIs según mano de obra:

- Rendimiento hora-hombre: mide la cantidad de unidades ejecutadas por cada hora-hombre trabajada. Su aplicación permite comparar el desempeño real con los

rendimientos esperados en presupuestos y programaciones de obra. Para medir este indicador se emplea la siguiente formula.

$$Rendimiento\ hora - hombre = \frac{Produccion\ total\ (m^2, ml, und)}{Hora - hombre\ trabajadas\ (hh)}$$

- Cumplimiento de cronograma: Porcentaje ejecutado de las actividades dentro del plazo programado. Su aplicación refleja la eficiencia en la planificación y ejecución en las cuadrillas. Para medir este indicador se emplea la siguiente formula.

$$Indice\ de\ cumplimiento\ de\ cronograma = \frac{Actividades\ ejecutadas}{Actividades\ programadas} \times 100$$

- Índice de retrabajos: muestra la proporción de actividades que debieron repetirse por error, fallas en la calidad o incumplimiento en las especificaciones. Su aplicación indica la incidencia de fallas en la productividad y permite evaluar la calidad del trabajo realizado por la mano de obra. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Indice\ de\ retrabajos = \frac{Número\ de\ actividades\ corregidas}{Número\ de\ actividades\ ejecutadas} \times 100$$

- Índice de ausentismo: Es el porcentaje de horas-hombre no trabajadas por inasistencia o permisos no programados. Su aplicación ayuda a identificar perdidas de eficiencia relacionadas con la disponibilidad del personal. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Indice\ de\ ausentismo = \frac{Horas - hombre\ no\ trabajadas}{Horas - hombre\ programadas} \times 100$$

Ahora se relacionan los KPIs relacionados a los equipos y maquinaria:

- Disponibilidad operativa: Mide el tiempo en el que estuvo disponible para operar frente al tiempo programado. Su aplicación permite evaluar la confiabilidad del equipo y eficacia del mantenimiento preventivo. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Disponibilidad\ operativa = \frac{Horas\ disponibles}{Horas\ \ programadas} \times 100$$

- Uso efectivo: Es la proporción de horas efectivas de operación frente a las horas disponibles. Su aplicación muestra y refleja el grado de aprovechamiento del recurso. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Índice\ de\ uso\ efectivo = \frac{Horas\ efectivas\ de\ operación}{Horas\ \ disponibles} \times 100$$

- Consumo de combustible: Relaciona la cantidad de combustible usado por unidad de producción, ya sea en metros cúbicos, metros cuadrados, etc. Su aplicación sirve para controlar gastos operativos y eficiencia energética. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Combustible\ usado = \frac{Combustible\ consumido}{Produccion\ ejecutada}$$

- Costo de mantenimiento preventivo vs mantenimiento correctivo: Relaciona los costos del mantenimiento planificado y la derivación de fallas. Su aplicación permite determinar si la gestión de la maquinaria es activa. Para medir este indicador, se emplea la siguiente formula.

$$Indice\ de\ costo\ de\ mantenimiento = \frac{Costo\ mantenimiento\ preventivo}{Costo\ total\ de\ mantenimiento} \times 100$$

La clasificación que se propuso de KPIs de estas dos grandes categorías permitió contar con un conjunto equilibrado de indicadores, donde ambos tipos, el humano y el técnico, se vean igualmente representados. Cada KPI fue seleccionado a partir de la facilidad de aplicación en campo, y de su relevancia para proyectos de pequeña y mediana escala, como también de su contribución a la toma de decisiones en lo que a interventoría técnica se refiere. Esta propuesta de indicadores representó el eje conductor de la guía de interventoría, suministrando herramientas objetivas para evaluar la productividad y ser una ayuda en la gestión de recursos en torno a los proyectos de vivienda unifamiliar.

Con respecto a la aplicabilidad a la realidad internacional, este uso de KPIs en construcción se ha fundamentado en países como Reino Unido, EE. UU. y Chile, existiendo ya programas estandarizados de KPI que abordan la productividad del trabajo, la seguridad de obra, el cumplimiento de los cronogramas, los costes y la eficiencia del uso de la maquinaria. Estos KPIs son tratados con metodologías sistemáticas y herramientas digitales que permiten la comparabilidad y la transparencia entre proyectos. En el contrastante caso de Colombia, a pesar de que existen normativas y guías como la ISO 9001 e ISO 21500 así como manuales de interventoría, su adopción hasta el momento, en términos de proyectos de pequeña escala, es primitivo y la mayoría de los informes de interventoría están más orientados al contrato y a la técnica que a las mediciones cuantitativas de productividad (Kerzner, 2023).

4.2 Diseño de formatos de registro y control a través de los indicadores de desempeño (KPIs) y parámetros identificados para la supervisión y gestión de recursos por parte de la interventoría técnica.

Diseñar los formatos de registro y control constituye una herramienta para el ejercicio de la supervisión y la interventoría, así como se intenta constituir lo definido en el primer objetivo, estructurando la información para garantizar una trazabilidad de los datos y que se facilite la toma de decisiones. Es importante tener en cuenta que la ausencia de este tipo de formatos, suele derivar en perdidas de información, reportes muy subjetivos y dificultades para evaluar el desempeño real de los recursos. Según vimos anteriormente, la ISO 9001:2015, resalta que la documentación y el control de los registros, son requisitos importantes en un sistema de gestión de calidad, por lo que diseñar estos formatos, permite llevar un aseguramiento de la calidad de los proyectos de obra civil (Martínez, 2016).

4.2.1 Estructura general de los formatos

La estructura de los formatos debe responder a criterios de calidad, trazabilidad y alineación directa con los indicadores de desempeño KPIs definidos en el numeral anterior. Conforme a lo expuesto en la ISO 9001:2015 así como en la ISO 21500:2012 y en el Manual de Interventoría de Obras Públicas (Ministerio de Transporte, 2013), los documentos debían presentar los campos de identificación general del proyecto (nombre, código, ubicación, fecha de generación, responsable); una descripción precisa de la actividad supervisada; los parámetros e

indicadores relacionados; las unidades de medida; los valores programados y reales así como las desviaciones, observaciones, firma o aprobación del interventor. De esta manera se garantiza que la información sea objeto de auditoría, de comparación y de validación de acuerdo a los requisitos contractuales y conforme a normas.

De igual forma, la estructura debe adaptarse a la naturaleza de los indicadores establecidos, por ejemplo, para ejecutar KPIs cuantitativos, como el avance físico, el rendimiento de la mano de obra o el consumo de materiales, debe adaptarse el formato al uso de columnas con datos numéricos, gráficos que permitan identificar las tendencias con el fin de poder visualizar algunos de los KPIs; en el caso de KPIs cualitativos, como el cumplimiento de estándares de calidad, se recuperan por ejemplo escalas de valoración o listas de comprobación para facilitar el proceso de aportar y confrontar la calidad. La estandarización de estos elementos permite asegurar que la información recogida se puede contrastar no solo a lo largo del tiempo, sino también entre distintos proyectos, lo que contribuye a la solidez de la gestión integral de la interventoría.

En base a lo anterior, en primer lugar, se muestra una tabla con la información requerida para el diseño de los formatos de registro y control. Posteriormente se incluirán las plantillas correspondientes, las cuales se encuentran en los anexos del documento.

En la tabla 1, se muestra el modelo base para un formato de avance físico, donde se toma en cuenta la información requerida para el análisis de los indicadores de desempeño KPIs. En

este modelo se incluye el cronograma, obra ejecutada y posibles desviaciones, lo que representa la información con mas relevancia en el proyecto.

Tabla 1.

Modelo base para el formato de avance físico.

Campo	Descripción
Proyecto	Nombre oficial del proyecto
Código/Contrato	Identificación única del contrato
Ubicación	Dirección o sitio de ejecución
Fecha del reporte	Día de elaboración del informe
Responsable	Nombre del interventor o técnico que diligencia
Actividad	Tarea o partida específica supervisada
Unidad de medida	Parámetro en que se mide la actividad
Programado (Línea Base)	Cantidad de avance prevista en el cronograma
Ejecutado (Real)	Cantidad efectivamente construida
% Avance programado	Avance según planificación
% Avance real	Avance acumulado ejecutado
Desviación	Diferencia entre programado y ejecutado
Observaciones	Incidencias o hallazgos en obra
Firma del interventor	Validación del reporte

Nota. Elaboración propia

En la tabla 2, se describe ahora el modelo base para el formato de control de recursos, el cual complementa el anterior. En este formato se puede tener una trazabilidad de los materiales, mano de obra y maquinaria, lo que asegura la inclusión de los KPIs relacionados al uso eficiente de los recursos.

Tabla 2.

Modelo base para el formato de control de recursos.

Campo	Descripción				
Proyecto	Nombre oficial del proyecto				
Código/Contrato	Identificación del contrato				
Fecha del reporte	Día de elaboración del informe				
Responsable	Nombre del interventor o técnico				
1. Control de Materiales					
Material	Unidad	Cantidad Programada	Cantidad Utilizada	Desviación	Observaciones
2. Control de Mano de Obra					
Actividad	Jornada Programada (h-h)	Jornada Ejecutada (h-h)	Desviación	Observaciones	
3. Control de Maquinaria y Equipo					
Equipo	Horas Programadas	Horas Usadas	Disponibilidad (%)	Observaciones	
Firma del Interventor					

Nota. Elaboración propia

Ahora, en la tabla 3 se muestra el modelo base para el formato de control de costos, complementando los dos anteriores, buscando mantener la trazabilidad de los gastos frente a lo programado, facilitando la identificación de desviaciones y su impacto en el presupuesto general del proyecto.

Tabla 3.

Modelo base para el formato de control de costos.

Campo	Descripción				
Proyecto	Nombre oficial del proyecto				
Código/Contrato	Identificación del contrato				
Fecha del reporte	Día de elaboración del informe				
Responsable	Nombre del interventor o técnico				
1. Resumen General de Costos					
Categoría	Presupuesto Programado (COP)	Costo Ejecutado (COP)	Variación (COP)	% Ejecución	Observaciones
2. Control de Costos por Actividad					
Actividad	Presupuesto (COP)	Ejecutado (COP)	Variación (COP)	Observaciones	
3. Indicadores de Control					
KPI Asociado	Meta	Valor Actual	Interpretación		
Firma del Interventor					

Nota. Elaboración propia

El siguiente formato a incluir es el de control de la calidad, el cual permite a la interventoría hacer seguimiento a los parámetros técnicos, normativos y de desempeño relacionados con los KPIs de desempeño. En la tabla 4 se muestra el modelo correspondiente a este formato.

Tabla 4.

Modelo base para el formato de control de calidad.

Campo	Descripción				
Proyecto	Nombre oficial del proyecto				
Código/Contrato	Identificación del contrato				
Fecha del reporte	Día de elaboración del informe				
Responsable	Nombre del interventor o técnico				
1. **Parámetros de Calidad Evaluados**					
Actividad/ Elemento	Norma/Especificación	Requisito de Calidad	Resultado Obtenido	Conformidad (Sí/No)	Observaciones
2. **Ensayos y Verificaciones**					
Ensayo/Prueba	Norma Aplicada	Resultado	Cumple (Sí/No)	Observaciones	
3. **Indicadores de Calidad (KPIs)**					
KPI Asociado	Meta	Valor Actual	Interpretación		
4. **Observaciones Generales**					
Firma del Interventor					

Nota. Elaboración propia

Para terminar, se incluyó un formato para el seguimiento a la seguridad y salud en el trabajo, lo que resulta clave para el interventor porque permite documentar condiciones de seguridad, incidentes y el cumplimiento de la normatividad laboral correspondiente a los proyectos. En base a ello, la tabla 5 muestra el modelo para el formato de control de seguridad y salud en el trabajo (SST).

Tabla 5.

Modelo base para el formato de control de seguridad y salud en el trabajo

Campo	Descripción
Proyecto	Nombre oficial del proyecto
Código/Contrato	Identificación del contrato
Fecha del reporte	Día de elaboración del informe
Responsable SST	Nombre del coordinador o interventor SST

1. Condiciones de Seguridad en Obra			**Descripción**	
Aspecto Evaluado	Norma/Regulación Aplicable	Resultado Observado	Cumple (Sí/No)	Observaciones
2. Registro de Incidentes y Accidentes				
Fecha	Tipo de Evento	Descripción	Acción Correctiva	Seguimiento
3. **Indicadores de SST (KPIs)**				
KPI Asociado	Meta	Valor Actual	Interpretación	
4. Observaciones Generales Firma del responsable SST				

Nota. Elaboración propia

Con la información que se tienen en estos formatos, se garantiza una trazabilidad de los diferentes materiales, recursos, calidad y seguridad laboral, donde cada actividad de obra se relaciona a los indicadores de desempeño KPIs. De esta maner, el profesional que ejerce la interventoría no depende de informes y notas descriptivas, si no que ahora posee un respaldo de registros cuantitativo que facilita el análisis comparativo entre lo planificado y ejecutado.

4.2.2. Formatos de registro y control

Una vez se estructuraron los modelos de base para el diseño de los formatos, se anexaron en la guía los respectivos formatos de registro y control, los cuales se encuentran en las figuras de la 2 a la 6.

4.3 Guía de interventoría técnica a partir de herramientas para la recopilación y análisis de datos que faciliten la toma de decisiones por parte de la interventoría técnica en proyectos de viviendas unifamiliares.

La guía pretende fortalecer el rol del interventor en proyectos de vivienda unifamiliar, mediante la oportuna toma de decisiones, a través de un uso sistemático. Es por ello que cada una de estas decisiones se respalda de evidencias cuantitativas y cualitativas que son verificables, de tal forma que como propósito se aumente la trazabilidad, la transparencia y la eficiencia del proyecto.

El enfoque de la guía se fundamenta en datos que se recopilan en formatos estandarizados, el cual es procesada mediante indicadores de desempeño KPIs y validad mediante criterios técnicos. Esta información recopilada, también se basa en la implementación de acciones correctivas y preventivas, basado en el modelo de mejora continua (planificar, medir, analizar, decidir, mejorar). Por último, esta guía se complementa en un enfoque práctico y replicable para proyectos de mayor escala, no solo en vivienda unifamiliar.

4.3.1 Alcance

Esta guía esta diseñada para aplicarse en proyectos de vivienda unifamiliar dentro de un contexto colombiano, con énfasis en obras de pequeña y mediana escala, donde existe el rol del

interventor o supervisor. Su alcance incluye tanto la planificación, supervisión y control de recursos como la evaluación de indicadores KPIs relacionados al tiempo, costos, calidad y seguridad. De este modo, esta guía no solo se centra en el registro de datos, si no que promueve el análisis de la información y la toma oportuna de decisiones que contribuyan a reducir riesgos técnicos y financieros del proyecto.

Los principales ejecutores de la guía, vinculadas a su uso son los interventores técnicos, quienes podrán emplear los formatos, procedimientos y criterios que se proponen a continuación con el propósito de fortalecer su trabajo de supervisión. No obstante, también se prevé un uso del guía dirigido a otros actores del proyecto, como:

- Propietarios o contratantes, quienes podrán contar con los datos de la obra obtenidos a partir de una fuente estandarizada y verificable de tal forma que puedan evaluar el rendimiento de la obra.
- Constructores o contratistas, quienes se beneficiarán de una retroalimentación clara y objetiva para promover una gestión de recursos y productividad.
- Entidades académicas, quienes pueden hacer uso de esta guía como propuesta de insumo pedagógico en la formación de los profesionales de ingeniería y/o arquitectura.

El uso adecuado de la guía conlleva establecer las responsabilidades que se asignan en cada una de las partes:

- Interventoría técnica: comunicar la adecuación de los formatos, asegurar la calidad de los datos captados y emitir informes analíticos que permitan la toma de decisiones.
- Contratistas: proporcionar información donde la confiabilidad y la oportunidad sean virtudes de la veracidad de la información buena de obra.
- Propietarios: respaldar la aplicación de la guía facilitando la programación de recursos y condiciones para que los procedimientos de control puedan ser aplicados.

4.3.2 Glosario

Para comprender los datos que van hacer recopilados, es importante definir la terminología implementada en esta guía para consulta de información y entendimiento de los mismos. A continuación, se presentan cada uno de los conceptos que deben ser comprendidos para el uso de este documento.

- **Accidentabilidad:** Se refiere al numero de accidentes en la obra ocurridos en un periodo determinado, expresado en frecuencia mensual o general. Este indicador permite medir el riesgo en las diferentes actividades.

- **Acciones:** Es un registro de medida correctiva o preventiva asociada a un KPI afectado. Debe respaldarse con un concepto de abierta o cerrada para una trazabilidad y debe contener un responsable y fecha de cierre.
- **Avance físico:** Es un porcentaje que mide la proporción de obra ejecutada frente a lo programada en la línea base. Este indicador se expresa como avance programado y avance real.
- **Bitácora de cambios:** Es un registro que lleva trazabilidad de los cambios y corrección de los datos, donde se indica cual fue el cambio, quien lo hizo y cuando se realizó.
- **Consumo específico de combustible:** Cantidad de litros de combustible consumidos por unidad de producción. Este indicador representa la eficiencia energética en los equipos.
- **Costos ejecutados:** Es el valor real gastado en un rubro de obra y periodo específico.
- **Desviación:** Es la diferencia entre el valor unidad programado y el ejecutado en un periodo de tiempo. Este valor puede ser positivo o negativo.
- **Disponibilidad de equipo:** Es la relación entre la disponibilidad del equipo y las horas programadas, expreso en porcentaje.
- **Ensayos aprobados:** Es el numero de ensayos de calidad aprobados que cumplen la norma. Este índice se relaciona con la cantidad aprobada y el numero total programados, expresado en porcentaje.
- **Horas-hombre ejecutadas:** Cantidad total de horas efectivas trabajadas por el personal en cierta actividad de obra.

- **Horas de equipo efectivas:** Número de horas por las cuales un equipo estuvo en operación real en obra.
- **Horas de equipo programadas:** Es el tiempo estimado de un equipo según lo planificado.
- **Horas de equipo disponibles:** Tiempo de disponibilidad que un equipo estuvo en obra, independientemente de si se usó o no.
- **Mano de obra programada:** Cantidad de horas-hombre estimadas para realizar una actividad.
- **No conformidades:** Incumplimientos que son detectados frente a lo dicho en las especificaciones técnicas, normatividad o requisitos del contrato.
- **Presupuesto:** Valor planificado para un conjunto de actividades, expresado en pesos colombianos
- **Productividad de la mano de obra:** Se define como la relación de las unidades producidas y las horas-hombre ejecutadas, se expresa en unidades por hora-hombre ejecutadas.
- **Retrabajo:** Porcentaje de actividades que deben rehacerse o corregirse debido a errores de ejecución.
- **Señalización:** Grado de cumplimiento en la demarcación de zonas críticas y rutas seguras dentro de una obra.
- **Uso de elementos de protección personal:** Indicador que representa el grado de cumplimiento del uso de los elementos de protección personal, como cascos, guantes, botas y demás elementos de seguridad.

- **Variación de costos:** Diferencia presupuestal entre los costos ejecutados y los programados.

4.3.3 Procedimiento operativo de recopilación de datos

Para la obtención y digitalización de los datos, se recomienda según el tipo de información a recopilar, la frecuencia con que se deben tomar cada una de ellas.

- **Diaria:** Se recomiendan los formatos de control de recursos y control de seguridad y salud en el trabajo
- **Semanal:** Se recomiendan los formatos de avance físico, costos y calidad
- **Mensual:** Se recomienda consolidar la información en un informe.

Ahora se describe el paso a paso que deben ejecutarse para una adecuada toma de datos y que garantice calidad de los mismos.

- **Paso1, Levantamiento de datos:** El proceso parte del levantamiento de la información directamente in situ. En este paso el personal de apoyo a la interventoría es el responsable de diligenciar los formatos estándar previamente predefinidos y que corresponden a recursos, seguridad y salud en el trabajo,

avance físico, costos y calidad. La captura se realiza de acuerdo con la periodicidad definida: diaria en el caso de los recursos y la seguridad, semanal en el avance físico y mensual en los informes consolidados. En este paso es importante diligenciar todos los campos obligatorios de los formatos, emplear unidades de medida homologadas y adjuntar evidencias fotográficas o productos de ensayos de laboratorio sólo si fuese el caso. La salida esperada es un paquete inicial de información organizada por frente de trabajo y preparada para entrar en el paso de validación.

- **Paso 2, Validación de la información:** Una vez recogidos los datos se lleva a cabo la validación, la cual se basa en una supervisión entre el personal de apoyo de la interventoría y el residente o contratista, verificándose la adecuación de la información: que no exista ningún campo vacío, que las sumas parciales coincidan con los totales, que los porcentajes estén dentro de los parámetros esperados y que los documentos sean legibles y firmados. En el caso de encontrar inconsistencias, estas serán corregidas, de tal manera que se garantice que los datos con los cuales se va a trabajar sean fiables y cumplan con un mínimo de calidad.

- **Paso3, Consolidación:** Una vez validada la información, la siguiente actividad consiste en digitalizar la información para consolidarla en un repositorio único, por ejemplo, una base de datos o un archivo de control centralizado. En este momento se asegura que no se sobrescriban los registros, en caso de tener que

hacer correcciones, estas deben estar incluyendo en una bitácora de cambios que indique qué se modificó, quién lo hizo, cuándo y por qué. Como resultado, se obtiene una base de datos organizada, con respaldo seguro y lista para análisis posteriores, en el caso también del informe mensual.

- **Paso 4, Validación de KPIs:** El cuarto paso abarca la segunda validación, la cual se encarga de revisar los datos consolidados y de llevar a cabo el cálculo de los indicadores clave de rendimiento (KPIs). En este momento se aplica la semaforización indicada previamente, permitiendo una visualización comprensible de las variaciones respecto de los estándares. Así el interventor contrasta indicios como la productividad de mano de obra, la disponibilidad de los equipos, la variación en los costes; por otro lado, también contrasta el avance real y el programado, así como los porcentajes de retrabajo y de ensayos aprobados. Una vez que son identificadas desviaciones significativas, las mismas son formalizadas como hallazgos y se inicia un proceso de diagnóstico rápido, el cual permite identificar la posible causa; lo que resulta de este paso es el informe preliminar de rendimiento, el cual incluye por otro lado los indicadores, pero también muestra los hallazgos detectados.

- **Paso 5, Comunicación de resultados:** Finalmente, el procedimiento concluye con el cierre y la comunicación de la información. Cada semana, el interventor líder elabora un resumen de control donde se consignan las desviaciones, se indican sus causas posibles y se presenta un plan de acción que puntualiza lo que

hay que hacer, quién lo debe hacer y el plazo. Este resumen se comunica al contratista y a la entidad contratante para darles trazabilidad y tomar decisiones a tiempo. Por otro lado, de manera mensual, se prepara un informe consolidado con el análisis de tendencias, la causa principal de retrabajos, la relación entre plazos y costos y las lecciones aprendidas. Este informe, presentado con los formatos originales como evidencia, es la evidencia del cierre del proceso, y se convierte en la base para la toma de decisiones basada en datos confiables.

4.3.4 Semaforización para decisiones basadas en KPIs

El modelo analítico planteado en este apartado, se fundamenta en la transformación de los registros en campo, usando los indicadores de desempeño KPIs como unidad básica. Estos registros se calculan de forma periodica, como se indica en el paso a paso del procedimiento de toma de datos, luego se procesan en los indicadores correspondientes, se contrastan con umbrales y se toman decisiones según corresponda.

Referente a los umbrales, estos se establecen en un modo de semaforización (verde: cumplimiento óptimo; amarillo: alerta preventiva; rojo: incumplimiento o aval de desviación crítica). En el caso del avance físico, cuando un indicador está por debajo del 90% de lo programado, se clasifica en amarillo y -en caso de que exista una desviación del plan superior a un 15%-, se clasifica en rojo. En cuanto a control de calidad, se activa una alerta si existe un porcentaje de rechazo de los materiales superior al 5%. En cuanto a SST, se activa una situación

de peligro crítico si existe más de un accidente incapacitante al mes. El establecimiento de este criterio no ha sido arbitrario: se establecieron a partir de referencias normativas (ISO 9001, ISO 21500, reglamentos técnicos colombianos) y de la experiencia adquirida a través de proyectos anteriores.

En la tabla 6, se presenta la semaforización diseñada para cada uno de los KPIs estimados para la guía, las cuales se pueden calcular mediante las fórmulas establecidas en a continuación:

- Por mano de obra

$$Rendimiento\ hora-hombre = \frac{Produccion\ total\ (m^2, ml, und)}{Hora-hombre\ trabajadas\ (hh)}$$

$$Indice\ de\ cumplimiento\ de\ cronograma = \frac{Actividades\ ejecutadas}{Actividades\ programadas} \times 100$$

$$Indice\ de\ retrabajos = \frac{Número\ de\ actividades\ corregidas}{Número\ de\ actividades\ ejecutadas} \times 100$$

$$Indice\ de\ ausentismo = \frac{Horas-hombre\ no\ trabajadas}{Horas-hombre\ programadas} \times 100$$

- Por equipos y maquinaria

$$Disponibilidad\ operativa = \frac{Horas\ disponibles}{Horas\ \ programadas} \times 100$$

$$Índice\ de\ uso\ efectivo = \frac{Horas\ efectivas\ de\ operación}{Horas\ \ disponibles} \times 100$$

$$Combustible\ usado = \frac{Combustible\ consumido}{Produccion\ ejecutada}$$

$$Indice\ de\ costo\ de\ mantenimiento = \frac{Costo\ mantenimiento\ preventivo}{Costo\ total\ de\ mantenimiento} \times 100$$

Tabla 6.

Semaforización de indicadores de desempeño KPIs

Categoría	KPI	Verde (Óptimo)	Amarillo (Alerta)	Rojo (Crítico)
Mano de obra	Rendimiento hora-hombre	≥ 90% del rendimiento esperado	75–89%	< 75%
	Cumplimiento de cronograma	≥ 95% actividades cumplidas	85–94%	< 85%
	Índice de retrabajos	≤ 2%	3–5%	> 5%
	Índice de ausentismo	≤ 3%	4–6%	> 6%
Equipos y maquinaria	Disponibilidad operativa	≥ 90%	80–89%	< 80%

	Uso efectivo	≥ 85%	70–84%	< 70%
	Consumo de combustible	≤ consumo estándar proyectado	1–10% por encima del estándar	> 10% por encima del estándar
	Costo de mantenimiento preventivo vs correctivo	≥ 70% en preventivo	50–69% en preventivo	< 50% en preventivo

Nota. Elaboración propia

4.3.5 Acciones por cada KPIs

Con el fin de tomar decisiones respecto a la semaforización anterior, se define para cada KPI unas posibles estrategias que permitan mitigar de forma preventiva o correctiva cada deficiencia que se pueda presentar.

- **Rendimiento hora hombre:** Cuando el indicador se encuentra en verde (≥ 90%), significa que la cuadrilla realiza el trabajo con la productividad que se esperaba, que el proyecto avanza tal como estaba presupuestado. En amarillo (75 – 89%) se debe revisar la capacitación del personal, la disponibilidad de herramientas o la asignación de tareas, ya que podrían presentarse cuellos de botella. En rojo (< 75%) el rendimiento es crítico y se requieren acciones inmediatas, que pueden ser reorganizar las cuadrillas, reforzar la supervisión o sustituir al personal poco competente.

- **Cumplimiento del cronograma:** El nivel verde (≥ 95%) describe que las actividades son conforme a lo previsto, lo que indica que la planificación está bien ejecutada; en el nivel amarillo (85 – 94%) se da lugar a retrasos menores que deben ser solventados mediante ajustes en la programación semanal; en el color rojo (< 85%) se produce una amenaza directa a los plazos contractuales, entonces se requiere reprogramar, tal vez aumentar los frentes de trabajo o modificar turnos.

- **Índice de retrabajos:** El significado de un valor en verde (≤ 2%) es que la calidad del trabajo es buena, y las actividades se ciñen a la especificación; por su parte, un valor en amarillo (3-5%) significa que los retrabajos empiezan a verse reflejados en los costos y los plazos, por lo que es preciso reforzar las inspecciones y, además, capacitar al propio personal; mientras que un valor en rojo (> 5%) significa que la obra se halla inmersa en una pérdida de eficiencia, siendo imperativo aplicar inmediatamente los correctivos pertinentes en los controles de calidad. Esto es, en algunos casos, se tiene que tener la necesidad de parar la actividad que estuviera en el punto de vista afectado hasta que se resuelva el problema originado.

- **Índice de ausentismo:** El rango color verde (≤ 3%) es aquel que nos garantiza que la gran parte del personal está disponible y correctamente coordinado. Una vez el rango amarillo (4–6%) nos muestra que existe un problema con el ausentismo que puede repercutir en los avances conseguidos y por tanto, es

importante revisar las políticas de bienestar y las vías de comunicación con los trabajadores. En el caso que se alcance el rango rojo (> 6%) la falta de asistencia puede tener efectos en la productividad, en este caso es necesario implementar medidas que tiendan a reducirlo que podrían ser la contratación de reemplazos temporales, ofrecer incentivos de permanencia o variaciones en la gestión de los recursos humanos.

- **Disponibilidad operativa de equipos:** Al tener un resultado en verde (≥ 90%), señala que el mantenimiento preventivo está siendo eficaz y la maquinaria da soporte al ritmo de obra sin interrupciones. Cuando pasa a amarillo (80–89%), se observan fallas puntuales o mantenimientos correctivos más frecuente, por lo que debe reforzarse la planificación de revisiones. Cuando llega a rojo (< 80%), la maquinaria es un cuello de botella crítico y debe ser evaluada para determinar si se sustituye el equipo, se contrata apoyo externo o se revisa más en profundidad el plan de mantenimiento.

- **Uso efectivo de equipos:** El estado verde (≥ 85%) indica que se emplea adecuadamente la capacidad operativa de la máquina y que se justifica la inversión respecto de su explotación. En el estado amarillo (70%–84%), pueden producirse situaciones en las que se presenta una subexplotación y de este modo se incurren en costos improductivos; por ello se recomienda, bien redistribuir los equipos entre los frentes de trabajo o bien planificar ajustando el nivel de los recursos. Por último, el estado rojo (< 70%) indica que la máquina no se está

utilizando conforme a su función productiva, lo que obliga a renegociar la disponibilidad de la maquinaria o replantear su uso en la obra.

- **Consumo de combustible:** El estado verde (≤ consumo estándar proyectado) ofrece una alta eficiencia energética o eficiencia en los gastos que la empresa incurre. Cuando el estado es amarillo (1–10% sobre el estándar), el consumo empieza a ser desviador porque los hábitos de operación se deben revisar, así como la calibración de los equipos o la calidad del combustible. Cuando el estado es rojo (> 10% sobre el estándar), el consumo se ha desviado de tal forma que tiene un impacto relevante sobre la rentabilidad; por ello, es necesario establecer el procedimiento de evaluación del reemplazo de la maquinaria, mejoras tecnológicas o controles más efectivos en la calidad del suministro.

- **Costo de mantenimiento preventivo frente al correctivo:** Una situación que se clasifica como "nivel en verde" (≥ 70% en preventivo), es un indicativo que nos dice que las labores de gestión de la maquinaria son proactivas de manera que se evitan paradas inesperadas. Al plantear una situación de "nivel en amarillo" (50–69%) la cuestión de los correctivos empieza a tener peso, lo que se traduce en una adecuación del plan de mantenimiento. Al entrar en una situación de "nivel en rojo" (< 50%) la mayor parte de los costes del mantenimiento se desplazan a los correctivos, lo que es una muestra de una gestión reactiva del mantenimiento deficiente, con muchos riesgos de paradas no planificadas; la respuesta a esta

situación pasa por un rediseño del programa de mantenimiento y un reforzamiento de la disciplina de ejecución.

4.3.6 Retroalimentación y mejora continua

La comunicación de los resultados debe ser plasmados y compartidos en lo posible de forma digital con los demás actores del proceso, así como ser distribuidos en diferentes reuniones de seguimiento. Este intercambio asegura que la información que se ha recopilado a lo largo de esta guía, no se queda en los formatos y documentos de análisis de KPIs.

Al mismo tiempo, la retroalimentación es fundamental en la medida en que permite la posibilidad de que los diferentes actores introduzcan observaciones relacionadas con la calidad de los datos, la implementación de los indicadores o las acciones realizadas. Dicha retroalimentación debe ser recogida formalmente en actas, o formularios de evaluación usada para la evaluación de cada ciclo de reporte para que queden registrados de una forma trazable.

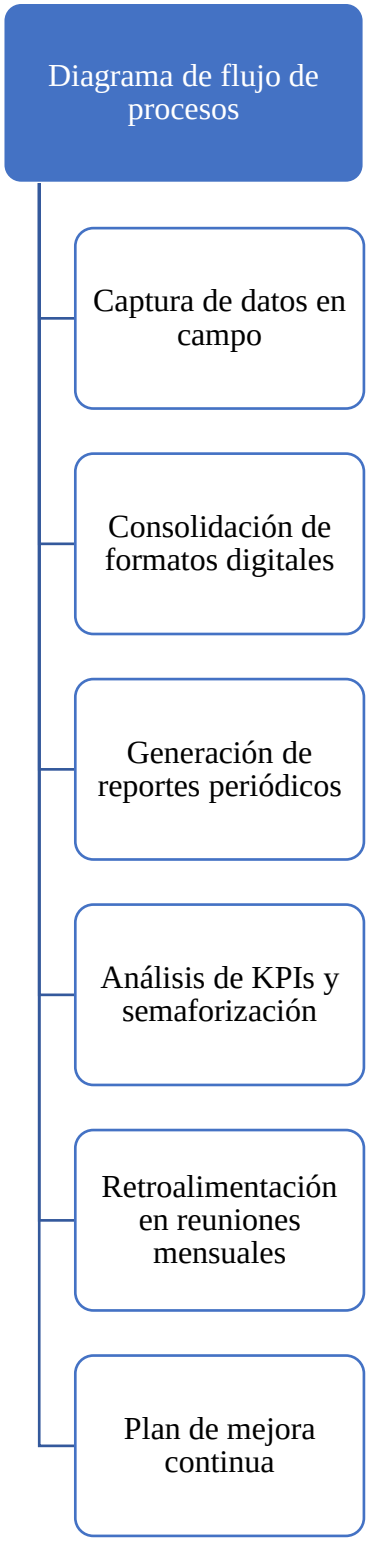
Finalmente, este proceso se complementa implementando una mejora continua, en la que los resultados de cada periodo no son considerados un final en sí mismo, sino un insumo para mejorar los procedimientos, es decir que se van tocando cosas como las adaptaciones a los formatos de captura, recalibrados que se hacen de los umbrales de KPIs, incorporando lecciones habitualmente aprendidas o actualizando y mejorando los protocolos de intervención; la guía de

esta manera no se constituye en la guía que sirve para estandarizar la combinación de recoger y analizar información, sino que va induciendo un ciclo de generación de aprendizaje organizacional que va un fortaleciendo la operación en el tiempo de los proyectos.

En base a todo lo anterior, se muestra en la figura 1 un diagrama de flujo que representa el procedimiento de forma resumida lo que se encuentra plasmado en esta guía, de manera que se fuera una ayuda para la implementación de cada procedimiento descrito.

Figura 1.

Diagrama de flujo de procesos


Diagrama de flujo de procesos
Captura de datos en campo
Consolidación de formatos digitales
Generación de reportes periódicos
Análisis de KPIs y semaforización
Retroalimentación en reuniones mensuales
Plan de mejora continua

4.3.7 Instrumentos para el registro y control de la guía.

En las figuras 2 a la 6 se presentan los formatos correspondientes para la implementación de la guía.

Figura 2.

Formato de seguimiento de Avance Físico.

Formato de Seguimiento de Avance Físico						
Proyecto				**Código/Contrato**		
Ubicación		**Fecha del reporte**		**Responsable**		
Actividad	**Unidad de medida**	**Programado**	**Ejecutado**	**% Avance programado**	**% Avance real**	**Desviación**
Observaciones						
Firma del interventor	_____					

Figura 3.

Formato de control de recursos

Formato de Control de Recursos					
Proyecto				**Código/Contrato**	
Ubicación		**Fecha del reporte**		**Responsable**	
Control de Materiales					
Material	**Unidad**	**Cantidad Programada**	**Cantidad Utilizada**	**Desviación**	**Observaciones**
Control de Mano de Obra					
Actividad	**Jornada Programada (h-h)**	**Jornada Ejecutada (h-h)**	**Desviación**	**Observaciones**	
Control de Maquinaria y Equipo					
Equipo	**Horas Programadas**	**Horas Usadas**	**Disponibilidad (%)**	**Observaciones**	
Firma del interventor	_____				

Figura 4.

Formato de control de costos

Formato de Control de Costos					
Proyecto				**Código/Contrato**	
Ubicación		**Fecha del reporte**		**Responsable**	
Resumen General de Costos					
Categoría	**Presupuesto Programado (COP)**	**Costo Ejecutado (COP)**	**Variación (COP)**	**% Ejecución**	**Observaciones**
Control de Costos por Actividad					
Actividad	**Presupuesto (COP)**	**Ejecutado (COP)**	**Variación (COP)**	**Observaciones**	
Indicadores de Costos					
KPI Asociado	**Meta**	**Valor Actual**	**Señal (Verde, Amarilla, Roja)**	**Interpretación**	
Firma del interventor	_____				

Figura 5.

Formato de control de calidad

Formato de Control de Calidad					
Proyecto				**Código/Contrato**	
Ubicación		**Fecha del reporte**		**Responsable**	
Parámetros de Calidad Evaluados					
Actividad/Elemento	**Norma/Especificación**	**Requisito de Calidad**	**Resultado Obtenido**	**Conformidad (Sí/No)**	**Observaciones**
Ensayos y Verificaciones					
Ensayo/Prueba	**Norma Aplicada**	**Resultado**	**Cumple (Sí/No)**	**Observaciones**	
Indicadores de Calidad (KPIs)					
KPI Asociado	**Meta**	**Valor Actual**	**Señal (Verde, Amarilla, Roja)**	**Interpretación**	
Firma del interventor	_____				

Figura 6.

Formato de control de seguridad y salud en el trabajo.

Formato de Control de Seguridad y Salud en el Trabajo					
Proyecto				**Código/Contrato**	
Ubicación		**Fecha del reporte**		**Responsable**	
Condiciones de Seguridad en Obra					
Aspecto Evaluado	**Descripción**	**Norma/Regulación Aplicable**	**Resultado Observado**	**Cumple (Sí/No)**	**Observaciones**
Registro de Incidentes y Accidentes					
Fecha	**Tipo de Evento**	**Descripción**	**Acción Correctiva**	**Seguimiento**	
Indicadores de SST (KPIs)					
KPI Asociado	**Meta**	**Valor Actual**	**Señal (Verde, Amarilla, Roja)**	**Interpretación**	
Firma del responsable de SST	_____				

Capítulo 5. Conclusiones

La implementación de un sistema de aseguramiento de la calidad basado en indicadores de desempeño KPIs, se consolida como una herramienta que permite garantizar confiabilidad en los proyectos de construcción, en este caso de vivienda unifamiliar. Además, fortalece la trazabilidad de los procesos y se tiene una gestión mas eficiente de la mano de obra y los recursos.

La integración de los indicadores de desempeño KPIs agrupados en las dos categorías, siendo la mano de obra y equipos, facilita la detección temprana de deficiencias, mejorando la productividad y contribuyendo a reducir los sobrecostos y retrasos, lo que incrementa la calidad de las actividades que se ejecuten.

Finalmente, la implementación de esquemas de semaforización que llevan a acciones correctivas y preventivas asociadas a cada indicador, sumado a la retroalimentación, reportes y mejora continua, fomenta un ciclo de calidad que refuerza esta cultura y asegura que los proyectos respondan oportunamente a las exigencias técnicas, económicas y normativas del sector de la construcción en Colombia.

Capítulo 6. Referencias

Aithal, P. S., & Aithal, S. (2023). *Key performance indicators (KPI) for researchers at different levels & strategies to achieve it. International Journal of Management, Technology, and Social Sciences (IJMTS), 8(3),* 294-325. https://ssrn.com/abstract=4715312

Alcaldía de Chiriguaná. (2024). *Plan de Desarrollo Territorial "Juntos le ponemos el corazón a Chiriguaná" para el periodo constitucional 2024-2027.*

Altertecnia, (2019). *Productividad en el sector de la construcción*. https://altertecnia.com/productividad-en-el-sector-de-la-construccion/

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución Política de Colombia*. *Departamento Administrativo de la Función Pública.* https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

Autodesk. (s.f.). *KPIs de construcción: Qué son y cómo usarlos*. Recuperado el 9 de mayo de 2025, de https://www.autodesk.com/blogs/construction/construction-kpis/

Berrio, D. y Valer, H., (2020). *Gestión de programación y ejecución de un proyecto de ocho pisos mediante indicadores claves de rendimiento (KPI) empleando el BIM 5D y Lean Construction en la ciudad del Cusco - 2020*. [Tesis de Pregrado], Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6650

Bigwanto, A., Widayati, N., Wibowo, M. A., & Sari, E. M. (2024). *Key Performance Indicators (KPI) to measure effectiveness of lean construction in Indonesian Project. Sustainability,* 16(15), 6461. https://doi.org/10.3390/su16156461

Bigwanto, A., Widayati, N., Wibowo, M. y Sari, E., (2024). *Indicadores clave de rendimiento (KPI) para medir la eficacia de la construcción ajustada en un proyecto de Indonesia. Sostenibilidad,* 16 (6461). https://doi.org/10.3390/su16156461

Building and Construction Sector Productivity Taskforce (BCSPT - 2009). *A modern efficient and productive New Zealand built infrastructure industry*. Report of the Building and Construction Sector Productivity Taskforce, Department of Building and Housing, Wellington, New Zealand.

Cabrera, L., (2014). *Concepto y fundamento de la vivienda en Colombia*. Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/7298/CONCEPTO%20Y%0FUNDAMENTO%20DE%20LA%20VIVIENDA.pdf.

Cadavid, R. y Almanza, L., (2021). *Principales Factores Causales del Sobrecosto en Proyectos de Construcción Colombianos: Una Consulta a Profesionales del Sector.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Católica de Colombia. https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6af4d496-97a8-403d-ab6a-0ff8a5293389/content

Cardenos, D. A. (2021). *Revisión sistemática de literatura sobre beneficios de la implementación de la norma NTC-ISO 9001 en las empresas de Colombia*. Revista Avenir, 5(1), 1-15. https://fundacionavenir.com.co/avenir/index.php/revista/article/view/54

Carpio Peña, A. J. (2020). *Aplicación de procedimientos de control en base a un sistema de gestión de calidad con la norma ISO 9001: 2015 en obras de la empresa Constructora Cleo SRL*. https://hdl.handle.net/11537/25100

Chamorro Solórzano, G. E., Pérez Ruíz, D. D., & Serrano Guzmán, M. F. (2022). *Rol del interventor en la gestión de proyectos de infraestructura pública: estudio de caso del Valle del Cauca, Colombia. Ciencia ergo sum,* 29(1). https://doi.org/10.30878/ces.v29n1a1

Congreso de Colombia. (1993, 28 de octubre). *Ley 80 de 1993:* Departamento Administrativo de la Función Pública. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304

Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares. (1989). *Decreto 2090 de 1989, septiembre 13: Por el cual se aprueba el reglamento de honorarios para los trabajos de arquitectura.*

Coutinho, V., (2015). *KPIs: descubre qué son los indicadores clave de rendimiento y cómo usarlos para orientar tus estrategias*. Rock Content. https://rockcontent.com/es/blog/kpis/Rock Content

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2015). *Decreto 1082 de 2015: Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional*.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77653

Dipura, S., & Soediantono, D. (2022). *Benefits of key performance indicators (KPI) and proposed applications in the defense industry: a literature review. International Journal of Social and Management Studies,* 3(4), 23-33. https://doi.org/10.5555/ijosmas.v3i4.146

Ghio, V., (2001). *Productividad en obras de construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta* https://doi.org/10.18800/9789972424175

Hernández, M., (2024). *Colombia. Detrás del andamio: la estructura del sector de la construcción en Colombia.* BBVA Research. https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/colombia-detras-del-andamio-la-estructura-del-sector-de-la-construccion-en-colombia/

Holcim España, (2023). *Lean Construction: Qué es, Definición y Cómo se Aplica*. Recuperado de Holcim https://www.holcim.es/lean-construction-que-es-definicion-y-como-se-aplica

Jiménez, A., (2019). *Productividad en obras de construcción*. Revista de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Información y Comunicación, 3(2), 40–43.

Jiménez, M., (2007). *Interventoría de Proyectos Públicos* (1ª. Ed), Bogotá: Editorial UN

Kerzner, H. (2023*). Project management metrics, KPIs, and dashboards: a guide to measuring and monitoring project performance.* John wiley & sons.

Martínez, J. A. G. (2016). *Guía para la aplicación de ISO 9001 2015*. Alpha Editorial.

Mendoza Cordova, A. I. (2023*). Mejora de la productividad mediante la apliación de BIM y lean construction para la ejecutación de la cimentacion del edificio multifamiliar Mar de Plata II*. https://hdl.handle.net/20.500.14005/13455

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2022). *2021, el año de la vivienda: En promedio, cada 2 minutos y medio, una familia colombiana cumplió el sueño de tener su casa propia.* Recuperado de https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/2021-el-ano-de-la-

vivienda-en-promedio-cada-2-minutos-y-medio-una-familia-colombiana-cumplio-el-sueno-de-tener-su-casa-propia.

Norma ISO 21500: *Guía para la gestión de proyectos*. (2017, 11 de julio). SoftwareISO. https://www.isotools.org/2017/07/11/norma-iso-21500-guia-gestion-proyectos/

Petraitis, I. (2025). *Project management key performance indicators and their determination in organizations* (Master's thesis, Vilnius University Business School).

Pons, J., (2014). *Introduction a Lean Construction* (1.ª ed.). Fundación Laboral de la Construcción. https://www.researchgate.net/publication/275654575_Introduccion_a_Lean_Construction

Purizaca Ramos, R. D., & Pardave Medina, G. G. (2024*). Propuesta de mejora en los cumplimientos de tiempo para proyectos de construcción urbanos de una pyme constructora, basado en la filosofía Lean Construction y Estimación Basada en Tres* Valores. http://doi.org/10.19083/tesis/673271

Purizaca, R. y Pardave, G., (2023). *Propuesta de mejora en los cumplimientos de tiempo para proyectos de construcción urbanos de una pyme constructora, basado en la filosofía Lean Construction y Estimación Basada en Tres Valores*. [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/673271

Romuacca, J., (2016). *Aumento de la Productividad Utilizando el Método Lean Construction en una Obra en la Ciudad del Cusco*. Zdocs.ro. https://zdocs.ro/doc/tarea-final-op0lk2ld7gpy

Sánchez, J., (2007). *Gestión organizativa en el proceso edificatorio: regulación de la interventoría de proyectos en Colombia*. (1ra Ed.) Universidad Nacional de Colombia. Medellín. https://oa.upm.es/488/

Sarmiento, J., González, J. y Hernández, C., (2020). *Analysis of the impact of the construction sector on Colombian economy.* Universidad Distrital https://doi.org/10.14483/22487638.16194

Serpell, A. (1986). *Productividad en la construcción.* Revista de Ingeniería en Construcción No.1

Setiawan, I., & Purba, H. H. (2020*). A systematic literature review of key performance indicators (KPIs) implementation. Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(3), 200-208. https://doi.org/10.7777/jiemar.v1i3.79

Solís, R., Zaragoza, J. y Gonzáles, J., (2019). *Gestión de las Maquinarias de Construcción.* Universidad Autónoma de Yucatán. vol. 23, núm. 3, pp. 1-14. https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/#fn1

Takagi, N., & Varajão, J. (2022). *ISO 21500 and success management: an integrated model for project management. International Journal of Quality & Reliability Management,* 39(2), 408-427. https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2020-0353

Tineo, M., (2017). *Uso de indicadores kpi para la mejora del proceso constructivo de redes secundarias de gas natural en el distrito de Lurín, Lima – 2017*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18332

Vargas, W., (2019). *Definición de estrategia de BI para monitorear el desempeño académico de instituciones de educación media: caso Colegio Liceo Bet-El.* [Tesis de Pregrado]. Universidad Católica de Colombia. https://hdl.handle.net/10983/23251

Vera, P., (Ed.). (2021). Manual de Introducción a la Metodología de Investigación. Autores Editores.