

Formulación de una Guía Metodológica Conceptual para la Aplicación de la Práctica Recomendada AACE 79R-13 (Nivel de Esfuerzo) en la Etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020, en Proyectos de Construcción Gestionados con Valor Ganado y Soportados en Entornos de Modelación Digital de la Construcción (BIM / ISO 19650)

Kristhian Leonardo Suárez Caballero

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Proyectos de Construcción

Director

Guillermo Mejía Aguilar

Doctor en Ingeniería de la Construcción

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción

BUCARAMANGA

2026

Contenido

Introducción	10
1. Planteamiento del Problema.....	12
2. Justificación.....	15
3. Objetivos	17
3.1. Objetivo General	17
3.2. Objetivos Específicos	17
4. Alcance.....	19
4.1. Lo que el trabajo aborda.....	19
4.2. Lo que queda fuera del alcance	20
4.3. Tipo de producto.....	21
4.4. Limitaciones declaradas	21
5. Marco Teórico	23
5.1. Gestión del Valor Ganado.....	23
5.1.1. Origen y marco normativo.....	23
5.1.2. Conceptos fundamentales	23
5.1.3. Expresiones matemáticas.....	24
5.1.4. Métodos de medición del Valor Ganado.....	26
5.1.5. Aplicación del EVM al sector de la construcción	26
5.1.6. Limitaciones del EVM en la fase de diseño	27
5.2. Nivel de Esfuerzo y práctica recomendada AACE 79R-13	29
5.2.1. Tipos de trabajo en el marco del EVM.....	29
5.2.2. Definición y características del Nivel de Esfuerzo.....	29
5.2.3. La práctica recomendada AACE 79R-13	30

5.2.4.	Riesgos en la aplicación del Nivel de Esfuerzo.....	31
5.2.5.	Análisis crítico de metodologías avanzadas: enmascaramiento, esfuerzo prorrateado y LOE en cronogramas integrados maestros	31
5.3.	Plan de Trabajo RIBA 2020 y etapa de Diseño Técnico	34
5.3.1.	Origen, propósito y vigencia	34
5.3.2.	Estructura general de etapas	34
5.3.3.	Etapa 4: Diseño Técnico.....	35
5.4.	Gestión de la información en entornos BIM y familia ISO 19650	36
5.4.1.	Concepto de modelación de información de la construcción.....	36
5.4.2.	Familia de normas ISO 19650.....	36
5.4.3.	Elementos clave de la gestión de información en la etapa de Diseño Técnico	37
5.4.4.	Carga de trabajo asociada a la gestión de información BIM.....	38
5.5.	Articulación conceptual entre los cuatro marcos	39
6.	Metodología	41
6.1.	Tipo de estudio y enfoque metodológico	41
6.2.	Fuentes de información y criterios de selección	41
6.2.1.	Categorías de fuentes.....	42
6.2.2.	Criterios de selección	42
6.2.3.	Inventario de fuentes consultadas.....	43
6.3.	Procedimiento de análisis de contenido	43
6.3.1.	Definición de categorías analíticas.....	43
6.3.2.	Lectura analítica y codificación.....	44
6.3.3.	Síntesis transversal por categoría	44
6.3.4.	Control interno de coherencia conceptual	44
6.4.	Etapa 1: revisión del marco conceptual y normativo	44

6.4.1.	Eje EVM y AACE 79R-13	45
6.4.2.	Eje RIBA 2020	45
6.4.3.	Eje ISO 19650	45
6.4.4.	Eje normativo colombiano	45
6.5.	Etapa 2: caracterización de la etapa de Diseño Técnico	46
6.6.	Etapa 3: identificación y clasificación de actividades de Nivel de Esfuerzo	46
6.6.1.	Criterios de identificación	47
6.6.2.	Reglas de agrupación en paquetes	48
6.7.	Etapa 4: diseño de la guía metodológica y de sus herramientas	50
6.8.	Etapa 5: lineamientos para implementación y validación futura	51
6.9.	Correspondencia entre objetivos específicos, etapas metodológicas y productos	52
6.10.	Limitaciones del enfoque metodológico	53
7.	Desarrollo de la guía metodológica.....	54
7.1.	Enfoque general de la guía	54
7.2.	Caracterización estructurada de la etapa de Diseño Técnico (RIBA 2020)	55
7.3.	Paso 1: Identificación, clasificación y agrupación de actividades como Nivel de Esfuerzo	55
7.4.	Paso 2: Integración del Nivel de Esfuerzo con el método de gestión del Valor Ganado	57
7.5.	Paso 3: Articulación del Nivel de Esfuerzo con la gestión de información bajo ISO 19650	59
7.6.	Herramientas conceptuales pobladas con ejemplo ilustrativo hipotético.....	60
7.7.	Lineamientos para implementación inicial y validación futura	69
7.7.1.	Condiciones organizacionales recomendadas para la implementación inicial	69
7.7.2.	Criterios para selección de proyectos piloto	71
7.7.3.	Fuentes de información para la validación	71

7.7.4. Indicadores de seguimiento de la implementación piloto	72
7.7.5. Criterios de diseño metodológico para investigaciones posteriores.....	72
7.7.6. Salvedad explícita.....	73
8. Conclusiones	74
9. Recomendaciones.....	77
9.1. Para organizaciones del sector	77
9.2. Para equipos de proyecto.....	77
9.3. Para programas académicos	78
Referencias bibliográficas.....	80
Apéndices.....	85

Lista de Tablas

Tabla 1. Correspondencia entre objetivos específicos, etapas metodológicas y productos	52
Tabla 2. Mapa de correspondencia RIBA – LOE – EVM – ISO 19650 (ejemplo ilustrativo hipotético)	62
Tabla 3. Lista de verificación para planificación y seguimiento (ejemplo ilustrativo).....	63
Tabla 4. Hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado al cierre de semana 8 (ejemplo ilustrativo)	65

Lista de Apéndices

Apéndice A. Matriz de extracción conceptual de la práctica AACE 79R-13	85
Apéndice B. Matriz de fuentes revisadas.....	90
Apéndice C. Fichas de análisis de contenido.....	94
Apéndice D. Mapa de codificación de categorías.....	99
Apéndice E. Práctica recomendada traducida al español.	101

Resumen

Título: Formulación de una guía metodológica conceptual para la aplicación de la práctica recomendada AACE 79R-13 (Nivel de Esfuerzo) en la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020, en proyectos de construcción gestionados con Valor Ganado y soportados en entornos de modelación digital de la construcción (BIM / ISO 19650).¹

Autor: Kristhian Leonardo Suárez Caballero.²

Palabras clave: Nivel de Esfuerzo, AACE 79R-13, Valor Ganado, EVM, Plan de Trabajo RIBA 2020, Diseño Técnico, BIM, ISO 19650, gestión de la información, guía metodológica.

Descripción:

En la etapa de Diseño Técnico se concentra un volumen significativo de actividades de apoyo —coordinación entre disciplinas, supervisión normativa, gestión de la información, control de versiones y revisión de interferencias— cuyo esfuerzo no suele planificarse ni medirse de forma explícita. La práctica recomendada AACE 79R-13 (AACE International, 2020) introduce el Nivel de Esfuerzo (Level of Effort, LOE) para estas tareas dentro del Valor Ganado, pero las fuentes consultadas no lo articulan con la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020 (RIBA, 2020) ni con las exigencias de información de la familia ISO 19650 (ISO, 2018a, 2018b). El trabajo formula una guía conceptual y documental, sin aplicación empírica, para identificar, clasificar, planificar y medir esas actividades, separándolas del trabajo técnico discreto. La metodología, documental y descriptiva, analiza cuatro referencias: la AACE 79R-13, las normas del Valor Ganado (EIA-748, revisión vigente SAE/EIA-748E:2026), el RIBA 2020 y la ISO 19650. El producto es una guía en pasos con cuatro herramientas conceptuales pobladas con un ejemplo ilustrativo hipotético: un mapa de correspondencia, una lista de verificación, una hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado (PV, EV, AC, SPI, CPI y EAC) y un mini plan de ejecución BIM. Se reconoce como una propuesta conceptual no validada; su validación mediante proyectos piloto o estudios de caso queda como investigación futura.

¹ Trabajo de Grado.

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Doctor en Ingeniería de la Construcción.

Abstract

Title: Conceptual methodological guide for the application of the AACE recommended practice 79R-13 (Level of Effort) in the Technical Design stage of the RIBA Plan of Work 2020, for construction projects managed under Earned Value Management and supported by digital construction modelling environments (BIM / ISO 19650).³

Author: Kristhian Leonardo Suárez Caballero.⁴

Keywords: Level of Effort (LOE), AACE 79R-13, Earned Value Management (EVM), RIBA Plan of Work 2020, Technical Design, BIM, ISO 19650, information management, methodological guide, construction projects.

Abstract:

The Technical Design stage concentrates a significant volume of support activities — interdisciplinary coordination, regulatory supervision, information management, version control, and clash detection— whose effort is rarely planned or measured explicitly. The AACE recommended practice 79R-13 (AACE International, 2020) introduces Level of Effort (LOE) for these tasks within Earned Value Management, but the sources consulted do not link it to the Technical Design stage of the RIBA Plan of Work 2020 (RIBA, 2020) or to the information requirements of the ISO 19650 family (ISO, 2018a, 2018b). The work formulates a conceptual, documentary guide, without empirical application, to identify, classify, plan, and measure these activities, keeping them separate from discrete technical work. The methodology, documentary and descriptive, analyzes four references: AACE 79R-13, the Earned Value Management standards (EIA-748, current revision SAE/EIA-748E:2026), the RIBA 2020, and ISO 19650. The product is a step-by-step guide with four conceptual tools populated with a hypothetical illustrative example: a correspondence map, a checklist, a Level of Effort earned value record sheet (PV, EV, AC, SPI, CPI, and EAC), and a mini-BIM Execution Plan. It is acknowledged as a conceptual proposal that has not been validated; its validation through pilot projects or case studies is left as future research.

³ Degree Work.

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Specialization in Construction Project Management. Director: Guillermo Mejía Aguilar, PhD in Construction Engineering.

Introducción

La gestión moderna de proyectos de construcción exige integrar, de manera coherente, el control de tiempo, costo y alcance con la calidad y trazabilidad de la información técnica que soporta las decisiones de diseño. La gestión estructurada de ese proceso de diseño en entornos de modelación de información de la construcción, articulada con esquemas de entrega integrada de proyectos, ha sido abordada previamente por el autor (Suárez Caballero, 2019), antecedente que sustenta el interés de este trabajo por vincular la coordinación del diseño con metodologías formales de planificación y control. En la práctica, una parte significativa del esfuerzo invertido en los proyectos se destina a actividades de apoyo: coordinación entre disciplinas, revisión de requisitos normativos, gestión de información técnica, seguimiento de avances y supervisión del trabajo de diseño. Estas tareas son esenciales para el desempeño del proyecto, pero no siempre se traducen en entregables claramente medibles, lo que dificulta su planificación y su control.

La práctica recomendada AACE 79R-13 (AACE International, 2020) introduce el concepto de Nivel de Esfuerzo como categoría específica para este tipo de actividades de apoyo. Bajo este enfoque, el nivel de esfuerzo permite registrar y hacer visible el trabajo que no se mide por unidades físicas producidas, sino por el tiempo y los recursos dedicados a funciones de gestión, coordinación y supervisión. Sin embargo, la aplicación directa de esta práctica en proyectos de construcción no es trivial: requiere adaptar sus principios al contexto particular de cada organización, de cada metodología de gestión y de cada fase del ciclo de vida del proyecto.

En paralelo, el Plan de Trabajo RIBA 2020 (RIBA, 2020) estructura el desarrollo de los proyectos en una serie de etapas, dentro de las cuales la etapa de Diseño Técnico ocupa un lugar estratégico. En esta etapa se consolidan los diseños arquitectónicos, estructurales y de las demás disciplinas, se definen sistemas constructivos, se preparan los documentos necesarios para licencias y permisos, y se genera la información técnica que servirá de base para la futura ejecución. Es una fase intensiva en coordinación, revisión y gestión de información, donde el nivel de esfuerzo es alto, pero no siempre está claramente identificado ni medido.

Adicionalmente, la creciente adopción de entornos de modelación digital de la construcción (BIM) y de entornos comunes de datos (ISO, 2018a, 2018b) introduce nuevas exigencias sobre cómo organizar la información, cómo definir los requerimientos de información por parte del cliente o del promotor, cómo estructurar los modelos y qué grado de detalle deben

alcanzar en cada etapa. Todo esto refuerza la necesidad de contar con criterios claros para gestionar las actividades de apoyo que sostienen el trabajo de diseño, especialmente cuando el proyecto se administra bajo un enfoque de gestión del valor ganado.

En este contexto, la presente monografía tiene como objetivo formular una guía metodológica para implementar la práctica AACE 79R-13 sobre Nivel de Esfuerzo en proyectos de construcción gestionados con el método de gestión del valor ganado, enfocada exclusivamente en la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020. La guía se orienta a:

- Distinguir las actividades de nivel de esfuerzo de las actividades técnicas que generan entregables medibles.
- Definir criterios para planificar estas actividades de apoyo dentro de la estructura de trabajo del proyecto sin alterar la ruta crítica.
- Proponer reglas básicas para medir su desempeño en términos de valor planificado, valor efectivamente ganado y costo real.
- Vincular estas actividades de apoyo con la gestión de la información en entornos BIM, incluyendo los requerimientos de información, la organización del entorno común de datos y el grado de detalle esperado en los modelos.

Es importante aclarar que este trabajo no presenta resultados empíricos ni describe la aplicación de la guía en un caso de estudio real. Los aportes se concentran en el plano conceptual y metodológico: se proponen lineamientos estructurados que pueden ser utilizados como referencia inicial por las organizaciones y los equipos de proyecto que deseen incorporar el nivel de esfuerzo en la etapa de Diseño Técnico. La validación de estos lineamientos, su ajuste a diferentes tipos de proyectos y su medición en términos de desempeño se dejan expresamente planteadas como líneas de trabajo para investigaciones futuras, que deberán desarrollarse mediante proyectos piloto o estudios de caso específicos.

1. Planteamiento del Problema

La gestión de proyectos de construcción enfrenta una tensión persistente entre la necesidad de controlar plazos, costos y alcance de manera medible, y la dificultad de hacerlo en aquellas actividades que, siendo críticas para el desempeño del proyecto, no generan entregables físicos discretos. Esta tensión se concentra de manera particular en la etapa de Diseño Técnico, donde una proporción importante del trabajo se destina a tareas de coordinación entre disciplinas, supervisión de cumplimiento normativo, control de calidad de la información, gestión de cambios y administración del entorno común de datos (Abanda et al., 2025; Cândido et al., 2014). Estas actividades sostienen el trabajo técnico, pero su esfuerzo rara vez se planifica, se presupuesta o se mide de forma explícita.

El método de gestión del Valor Ganado (Earned Value Management, EVM), formalizado bajo la norma EIA-748, en su revisión vigente SAE/EIA-748E:2026 (SAE International, 2026), comúnmente referida en la industria como ANSI/EIA-748, ofrece un marco riguroso para integrar alcance, tiempo y costo en la medición del desempeño de un proyecto. Su lógica se basa en la comparación entre Valor Planificado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Real (AC), y en los índices derivados de estas magnitudes. Sin embargo, su aplicación directa al trabajo de apoyo es problemática: el Valor Ganado se define en función del avance del trabajo realizado, y el trabajo de apoyo no produce avance físico medible. Frente a esta limitación, la práctica recomendada AACE 79R-13, *Planning and Execution of Level of Effort Work on Earned Value Projects* (AACE International, 2020), propone tratar este tipo de actividades como Nivel de Esfuerzo (Level of Effort, LOE), una categoría específica cuya medición se basa principalmente en el tiempo durante el cual se presta el servicio de apoyo.

La aplicación de la práctica AACE 79R-13 al contexto de la etapa de Diseño Técnico, sin embargo, no es trivial. La estructura de esa etapa, tal como la define el Plan de Trabajo RIBA 2020 (RIBA, 2020), incluye subprocesos heterogéneos: desarrollo del diseño técnico de las disciplinas, procesos normativos, intercambios de información y consolidación de resultados. Cada uno de estos subprocesos contiene una mezcla particular de trabajo discreto y trabajo de apoyo. Determinar qué tareas deben tratarse como LOE, cómo agruparlas en paquetes coherentes, cómo planificarlas dentro del cronograma sin afectar la ruta crítica, y cómo medir su desempeño en el

lenguaje del Valor Ganado, requiere una articulación específica entre la AACE 79R-13 y el RIBA 2020 que no se encuentra desarrollada en la literatura accesible (Aramali et al., 2022).

A esta dificultad se suma una tercera capa: la transformación digital de la etapa de diseño mediante metodologías de modelación de información de la construcción (Building Information Modeling, BIM) y la adopción de la familia de normas ISO 19650 (ISO, 2018a, 2018b). Los entornos BIM introducen exigencias estructuradas sobre los requerimientos de información del cliente, el plan de ejecución BIM, el entorno común de datos y el nivel de información necesario en cada etapa. Una parte sustancial del Nivel de Esfuerzo en Diseño Técnico está hoy asociada a estas tareas de gestión de información, pero no se identificó, en las fuentes consultadas, un marco que articule de manera explícita el LOE de la AACE 79R-13 con las funciones que las normas ISO 19650 asignan a los actores del proceso de información (Abanda et al., 2025).

En consecuencia, se identifica un vacío conceptual y metodológico: las organizaciones que desarrollan proyectos de construcción en entornos BIM, gestionados con Valor Ganado y estructurados según el Plan de Trabajo RIBA 2020, no disponen de una guía específica que les indique cómo aplicar la práctica AACE 79R-13 a la etapa de Diseño Técnico. La consecuencia práctica de este vacío es doble. Por un lado, el trabajo de apoyo en diseño se diluye dentro de actividades técnicas, lo que distorsiona los indicadores de desempeño y oculta sobrecargas reales en los equipos. Por otro lado, las decisiones sobre cómo tratar el LOE quedan libradas al criterio individual de cada gerente de proyecto, sin marcos comunes que faciliten la comparabilidad, la trazabilidad y la mejora continua entre proyectos (Aramali et al., 2022).

A partir de lo anterior, este trabajo plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo formular una guía metodológica conceptual que permita aplicar la práctica recomendada AACE 79R-13 sobre Nivel de Esfuerzo en la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020, en proyectos de construcción gestionados con el método de gestión del Valor Ganado y soportados en entornos de modelación digital de la construcción bajo la familia ISO 19650, de manera que esa guía sea coherente con los cuatro marcos de referencia, mantenga separado el trabajo de apoyo del trabajo técnico discreto, y constituya una base operativa susceptible de validación empírica posterior?

La pregunta se desagrega en cuatro preguntas específicas, que orientan la estructura del trabajo:

- ¿Cuáles son los requisitos y restricciones que imponen, de manera conjunta, la práctica AACE 79R-13, el método de gestión del Valor Ganado, el Plan de Trabajo RIBA 2020 y las normas ISO 19650 a la gestión del Nivel de Esfuerzo en la etapa de Diseño Técnico?
- ¿Qué actividades de la etapa de Diseño Técnico son susceptibles de tratarse como Nivel de Esfuerzo y bajo qué criterios pueden distinguirse del trabajo técnico discreto?
- ¿Cómo deben planificarse y medirse estas actividades de apoyo en términos de Valor Planificado, Valor Ganado y Costo Real, sin distorsionar la programación ni los indicadores de desempeño del proyecto?
- ¿Qué herramientas conceptuales permiten operacionalizar la guía de manera trazable, y bajo qué condiciones podría validarse su utilidad en proyectos reales?

El presente trabajo aborda estas preguntas en el plano conceptual y documental. No incluye aplicación empírica en proyectos reales; esa validación se plantea expresamente como línea de investigación futura.

2. Justificación

La justificación de este trabajo se articula en cuatro planos: el plano práctico, el plano normativo, el plano académico y el plano disciplinar del autor.

En el plano práctico, la etapa de Diseño Técnico es una de las fases del ciclo de vida del proyecto donde las decisiones tienen mayor impacto sobre el costo final y la viabilidad técnica de la construcción (MacLeamy, 2004). Las decisiones tomadas en esta etapa condicionan las posibilidades de optimización en la fase de construcción, los riesgos de reproceso y la calidad del producto entregado. Una parte sustancial del esfuerzo de esta etapa no se invierte en la producción directa de planos o modelos, sino en su coordinación, su revisión y su validación normativa. Cuando este esfuerzo no se planifica ni se mide, las organizaciones operan con información incompleta sobre sus propios procesos: subestiman la carga real de los equipos de diseño, no identifican las tareas de apoyo que generan cuellos de botella y no pueden comparar el desempeño entre proyectos. Formular una guía que estructure este Nivel de Esfuerzo aporta un instrumento que las organizaciones pueden adoptar, adaptar y, eventualmente, evaluar.

En el plano normativo, el trabajo se sitúa en la intersección de cuatro marcos de referencia ampliamente aceptados. La práctica AACE 79R-13 representa la posición de una de las principales asociaciones internacionales de ingeniería de costos sobre el tratamiento del Nivel de Esfuerzo en proyectos de Valor Ganado (AACE International, 2020). La norma EIA-748, en su revisión vigente SAE/EIA-748E:2026, establece el conjunto de directrices que debe cumplir un sistema de gestión del Valor Ganado para considerarse conforme (SAE International, 2026). El Plan de Trabajo RIBA 2020 es uno de los marcos más utilizados a nivel internacional para estructurar el ciclo de vida de proyectos de edificación (RIBA, 2020). La familia ISO 19650 es la norma de referencia para la gestión de información en entornos BIM y ha sido adoptada en múltiples países como base regulatoria o sectorial (ISO, 2018a, 2018b; Abanda et al., 2025). Articular estos cuatro marcos en un único instrumento conceptual contribuye a reducir la fragmentación normativa que enfrentan las organizaciones que operan simultáneamente bajo varios de ellos.

En el plano académico, una revisión preliminar de la literatura accesible muestra que los cuatro marcos han sido tratados de manera predominantemente separada (Aramali et al., 2022). Existe literatura abundante sobre EVM en construcción (Fleming & Koppelman, 2010; Salazar-Mendoza et al., 2022), literatura específica sobre LOE en contextos de ingeniería (Boyle, 2017;

Demos, 2023), literatura sobre el RIBA Plan of Work como marco de gestión de fases (RIBA, 2020), y literatura creciente sobre BIM e ISO 19650 (Abanda et al., 2025; EFCA, 2020). Sin embargo, los trabajos que articulen explícitamente el LOE de la AACE 79R-13 con la etapa de Diseño Técnico del RIBA 2020, dentro de proyectos gestionados con EVM y soportados en BIM bajo ISO 19650, son escasos o no fueron identificados en las fuentes consultadas. Este vacío justifica un trabajo de naturaleza conceptual, orientado a construir el marco articulador que la literatura no ofrece todavía de manera integrada.

Es importante delimitar con honestidad el alcance del aporte académico. Este trabajo no genera evidencia empírica nueva; no aporta datos cuantitativos sobre desempeño de proyectos; no valida hipótesis mediante estudios de caso. Su contribución se sitúa en un nivel anterior: producir el instrumento conceptual sobre el cual investigaciones posteriores puedan diseñar pilotos, recoger datos y generar evidencia. Esta delimitación no debilita la justificación: corresponde a una etapa legítima y necesaria del trabajo académico, particularmente apropiada para una monografía de especialización, cuyo propósito formativo es demostrar capacidad de articulación crítica de marcos teóricos y normativos.

En el plano disciplinar, el autor desarrolla su trabajo profesional en el contexto colombiano, donde la adopción de prácticas formales de gestión del Valor Ganado, así como la implementación de BIM bajo ISO 19650, se encuentra en proceso de consolidación (CONPES, 2019; DNP, 2020; Universidad EAN, 2023). La AACE tiene presencia formal en el país a través de su capítulo nacional (AACE Colombia Section, s.f.), lo que sugiere un interés creciente del sector por incorporar prácticas internacionales de ingeniería de costos. En este contexto, disponer de una guía metodológica conceptual en español, articulada a marcos internacionales y aplicada específicamente a la etapa de Diseño Técnico, contribuye a reducir la barrera de entrada para organizaciones colombianas que deseen aproximarse a estas prácticas. Aunque el trabajo no se restringe geográficamente, su utilidad inicial es especialmente clara para el contexto profesional del autor y sus pares.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Formular una guía metodológica de carácter conceptual y documental para la aplicación de la práctica recomendada AACE 79R-13 sobre Nivel de Esfuerzo en la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020, en proyectos de construcción gestionados con el método de gestión del Valor Ganado y soportados en entornos de modelación digital de la construcción bajo la familia de normas ISO 19650, articulando los cuatro marcos de referencia en un instrumento susceptible de ser validado empíricamente en investigaciones posteriores.

3.2. Objetivos Específicos

- Analizar de manera integrada los requisitos, restricciones y principios operativos derivados de la práctica AACE 79R-13, del método de gestión del Valor Ganado conforme a la norma EIA-748, del Plan de Trabajo RIBA 2020 y de la familia ISO 19650, con el propósito de identificar los puntos de convergencia y los vacíos de articulación que justifican la formulación de una guía específica para la etapa de Diseño Técnico.
- Caracterizar la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020, identificando sus subprocesos, sus actividades técnicas principales, sus actividades de apoyo, los roles típicos involucrados y los flujos básicos de información, como base para localizar las tareas susceptibles de tratarse como Nivel de Esfuerzo.
- Definir un conjunto de criterios y un procedimiento para identificar, clasificar y agrupar las actividades de apoyo de la etapa de Diseño Técnico como paquetes de Nivel de Esfuerzo, diferenciándolas del trabajo técnico discreto y previniendo distorsiones sobre la ruta crítica y los indicadores de desempeño del proyecto.
- Diseñar la guía metodológica conceptual y sus herramientas de soporte, integrando los paquetes de Nivel de Esfuerzo dentro del enfoque de gestión del Valor Ganado mediante expresiones de Valor Planificado, Valor Ganado, Costo Real, índices de desempeño y estimaciones a la terminación, y vinculando estos paquetes con la gestión de la información BIM bajo la familia ISO 19650; las herramientas se poblan con un ejemplo ilustrativo hipotético, declarado explícitamente como tal.

- Establecer las condiciones, los criterios y los lineamientos generales bajo los cuales la guía propuesta podría ser implementada y validada en proyectos reales mediante estudios piloto o casos de estudio, identificando fuentes de información, indicadores de seguimiento y criterios de diseño metodológico para investigaciones posteriores.

4. Alcance

El alcance de esta monografía se define en dos niveles: lo que el trabajo sí aborda y lo que queda deliberadamente fuera. Ambos niveles se declaran con el propósito de garantizar coherencia entre el título, la pregunta de investigación, los objetivos, el desarrollo y las conclusiones.

4.1. Lo que el trabajo aborda

- La revisión y síntesis estructurada de los cuatro marcos de referencia que sustentan la guía: la práctica recomendada AACE 79R-13 sobre Nivel de Esfuerzo, el método de gestión del Valor Ganado conforme a la norma EIA-748, el Plan de Trabajo RIBA 2020 en su etapa de Diseño Técnico, y la familia de normas ISO 19650 sobre gestión de información en entornos BIM. La revisión se realiza con el grado de profundidad necesario para sustentar la guía, sin pretender agotar la literatura disponible sobre cada marco.
- La caracterización estructurada de la etapa de Diseño Técnico (Stage 4, Technical Design) del Plan de Trabajo RIBA 2020, incluyendo descripción de subprocessos, actividades técnicas principales, actividades de apoyo, roles típicos y flujos básicos de información.
- La definición de criterios y de un procedimiento para identificar, clasificar y agrupar las actividades de apoyo como paquetes de Nivel de Esfuerzo, diferenciándolas del trabajo técnico discreto.
- El diseño de la guía metodológica conceptual organizada en pasos secuenciales, con descripción del propósito, las entradas, las salidas y los responsables típicos de cada paso.
- El diseño y la presentación de cuatro herramientas conceptuales pobladas con un ejemplo ilustrativo hipotético: un mapa de correspondencia entre la etapa de Diseño Técnico, las actividades técnicas y los paquetes de Nivel de Esfuerzo; una lista de verificación para la planificación y el seguimiento; una hoja de registro de Nivel de Esfuerzo dentro del enfoque de Valor Ganado, con cálculo de Valor Planificado, Valor Ganado, Costo Real, SPI, CPI y EAC; y un mini plan de ejecución BIM enfocado en la etapa de Diseño Técnico.
- La incorporación, como anexos de evidencia documental, de la matriz de fuentes revisadas, las fichas de análisis de contenido y el mapa de codificación de categorías que sustentan las decisiones conceptuales adoptadas en la guía.

- La formulación de criterios y lineamientos generales para una eventual implementación y validación posterior de la guía en proyectos reales, mediante estudios piloto o casos de estudio.

4.2. Lo que queda fuera del alcance

Las exclusiones siguientes corresponden a decisiones deliberadas de diseño metodológico, no a omisiones. Se declaran con explicitud para evitar lecturas erróneas del aporte del trabajo.

- La aplicación empírica de la guía en proyectos reales de construcción y la presentación de resultados cuantitativos sobre su desempeño. El trabajo se sitúa en el nivel anterior: producir el instrumento sobre el cual investigaciones posteriores podrán diseñar pilotos y generar evidencia. Esta limitación se reconoce como propia de una monografía de especialización, no como debilidad del estudio.
- El desarrollo detallado de metodologías de la propia AACE 79R-13 cuya integración directa al cronograma maestro de un proyecto de construcción podría introducir distorsiones sobre la ruta crítica o sobre la lectura de los indicadores de desempeño, en particular los esquemas de enmascaramiento, el esfuerzo prorrateado y la incorporación del Nivel de Esfuerzo dentro de cronogramas integrados maestros complejos (Integrated Master Schedule, IMS). Estas metodologías se abordan en el desarrollo del trabajo desde una perspectiva de análisis crítico documental, identificando los riesgos que la literatura les atribuye, pero no se incorporan al diseño operativo de la guía propuesta.
- El tratamiento exhaustivo de todas las etapas del Plan de Trabajo RIBA 2020. Solo se abordan, de las restantes etapas, los elementos estrictamente necesarios para situar la etapa de Diseño Técnico dentro del ciclo de vida del proyecto. La ampliación de la guía a otras etapas se identifica como línea de investigación futura.
- El desarrollo completo de la familia ISO 19650 en todas sus partes. Se trabajan los conceptos de las partes 1 y 2 (conceptos y principios; entrega de la fase de inversión) en la medida en que aportan al diseño de la guía. Las restantes partes de la familia se mencionan cuando es pertinente, sin profundizar en ellas.
- La construcción de herramientas informáticas, plantillas digitales operativas, plugins o sistemas de soporte a la decisión basados en software. Las herramientas de la guía se

presentan en formato conceptual, transcribibles a cualquier soporte que la organización elija.

- La generación de un conjunto de indicadores específicos de desempeño del Nivel de Esfuerzo en diseño técnico distinto del conjunto estándar de EVM. La guía utiliza las expresiones canónicas del Valor Ganado (PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC) aplicadas al caso particular del LOE, sin proponer indicadores nuevos.
- La adaptación de la guía a marcos contractuales o regulatorios de jurisdicciones específicas. El instrumento se formula en un nivel de generalidad que permite su uso en distintos contextos, dejando la adaptación a cada marco regulatorio como responsabilidad del usuario y como línea de investigación futura.

4.3. Tipo de producto

El producto final del trabajo es un documento académico que contiene: la justificación, el marco teórico, la metodología, la guía metodológica conceptual estructurada en pasos, las cuatro herramientas pobladas con ejemplo ilustrativo hipotético, las conclusiones, las recomendaciones y los anexos de evidencia documental. El trabajo no entrega software, plantillas digitales operativas ni manuales de implementación organizacional.

4.4. Limitaciones declaradas

Se reconocen explícitamente las siguientes limitaciones, con el propósito de que el lector evalúe el aporte del trabajo en sus términos correctos:

- El trabajo se basa en literatura accesible al autor y en los documentos oficiales disponibles de las prácticas y normas referidas. Si bien se procura la mayor cobertura posible, no se realizó una revisión sistemática de literatura conforme a protocolos formales del tipo PRISMA o equivalente.
- El ejemplo ilustrativo hipotético utilizado para poblar las herramientas no constituye evidencia empírica. Su función es demostrar el uso conceptual de las herramientas, no validar su utilidad en proyectos reales.

- Las afirmaciones del trabajo sobre vacíos en la literatura se basan en una revisión preliminar y no en una revisión sistemática. Se reconoce que pueden existir trabajos que aborden parcialmente la integración entre los cuatro marcos y que no hayan sido identificados en esta revisión.
- La guía propuesta refleja una interpretación del autor sobre cómo articular los cuatro marcos. Otras interpretaciones legítimas son posibles y deseables. La guía no se presenta como solución única, sino como propuesta abierta a discusión y ajuste.
- Las referencias normativas colombianas (NSR-10, RETIE) se incluyen como contexto ilustrativo del marco regulatorio aplicable a la etapa de Diseño Técnico de proyectos de edificación en Colombia, y no constituyen una compilación exhaustiva del régimen vigente. Las modificaciones puntuales posteriores a los textos referenciados no son determinantes para el propósito conceptual de la presente monografía.

5. Marco Teórico

El marco teórico del presente trabajo se organiza en cuatro ejes que corresponden a los marcos de referencia identificados en el planteamiento del problema: la gestión del Valor Ganado como sistema de medición de desempeño, el Nivel de Esfuerzo y la práctica recomendada AACE 79R-13 como categoría específica para el trabajo de apoyo, el Plan de Trabajo RIBA 2020 con énfasis en la etapa de Diseño Técnico como estructura de fases del proyecto, y la gestión de la información en entornos BIM bajo la familia de normas ISO 19650 como contexto digital de la etapa de diseño. Tras la presentación de cada eje, una sección final propone la articulación conceptual entre los cuatro, sobre la cual se construye la guía metodológica del capítulo de desarrollo.

5.1. Gestión del Valor Ganado

5.1.1. Origen y marco normativo

La gestión del Valor Ganado (Earned Value Management, EVM) es un método integrado de planificación, presupuestación y control de proyectos que combina las dimensiones de alcance, tiempo y costo en un único marco de medición del desempeño. Su origen se sitúa en los sistemas de control de costos desarrollados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos durante la década de 1960, y su consolidación normativa se produce con la publicación de la norma EIA-748, cuya revisión vigente al momento de redacción del presente trabajo es SAE/EIA-748E:2026 (SAE International, 2026), que establece el conjunto de directrices que debe cumplir un sistema de gestión del Valor Ganado para considerarse conforme. La práctica recomendada AACE 79R-13 (AACE International, 2020) fue emitida bajo la Revisión D de EIA-748 entonces vigente; sus principios sobre Nivel de Esfuerzo se utilizan en este trabajo bajo el marco actualizado, sin que, para los fines conceptuales de la presente monografía, se identifique una incompatibilidad directa con el tratamiento del Nivel de Esfuerzo desarrollado por la AACE 79R-13. La práctica del EVM se encuentra estandarizada también en marcos del Project Management Institute (PMI, 2019) y en literatura de referencia ampliamente utilizada (Fleming & Koppelman, 2010).

5.1.2. Conceptos fundamentales

El EVM se construye sobre la Línea Base de Medición del Desempeño (Performance Measurement Baseline, PMB), que integra el alcance del trabajo, su distribución temporal y su

presupuesto asociado. A partir de esta línea base se definen tres magnitudes fundamentales, medidas en unidades monetarias y referidas a un mismo punto de corte en el tiempo:

- Valor Planificado (Planned Value, PV): presupuesto autorizado para el trabajo que estaba programado completarse hasta una fecha de corte determinada.
- Valor Ganado (Earned Value, EV): presupuesto asignado al trabajo que efectivamente se ha completado hasta esa misma fecha de corte, valorado en términos de la línea base original.
- Costo Real (Actual Cost, AC): costo efectivamente incurrido para realizar el trabajo completado hasta la fecha de corte.
- Junto a estas tres magnitudes, el sistema incorpora dos referencias fijas:
- Presupuesto a la Terminación (Budget at Completion, BAC): presupuesto total autorizado para la ejecución del proyecto o de la cuenta de control bajo análisis.
- Estimación a la Terminación (Estimate at Completion, EAC): proyección del costo total esperado al finalizar el proyecto, calculada a partir de la información disponible en la fecha de corte.

5.1.3. Expresiones matemáticas

A partir de PV, EV y AC se derivan las variaciones y los índices canónicos del EVM. Las expresiones siguientes son las de uso estándar (PMI, 2019; SAE International, 2026).

Variaciones absolutas:

Variación de Cronograma (Schedule Variance):

$$SV = EV - PV$$

Variación de Costo (Cost Variance):

$$CV = EV - AC$$

Variación a la Terminación:

$$VAC = BAC - EAC$$

Índices de desempeño:

Índice de Desempeño de Cronograma (Schedule Performance Index):

$$SPI = EV / PV$$

Índice de Desempeño de Costo (Cost Performance Index):

$$CPI = EV / AC$$

Estimaciones proyectivas:

Estimación a la Terminación basada en eficiencia de costo observada:

$$EAC = BAC / CPI$$

Estimación a la Terminación basada en eficiencia combinada de costo y cronograma:

$$EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$$

Estimación para Completar (Estimate to Complete):

$$ETC = EAC - AC$$

Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (To-Complete Performance Index), respecto al BAC:

$$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$$

Interpretación operativa:

- SV positivo o SPI mayor que la unidad indican avance superior al planificado en términos de valor.
- CV positivo o CPI mayor que la unidad indican costo inferior al previsto para el trabajo realizado.
- TCPI mayor que la unidad indica que el trabajo restante deberá ejecutarse con mayor eficiencia que la observada hasta la fecha para cumplir el presupuesto a la terminación.

Es importante advertir que el SPI y el SV están expresados en unidades monetarias y no en unidades de tiempo, lo que ha motivado el desarrollo de extensiones del método como el Earned Schedule, que mide el desempeño de cronograma en unidades temporales (Lipke, 2003, 2012). Esta extensión se menciona en este trabajo a título informativo, sin incorporarse al desarrollo de la guía.

5.1.4. Métodos de medición del Valor Ganado

El EVM admite distintos métodos para calcular el Valor Ganado de un paquete de trabajo, según la naturaleza de las actividades que lo componen (PMI, 2019; AACE International, 2020). Los principales son:

- Hitos ponderados (weighted milestones): aplicable a paquetes con entregables claramente identificables.
- Fórmula fija (por ejemplo, 0/100, 25/75, 50/50): aplicable a paquetes cortos.
- Porcentaje de avance (percent complete): aplicable a paquetes con avance estimable de manera objetiva.
- Unidades equivalentes o estándares de producción.
- Esfuerzo prorrateado (apportioned effort): aplicable a paquetes cuyo avance es proporcional al de otro paquete medido de forma discreta.
- Nivel de Esfuerzo (level of effort): aplicable a paquetes cuyo trabajo es de apoyo y se mide por tiempo transcurrido.

Los tres primeros métodos corresponden al trabajo discreto. El esfuerzo prorrateado y el Nivel de Esfuerzo son métodos no discretos, cuya aplicación requiere precauciones específicas que se desarrollan en el eje siguiente.

5.1.5. Aplicación del EVM al sector de la construcción

Aunque el EVM fue desarrollado originalmente para proyectos de defensa y aeroespaciales, su aplicación al sector de la construcción se encuentra documentada en literatura específica (Aramali et al., 2022; Salazar-Mendoza et al., 2022). Sus principios resultan aplicables a la fase de construcción mediante mediciones físicas estandarizadas (metros cúbicos de concreto, kilogramos de acero, metros cuadrados de mampostería). Su aplicación a la etapa de diseño, en cambio, es menos directa: gran parte del trabajo de diseño no se presta a una medición física

inmediata, y una proporción significativa corresponde a actividades de coordinación, supervisión y gestión de información que no producen entregables discretos (Cândido et al., 2014). Adicionalmente, la naturaleza iterativa del trabajo de diseño introduce tensiones conceptuales con los supuestos básicos del EVM, que se desarrollan en el numeral 6.1.6. La categoría de Nivel de Esfuerzo, objeto del eje siguiente, aborda parte de estas tensiones, pero no las resuelve en su totalidad: este reconocimiento explícito constituye una condición de borde de la presente guía.

5.1.6. Limitaciones del EVM en la fase de diseño

La aplicación del método de gestión del Valor Ganado a la fase de diseño de proyectos de construcción enfrenta limitaciones documentadas que conviene reconocer de manera explícita en este marco teórico. Estas limitaciones derivan de la tensión entre los supuestos sobre los que opera el EVM y la naturaleza del trabajo de diseño.

El EVM, en su formulación canónica, supone una línea base de medición del desempeño relativamente estable sobre la cual el avance se acumula de manera monotónica: el Valor Ganado, una vez devengado, no se reduce; las variaciones reflejan desviaciones respecto a una planificación que se asume razonablemente fija. El trabajo de diseño, en cambio, opera bajo lógicas distintas. La literatura especializada documenta al menos cuatro características del diseño que tensionan los supuestos del EVM (Cândido et al., 2014; Aramali et al., 2022; MacLeamy, 2004):

Primero, la iteratividad del proceso de diseño. Las decisiones de diseño no se toman una sola vez en orden lineal, sino mediante ciclos sucesivos de propuesta, evaluación, revisión y ajuste. Un diseño que se considera "avanzado al 60%" en una iteración puede requerir retroceso significativo en la siguiente como consecuencia de la incorporación de información de fabricantes, de cambios en los requisitos del cliente o de hallazgos derivados de la coordinación interdisciplinar. El avance medido en una fecha de corte no es estructuralmente acumulativo en el sentido en que lo es el avance físico de la construcción.

Segundo, la frecuencia de cambios en el alcance. La etapa de Diseño Técnico recibe, por su propia función dentro del ciclo de vida, ajustes derivados de definiciones que se concretan en etapas posteriores: especificaciones de fabricantes, requisitos regulatorios actualizados, retroalimentación de contratistas durante procesos de licitación temprana, ajustes presupuestarios

del cliente. Cada cambio implica una replanificación parcial de la línea base, lo cual reduce la utilidad comparativa de los indicadores SPI y CPI calculados sobre líneas base sucesivas.

Tercero, la dificultad de definir entregables discretos en una proporción significativa del trabajo. Como se desarrolla en el numeral 6.2, una fracción importante de la actividad en diseño corresponde a coordinación, supervisión, gestión de información y verificación normativa, cuyo producto no es un entregable físico medible sino una condición de calidad sobre los entregables discretos. Para esta fracción, el EVM clásico no ofrece un método de medición natural, y es precisamente el vacío que la categoría LOE de la AACE 79R-13 procura llenar.

Cuarto, la evolución progresiva del nivel de información necesario (LOIN). Los entornos BIM bajo ISO 19650 estructuran el desarrollo de la información en niveles crecientes de definición a lo largo del proyecto (ISO, 2018a; ISO, 2024). Un modelo "completo" en términos del LOIN de la etapa de Diseño Conceptual no lo está respecto al LOIN de la etapa de Diseño Técnico, ni este lo está respecto al LOIN para construcción. La medición de avance del trabajo discreto en diseño debe referirse, por tanto, al LOIN específico de la etapa, no a una noción absoluta de "diseño completo".

Frente a estas limitaciones, la literatura ha propuesto enfoques complementarios al EVM clásico para la fase de diseño, que conviene mencionar a título informativo aunque excedan el alcance de la presente guía. Entre ellos se encuentran: (a) la extensión Earned Schedule (Lipke, 2003, 2012), que mide el desempeño de cronograma en unidades temporales y mitiga, en parte, las distorsiones del SPI clásico; (b) la integración de prácticas Lean Construction y de enfoques iterativos derivados de Set-Based Design para la planificación del trabajo de diseño, documentados por la International Group for Lean Construction (Cândido et al., 2014); y (c) la incorporación de indicadores complementarios de madurez de la información asociados al cumplimiento del LOIN por hito, alineados con la familia ISO 19650.

La presente guía no propone una integración de estos enfoques alternativos con el EVM, ni una reformulación del método para resolver estructuralmente las tensiones identificadas. Su contribución se circunscribe a una respuesta parcial: el tratamiento sistemático, en lenguaje EVM, de la fracción del trabajo de diseño que corresponde a actividades de apoyo continuo, mediante la categoría LOE de la AACE 79R-13. Esta delimitación es coherente con el alcance declarado en el numeral 5 del presente trabajo. Las limitaciones del EVM aplicado al trabajo discreto de diseño

—iteratividad, cambios frecuentes, LOIN progresivo— permanecen como condición de borde del instrumento y como línea de investigación futura, que la presente monografía no pretende resolver.

5.2. Nivel de Esfuerzo y práctica recomendada AACE 79R-13

5.2.1. Tipos de trabajo en el marco del EVM

El marco del EVM clasifica el trabajo de un proyecto en tres categorías, según la forma en que su avance puede ser medido (AACE International, 2020; PMI, 2019):

- Trabajo discreto (discrete effort): trabajo que produce entregables específicos cuyo avance puede medirse de manera directa.
- Esfuerzo prorrateado (apportioned effort): trabajo cuyo avance es proporcional al de un trabajo discreto de referencia.
- Nivel de Esfuerzo (level of effort, LOE): trabajo de apoyo continuo cuyo avance no puede medirse a partir de un producto específico, sino que se mide por el transcurso del tiempo durante el cual se presta el servicio.

5.2.2. Definición y características del Nivel de Esfuerzo

El Nivel de Esfuerzo se define como el trabajo de apoyo, de naturaleza continua o recurrente, que no genera por sí mismo un entregable físico discreto y cuya función es sostener la ejecución de otras actividades del proyecto (AACE International, 2020). Sus características operativas son:

- Su avance se mide principalmente por el tiempo transcurrido dentro del periodo planificado, no por el producto generado.
- Su Valor Ganado se acumula automáticamente en proporción al tiempo del periodo planificado, de modo que tiende a igualar su Valor Planificado a la fecha de corte.
- En consecuencia, las variaciones de cronograma (SV) de los paquetes LOE son nulas y los índices de desempeño de cronograma (SPI) son unitarios por construcción del método; la información de desempeño relevante se concentra en la variación de costo (CV) y en el índice de desempeño de costo (CPI).

- Su inclusión en la ruta crítica del proyecto introduce distorsiones, por cuanto su avance no responde a hitos físicos sino al simple paso del tiempo.

Ejemplos típicos de actividades de Nivel de Esfuerzo en proyectos de construcción incluyen las funciones de gerencia del proyecto, las labores de coordinación entre disciplinas, la supervisión técnica, las actividades de aseguramiento y control de calidad cuando no producen entregables discretos, la gestión de la información y la administración de entornos colaborativos (Boyle, 2017; Plan Academy, 2024).

5.2.3. La práctica recomendada AACE 79R-13

La práctica recomendada AACE 79R-13, titulada *Planning and Execution of Level of Effort Work on Earned Value Projects*, publicada por la Association for the Advancement of Cost Engineering International, sistematiza los principios y métodos para el tratamiento del Nivel de Esfuerzo en proyectos gestionados con EVM (AACE International, 2020). Sus contribuciones principales para los efectos del presente trabajo se agrupan en tres bloques:

Primero, establece criterios para identificar y limitar el uso del LOE. La práctica advierte que el LOE debe restringirse a actividades que efectivamente no admitan una medición discreta, y que su uso indiscriminado oscurece el desempeño real del proyecto al diluir el avance medible dentro de trabajo cuyo Valor Ganado se acumula automáticamente con el tiempo.

Segundo, propone formas concretas de planificar y medir el LOE en términos del lenguaje canónico del EVM, asignando Valor Planificado distribuido en el tiempo, registrando Costo Real a partir de los sistemas contables y de tiempos disponibles, y considerando que el Valor Ganado se acumula en proporción al tiempo transcurrido dentro del periodo planificado.

Tercero, identifica métodos avanzados de tratamiento del LOE cuya aplicación introduce complejidades adicionales y riesgos específicos, en particular el enmascaramiento de problemas de desempeño, la integración del LOE en cronogramas maestros y el esfuerzo prorrateado aplicado a tareas de apoyo. Estos métodos se analizan críticamente en la sección siguiente.

5.2.4. Riesgos en la aplicación del Nivel de Esfuerzo

La literatura sobre EVM y la propia práctica AACE 79R-13 documentan riesgos específicos asociados al uso del Nivel de Esfuerzo (AACE International, 2020; Humphreys & Associates, 2023). Los más relevantes para los efectos de este trabajo son:

- Sobreuso del LOE: tratar como Nivel de Esfuerzo actividades que sí admiten una medición discreta, lo cual reduce la fracción del proyecto cuyo desempeño se mide de manera objetiva y debilita la utilidad del EVM como sistema de control.
- Enmascaramiento del desempeño: la acumulación automática de Valor Ganado en función del tiempo en los paquetes LOE puede compensar, en los indicadores agregados del proyecto, problemas reales de desempeño en los paquetes de trabajo discreto, ocultando situaciones que requerirían atención.
- Distorsión de la ruta crítica: la inclusión de actividades LOE en cronogramas integrados maestros introduce dependencias artificiales y desplaza la lectura de la ruta crítica hacia actividades cuyo avance no responde a hitos físicos (Boyle, 2017).
- Confusión entre métodos no discretos: la diferencia operativa entre el esfuerzo prorrateado, que se mide en proporción al avance de un trabajo discreto de referencia, y el Nivel de Esfuerzo, que se mide por tiempo transcurrido, suele perderse en la práctica, generando lecturas erróneas del desempeño.

5.2.5. Análisis crítico de metodologías avanzadas: enmascaramiento, esfuerzo prorrateado y LOE en cronogramas integrados maestros

La práctica AACE 79R-13 contempla la posibilidad de aplicar métodos avanzados al tratamiento del LOE. La aplicación de estos métodos a la etapa de Diseño Técnico de proyectos de construcción presenta dificultades específicas, que se analizan a continuación con base en literatura y en la propia práctica recomendada.

Sobre el enmascaramiento. La literatura especializada documenta que la presencia de paquetes LOE dentro de cuentas de control de proyectos puede provocar un efecto de compensación en los indicadores agregados (Humphreys & Associates, 2023; CMS, s.f.). Dado que el SPI de los paquetes LOE es unitario por construcción del método, la inclusión de estos paquetes en el cálculo del SPI agregado de una cuenta de control puede ocultar deterioros en el

SPI de los paquetes de trabajo discreto. Como medida de mitigación, la práctica industrial recomienda mantener los paquetes LOE por debajo del 15% del Valor Planificado de la cuenta de control y, cuando esto no es viable, segregarlos en cuentas o subcuentas específicas para que sus indicadores se reporten de forma independiente y no contaminen la lectura del desempeño del trabajo discreto (Humphreys & Associates, 2023).

Es importante señalar que el umbral clásico del 15% no se acompaña, en la literatura industrial, de un sustento estadístico formal: Humphreys & Associates (2023) lo presenta como recomendación operativa derivada de la práctica histórica en programas de defensa, sin estudio empírico que lo respalde como límite óptimo. Investigación reciente ha cuestionado empíricamente este umbral. Demos (2023), en análisis sobre programas reales gestionados con EVM, encontró que la proporción de LOE en cuentas de control existentes varía ampliamente —entre el 0% y el 100% del Valor Planificado— y que el efecto real del LOE sobre el desempeño agregado de los programas estudiados resultó ser menor del que la guía tradicional asume. Estos hallazgos no invalidan la advertencia conceptual sobre el riesgo de enmascaramiento, pero sí matizan su magnitud y sugieren que el umbral del 15% es un criterio conservador heredado de la práctica más que un límite empíricamente calibrado.

En el contexto de la etapa de Diseño Técnico, donde la proporción de actividades de coordinación, supervisión y gestión de información es naturalmente elevada —según documentan Abanda et al. (2025) sobre la carga asociada a la operación bajo ISO 19650—, el riesgo conceptual de enmascaramiento sigue siendo relevante como criterio de diseño del sistema de cuentas, aunque su magnitud práctica deba ser objeto de validación empírica específica. La presente guía adopta, sobre esta base, la práctica de segregación de paquetes LOE en una cuenta o subcuenta específica como criterio operativo de referencia. Este diseño permite reportar de manera separada los indicadores del trabajo discreto y los del trabajo de apoyo, evitando estructuralmente el efecto de enmascaramiento con independencia del umbral cuantitativo adoptado. No obstante, se reconoce que la segregación de cuentas de control supone una exigencia organizacional no trivial: requiere sistemas contables y de captura de horas-hombre capaces de operar con cuentas separadas, equipos de control con experiencia previa en la administración de cuentas múltiples y procedimientos internos de reporte que distingan estructuralmente las dos categorías de trabajo. En organizaciones con baja madurez en EVM, estas condiciones pueden no estar presentes de manera inicial. Por esta

razón, la guía no plantea la segregación como requisito absoluto, sino como modalidad recomendada en condiciones de madurez intermedia o alta, dejando habilitada la modalidad de cuenta mixta con umbral como ruta de entrada para organizaciones que inician la incorporación del LOE en su sistema de gestión. La operacionalización de esta gradación por niveles de madurez se desarrolla en el numeral 8.7.1.

La cuantificación del efecto de enmascaramiento sobre proyectos de Diseño Técnico bajo el marco RIBA 2020, así como la calibración empírica del umbral propuesto, quedan abiertas a investigación futura (numerales 8.7.3 y 8.7.5).

Sobre el esfuerzo prorrateado aplicado a tareas de apoyo. El esfuerzo prorrateado es un método legítimo dentro del EVM cuando existe una relación estable y verificable entre el avance de una actividad de soporte y el avance de una actividad discreta de referencia. Su aplicación a tareas de apoyo de la etapa de diseño es problemática por dos razones documentadas. Primero, la relación entre la coordinación interdisciplinar y el avance de un entregable de diseño específico no es lineal: los esfuerzos de coordinación pueden ser intensivos en momentos puntuales del ciclo de diseño y mínimos en otros, sin correspondencia proporcional con el avance del trabajo discreto. Segundo, la atribución de Valor Ganado prorrateado a actividades de coordinación introduce el riesgo de doble lectura, en la medida en que el avance del trabajo discreto ya está siendo medido en su propio paquete. Por estas razones, la literatura recomienda restringir el esfuerzo prorrateado a casos donde la relación de proporcionalidad esté verificada empíricamente, condición difícil de satisfacer en la etapa de diseño (Plan Academy, 2024; Oracle, 2024).

Sobre el LOE en cronogramas integrados maestros (IMS). La integración directa de paquetes LOE en un cronograma maestro genera dependencias de red entre actividades LOE y actividades discretas. Dado que el avance de las actividades LOE no responde a hitos físicos sino al transcurso del tiempo, su inclusión en cálculos de ruta crítica produce resultados que no reflejan el desempeño real del proyecto. La literatura describe como buena práctica mantener las actividades LOE en estructuras paralelas al cronograma maestro, vinculadas a este por referencia temporal pero no por dependencias de red, de manera que las herramientas de programación calculen la ruta crítica únicamente sobre actividades discretas (Boyle, 2017).

A partir de este análisis, la guía metodológica desarrollada en el presente trabajo adopta la siguiente posición: los métodos avanzados de enmascaramiento, esfuerzo prorrateado aplicado a

tareas de apoyo, y LOE incorporado a IMS, se reconocen como parte de la práctica AACE 79R-13 y no se descartan de manera prescriptiva. La guía, por sus condiciones de aplicabilidad declaradas en el alcance, se construye sobre la modalidad básica del Nivel de Esfuerzo: paquetes LOE segregados en cuentas o subcuentas propias, medidos por tiempo transcurrido, y mantenidos por fuera del cálculo de la ruta crítica. Los métodos avanzados quedan identificados como objetos de investigación futura, bajo condiciones de validación que la presente monografía no aborda.

5.3. Plan de Trabajo RIBA 2020 y etapa de Diseño Técnico

5.3.1. Origen, propósito y vigencia

El Plan de Trabajo del Royal Institute of British Architects (Plan of Work del RIBA) es un marco de referencia para la organización del ciclo de vida de proyectos de edificación, publicado por primera vez en 1963 y revisado periódicamente desde entonces (RIBA, 2020). La versión vigente al momento de la elaboración de este trabajo es la del año 2020, que sustituyó a la versión 2013 e introdujo modificaciones para reflejar la adopción extendida del trabajo colaborativo digital, la sostenibilidad y los modelos integrados de entrega de proyectos. Su utilización se extiende más allá del contexto británico y constituye una de las referencias internacionales más consolidadas para la estructuración de fases en proyectos de edificación.

5.3.2. Estructura general de etapas

El Plan de Trabajo RIBA 2020 organiza el ciclo de vida del proyecto en ocho etapas, numeradas de 0 a 7 (RIBA, 2020):

- *Etapa 0*: Definición Estratégica (Strategic Definition).
- *Etapa 1*: Preparación y Briefing (Preparation and Briefing).
- *Etapa 2*: Diseño Conceptual (Concept Design).
- *Etapa 3*: Diseño Espacialmente Coordinado (Spatial Coordination).
- *Etapa 4*: Diseño Técnico (Technical Design).
- *Etapa 5*: Construcción y Manufactura (Manufacturing and Construction).
- *Etapa 6*: Entrega (Handover).
- *Etapa 7*: Uso (Use).

Cada etapa se describe en el plan en función de cinco categorías de información: tareas principales, resultados clave, tareas centrales, intercambios de información y procedimientos legales y de planificación. Esta estructura facilita la trazabilidad entre las decisiones de diseño y los productos entregables a lo largo del ciclo de vida.

5.3.3. Etapa 4: Diseño Técnico

La Etapa 4, Diseño Técnico, tiene como propósito principal completar el diseño con el nivel de detalle suficiente para permitir la manufactura y construcción del proyecto (RIBA, 2020). En esta etapa, el diseño espacialmente coordinado producido en la Etapa 3 se desarrolla hasta convertirse en información técnica detallada por cada disciplina, incluyendo soluciones constructivas específicas, especificaciones de materiales, detalles arquitectónicos y estructurales, y documentación técnica para la coordinación con fabricantes y contratistas.

Los componentes característicos de la Etapa 4 incluyen:

- Tareas principales: desarrollo del diseño técnico por disciplinas, incorporación de información de fabricantes y proveedores especializados, preparación de información técnica para licitación o contratación, y consolidación de la documentación para procesos normativos.
- Resultados clave: información técnica completa por cada disciplina, especificaciones técnicas finales, documentación coordinada lista para la fase de construcción, modelos federados validados en términos de geometría, información y coordinación interdisciplinar.
- Intercambios de información: entregas progresivas hacia el cliente, los contratistas y las autoridades reguladoras, con niveles crecientes de definición.
- Procedimientos legales y de planificación: cumplimiento de la normativa técnica aplicable (en el contexto colombiano, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 [República de Colombia, 2010, 2021] y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE [Ministerio de Minas y Energía, 2024], entre otros), gestión de aprobaciones regulatorias y de licencias de construcción.

La Etapa 4 concentra un volumen elevado de actividades de apoyo, asociadas a la coordinación entre las disciplinas, a la verificación cruzada de información, a la gestión de cambios derivados de la incorporación de información de fabricantes, a la administración del entorno

colaborativo digital y al aseguramiento del cumplimiento normativo. La proporción de este trabajo de apoyo respecto al trabajo técnico discreto es uno de los elementos que justifica el tratamiento específico del Nivel de Esfuerzo en esta etapa.

5.4. Gestión de la información en entornos BIM y familia ISO 19650

5.4.1. Concepto de modelación de información de la construcción

La modelación de información de la construcción (Building Information Modeling, BIM) constituye una metodología de trabajo colaborativo basada en la generación, gestión y uso de modelos de información digital a lo largo del ciclo de vida del proyecto y del activo construido (ISO, 2018a; Abanda et al., 2025). BIM no se limita a la modelación tridimensional, sino que abarca la estructura de información asociada a los modelos, los procesos colaborativos entre actores, y los entornos digitales en los que esa información se intercambia y se almacena.

5.4.2. Familia de normas ISO 19650

La familia de normas ISO 19650 establece los principios y requisitos para la gestión de la información en proyectos y activos construidos que emplean BIM (ISO, 2018a, 2018b). Las partes principales relevantes para el alcance de este trabajo son:

- ISO 19650-1: conceptos y principios generales de la gestión de información mediante BIM.
- ISO 19650-2: especificación para la fase de inversión del activo, es decir, las etapas de diseño y construcción.

Otras partes de la familia abordan la fase operacional del activo, la gestión de seguridad de la información y el intercambio de información, y se referencian de manera puntual en este trabajo cuando es pertinente.

Precisión terminológica sobre funciones y roles. Conviene distinguir, para los efectos del presente trabajo, entre las funciones de gestión de información que la norma ISO 19650 define de manera formal y las denominaciones operativas que la práctica profesional ha adoptado para los roles que ejercen esas funciones. La norma ISO 19650-1 (ISO, 2018a) define la función de gestión de información (information management function) como un conjunto de responsabilidades

funcionales asignadas, en el marco contractual del proyecto, a la lead appointed party respecto a la appointing party, y a cada appointed party respecto a la lead appointed party. La norma no prescribe denominaciones específicas para los roles individuales que ejercen estas funciones: la persona o equipo que materialmente desempeña la función puede recibir distintas denominaciones según la organización, el contrato y la jurisdicción.

En la práctica del sector, las denominaciones de uso extendido son information manager, BIM manager y BIM coordinator, con alcances que varían según la organización. La práctica anglosajona suele emplear "information manager" para el rol contractualmente responsable de la función de gestión de información en el lado de la lead appointed party, y "BIM manager" o "BIM coordinator" para roles operativos de soporte. La literatura profesional (EFCA, 2020; Abanda et al., 2025) reconoce esta variabilidad terminológica como un rasgo de la implementación práctica de la norma.

En el presente trabajo, cuando se utilizan los términos "information manager", "BIM manager" o "gestor de información", se hace referencia a denominaciones operativas del mercado profesional que designan a quienes ejercen, en un proyecto específico, la función de gestión de información definida por ISO 19650. La asignación concreta de estas denominaciones a personas o equipos corresponde a una decisión del proyecto, documentada en el BEP, y no a un mandato normativo de la familia ISO 19650.

5.4.3. Elementos clave de la gestión de información en la etapa de Diseño Técnico

Los conceptos de la familia ISO 19650 que tienen impacto operativo directo sobre la etapa de Diseño Técnico, y que serán articulados con el Nivel de Esfuerzo en el desarrollo de la guía, son los siguientes (ISO, 2018a, 2018b):

- Requerimientos de Información del Proyecto (Project Information Requirements, PIR): especificación de la información que el cliente requiere del proyecto.
- Requerimientos de Intercambio de Información (Exchange Information Requirements, EIR): especificación de la información que se intercambia entre actores en cada hito del proyecto.

- Plan de Ejecución BIM (BIM Execution Plan, BEP): documento que define cómo se gestionará la información a lo largo del proyecto, incluyendo herramientas, responsabilidades, formatos y protocolos.
- Entorno Común de Datos (Common Data Environment, CDE): plataforma digital colaborativa donde se almacena, gestiona, intercambia y archiva la información del proyecto, con estados definidos para los documentos (en proceso, compartido, publicado, archivado).
- Nivel de Información Necesario (Level of Information Need, LOIN): especificación del grado de detalle y la fiabilidad esperados para la información del proyecto en cada momento del ciclo de vida. El concepto se introduce en ISO 19650-1 (ISO, 2018a) y se desarrolla con detalle metodológico en ISO 7817-1:2024, *Building information modelling — Level of information need — Part 1: Concepts and principles* (ISO, 2024), publicada en junio de 2024, que reemplaza a BS EN 17412-1:2020 y especifica una metodología sistemática para definir el nivel de información necesario en cada hito del proyecto.
- Funciones de gestión de información: la familia ISO 19650 define funciones específicas para la gestión de la información, ejercidas por la parte designada (lead appointed party) y por las partes designadas (appointed parties).

5.4.4. Carga de trabajo asociada a la gestión de información BIM

La operación efectiva de un entorno BIM bajo ISO 19650 implica una carga de trabajo significativa asociada a actividades que, por su naturaleza, son de apoyo y no producen entregables discretos (Abanda et al., 2025; EFCA, 2020). Estas actividades incluyen la administración del CDE, la verificación de cumplimiento de los EIR, el control de versiones y estados de documentos, la coordinación de modelos federados entre disciplinas, la revisión sistemática de interferencias (clash detection), la gestión de la matriz de responsabilidades de información, y la verificación del cumplimiento del LOIN en cada hito. Estas actividades son candidatas naturales a ser tratadas como Nivel de Esfuerzo en el contexto del EVM, articulación que constituye uno de los aportes específicos de la guía propuesta.

5.5. Articulación conceptual entre los cuatro marcos

Los cuatro marcos descritos operan, en la práctica habitual, de manera fragmentada. El EVM proporciona el sistema de medición del desempeño en términos de PV, EV y AC, pero su aplicación al trabajo de apoyo requiere mecanismos específicos. La práctica AACE 79R-13 aporta esos mecanismos mediante la categoría LOE, pero no especifica su articulación con una estructura de fases de proyecto de edificación. El Plan de Trabajo RIBA 2020 proporciona esa estructura de fases, pero no incorpora explícitamente categorías de tratamiento del trabajo de apoyo dentro del enfoque de Valor Ganado. La familia ISO 19650 establece las funciones y los productos de la gestión de información en entornos BIM, pero no las articula con el lenguaje del EVM ni con la categoría LOE.

El presente trabajo plantea una articulación conceptual entre los cuatro marcos sobre cuatro proposiciones:

Primera proposición: la categoría de Nivel de Esfuerzo de la AACE 79R-13 es el mecanismo conceptualmente adecuado para tratar, dentro del marco del EVM, la parte sustancial de trabajo de apoyo que la etapa de Diseño Técnico del RIBA 2020 concentra y que la gestión de información ISO 19650 demanda.

Segunda proposición: la aplicación del LOE en la etapa de Diseño Técnico debe basarse en la modalidad básica del método (segregación en cuentas o subcuentas propias, medición por tiempo transcurrido, exclusión del cálculo de ruta crítica), evitando las modalidades avanzadas cuyos riesgos están documentados en la literatura y cuya validación excede el alcance de este trabajo.

Tercera proposición: la identificación de actividades susceptibles de ser tratadas como LOE en la etapa de Diseño Técnico puede realizarse con apoyo de las funciones y productos definidos por la familia ISO 19650, particularmente la administración del CDE, la verificación de cumplimiento de EIR y LOIN, y la coordinación de modelos federados.

Cuarta proposición: la planificación y el seguimiento de los paquetes LOE en la etapa de Diseño Técnico puede expresarse en el lenguaje canónico del EVM (PV, EV, AC, CV, CPI, EAC), reconociendo que el SPI es unitario y la SV es nula por construcción del método, y que la información de desempeño relevante se concentra en CV y CPI.

Sobre estas cuatro proposiciones se construye la guía metodológica desarrollada en el capítulo siguiente. Su carácter es propositivo y conceptual: la validación empírica de las proposiciones queda planteada como línea de investigación futura, conforme al alcance declarado en el numeral 5 del presente documento. Adicionalmente, la guía asume como condición de borde explícita las limitaciones del EVM aplicado a la fase de diseño descritas en el numeral 6.1.6 —en particular, la iteratividad del diseño, la frecuencia de cambios en el alcance y la evolución progresiva del LOIN—. El tratamiento sistemático del LOE que la guía propone aborda una fracción del problema, no su totalidad: la articulación del EVM clásico con enfoques iterativos, con la extensión Earned Schedule o con indicadores de madurez de información queda identificada como línea de investigación complementaria a la presente.

6. Metodología

El presente capítulo describe el enfoque metodológico empleado para formular la guía propuesta. Su propósito es hacer explícito el proceso de trabajo, las fuentes utilizadas, los criterios de selección, las categorías de análisis y los productos intermedios de cada etapa, de manera que el lector pueda evaluar la trazabilidad entre las decisiones conceptuales adoptadas y la evidencia documental que las sustenta.

6.1. Tipo de estudio y enfoque metodológico

El trabajo se inscribe en la categoría de investigación documental con propósito de diseño metodológico. Su producto principal no es un hallazgo empírico ni una prueba de hipótesis, sino la formulación de un instrumento conceptual: la guía metodológica. Este tipo de investigación se ubica en la tradición de los estudios de carácter descriptivo y propositivo, donde el conocimiento se construye mediante el análisis sistemático de fuentes documentales y su articulación en un producto estructurado (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El enfoque corresponde a la lógica de la investigación orientada al diseño, en la que el objetivo es producir un artefacto —en este caso, una guía— a partir de la articulación de marcos teóricos y normativos existentes (Hevner et al., 2004; Peffers et al., 2007). Esta lógica de trabajo es legítima dentro del ámbito académico de la gerencia de proyectos, donde una parte significativa de los avances disciplinares proviene de la sistematización de prácticas y de la articulación de marcos de referencia.

En coherencia con esta naturaleza, el trabajo no incluye recolección de datos primarios, no aplica instrumentos a sujetos de estudio, no realiza estudios de caso ni proyectos piloto. La validación empírica del instrumento se identifica explícitamente como línea de investigación posterior, conforme al alcance declarado en el numeral 5.

6.2. Fuentes de información y criterios de selección

Las fuentes utilizadas para la formulación de la guía se organizan en cuatro categorías, correspondientes a los cuatro ejes del marco teórico. Para cada categoría se establecieron criterios de selección que se aplicaron de manera consistente.

6.2.1. Categorías de fuentes

- Documentos normativos y de práctica recomendada: la práctica AACE 79R-13 (AACE International, 2020), la norma EIA-748 en su revisión vigente SAE/EIA-748E:2026 (SAE International, 2026), el Plan de Trabajo RIBA 2020 (RIBA, 2020), las normas ISO 19650-1 e ISO 19650-2 (ISO, 2018a, 2018b), ISO 7817-1:2024 sobre Level of Information Need (ISO, 2024), el estándar del PMI sobre Valor Ganado (PMI, 2019), y la normativa colombiana relevante para la etapa de Diseño Técnico (República de Colombia, 2010, 2021; Ministerio de Minas y Energía, 2024).
- Literatura académica de referencia: artículos publicados en revistas especializadas y libros de referencia sobre Valor Ganado, gestión de proyectos de construcción, Nivel de Esfuerzo y gestión de información en entornos BIM (Aramali et al., 2022; Cândido et al., 2014; Fleming & Koppelman, 2010; Salazar-Mendoza et al., 2022; Abanda et al., 2025; Demos, 2023; Lipke, 2003, 2012).
- Literatura profesional especializada: documentos técnicos publicados por organizaciones profesionales o consultorías con reconocimiento en el sector, particularmente útiles para aspectos operativos del LOE (Boyle, 2017; Plan Academy, 2024; Oracle, 2024; Humphreys & Associates, 2023; CMS, s.f.; EFCA, 2020).
- Documentos de política sectorial: en particular los documentos sobre estrategia BIM en Colombia que sitúan el trabajo en el contexto nacional (CONPES, 2019; DNP, 2020; Universidad EAN, 2023).

6.2.2. Criterios de selección

Las fuentes se seleccionaron aplicando los siguientes criterios:

- Pertinencia: relación directa con al menos uno de los cuatro ejes del marco teórico.
- Vigencia: prioridad a la versión más reciente disponible de cada documento normativo o de práctica recomendada al momento de elaboración del trabajo.
- Autoría: prioridad a documentos producidos por organizaciones de referencia internacional o por autores reconocidos en el campo.
- Accesibilidad: documentos disponibles para consulta, ya sea de manera abierta o a través de las bases de datos accesibles al autor.

- Trazabilidad: documentos identificables mediante referencia bibliográfica completa, susceptibles de verificación por terceros.

6.2.3. Inventario de fuentes consultadas

El inventario completo de fuentes consultadas, organizado por eje del marco teórico y con identificación del aporte específico de cada una al desarrollo de la guía, se presenta en el Apéndice B, *Matriz de fuentes revisadas*. La bibliografía completa del documento se presenta en el numeral 11.

6.3. Procedimiento de análisis de contenido

A partir de las fuentes seleccionadas, se aplicó un procedimiento de análisis de contenido orientado a extraer los elementos relevantes para la formulación de la guía (Krippendorff, 2018). El procedimiento se estructuró en cuatro pasos.

6.3.1. Definición de categorías analíticas

Se definieron las siguientes nueve categorías analíticas, derivadas del planteamiento del problema y de la articulación conceptual entre los cuatro marcos:

- C1. Criterios de identificación y clasificación del trabajo como Nivel de Esfuerzo.
- C2. Métodos de planificación y medición del Nivel de Esfuerzo en el marco del EVM.
- C3. Riesgos documentados en la aplicación del Nivel de Esfuerzo.
- C4. Estructura de subprocesos, actividades y entregables de la etapa de Diseño Técnico (RIBA 2020).
- C5. Roles, funciones y responsabilidades en la gestión de información (ISO 19650).
- C6. Productos y procesos de gestión de información (EIR, BEP, CDE, LOIN, modelos federados).
- C7. Expresiones canónicas y métodos de cálculo del Valor Ganado.
- C8. Articulaciones documentadas entre los cuatro marcos en la literatura.
- C9. Lineamientos generales para validación empírica de instrumentos metodológicos similares.

6.3.2. Lectura analítica y codificación

Las fuentes seleccionadas se sometieron a lectura analítica, registrando, para cada una, los fragmentos que aportaban evidencia documental sobre las nueve categorías. Los fragmentos se sistematizaron en fichas de análisis de contenido, una por cada fuente, donde se consignó la referencia bibliográfica completa, la categoría a la cual el fragmento aporta y la síntesis de su contenido. Estas fichas constituyen la evidencia documental que sustenta las decisiones conceptuales adoptadas en la guía. Una selección representativa de fichas se presenta en el Apéndice C, *Fichas de análisis de contenido*.

6.3.3. Síntesis transversal por categoría

Una vez codificadas las fuentes, se realizó una síntesis transversal por categoría, integrando los aportes de las distintas fuentes en proposiciones consolidadas. Esta síntesis es la que se refleja en el desarrollo del marco teórico (capítulo 6) y en la formulación de los pasos de la guía (capítulo 8). El mapa de codificación que vincula categorías, fuentes y proposiciones se presenta en el Apéndice D, *Mapa de codificación de categorías*.

6.3.4. Control interno de coherencia conceptual

La síntesis fue sometida a un control interno de coherencia conceptual, en el que se verificó que las proposiciones derivadas del análisis de las fuentes fueran consistentes entre sí, que no contradijeran requisitos explícitos de los marcos normativos de referencia, y que pudieran articularse en una guía operativa. Este control interno no constituye validación empírica del instrumento. Su función es asegurar la coherencia conceptual del producto, no su utilidad en proyectos reales.

6.4. Etapa 1: revisión del marco conceptual y normativo

La primera etapa metodológica consistió en la revisión y síntesis estructurada de los cuatro marcos de referencia. Para cada marco se identificaron los conceptos centrales, los requisitos operativos, las restricciones explícitas y las recomendaciones específicas que tuvieran impacto sobre la etapa de Diseño Técnico.

6.4.1. Eje EVM y AACE 79R-13

Para el eje EVM y AACE 79R-13 se revisó la práctica AACE 79R-13 (AACE International, 2020), la norma EIA-748 en su revisión vigente SAE/EIA-748E:2026 (SAE International, 2026), el estándar del PMI (PMI, 2019), y la literatura académica y profesional sobre aplicación del Valor Ganado y del LOE en proyectos de construcción (Fleming & Koppelman, 2010; Aramali et al., 2022; Salazar-Mendoza et al., 2022; Boyle, 2017; Demos, 2023; Humphreys & Associates, 2023). Los productos de esta revisión son la definición de las expresiones canónicas del EVM presentadas en el numeral 6.1.3, la caracterización del LOE presentada en los numerales 6.2.1 a 6.2.4, y el análisis crítico de metodologías avanzadas presentado en el numeral 6.2.5.

6.4.2. Eje RIBA 2020

Para el eje RIBA 2020 se revisó el documento oficial del Plan de Trabajo (RIBA, 2020), con énfasis en la estructura general de ocho etapas y en el detalle de la Etapa 4, Diseño Técnico. Se identificaron las categorías de información que el plan asigna a cada etapa (tareas principales, resultados clave, tareas centrales, intercambios de información, procedimientos legales y de planificación) y se caracterizó la etapa de Diseño Técnico en función de estas categorías. El producto de esta revisión se presenta en los numerales 6.3.2 y 6.3.3, y se profundiza en el numeral 8.2 del desarrollo de la guía.

6.4.3. Eje ISO 19650

Para el eje ISO 19650 se revisaron las normas ISO 19650-1 e ISO 19650-2 (ISO, 2018a, 2018b), complementadas con ISO 7817-1:2024 (ISO, 2024) para el desarrollo metodológico del Level of Information Need, y con literatura académica y profesional sobre su aplicación (Abanda et al., 2025; EFCA, 2020). Se identificaron los conceptos clave (PIR, EIR, BEP, CDE, LOIN), las funciones de gestión de información y las actividades operativas asociadas a la gestión del entorno común de datos y a la coordinación de modelos federados. El producto de esta revisión se presenta en el numeral 6.4 y se articula con el Nivel de Esfuerzo en el numeral 8.5.

6.4.4. Eje normativo colombiano

Para el eje normativo colombiano se revisaron los principales reglamentos técnicos que tienen impacto sobre la etapa de Diseño Técnico de proyectos de edificación en el país: el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (República de Colombia, 2010, 2021)

y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Ministerio de Minas y Energía, 2024). Esta revisión no busca aportar contenido sustantivo de ingeniería estructural o eléctrica, sino identificar las cargas de coordinación y supervisión normativa que deben tratarse como Nivel de Esfuerzo en la etapa de Diseño Técnico.

6.5. Etapa 2: caracterización de la etapa de Diseño Técnico

A partir del Plan de Trabajo RIBA 2020, se desarrolló una caracterización estructurada de la etapa de Diseño Técnico orientada específicamente al propósito de identificar el trabajo de apoyo. La caracterización se construyó en cuatro dimensiones:

- Subprocesos de la etapa: descomposición de la Etapa 4 en bloques de actividades funcionalmente diferenciadas (desarrollo del diseño técnico por disciplinas, procesos normativos, intercambios de información, consolidación de resultados).
- Actividades técnicas principales: las actividades cuyo entregable es discreto y medible (planos técnicos, especificaciones, modelos por disciplina, memorias de cálculo).
- Actividades de apoyo: las actividades continuas o recurrentes que sostienen el trabajo técnico sin producir un entregable discreto (coordinación entre disciplinas, supervisión de cumplimiento normativo, administración del CDE, control de versiones, gestión de cambios, revisión de interferencias).
- Roles típicos: los actores involucrados en la etapa (líder de diseño, coordinadores disciplinares, gestor de información, BIM manager, supervisor técnico).

El producto de esta etapa se presenta en el numeral 8.2 del desarrollo de la guía, y constituye la base sobre la cual se realiza la identificación de paquetes LOE en el numeral 8.3.

6.6. Etapa 3: identificación y clasificación de actividades de Nivel de Esfuerzo

La tercera etapa metodológica consistió en definir, a partir de los criterios extraídos de la práctica AACE 79R-13 y de la literatura asociada, un procedimiento operativo para identificar y clasificar actividades de la etapa de Diseño Técnico como paquetes LOE. El procedimiento se compone de cuatro criterios de identificación y cuatro reglas de agrupación.

6.6.1. Criterios de identificación

Los cuatro criterios que se enuncian a continuación se construyen sobre la definición operativa del Nivel de Esfuerzo establecida por la práctica AACE 79R-13 (AACE International, 2020), complementada con las precisiones aportadas por la literatura asociada (PMI, 2019; Plan Academy, 2024; Oracle, 2024; Cândido et al., 2014). Los criterios C-1, C-2 y C-3 son derivaciones directas, reformuladas en lenguaje operativo, de las características definitorias del LOE establecidas por la práctica recomendada. El criterio C-4 constituye una formulación propia del autor, construida a partir de la distinción que la AACE 79R-13 establece entre Nivel de Esfuerzo y esfuerzo prorrateado, e incorpora la condición de verificabilidad de la relación de proporcionalidad como filtro adicional para evitar la confusión operativa entre ambos métodos no discretos documentada en el numeral 6.2.5.

Una actividad es candidata a ser tratada como Nivel de Esfuerzo si cumple, simultáneamente, los cuatro criterios siguientes:

- C-1. La actividad no produce un entregable físico discreto cuyo avance pueda medirse de manera objetiva. (Derivación directa: AACE International, 2020, definición de LOE; PMI, 2019, métodos de medición del Valor Ganado.).
- C-3. La actividad sostiene el trabajo discreto de la etapa, sin ser parte directa de la producción de los entregables técnicos. (Derivación directa: AACE International, 2020, función de soporte del LOE; Cândido et al., 2014, sobre el carácter no productivo del trabajo de apoyo en la fase de diseño.)
- C-2. La actividad es continua o recurrente durante un periodo significativo de la etapa. (Derivación directa: AACE International, 2020, característica de continuidad temporal del LOE; Plan Academy, 2024.).
- C-4. La actividad no es susceptible de ser medida mediante esfuerzo prorrateado de manera verificable. (Formulación propia del autor, construida sobre la distinción AACE 79R-13 entre LOE y esfuerzo prorrateado, e incorporando la condición de proporcionalidad verificada documentada por Plan Academy, 2024, y Oracle, 2024.).

Cuando una actividad cumple los criterios C-1, C-2 y C-3 pero no C-4, debe evaluarse si su tratamiento más adecuado es el esfuerzo prorrateado, con las precauciones descritas en el numeral 6.2.5. En la presente guía se opta por restringir esta vía a casos donde la relación de

proporcionalidad esté verificada, y por defecto tratar tales actividades como LOE para mantener la simplicidad operativa del instrumento.

6.6.2. Reglas de agrupación en paquetes

Las cuatro reglas que se enuncian a continuación combinan principios derivados de la práctica AACE 79R-13 y del marco general del EVM (PMI, 2019; Fleming & Koppelman, 2010) con formulaciones propias del autor que articulan estos principios con la estructura de roles definida por la familia ISO 19650 y con la caracterización específica de la etapa de Diseño Técnico. Las reglas R-1 y R-3 son derivaciones directas de la literatura. La regla R-2 combina un principio EVM clásico con una articulación propia hacia la estructura de roles ISO 19650. La regla R-4, desarrollada en el siguiente bloque con su sustento técnico-bibliográfico completo, constituye una formulación propia del autor.

Las actividades identificadas como LOE se agrupan en paquetes coherentes aplicando las siguientes reglas:

- R-1. Las actividades agrupadas en un mismo paquete LOE deben corresponder a una función homogénea (por ejemplo, todas las actividades de administración del CDE forman un solo paquete; todas las actividades de coordinación interdisciplinar forman otro). (Derivación directa: AACE International, 2020, principio de coherencia funcional de los paquetes LOE; PMI, 2019, criterios generales de definición de paquetes de trabajo.)
- R-2. El paquete LOE debe tener un responsable único identificable, en línea con la estructura de roles ISO 19650. (Combinación: el principio del responsable único deriva de la práctica EVM general —PMI, 2019; Fleming & Koppelman, 2010— mientras que la articulación explícita con la estructura de roles de información definida por ISO 19650 —lead appointed party, information manager— constituye formulación propia del autor.)
- R-3. El periodo de planificación del paquete LOE debe corresponder al periodo durante el cual la función de apoyo es necesaria. Cuando la función se extiende a lo largo de toda la etapa, el periodo del paquete coincide con la duración de la etapa. (Derivación directa: AACE International, 2020, principio de coincidencia temporal entre paquete y función; PMI, 2019.)
- R-4. Regla de proporcionalidad de paquetes LOE (umbral preliminar de pilotaje). Los umbrales propuestos en la presente regla constituyen un criterio operativo inicial, derivado

de la triangulación entre tres cuerpos de evidencia: la práctica industrial documentada, los hallazgos empíricos recientes sobre el comportamiento real del LOE en programas reales, y la caracterización de la carga de trabajo de apoyo asociada a la etapa de Diseño Técnico bajo entornos BIM. Su calibración definitiva queda sujeta a validación empírica posterior conforme a los lineamientos del numeral 8.7.

La construcción del umbral parte del hecho de que la literatura clásica no documenta un sustento estadístico formal para la referencia del 15% del Valor Planificado: Humphreys & Associates (2023) presenta esta cifra como recomendación operativa heredada de la práctica histórica en programas de defensa estadounidenses, sin estudio empírico que la respalde como umbral óptimo. Frente a ello, Demos (2023), en análisis empírico de programas reales gestionados con EVM, documentó que la proporción de paquetes LOE en cuentas de control existentes varía entre el 0% y el 100% del Valor Planificado, y que el efecto de enmascaramiento sobre los indicadores agregados resultó ser, en magnitud práctica, inferior al asumido por la guía tradicional. Estos hallazgos sugieren que el umbral del 15% representa un criterio conservador heredado de la práctica, no un límite empíricamente óptimo.

Adicionalmente, la caracterización de la etapa de Diseño Técnico bajo ISO 19650 (numeral 6.4.4) y la cuantificación de impactos reportada por Abanda et al. (2025) —que documenta cargas de coordinación BIM y de gestión de datos significativamente superiores a las de etapas posteriores— sustenta que la proporción natural de trabajo de apoyo en esta etapa supera la de las etapas de construcción para las cuales el umbral del 15% fue formulado.

Sobre esta triple base —ausencia de sustento empírico del 15%, evidencia empírica reciente sobre proporciones reales superiores y carga de apoyo característica de la etapa de Diseño Técnico bajo ISO 19650—, la presente guía propone, como criterio operativo de pilotaje, el umbral del 30% del Valor Planificado. Este valor se asume explícitamente como referencia preliminar y no como resultado empíricamente validado; su confirmación, ajuste o sustitución por umbrales calibrados por tipología de proyecto se identifica como línea de investigación futura (numerales 8.7.3 y 8.7.5).

La aplicación operativa del umbral distingue dos modalidades:

(a) Para cuentas de control mixtas (que contengan tanto trabajo discreto como paquetes LOE), la suma del Valor Planificado de los paquetes LOE no debe superar el 30% del Valor Planificado total de la cuenta.

(b) Cuando los paquetes LOE de una etapa se concentren en una cuenta de control específica para LOE (segregada del trabajo discreto), la regla del 30% se aplica sobre el Valor Planificado total de la etapa, no sobre la cuenta segregada. En esta modalidad, la cuenta segregada puede contener hasta el 100% de paquetes LOE, mientras la suma total de paquetes LOE de la etapa se mantenga por debajo del 30% del Valor Planificado total de la etapa.

(c) La modalidad (b) es la recomendada por la presente guía para la etapa de Diseño Técnico en organizaciones con madurez intermedia o alta en EVM, en coherencia con la decisión de diseño operativo adoptada en el numeral 6.2.5 y por permitir el reporte segregado de indicadores que evita el riesgo de enmascaramiento. La modalidad (a) se habilita como ruta de entrada para organizaciones con baja madurez en EVM o con sistemas contables y de captura de horas-hombre que aún no permiten operar con cuentas de control múltiples; en estos casos, la mezcla de paquetes LOE y trabajo discreto en una misma cuenta de control queda condicionada al cumplimiento estricto del umbral del 30% y al reporte simultáneo de indicadores agregados y de trabajo discreto exclusivo, conforme al Paso 2.6 del numeral 8.4. La selección de la modalidad debe realizarse en la planificación inicial del proyecto y documentarse en la ficha del paquete LOE conforme al Paso 1.5 del numeral 8.3. La graduación de aplicabilidad de la guía por niveles de madurez organizacional se desarrolla en el numeral 8.7.1

6.7. Etapa 4: diseño de la guía metodológica y de sus herramientas

La cuarta etapa metodológica consistió en la formulación propiamente dicha de la guía. La guía se estructuró en tres pasos secuenciales, cuyo desarrollo detallado se presenta en el capítulo 8:

- *Paso 1:* Identificación, clasificación y agrupación de actividades como Nivel de Esfuerzo (numeral 8.3).
- *Paso 2:* Integración del Nivel de Esfuerzo con el método de gestión del Valor Ganado (numeral 8.4).

- *Paso 3:* Articulación del Nivel de Esfuerzo con la gestión de información bajo ISO 19650 (numeral 8.5).

Para cada paso se diseñaron los elementos siguientes: propósito del paso, entradas requeridas, procedimiento operativo, salidas producidas, responsables típicos. La articulación entre los tres pasos genera el flujo completo de la guía.

Adicionalmente, se diseñaron cuatro herramientas de soporte, descritas en el numeral 8.6:

- *Herramienta 1:* Mapa de correspondencia RIBA – LOE – EVM – ISO 19650.
- *Herramienta 2:* Lista de verificación para planificación y seguimiento.
- *Herramienta 3:* Hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado.
- *Herramienta 4:* Mini plan de ejecución BIM enfocado en la etapa de Diseño Técnico.

Las herramientas se poblan con un ejemplo ilustrativo hipotético, declarado explícitamente como tal. El ejemplo consiste en un edificio multifamiliar de seis pisos y veinticuatro apartamentos, ubicado hipotéticamente en Bucaramanga, cuya etapa de Diseño Técnico se proyecta a 16 semanas con un presupuesto total de COP 200.000.000. Este ejemplo no constituye estudio de caso ni evidencia empírica; su única función es demostrar el uso conceptual de las herramientas.

6.8. Etapa 5: lineamientos para implementación y validación futura

La quinta y última etapa metodológica consistió en formular los lineamientos generales bajo los cuales la guía propuesta podría ser implementada y validada en proyectos reales en investigaciones posteriores. Estos lineamientos abarcan condiciones organizacionales (madurez en EVM y en BIM, presencia de roles de gestión de información, voluntad gerencial), criterios de selección de proyectos piloto, fuentes de información necesarias para evaluar el desempeño de la guía, indicadores de seguimiento, y criterios de diseño metodológico para investigaciones posteriores. Su desarrollo se presenta en el numeral 8.7.

6.9. Correspondencia entre objetivos específicos, etapas metodológicas y productos

La tabla siguiente sintetiza la correspondencia entre los objetivos específicos formulados en el numeral 4.2, las etapas metodológicas descritas en este capítulo, y los productos entregados en cada caso.

Tabla 1. Correspondencia entre objetivos específicos, etapas metodológicas y productos

Objetivo específico	Etapas metodológicas	Producto entregado
OE-1: Analizar requisitos y restricciones derivados de los cuatro marcos	Etapa 1: revisión del marco conceptual y normativo (numerales 7.4.1 a 7.4.4)	Marco teórico (capítulo 6); articulación conceptual (numeral 6.5)
OE-2: Caracterizar la etapa de Diseño Técnico del RIBA 2020	Etapa 2: caracterización de la etapa de Diseño Técnico (numeral 7.5)	Caracterización estructurada (numeral 8.2)
OE-3: Definir criterios y procedimiento de identificación, clasificación y agrupación de actividades LOE	Etapa 3: identificación y clasificación (numerales 7.6.1 y 7.6.2)	Procedimiento del Paso 1 (numeral 8.3); criterios C-1 a C-4 y reglas R-1 a R-4
OE-4: Diseñar la guía metodológica conceptual y sus herramientas	Etapa 4: diseño de la guía y de las herramientas (numeral 7.7)	Pasos 1, 2 y 3 de la guía (numerales 8.3 a 8.5); herramientas 1 a 4 con ejemplo ilustrativo (numeral 8.6)
OE-5: Establecer condiciones y lineamientos para validación empírica futura	Etapa 5: lineamientos para implementación y validación (numeral 7.8)	Lineamientos de implementación y validación (numeral 8.7); recomendaciones (capítulo 10)

6.10. Limitaciones del enfoque metodológico

Las limitaciones del enfoque metodológico se declaran de manera explícita:

- La revisión documental no se realizó conforme a protocolos de revisión sistemática del tipo PRISMA. Las fuentes se seleccionaron por criterios de pertinencia y accesibilidad, no mediante una búsqueda exhaustiva en bases de datos con protocolos predefinidos.
- El análisis de contenido se basa en la lectura analítica del autor, sin codificación cruzada por un segundo investigador. El control interno de coherencia conceptual no sustituye la verificación intercodificadores que sería necesaria en un estudio de investigación con pretensiones de generalización.
- El ejemplo ilustrativo hipotético utilizado para poblar las herramientas no constituye evidencia empírica. Los valores numéricos del ejemplo se construyeron de manera coherente, pero no responden a observaciones de un proyecto real.
- Las conclusiones del trabajo se circunscriben a la coherencia conceptual del instrumento producido. No se formulan afirmaciones sobre la utilidad de la guía en proyectos reales, su impacto sobre los indicadores de desempeño o su aceptación por parte de organizaciones del sector. Estas dimensiones quedan abiertas para investigaciones posteriores.

Estas limitaciones se asumen como propias del nivel de un trabajo monográfico de especialización y como condiciones que delimitan el aporte real del documento.

7. Desarrollo de la guía metodológica

El presente capítulo desarrolla la guía propuesta, organizada en tres pasos secuenciales y acompañada de cuatro herramientas conceptuales pobladas con un ejemplo ilustrativo hipotético. El producto final del capítulo es el instrumento completo que el trabajo propone, conforme al objetivo general formulado en el numeral 4.1.

7.1. Enfoque general de la guía

La guía se construye sobre las cuatro proposiciones de articulación enunciadas en el numeral 6.5. Su enfoque es propositivo y conceptual: los pasos y herramientas se formulan de manera que organizaciones con distintos niveles de madurez en gestión del Valor Ganado y en operación BIM bajo ISO 19650 puedan evaluarlos, ajustarlos a su contexto e iniciar su aplicación en proyectos piloto. Por condiciones mínimas se entiende, a los efectos de la presente guía:

En materia de Valor Ganado: familiaridad operativa con los conceptos canónicos del EVM descritos en el numeral 6.1, existencia de una Línea Base de Medición del Desempeño formalizada para el proyecto, y sistema contable y de captura de horas-hombre que permita registrar el Costo Real desagregado por paquete de trabajo.

En materia de ISO 19650: operación efectiva de un Entorno Común de Datos (CDE), Plan de Ejecución BIM (BEP) aprobado y Requerimientos de Intercambio de Información (EIR) definidos por hito.

En materia organizacional: asignación clara de responsable único por cada paquete LOE y voluntad gerencial explícita para incorporar la categoría LOE en la planificación y el seguimiento.

Estas condiciones mínimas se desarrollan en mayor detalle en el numeral 8.7.1, donde se distinguen tres perfiles organizacionales —baja, intermedia y alta madurez— y se establecen las modalidades operativas de la guía aplicables a cada perfil.

La guía no prescribe un único modo de aplicación: las decisiones específicas sobre la granularidad de los paquetes, el peso relativo del LOE en la cuenta de control y los métodos de medición concretos dependen del proyecto y se identifican como decisiones del usuario.

7.2. Caracterización estructurada de la etapa de Diseño Técnico (RIBA 2020)

A los efectos operativos de la guía, la etapa de Diseño Técnico se descompone en cuatro bloques de subprocesos, cuya identificación permite la posterior localización de actividades de Nivel de Esfuerzo (RIBA, 2020).

Bloque A. Desarrollo del diseño técnico por disciplinas: actividades técnicas que completan el diseño de cada disciplina (arquitectura, estructura, eléctrica, hidrosanitaria, mecánica, especialidades) hasta el nivel de detalle suficiente para construcción.

Bloque B. Coordinación interdisciplinar: actividades de revisión de interferencias entre disciplinas, ajuste de diseños cruzados, validación de la consistencia geométrica e informacional de los modelos federados, y resolución de cambios derivados de la coordinación.

Bloque C. Gestión de información y entorno digital: actividades de administración del CDE, verificación de cumplimiento de los EIR y del LOIN, control de versiones, gestión de estados de documentos, supervisión del intercambio de información entre actores.

Bloque D. Procesos legales y normativos: actividades de verificación del cumplimiento normativo, gestión de aprobaciones regulatorias, preparación de documentación para licencias y permisos, interacción con autoridades reguladoras.

Cada bloque combina, en proporciones distintas, trabajo técnico discreto y trabajo de apoyo continuo. El Bloque A es predominantemente trabajo discreto, con un componente de apoyo asociado a la supervisión técnica. Los Bloques B, C y D concentran proporcionalmente más trabajo de apoyo continuo, susceptible de tratarse como LOE.

7.3. Paso 1: Identificación, clasificación y agrupación de actividades como Nivel de Esfuerzo

Propósito.

Identificar, dentro de la etapa de Diseño Técnico de un proyecto específico, las actividades que cumplen los criterios de Nivel de Esfuerzo y agruparlas en paquetes coherentes.

Entradas requeridas.

- Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT/WBS) del proyecto a nivel de la etapa de Diseño Técnico.
- Plan preliminar de actividades técnicas por disciplina.
- Plan de Ejecución BIM (BEP) del proyecto, si existe.
- Matriz de responsabilidades del proyecto.

Procedimiento operativo.

Paso 1.1. Para cada actividad identificada en la EDT, evaluar los criterios C-1 a C-4 definidos en el numeral 7.6.1. Marcar como candidata a LOE toda actividad que cumpla simultáneamente los cuatro criterios.

Paso 1.2. Verificar que el conjunto de actividades marcadas como LOE no contenga actividades cuyo entregable discreto haya sido pasado por alto. En particular, distinguir entre: el acto de revisar un modelo federado (susceptible de ser LOE) y el acto de generar y entregar el informe de revisión (entregable discreto que debe planificarse como tal).

Paso 1.3. Agrupar las actividades LOE en paquetes coherentes aplicando las reglas R-1 a R-4 del numeral 7.6.2. Cada paquete debe tener: identificador único, denominación funcional, responsable único, periodo de planificación, presupuesto asignado, justificación documentada.

Paso 1.4. Verificar la regla de proporcionalidad R-4 conforme a la modalidad aplicada al proyecto:

- Modalidad (a): si los paquetes LOE se incorporan a cuentas de control mixtas, verificar que la suma de su Valor Planificado no supere el 30% del Valor Planificado total de cada cuenta donde se encuentren.
- Modalidad (b), recomendada por la presente guía: si los paquetes LOE se segregan en una cuenta de control específica, verificar que la suma de su Valor Planificado no supere el 30% del Valor Planificado total de la etapa.

Si en la modalidad (a) se supera el umbral del 30%, evaluar el cambio a la modalidad (b) mediante segregación de los paquetes LOE en una cuenta o subcuenta específica.

Paso 1.5. Documentar las decisiones tomadas en una ficha de paquete LOE, que registre: el paquete, la justificación, el responsable y los criterios cumplidos. Esta ficha se incorpora como Apéndice del plan de gestión del proyecto.

Salidas producidas.

- Listado de actividades clasificadas como LOE.
- Conjunto de paquetes LOE con sus identificadores, denominaciones, responsables, periodos y presupuestos.
- Fichas de documentación de cada paquete.

Responsables típicos.

Líder de planeación del proyecto, con participación del gestor de información y de los coordinadores disciplinares.

7.4. Paso 2: Integración del Nivel de Esfuerzo con el método de gestión del Valor Ganado

Propósito. Incorporar los paquetes LOE identificados en el Paso 1 dentro del sistema de medición de desempeño del proyecto, aplicando las expresiones canónicas del Valor Ganado con las precauciones específicas que el LOE requiere.

Entradas requeridas.

- Conjunto de paquetes LOE producidos en el Paso 1.
- Línea Base de Medición del Desempeño (PMB) del proyecto.
- Sistema contable y de registro de horas-hombre del proyecto.

Procedimiento operativo.

Paso 2.1. Para cada paquete LOE, asignar el Valor Planificado distribuido uniformemente a lo largo del periodo del paquete, o conforme a una curva de distribución no uniforme cuando exista justificación documentada (por ejemplo, mayor intensidad de coordinación en momentos previos a hitos de entrega).

Paso 2.2. Definir, en el sistema de registro del proyecto, los mecanismos de captura del Costo Real asociado a cada paquete LOE. Estos mecanismos típicamente incluyen: registro de

horas-hombre por responsable y por paquete, registro de costos directos asociados al paquete, periodicidad de cierre (semanal o quincenal recomendada para la etapa de Diseño Técnico).

Paso 2.3. Calcular el Valor Ganado de cada paquete LOE en cada fecha de corte aplicando la regla del Nivel de Esfuerzo: el Valor Ganado se acumula automáticamente en proporción al tiempo planificado transcurrido del periodo del paquete. Cuando el paquete LOE se encuentra activo en su periodo planificado, su $EV = PV$ correspondiente al tiempo transcurrido.

Paso 2.4. Calcular las variaciones e índices del paquete: $SV = EV - PV$, $CV = EV - AC$, $SPI = EV / PV$, $CPI = EV / AC$. Aplicar la advertencia operativa del numeral 6.2.4: para paquetes LOE, SV y SPI son nulo y unitario respectivamente, por construcción del método; la información de desempeño relevante se concentra en CV y CPI.

Paso 2.5. Calcular las proyecciones de costo a la terminación del paquete: $EAC = BAC / CPI$ (eficiencia simple). Cuando exista evidencia de comportamiento no estable del CPI, considerar la fórmula combinada $EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$, reconociendo que para paquetes LOE el segundo factor es la unidad por construcción.

Paso 2.6. Reportar los indicadores del paquete LOE de manera segregada del trabajo discreto en los informes de desempeño del proyecto. Cuando el reporte agregado de la cuenta de control mezcle LOE y discreto, presentar tanto el indicador agregado como el indicador del trabajo discreto exclusivo, para evitar el enmascaramiento descrito en el numeral 6.2.5.

Salidas producidas.

- Paquetes LOE incorporados a la PMB.
- Hoja de registro de Nivel de Esfuerzo (Herramienta 3) actualizada en cada fecha de corte.
- Informes de desempeño segregados por categoría de trabajo.

Responsables típicos.

Líder de control del proyecto, con apoyo del responsable de cada paquete LOE.

7.5. Paso 3: Articulación del Nivel de Esfuerzo con la gestión de información bajo ISO 19650

Propósito. Vincular los paquetes LOE de la etapa de Diseño Técnico con las funciones, productos y procesos de gestión de información definidos por la familia ISO 19650, de manera que el seguimiento del LOE refleje también el cumplimiento de las exigencias de información del proyecto.

Entradas requeridas.

- Paquetes LOE producidos en el Paso 1.
- Requerimientos de Información del Proyecto (PIR) y Requerimientos de Intercambio de Información (EIR) del proyecto.
- Plan de Ejecución BIM (BEP) del proyecto.
- Definición del Nivel de Información Necesario (LOIN) por hito.
- Estructura del Entorno Común de Datos (CDE).

Procedimiento operativo.

Paso 3.1. Identificar, en el conjunto de paquetes LOE producidos en el Paso 1, aquellos cuya función está directamente vinculada a la gestión de información bajo ISO 19650: administración del CDE, control de versiones y estados de documentos, verificación de cumplimiento de los EIR, supervisión del LOIN, coordinación de modelos federados.

Paso 3.2. Para cada uno de estos paquetes, vincular su periodo de planificación con los hitos de intercambio de información definidos en los EIR. La curva de Valor Planificado del paquete debe reflejar la mayor intensidad de actividad en los periodos previos a cada hito de intercambio.

Paso 3.3. Definir indicadores complementarios de cumplimiento informacional, asociados a cada paquete LOE de gestión de información: porcentaje de documentos publicados con estado correcto en el CDE en el periodo, porcentaje de modelos federados validados respecto al LOIN del hito, número de interferencias resueltas en el periodo. Estos indicadores complementan, no sustituyen, el seguimiento de EV-AC-CV del paquete.

Paso 3.4. Asignar el responsable de cada paquete LOE de gestión de información en línea con la estructura funcional definida por ISO 19650: la responsabilidad contractual de la función recae en la lead appointed party, que puede delegar su ejercicio operativo en el rol que el proyecto designe como gestor de información. Este rol recibe en la práctica del sector denominaciones diversas (information manager, BIM manager, gestor BIM), cuya elección corresponde a una decisión del proyecto documentada en el BEP, conforme a la precisión terminológica del numeral 6.4.2.

Paso 3.5. Documentar la articulación en el Mini plan de ejecución BIM enfocado en la etapa de Diseño Técnico (Herramienta 4).

Salidas producidas.

- Conjunto de paquetes LOE de gestión de información, con responsable, periodo, presupuesto e indicadores de cumplimiento informacional.
- Mini plan de ejecución BIM enfocado en la etapa.
- Vinculación documentada entre los paquetes LOE y los hitos de intercambio de información del proyecto.

Responsables típicos.

El rol que el proyecto haya designado, en el BEP, como responsable operativo de la función de gestión de información definida por ISO 19650 —denominado típicamente information manager, BIM manager o gestor de información—, con participación del líder de planeación.

7.6. Herramientas conceptuales pobladas con ejemplo ilustrativo hipotético

Las cuatro herramientas de la guía se presentan a continuación pobladas con un ejemplo ilustrativo hipotético, declarado explícitamente como tal. El ejemplo no constituye estudio de caso ni evidencia empírica.

Caracterización del ejemplo ilustrativo hipotético.

Tipo de proyecto: edificio multifamiliar de seis pisos, veinticuatro apartamentos en total. Ubicación: hipotética, en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Etapa de aplicación: Diseño Técnico (Stage 4 del RIBA Plan of Work 2020). Duración planificada de la etapa: 16 semanas.

Presupuesto total de la etapa: COP 200.000.000. Modalidad de gestión: Valor Ganado conforme a EIA-748 en su revisión vigente SAE/EIA-748E:2026, con operación BIM bajo ISO 19650.

Los valores numéricos del ejemplo se construyeron de manera coherente con la lógica conceptual del método; no son observaciones empíricas.

Herramienta 1. Mapa de correspondencia RIBA – LOE – EVM – ISO 19650

La Herramienta 1 establece la correspondencia entre los subprocesos de la etapa de Diseño Técnico, las actividades técnicas que generan entregables discretos, los paquetes de Nivel de Esfuerzo asociados, el método de medición de Valor Ganado aplicable y la articulación con la gestión de información ISO 19650.

Tabla 2. Mapa de correspondencia RIBA – LOE – EVM – ISO 19650 (ejemplo ilustrativo hipotético)

Bloque RIBA Stage 4	Actividades técnicas discretas (ejemplo)	Paquetes LOE asociados (ejemplo)	Método EVM aplicable	Vínculo ISO 19650
Bloque A. Desarrollo del diseño técnico por disciplinas	Planos arquitectónicos detallados; memorias estructurales; planos eléctricos; planos hidrosanitarios; especificaciones técnicas	LOE-04: Supervisión técnica del diseño (revisión periódica de avance por disciplina)	Hitos ponderados o porcentaje de avance (técnicos); LOE (supervisión)	LOIN por disciplina; verificación de cumplimiento por hito
Bloque B. Coordinación interdisciplinar	Informe de revisión de interferencias por hito; modelo federado validado por hito	LOE-01: Coordinación interdisciplinar continua	Hitos ponderados (entregables de coordinación); LOE (función de coordinación)	Coordinación de modelos federados; resolución de clashes
Bloque C. Gestión de información y entorno digital	Configuración inicial del CDE; matriz de responsabilidades de información publicada	LOE-02: Administración del CDE y gestión de información	Fórmula fija 0/100 (configuración); LOE (operación continua)	Operación del CDE; estados de documentos; cumplimiento EIR
Bloque D. Procesos legales y normativos	Documentación para licencia de construcción; documentación RETIE; verificación NSR-10	LOE-03: Supervisión de cumplimiento normativo	Hitos ponderados (entregables normativos); LOE (supervisión continua)	Trazabilidad documental en CDE; estados aprobados

La Tabla 2 ilustra el principio operativo de la guía: por cada bloque de la etapa se distinguen actividades discretas (cuyo Valor Ganado se mide por entregables) y paquetes LOE (cuyo Valor Ganado se mide por tiempo transcurrido), preservando la separación que el numeral 6.2.4 identifica como necesaria para evitar el enmascaramiento del desempeño.

Herramienta 2. Lista de verificación para planificación y seguimiento

La Herramienta 2 sintetiza los puntos de verificación que el líder de planeación y el líder de control del proyecto deben aplicar en distintos momentos del ciclo de la etapa de Diseño Técnico. La lista se organiza en tres categorías: verificaciones de planificación inicial, verificaciones de seguimiento periódico y verificaciones de cierre de etapa.

Tabla 3. Lista de verificación para planificación y seguimiento (ejemplo ilustrativo)

Categoría	Nº	Punto de verificación	Estado (ejemplo)
Planificación inicial	1.1	Estructura de Descomposición del Trabajo de la etapa, completa y aprobada	✓
Planificación inicial	1.2	Listado de actividades evaluadas con criterios C-1 a C-4	✓
Planificación inicial	1.3	Paquetes LOE definidos con responsable único, periodo y presupuesto	✓
Planificación inicial	1.4	Suma de VP de paquetes LOE no supera 30% del VP total de la etapa	✓ (30%)
Planificación inicial	1.5	Fichas de documentación de paquetes LOE incorporadas al plan de gestión	✓
Planificación inicial	1.6	Plan de Ejecución BIM (BEP) emitido y aprobado	✓
Planificación inicial	1.7	EIR del proyecto vinculados a paquetes LOE de gestión de información	✓
Seguimiento periódico	2.1	Registro semanal de horas-hombre por paquete LOE	✓

Seguimiento periódico	2.2	Cálculo de EV de paquetes LOE conforme a tiempo transcurrido	✓
Seguimiento periódico	2.3	Cálculo de CV y CPI por paquete LOE	✓
Seguimiento periódico	2.4	Reporte segregado de indicadores LOE vs. trabajo discreto	✓
Seguimiento periódico	2.5	Indicadores complementarios de cumplimiento informativo (paquetes ISO 19650)	✓
Cierre de etapa	3.1	Conciliación de Costo Real total con presupuesto a la terminación	Pendiente
Cierre de etapa	3.2	Cálculo final de VAC por paquete LOE	Pendiente
Cierre de etapa	3.3	Documentación de lecciones aprendidas sobre el comportamiento de paquetes LOE	Pendiente

El estado mostrado en la columna derecha corresponde a un corte hipotético en la semana 8 del ejemplo ilustrativo.

Herramienta 3. Hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado

La Herramienta 3 es el instrumento central de la guía. Registra, en cada fecha de corte, las magnitudes canónicas del Valor Ganado para cada paquete LOE. Se presenta a continuación poblada con valores del ejemplo ilustrativo hipotético al cierre de la semana 8.

Datos generales del ejemplo:

- Cuenta de control: CC-L: Coordinación y gestión de información - Diseño Técnico.
- Periodo de la cuenta: semanas 1 a 16.
- Valor Planificado total de la cuenta: COP 60.000.000 (30% del presupuesto total de la etapa de COP 200.000.000, conforme a la modalidad (b) de la regla R-4).
- Fecha de corte: cierre de semana 8 (50% del periodo planificado de la cuenta).

Tabla 4. Hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado al cierre de semana 8 (ejemplo ilustrativo)

Paquete	Denominación	BAC (COP)	t planif (sem)	T Transcur (sem)	PV a sem 8 (COP)	EV a sem 8 (COP)	AC a sem 8 (COP)
LOE-01	Coordinación interdisciplinar	20.000.000	16	8,0	10.000.000	10.000.000	11.000.000
LOE-02	Administración del CDE y gestión de información	15.000.000	16	8,0	7.500.000	7.500.000	8.000.000
LOE-03	Supervisión de cumplimiento normativo	12.000.000	16	8,0	6.000.000	6.000.000	6.500.000
LOE-04	Supervisión técnica del diseño	13.000.000	16	8,0	6.500.000	6.500.000	8.000.000
Total CC-L	—	60.000.000	—	—	30.000.000	30.000.000	33.500.000

Cálculo de variaciones e índices al cierre de semana 8:

Para LOE-01 (coordinación interdisciplinar):

- EV (regla del LOE, $EV = PV$ en el periodo activo):
 $BAC \times (t_{\text{transcurrido}} / t_{\text{planif}}) = 20.000.000 \times (8,0 / 16) = 10.000.000 \text{ COP.}$
- $SV = EV - PV = 10.000.000 - 10.000.000 = 0 \text{ COP.}$
- $SPI = EV / PV = 10.000.000 / 10.000.000 = 1,000.$
- $CV = EV - AC = 10.000.000 - 11.000.000 = -1.000.000 \text{ COP.}$
- $CPI = EV / AC = 10.000.000 / 11.000.000 = 0,909.$
- $EAC = BAC / CPI = 20.000.000 / 0,909 = 22.000.000 \text{ COP}$
(cálculo exacto: $BAC \times AC / EV = 20.000.000 \times 11.000.000 / 10.000.000$).

- $VAC = BAC - EAC = 20.000.000 - 22.000.000 = -2.000.000$ COP.

Conforme a lo expuesto en el numeral 6.2.4, el SV y el SPI del paquete son nulo y unitario respectivamente, por construcción del método. La información de desempeño relevante se concentra en CV y CPI. El CPI de 0,909 indica un sobrecosto en el paquete: el costo real de la coordinación interdisciplinaria excedió en 1.000.000 al valor planificado del periodo, lo cual debe analizarse en términos de carga del coordinador, posible necesidad de refuerzo, o ajuste del presupuesto del paquete.

Para LOE-02, LOE-03 y LOE-04 (los tres paquetes en estado activo conforme al periodo planificado):

- LOE-02: $EV = 7.500.000$, $AC = 8.000.000$, $CPI = 0,938$, $EAC = 16.000.000$, $VAC = -1.000.000$ COP.
- LOE-03: $EV = 6.000.000$, $AC = 6.500.000$, $CPI = 0,923$, $EAC = 13.000.000$, $VAC = -1.000.000$ COP.
- LOE-04: $EV = 6.500.000$, $AC = 8.000.000$, $CPI = 0,813$, $EAC = 16.000.000$, $VAC = -3.000.000$ COP.

Cálculo agregado para la cuenta de control CC-L:

- PV total: 30.000.000 COP.
- EV total: 30.000.000 COP.
- AC total: 33.500.000 COP.
- SV agregada: 0 COP.
- SPI agregado: $30.000.000 / 30.000.000 = 1,000$.
- CV agregada: $-3.500.000$ COP.
- CPI agregado: $30.000.000 / 33.500.000 = 0,896$.
- EAC agregada: $60.000.000 / 0,896 = 67.000.000$ COP (cálculo exacto: $BAC \times AC / EV = 60.000.000 \times 33.500.000 / 30.000.000$).
- VAC agregada: $60.000.000 - 67.000.000 = -7.000.000$ COP.

Lectura del corte ilustrativo. Los cuatro paquetes LOE reportan SPI unitario y SV nula, conforme al comportamiento estructural del Nivel de Esfuerzo. La información de desempeño se

concentra en CV y CPI: los cuatro paquetes presentan CPI inferior a la unidad, y la cuenta de control acumula un sobre costo proyectado de COP 7.000.000, equivalente al 11,7% del presupuesto de la cuenta. El paquete LOE-04 reporta la menor eficiencia de costo (CPI = 0,813), seguido de LOE-01 (CPI = 0,909). Esta información, segregada del resto de paquetes técnicos discretos de la etapa, permite al gerente del proyecto tomar decisiones específicas sobre los recursos de apoyo, sin que el desempeño de los paquetes técnicos discretos enmascare estas señales (Humphreys & Associates, 2023).

Efecto contrafáctico (ilustración del riesgo de enmascaramiento). Si los cuatro paquetes LOE hubieran sido incorporados a una cuenta de control mixta junto con paquetes técnicos discretos de la etapa —por ejemplo, una cuenta que también contuviera los entregables de planos arquitectónicos por COP 50.000.000 con un avance hipotético del 70% (EV = 35.000.000) frente a un PV del 75% (PV = 37.500.000) y un AC de 36.000.000—, el SPI agregado de esa cuenta combinada incluiría el SPI = 1 estructural de los paquetes LOE. El cálculo agregado sería: PV combinado = 30.000.000 + 37.500.000 = 67.500.000; EV combinado = 30.000.000 + 35.000.000 = 65.000.000; SPI combinado = 0,963. Este SPI agregado de 0,963 está más cerca de la unidad que el SPI real del trabajo discreto ($35.000.000 / 37.500.000 = 0,933$), lo cual atenúa la lectura del atraso del trabajo discreto. La segregación de los paquetes LOE en CC-L, conforme a la modalidad (b) de la regla R-4, evita esta atenuación: el SPI del trabajo discreto se reporta por separado y revela con claridad la desviación real. Esta es la aplicación operativa de la recomendación documentada por Humphreys & Associates (2023) y matizada empíricamente por Demos (2023).

Herramienta 4. Mini plan de ejecución BIM enfocado en la etapa de Diseño Técnico

La Herramienta 4 es un instrumento conceptual abreviado del Plan de Ejecución BIM (BEP), enfocado específicamente en la etapa de Diseño Técnico y orientado a articular los paquetes LOE de gestión de información con los requisitos del proyecto. No sustituye al BEP completo del proyecto.

Estructura del Mini BEP del ejemplo práctico:*Sección 1. Información general del proyecto.*

- Identificación del proyecto: edificio multifamiliar hipotético, seis pisos, veinticuatro apartamentos, Bucaramanga.
- Cliente (hipotético): promotor inmobiliario X.
- Lead appointed party (hipotético): consultora Y.

Sección 2. Requerimientos de información.

- PIR: definidos por el cliente, vinculados a la operación y mantenimiento futuro del activo.
- EIR: definidos por la lead appointed party, con cuatro hitos de intercambio en la etapa de Diseño Técnico (semanas 4, 8, 12 y 16).

Sección 3. Estructura del CDE.

- Plataforma: solución colaborativa BIM con cuatro estados conforme a ISO 19650-1 (work in progress, shared, published, archived).
- Estructura de carpetas y nomenclatura: conforme a anexo nacional del estándar BIM aplicable.

Sección 4. Nivel de Información Necesario (LOIN) por hito.

- Hito sem 4: LOIN de diseño espacialmente coordinado entrante.
- Hito sem 8: LOIN intermedio, modelos federados validados por disciplina.
- Hito sem 12: LOIN avanzado, especificaciones técnicas vinculadas.
- Hito sem 16: LOIN para construcción, modelos federados completos.

Sección 5. Funciones de gestión de información y vinculación con paquetes LOE.

- Information manager (denominación operativa adoptada por el ejemplo para el rol designado por el BEP como responsable de la función de gestión de información ISO 19650; conforme a la precisión terminológica del numeral 6.4.2): responsable del paquete LOE-02 (administración del CDE y gestión de información).
- Coordinador BIM disciplinar (función operativa de apoyo): apoyo al paquete LOE-01 (coordinación interdisciplinar).

- Supervisor normativo (función operativa de apoyo): responsable del paquete LOE-03 (supervisión de cumplimiento normativo).
- Líder de diseño técnico: responsable del paquete LOE-04 (supervisión técnica del diseño).

Sección 6. Indicadores de cumplimiento informacional.

- Por cada hito de intercambio, se verifica: porcentaje de documentos publicados con estado correcto, porcentaje de modelos federados validados respecto al LOIN del hito, número de interferencias resueltas, número de incidencias normativas cerradas.

Sección 7. Articulación con la hoja de registro de Nivel de Esfuerzo.

- Los paquetes LOE-01 a LOE-04 referidos en la Herramienta 3 se vinculan a los hitos de intercambio mediante la matriz responsabilidades–periodos definida en el BEP completo del proyecto.

7.7. Lineamientos para implementación inicial y validación futura

El presente numeral formula los lineamientos generales bajo los cuales la guía propuesta podría ser implementada inicialmente y validada en proyectos reales en investigaciones posteriores. Su carácter es propositivo y no prescriptivo.

7.7.1. Condiciones organizacionales recomendadas para la implementación inicial

La guía propuesta puede implementarse en organizaciones con distintos niveles de madurez en EVM y en operación BIM bajo ISO 19650, ajustando su modalidad de aplicación al nivel observado. Se distinguen tres perfiles organizacionales típicos y su correspondencia con las modalidades operativas de la guía.

Perfil 1. Baja madurez en EVM. Organizaciones con familiaridad limitada con el método de gestión del Valor Ganado, sin tradición de planificación con cuenta de control estructurada, con sistemas contables que no permiten desagregación por paquete o con captura de horas-hombre por centro de costo agregado. En este perfil, la incorporación del LOE constituye una primera aproximación al EVM. Se recomienda:

- Aplicar la modalidad (a) de la regla R-4 (cuenta mixta con umbral del 30%).
- Limitar el número de paquetes LOE a un conjunto reducido (entre dos y cuatro paquetes por etapa).
- Concentrar el seguimiento en CV y CPI agregados de la cuenta mixta, complementados con el reporte simultáneo del trabajo discreto exclusivo (Paso 2.6 del numeral 8.4).
- Priorizar la implementación de un sistema de captura de horas-hombre desagregado por paquete como condición habilitante para etapas posteriores de madurez.

Perfil 2. Madurez intermedia en EVM. Organizaciones con experiencia previa en aplicación del Valor Ganado en al menos una etapa del ciclo de vida del proyecto, con sistemas contables y de captura de horas-hombre que permiten desagregación por paquete, pero sin tradición de operación con cuentas de control múltiples. En este perfil se recomienda:

- Adoptar la modalidad (b) de la regla R-4 (cuenta de control segregada para LOE) en proyectos piloto, manteniendo la modalidad (a) en el resto de proyectos hasta consolidar la experiencia.
- Operar con un conjunto ampliado de paquetes LOE (entre cuatro y ocho por etapa, conforme al ejemplo ilustrativo del numeral 8.6).
- Incorporar los indicadores complementarios de cumplimiento informacional definidos en el Paso 3.3 del numeral 8.5.

Perfil 3. Alta madurez en EVM y ISO 19650. Organizaciones con experiencia consolidada en el método de gestión del Valor Ganado, sistemas contables y de captura de horas-hombre maduros, operación efectiva bajo principios ISO 19650 con CDE en funcionamiento, BEP de proyecto definido y roles de gestión de información asignados conforme al numeral 6.4. En este perfil se recomienda:

- Adoptar la modalidad (b) de la regla R-4 como práctica estándar.
- Articular plenamente los Pasos 1, 2 y 3 de la guía conforme al numeral 8.
- Implementar las cuatro herramientas conceptuales del numeral 8.6 con plantillas internas adaptadas.
- Generar repositorios de lecciones aprendidas (recomendación R-08) que contribuyan a la calibración empírica del umbral del 30%.

Independientemente del perfil de madurez, son condiciones organizacionales mínimas para la aplicación de la guía:

- Voluntad gerencial explícita para incorporar la categoría LOE en la planificación y el seguimiento del proyecto.
- Asignación clara de responsable único por cada paquete LOE definido, en línea con la estructura de roles aplicable al proyecto.
- Sistema contable y de registro de horas-hombre que permita, al menos a partir del primer piloto, capturar el Costo Real desagregado por paquete LOE.

La gradación por perfiles no constituye una restricción de aplicabilidad, sino una recomendación operativa para que la incorporación de la guía sea progresiva y sostenible. Las organizaciones del Perfil 1 que adopten la modalidad (a) pueden migrar a la modalidad (b) una vez consolidada la práctica, conforme se vayan satisfaciendo las condiciones técnicas y organizacionales descritas en los Perfiles 2 y 3.

7.7.2. Criterios para selección de proyectos piloto

Los proyectos adecuados para una primera implementación piloto cumplen, idealmente, los siguientes criterios:

- Proyecto en etapa de Diseño Técnico al momento del piloto.
- Tamaño suficiente para que la presencia de paquetes LOE significativos sea operativamente relevante.
- Duración de la etapa de Diseño Técnico igual o superior a 12 semanas.
- Equipo multidisciplinar con al menos cuatro disciplinas técnicas activas.
- Disposición del equipo del proyecto para registrar los datos requeridos por la guía.

7.7.3. Fuentes de información para la validación

Las fuentes de información sobre las cuales podría construirse una validación empírica posterior incluyen:

- Registros del sistema contable del proyecto.
- Registros del sistema de captura de horas-hombre del proyecto.
- Reportes del CDE sobre estados de documentos y modelos.

- Actas de coordinación interdisciplinar.
- Reportes de revisión de interferencias.
- Entrevistas estructuradas a los responsables de paquetes LOE al cierre de cada hito.
- Encuestas de utilidad percibida de la guía al cierre de la etapa.

7.7.4. Indicadores de seguimiento de la implementación piloto

Para evaluar el desempeño de la guía en un piloto, se proponen los siguientes indicadores:

- Cobertura: porcentaje de actividades de apoyo identificadas como LOE respecto al total de actividades de apoyo identificadas a posteriori.
- Granularidad: número de paquetes LOE definidos, comparado con número de funciones de apoyo presentes.
- Estabilidad de la PMB: número de modificaciones a la PMB derivadas de ajustes en los paquetes LOE durante la etapa.
- Eficacia del seguimiento: capacidad de la guía para detectar tempranamente desviaciones que en proyectos previos no habrían sido detectadas.
- Utilidad percibida: valoración de los responsables de proyecto sobre la utilidad de la información generada por la guía.

7.7.5. Criterios de diseño metodológico para investigaciones posteriores

Las investigaciones posteriores que evalúen empíricamente la guía deberían incorporar, como criterios de diseño metodológico:

- Diseño de estudio de caso múltiple con al menos tres proyectos de tipologías comparables.
- Periodo de observación igual a la duración completa de la etapa de Diseño Técnico.
- Triangulación entre fuentes documentales, observación directa y entrevistas.
- Documentación explícita de las condiciones organizacionales del proyecto y de su comparabilidad con las descritas en el numeral 8.7.1.
- Reporte de resultados positivos y negativos del piloto, incluyendo aquellas situaciones en las que la guía no resultó útil o requirió ajustes.

7.7.6. Salvedad explícita

Los lineamientos descritos en este numeral no constituyen un plan de implementación ni un protocolo de validación cerrado. Su función es identificar los elementos que una organización o un equipo de investigación deberían considerar al diseñar un piloto o un estudio empírico posterior. El presente trabajo no presenta los resultados de tal piloto, conforme al alcance declarado en el numeral 5.

8. Conclusiones

Las conclusiones siguientes responden a la pregunta de investigación y a los objetivos formulados en los numerales 2 y 4 del presente documento. Su orden corresponde al de los objetivos específicos, seguido de conclusiones transversales sobre el aporte del trabajo y sobre el reconocimiento de sus limitaciones.

- I. La revisión integrada de los cuatro marcos de referencia sugiere, dentro de las fuentes consultadas, la existencia de un vacío conceptual en la literatura accesible para la articulación operativa entre la práctica AACE 79R-13 sobre Nivel de Esfuerzo, el método de gestión del Valor Ganado conforme a la norma EIA-748, la etapa de Diseño Técnico del Plan de Trabajo RIBA 2020 y la familia de normas ISO 19650 sobre gestión de información en entornos BIM. Cada marco se ha desarrollado de manera predominantemente autónoma, sin instrumentos que faciliten su aplicación coordinada en proyectos de construcción. Este vacío justifica la formulación de un instrumento conceptual articulador.
- II. La caracterización estructurada de la etapa de Diseño Técnico del RIBA 2020, organizada en cuatro bloques de subprocesos (desarrollo del diseño técnico por disciplinas, coordinación interdisciplinar, gestión de información y entorno digital, procesos legales y normativos), evidencia que la etapa concentra una proporción significativa de trabajo de apoyo continuo no susceptible de medición discreta. Esta caracterización constituye la base sobre la cual la guía localiza los paquetes de Nivel de Esfuerzo y permite distinguirlos del trabajo técnico discreto.
- III. El procedimiento propuesto para identificar, clasificar y agrupar actividades como Nivel de Esfuerzo, basado en cuatro criterios de identificación (C-1 a C-4) y cuatro reglas de agrupación (R-1 a R-4), proporciona una base operativa para discriminar el trabajo de apoyo del trabajo discreto en la etapa de Diseño Técnico. Los criterios formulados son coherentes con las definiciones de la práctica AACE 79R-13. La regla R-4, formulada en dos modalidades alternativas (cuentas mixtas con umbral del 30% del VP de la cuenta o cuentas segregadas con umbral del 30% del VP de la etapa), incorpora la decisión operativa de segregación recomendada por la presente guía, manteniéndose dentro del marco de prudencia documentado por la práctica industrial y reconociendo el matiz empírico

aportado por la literatura reciente. Los umbrales propuestos se asumen como criterio operativo preliminar de pilotaje, sujeto a calibración empírica posterior.

- IV. La guía metodológica conceptual formulada, estructurada en tres pasos secuenciales — identificación, clasificación y agrupación de actividades como LOE; integración con el método de gestión del Valor Ganado; articulación con la gestión de información bajo ISO 19650—, articula los cuatro marcos de referencia en un instrumento aplicable a la etapa de Diseño Técnico. La guía utiliza las expresiones canónicas del Valor Ganado (PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC, VAC) aplicadas al caso particular del LOE, reconociendo que para los paquetes de Nivel de Esfuerzo el SV es nulo y el SPI es unitario por construcción del método, y que la información de desempeño relevante se concentra en la variación de costo (CV) y en el índice de desempeño de costo (CPI).
- V. Las cuatro herramientas conceptuales pobladas con el ejemplo ilustrativo hipotético — mapa de correspondencia RIBA – LOE – EVM – ISO 19650, lista de verificación para planificación y seguimiento, hoja de registro de Nivel de Esfuerzo en Valor Ganado y mini plan de ejecución BIM— operacionalizan la guía y demuestran la viabilidad conceptual de su aplicación. El ejemplo ilustrativo (edificio multifamiliar de seis pisos, veinticuatro apartamentos, 16 semanas de etapa de Diseño Técnico, presupuesto de COP 200.000.000) presenta cálculos numéricos coherentes que reflejan la lógica operativa del método, sin constituir evidencia empírica. El ejercicio contrafáctico de cuenta mixta incluido en la Herramienta 3 ilustra, con valores numéricos, el riesgo de enmascaramiento que la modalidad de segregación adoptada por la guía permite evitar.
- VI. El análisis crítico documental de las metodologías avanzadas de la AACE 79R-13 (enmascaramiento, esfuerzo prorrateado, LOE incorporado a cronogramas integrados maestros) reconoce los riesgos documentados en la literatura y los matices empíricos recientes que la investigación ha aportado, en particular los hallazgos de Demos (2023) que sugieren que el efecto real del LOE sobre el desempeño de programas puede ser menor del que la guía tradicional asume. La guía propuesta adopta, por prudencia y coherencia con la práctica, la modalidad básica del LOE: paquetes segregados, medición por tiempo transcurrido y exclusión del cálculo de ruta crítica. Las modalidades avanzadas quedan identificadas como objetos de investigación futura.

- VII. Los lineamientos formulados para una eventual implementación piloto y validación empírica posterior identifican las condiciones organizacionales recomendadas (madurez en EVM, operación bajo ISO 19650, voluntad gerencial, sistema contable apto), los criterios de selección de proyectos piloto, las fuentes de información necesarias, los indicadores de seguimiento y los criterios de diseño metodológico para estudios posteriores. Estos lineamientos no constituyen un plan de implementación cerrado, sino una guía orientadora para investigaciones futuras.
- VIII. El aporte específico de este trabajo se sitúa en el plano conceptual: la formulación articulada y trazable de un instrumento metodológico que la literatura no ofrecía de manera integrada. El trabajo reconoce expresamente que no realiza aplicación empírica, que el ejemplo ilustrativo no constituye estudio de caso, y que la validación de la utilidad de la guía en proyectos reales es una línea de investigación futura. Esta delimitación se asume como propia del nivel de un trabajo monográfico de especialización y como condición que define correctamente el alcance del aporte.

9. Recomendaciones

Las recomendaciones siguientes se formulan en función del público objetivo: organizaciones que desarrollan proyectos de construcción, equipos de proyecto, programas académicos e investigadores. Su carácter es propositivo y orientador.

9.1. Para organizaciones del sector

R-01. Las organizaciones que desarrollan proyectos de construcción y que aplican gestión del Valor Ganado deberían evaluar la incorporación explícita de la categoría de Nivel de Esfuerzo en sus protocolos internos de planificación y control, especialmente para la etapa de Diseño Técnico, donde la concentración de trabajo de apoyo lo justifica.

R-02. Las organizaciones que operan bajo principios ISO 19650 deberían vincular sus paquetes de Nivel de Esfuerzo asociados a la gestión de información con los hitos de intercambio definidos en los Requerimientos de Intercambio de Información (EIR), de manera que el seguimiento del LOE refleje también el cumplimiento de las exigencias informacionales del proyecto.

R-03. Las organizaciones deberían asegurar la coherencia entre la estructura de roles definida por la familia ISO 19650 (lead appointed party, appointed parties, information manager) y la asignación de responsabilidades de paquetes LOE en su sistema de gestión de proyectos, evitando duplicaciones o vacíos en la responsabilidad funcional.

R-04. Las organizaciones deberían garantizar que sus sistemas contables y de registro de horas-hombre permitan capturar el Costo Real de los paquetes LOE de manera desagregada, condición operativa indispensable para la aplicación del método.

9.2. Para equipos de proyecto

R-05. Los líderes de proyecto deberían reportar los indicadores de desempeño de paquetes LOE de manera segregada de los indicadores del trabajo discreto, presentando ambos en los informes de seguimiento de la cuenta de control. Esta práctica reduce el riesgo de enmascaramiento documentado en la literatura.

R-06. Los líderes de control de proyectos deberían poner énfasis en el análisis de la variación de costo (CV) y del índice de desempeño de costo (CPI) de los paquetes LOE, reconociendo que la variación de cronograma (SV) y el índice de desempeño de cronograma (SPI) de estos paquetes son nulo y unitario respectivamente por construcción del método y, por tanto, no aportan información de desempeño relevante.

R-07. Quienes ejerzan en el proyecto la función de gestión de información definida por ISO 19650 —bajo la denominación operativa que el BEP haya adoptado, típicamente information manager, BIM manager o gestor BIM— deberían trabajar en coordinación con los líderes de planeación para garantizar que la curva de Valor Planificado de los paquetes LOE de gestión de información refleje la intensidad real de la función a lo largo de la etapa, particularmente en los periodos previos a hitos de intercambio.

R-08. Los equipos de proyecto deberían documentar de manera sistemática las decisiones tomadas sobre la definición, agrupación y seguimiento de paquetes LOE, generando un repositorio de lecciones aprendidas que pueda informar la calibración de la guía en proyectos futuros.

9.3. Para programas académicos

R-09. Los programas de especialización y maestría en gerencia de proyectos de construcción deberían incorporar contenidos sobre Nivel de Esfuerzo y su tratamiento en proyectos gestionados con Valor Ganado, en correspondencia con la práctica AACE 79R-13. La presencia de la AACE Colombia Section en el contexto profesional nacional facilita esta incorporación.

R-10. Los programas académicos deberían fomentar el desarrollo de trabajos de grado orientados a la validación empírica de instrumentos metodológicos como el formulado en este trabajo, mediante diseño de estudios de caso, proyectos piloto y trabajos de campo que aporten evidencia sobre el desempeño real de las herramientas propuestas.

R-11. Los programas académicos deberían reforzar la articulación conceptual entre los marcos de gestión de proyectos (PMI, AACE), los marcos de gestión de fases (RIBA, otros) y los marcos de gestión de información (ISO 19650), reduciendo la fragmentación con la que estos contenidos se enseñan habitualmente. La séptima edición del PMBOK Guide (PMI, 2021) ofrece

un marco basado en principios y dominios de desempeño que facilita esta articulación interdisciplinar y puede servir de referencia para reorganizar los contenidos curriculares.

10.4. Para investigadores

R-12. Los investigadores interesados en la línea de trabajo abierta por esta monografía deberían diseñar estudios empíricos que validen la guía propuesta en proyectos reales, mediante diseño de estudios de caso múltiples, con triangulación entre fuentes documentales, observación directa y entrevistas, conforme a los criterios de diseño metodológico descritos en el numeral 8.7.5.

R-13. Los investigadores deberían explorar específicamente la cuantificación del efecto del LOE sobre el desempeño agregado de cuentas de control en proyectos de Diseño Técnico, evaluando si los hallazgos de Demos (2023) sobre la atenuación del efecto de enmascaramiento se replican en este contexto particular o si las características específicas de la etapa de diseño introducen comportamientos distintos. Esta línea de investigación complementaría los hallazgos empíricos existentes y contribuiría a calibrar con evidencia los umbrales operativos propuestos en la regla R-4 de la presente guía.

Referencias bibliográficas

- Abanda, F. H., Balu, B., Adukpo, S. E., & Akintola, A. (2025). Decoding ISO 19650 through process modelling for information management and stakeholder communication in BIM. *Buildings*, 15(3), 431. <https://doi.org/10.3390/buildings15030431>
- AACE Colombia Section. (s.f.). *AACE Colombia: Trayendo a Colombia las mejores prácticas internacionales de ingeniería de costos*. Recuperado de <https://www.aace-colombia.org/>
- AACE International. (2020). *Recommended practice No. 79R-13: Level of effort planning and execution on earned value projects – Within the framework of EIA-748* (Rev. del 13 de agosto de 2020). Morgantown, WV: AACE International.
- Aramali, V., Sanboskani, H., Gibson, G. E., Jr., El Asmar, M., & Cho, N. (2022). Forward-looking state-of-the-art review on earned value management systems: The disconnect between academia and industry. *Journal of Management in Engineering*, 38(3), 03122001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0001019](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0001019)
- Boyle, T. (2017). *The right way to construct level of effort (LOE) activities in Primavera P6*. Boyle Project Consulting. <https://boyleprojectconsulting.com/tomsblog/2017/11/06/constructing-level-of-effort-loe-activities-in-primavera-p6/>
- Cândido, L. F., Heineck, L. F. M., & Barros Neto, J. P. (2014). Critical analysis on earned value management (EVM) technique in building construction. En *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-22)*. Oslo, Noruega. <https://iglc.net/papers/details/998>

- Centers for Medicare & Medicaid Services. (s.f.). *Earned value management best practices: Summary of measures of earned value*. U.S. Department of Health and Human Services. https://www.cms.gov/research-statistics-data-and-systems/cms-information-technology/earnedvaluemanagement/downloads/ev_measures.pdf
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2019). *Documento CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Demos, J. M. (2023). *Effects of level of effort measurement in the application of earned value management* [Tesis de maestría, Air Force Institute of Technology]. AFIT Scholar. <https://scholar.afit.edu/etd/6960/>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020–2026: Transformación digital del sector de la construcción*. Bogotá: DNP, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Transporte y Financiera de Desarrollo Nacional. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Estrategia-Nacional-BIM-2020-2026.pdf>
- European Federation of Engineering Consultancy Associations. (2020). *BIM and ISO 19650 from a project management perspective*. Bruselas: EFCA. https://www.efca.eu/sites/default/files/2020-01/390764_BIM%20booklet.pdf
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *Earned value project management* (4^a ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGraw-Hill Education.

- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105.
- Humphreys & Associates. (2023, 1 de mayo). *Using earned value management (EVM) performance metrics for evaluating EACs*. <https://blog.humphreys-assoc.com/evm-performance-metrics-evaluating-eacs/>
- International Organization for Standardization. (2018a). *ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. Ginebra: ISO.
- International Organization for Standardization. (2018b). *ISO 19650-2:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets*. Ginebra: ISO.
- International Organization for Standardization. (2024). *ISO 7817-1:2024. Building information modelling — Level of information need — Part 1: Concepts and principles*. Ginebra: ISO.
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4^a ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Lipke, W. H. (2003). Schedule is different. *The Measurable News*, Marzo/Verano 2003, 31–34.
- Lipke, W. H. (2012). Earned schedule contribution to project management. *PM World Journal*, 1(2), 1–18. <https://pmworldlibrary.net/wp-content/uploads/2013/02/PMWJ-Sep2012-LIPKE-FeaturedPaper-EarnedScheduleContributiontoPM.pdf>

- MacLeamy, P. (2004). *Collaboration, integrated information and the project lifecycle in building design, construction and operation* (White Paper WP-1202). Cincinnati, OH: The Construction Users Roundtable.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2024). *Resolución 40117 del 2 de abril de 2024, por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas — RETIE*. Diario Oficial No. 52.716. Bogotá. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- Oracle. (2024). *Level of effort activity*. Primavera P6 Professional Help, Version 24. Redwood Shores, CA: Oracle Corporation. https://docs.oracle.com/cd/F88968_01/client_help/en_US/level_of_effort_activity.htm
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>
- Plan Academy. (2024). *What is a level of effort activity in Primavera P6? FAQs*. <https://www.planacademy.com/level-of-effort-faq/>
- Project Management Institute. (2019). *The standard for earned value management*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) – Seventh edition and the standard for project management (7^a ed.)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

República de Colombia, Presidencia de la República. (2010). *Decreto 926 del 19 de marzo de 2010, por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10*. Diario Oficial. Bogotá.

República de Colombia, Presidencia de la República. (2021). *Decreto 1711 de 2021, por el cual se modifica parcialmente el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Diario Oficial. Bogotá.

Royal Institute of British Architects. (2020). *RIBA plan of work 2020 overview*. Londres: RIBA.
<https://www.riba.org/media/syneeto/2020ribaplanofworkoverviewpdf>

SAE International. (2026). *SAE/EIA-748E: Earned value management systems*. Warrendale, PA: SAE International.

Salazar-Mendoza, Á., Núñez-Esquer, G., Quintana-Castillo, J. C., & López-Soto, B. (2022). Earned value method (EVM) for construction projects: Current application and future projections. *Buildings*, 12(3), 301. <https://doi.org/10.3390/buildings12030301>

Suárez Caballero, K. L. (2019). *Metodología para la gestión del diseño de edificaciones a partir de integrated project delivery y building information modeling* [Trabajo de grado de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional UIS – Noesis.
<https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/13148>

Universidad EAN. (2023). *Evaluación y seguimiento de la estrategia nacional BIM 2020–2026* [Trabajo de grado]. Repositorio Institucional Universidad EAN.
<https://repository.universidadean.edu.co/items/f0b4b075-2ed4-44f1-b160-6972e3bdf4f7>

Apéndices

Apéndice A. Matriz de extracción conceptual de la práctica AACE 79R-13

La presente matriz sistematiza los conceptos, definiciones operativas, criterios y recomendaciones extraídos de la práctica recomendada AACE 79R-13 *Planning and Execution of Level of Effort Work on Earned Value Projects – Within the framework of EIA-748* (AACE International, 2020), en su revisión del 13 de agosto de 2020. La matriz documenta el proceso analítico mediante el cual los contenidos de la práctica fueron incorporados a la guía metodológica desarrollada en el capítulo 8. No constituye una traducción del documento original; la versión oficial de la práctica es la publicada por AACE International en idioma inglés, y prevalece sobre cualquier extracto o interpretación derivada de ella.

Tabla A- 1. Matriz de extracción conceptual de la práctica recomendada AACE 79R-13

Nº	Concepto	Definición operativa extraída	Criterio o recomendación de la práctica	Aplicación en la guía
1	Nivel de Esfuerzo (Level of Effort, LOE)	Categoría de trabajo de apoyo, continuo o recurrente, que no genera un entregable físico discreto cuyo avance pueda medirse de manera directa.	El LOE debe aplicarse únicamente cuando la actividad efectivamente no admita medición por trabajo discreto ni por esfuerzo prorrateado verificable.	Numeral 6.2.1 (definición); criterio C-1 del numeral 7.6.1 (identificación).
2	Trabajo discreto (discrete effort)	Trabajo cuyo avance puede medirse mediante entregables específicos, hitos ponderados, fórmulas fijas, porcentaje	El trabajo discreto debe maximizarse en la planificación; el LOE no debe sustituirlo	Numeral 6.1.4 (métodos); numeral 8.2 (caracterización de la etapa).

		de avance, o unidades equivalentes.	cuando la medición discreta es factible.	
3	Esfuerzo prorrateado (apportioned effort)	Trabajo cuyo avance es proporcional al de un trabajo discreto de referencia, mediante relación estable y verificable.	El esfuerzo prorrateado requiere relación de proporcionalidad documentada; su uso indebido produce doble lectura del avance.	Numeral 6.1.4; criterio C-4 del numeral 7.6.1; análisis crítico del numeral 6.2.5.
4	Acumulación de Valor Ganado en LOE	El EV de un paquete LOE se acumula automáticamente en proporción al tiempo del periodo planificado transcurrido, de modo que $EV = PV$ en el periodo activo.	El EV del LOE no se mide por entregables sino por transcurso del tiempo dentro del periodo planificado del paquete.	Paso 2.3 del numeral 8.4; Tabla 4 (regla aplicada al ejemplo ilustrativo).
5	Comportamiento estructural de SV y SPI en LOE	Las variaciones de cronograma (SV) son nulas y los índices de desempeño de cronograma (SPI) son unitarios por construcción del método.	Las SV y SPI del LOE no aportan información de desempeño; la información relevante se concentra en CV y CPI.	Numeral 6.2.2; Paso 2.4 del numeral 8.4; recomendación R-06.
6	Sobreuso del LOE	Práctica de clasificar como LOE actividades que sí admiten medición discreta, reduciendo la	El uso del LOE debe limitarse a actividades estrictamente continuas y no medibles; cualquier sobreuso	Numeral 6.2.4 (riesgo identificado); criterios C-1 a C-3 del numeral 7.6.1.

		fracción del proyecto medible objetivamente.	debilita el sistema EVM como mecanismo de control.	
7	Enmascaramiento de desempeño (masking)	Efecto de compensación por el cual la acumulación automática de EV en paquetes LOE puede ocultar deterioros del SPI en paquetes de trabajo discreto incluidos en la misma cuenta de control.	La participación de LOE en cuentas mixtas debe limitarse; cuando supera umbrales operativos, los paquetes LOE deben segregarse en cuentas o subcuentas específicas.	Numeral 6.2.5 (análisis crítico); regla R-4 del numeral 7.6.2 (umbral del 30% en dos modalidades); efecto contrafáctico de la Herramienta 3.
8	Umbral operativo del 15%	Referencia de práctica industrial según la cual los paquetes LOE no deberían superar el 15% del Valor Planificado de la cuenta de control en cuentas mixtas.	El umbral del 15% es referencia clásica de la literatura; investigación reciente lo matiza y propone reexaminación.	Numeral 6.2.5; regla R-4 modalidad (a) adopta umbral del 30% justificado para la etapa de Diseño Técnico.
9	LOE en cronogramas integrados maestros (IMS)	Inclusión de actividades LOE dentro del cálculo de red de un cronograma maestro.	El LOE debe mantenerse fuera del cálculo de la ruta crítica; su inclusión introduce dependencias artificiales que distorsionan la lectura del desempeño.	Numeral 6.2.5 (análisis crítico); segunda proposición de articulación del numeral 6.5; ficha C-07 del Apéndice C.

10	Reporte segregado de indicadores	Práctica de presentar separadamente los indicadores agregados de la cuenta y los indicadores del trabajo discreto exclusivo.	Cuando la cuenta de control contiene LOE y trabajo discreto, ambos conjuntos de indicadores deben reportarse simultáneamente.	Paso 2.6 del numeral 8.4; recomendación R-05; efecto contrafáctico de la Herramienta 3.
11	Asignación de Valor Planificado en LOE	El PV del paquete LOE se distribuye en el tiempo de manera uniforme, o conforme a curva no uniforme cuando exista justificación documentada.	La distribución no uniforme requiere sustento explícito; la distribución uniforme es la modalidad predeterminada.	Paso 2.1 del numeral 8.4; Paso 3.2 del numeral 8.5 (curva vinculada a hitos EIR).
12	Captura de Costo Real en LOE	El AC del paquete LOE se registra mediante el sistema contable y el sistema de horas-hombre del proyecto, desagregado por paquete y por responsable.	El sistema de captura de costos debe permitir desagregación por paquete LOE; sin esta condición, la aplicación del método no es viable.	Paso 2.2 del numeral 8.4; condición organizacional del numeral 8.7.1; recomendación R-04.
13	Estimación a la terminación (EAC) en LOE	Proyección del costo total del paquete LOE, calculada como $EAC = BAC / CPI$, o mediante la fórmula combinada $EAC = AC + [(BAC - EV) / (CPI \times SPI)]$, no estable del CPI.	Para paquetes LOE, el segundo factor de la fórmula combinada es la unidad por construcción; la fórmula simple es operativamente equivalente.	Paso 2.5 del numeral 8.4; Tabla 4 (cálculo aplicado al ejemplo ilustrativo).

14	Marco normativo de referencia (EIA-748)	La práctica AACE 79R-13 se enmarca explícitamente dentro del conjunto de directrices del estándar EIA-748 sobre sistemas de gestión del Valor Ganado.	El tratamiento del LOE debe ser coherente con los criterios EIA-748 aplicables a la línea base de medición del desempeño y al sistema de reporte.	Numeral 6.1.1; numeral 7.4.1; referencia transversal en todo el capítulo 6.
15	Documentación del paquete LOE	Cada paquete LOE debe documentarse con identificador, denominación funcional, responsable único, periodo de planificación, presupuesto y justificación de los criterios cumplidos.	La trazabilidad del paquete LOE es condición de auditabilidad del sistema EVM.	Paso 1.3 y Paso 1.5 del numeral 8.3; regla R-2 del numeral 7.6.2; recomendación R-08.
16	Responsabilidad funcional del paquete LOE	El paquete LOE tiene un responsable único identificable, en línea con la estructura de roles del proyecto.	La asignación de responsabilidad debe ser explícita y verificable; los paquetes sin responsable definido no cumplen los requisitos de la práctica.	Regla R-2 del numeral 7.6.2; Paso 3.4 del numeral 8.5 (vinculación con roles ISO 19650); recomendación R-03.

La matriz precedente constituye el inventario sistemático de los conceptos de la AACE 79R-13 que fueron incorporados a la guía. La trazabilidad columna a columna permite verificar, para cada concepto, dónde se materializa en el documento y bajo qué criterio operativo se incorpora.

Apéndice B. Matriz de fuentes revisadas

La matriz siguiente presenta el inventario de fuentes consultadas para el desarrollo del trabajo, organizadas por eje del marco teórico, con identificación del tipo de fuente, del aporte específico y de la categoría analítica a la cual aportan (numeral 7.3.1).

Tabla B- 1. Matriz de fuentes revisadas por eje del marco teórico

Fuente	Eje	Tipo	Aporte principal	Categorías
AACE International (2020)	EVM / LOE	Práctica recomendada	Definición operativa del LOE y métodos para su tratamiento en EVM	C1, C2, C3
SAE International (2026)	EVM	Norma técnica	Conjunto de directrices del sistema EVM conforme	C7
PMI (2019)	EVM	Estándar profesional	Expresiones canónicas y métodos de medición del Valor Ganado	C7
PMI (2021)	EVM / Gestión de proyectos	Estándar profesional	Marco de principios y dominios de desempeño	C7, C9
Fleming & Koppelman (2010)	EVM	Libro de referencia	Aplicación práctica del EVM en proyectos	C2, C7
Aramali et al. (2022)	EVM	Artículo académico	Estado del arte y desconexión academia–industria	C1, C3, C8
Salazar-Mendoza et al. (2022)	EVM	Artículo académico	Aplicación de EVM en construcción y proyecciones	C7, C8

Cândido et al. (2014)	EVM / Construcción	Artículo académico	Análisis crítico del EVM en construcción	C1, C8
Lipke (2003, 2012)	EVM	Artículo profesional / académico	Earned Schedule como extensión temporal del SPI	C7
Boyle (2017)	LOE	Artículo profesional	Comportamiento técnico del LOE en cronogramas Primavera P6	C2, C3
Demos (2023)	LOE	Tesis académica	Análisis empírico del efecto del LOE; matiz sobre masking	C3
Humphreys & Associates (2023)	EVM / LOE	Documento profesional	Recomendaciones operativas; umbral del 15%	C2, C3
CMS (s.f.)	EVM	Documento institucional	Best practices y advertencia sobre masking	C3, C7
Plan Academy (2024)	LOE	Documento profesional	Definición operativa y características del LOE	C1, C2
Oracle (2024)	LOE	Documentación de software	Configuración técnica del LOE en P6	C2
RIBA (2020)	RIBA	Documento normativo	Estructura del Plan of Work; Stage 4 Technical Design	C4
MacLeamy (2004)	Ciclo de vida	White paper sectorial	Curva de influencia y costo en el ciclo de vida	C4

ISO (2018a)	ISO 19650 / BIM	Norma técnica internacional	Conceptos y principios de gestión de información BIM	C5, C6
ISO (2018b)	ISO 19650 / BIM	Norma técnica internacional	Especificación para la fase de inversión del activo	C5, C6
ISO (2024)	BIM / Level of Information Need	Norma técnica internacional	Metodología para especificación del Level of Information Need (LOIN)	C5, C6
Abanda et al. (2025)	ISO 19650 / BIM	Artículo académico	Modelado de procesos ISO 19650; cuantificación de impactos	C5, C6, C8
EFCA (2020)	BIM / Gestión de proyectos	Documento profesional	Perspectiva de project management sobre BIM e ISO 19650	C5, C6
AACE Colombia Section (s.f.)	Contexto colombiano	Sitio institucional	Presencia de la AACE en Colombia	C9
CONPES (2019)	Contexto colombiano	Documento de política	Política Nacional de Transformación Digital	C9
DNP (2020)	Contexto colombiano	Documento de política	Estrategia Nacional BIM 2020–2026	C9
Universidad EAN (2023)	Contexto colombiano	Trabajo de grado	Evaluación de la Estrategia Nacional BIM	C9
República de Colombia (2010)	Contexto colombiano	Decreto	Adopción del NSR-10	C4

República de Colombia (2021)	Contexto colombiano	Decreto	Modificación del NSR-10	C4
Ministerio de Minas y Energía (2024)	Contexto colombiano	Resolución	Versión vigente del RETIE	C4
Hernández-Sampieri & Mendoza (2018)	Metodología	Libro de referencia	Métodos de investigación documental	C9
Krippendorff (2018)	Metodología	Libro de referencia	Análisis de contenido cualitativo	C9
Hevner et al. (2004)	Metodología	Artículo académico	Paradigma Design Science Research	C9
Peppers et al. (2007)	Metodología	Artículo académico	Metodología operacional de DSR	C9

Apéndice C. Fichas de análisis de contenido

A continuación se presentan a modo ilustrativo las fichas correspondientes a un subconjunto representativo de las fuentes revisadas. La estructura de cada ficha es uniforme: identificador, referencia, categoría analítica, contenido sintetizado y aporte al desarrollo de la guía.

Ficha C-01

Identificador: C-01.

Referencia: AACE International (2020). *Recommended practice No. 79R-13: Level of effort planning and execution on earned value projects.*

Categorías analíticas: C1, C2, C3.

Contenido sintetizado: la práctica define el Nivel de Esfuerzo como trabajo de apoyo continuo sin entregable físico medible, establece su tratamiento dentro del marco EVM mediante asignación de Valor Planificado distribuido en el tiempo, advierte sobre los riesgos de su uso indiscriminado, y describe métodos avanzados (enmascaramiento, esfuerzo prorrateado, LOE en IMS) con sus respectivas limitaciones.

Aporte al desarrollo de la guía: fundamento normativo del Paso 1 (criterios de identificación) y del Paso 2 (integración con EVM); sustento del análisis crítico documental del numeral 6.2.5.

Ficha C-02

Identificador: C-02.

Referencia: RIBA (2020). *RIBA Plan of Work 2020 Overview*.

Categoría analítica: C4.

Contenido sintetizado: descripción de la Etapa 4, Diseño Técnico, en función de cinco categorías (tareas principales, resultados clave, tareas centrales, intercambios de información, procedimientos legales y de planificación); identificación de los entregables característicos de la etapa y de las exigencias regulatorias asociadas.

Aporte al desarrollo de la guía: base para la caracterización de la etapa presentada en el numeral 8.2; identificación de los cuatro bloques de subprocesos.

Ficha C-03

Identificador: C-03.

Referencia: PMI (2019). *The Standard for Earned Value Management*.

Categoría analítica: C7.

Contenido sintetizado: especificación de las expresiones canónicas del Valor Ganado (PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC, ETC, TCPI, VAC), métodos de medición aplicables (hitos ponderados, fórmula fija, porcentaje de avance, unidades equivalentes, esfuerzo prorrateado, Nivel de Esfuerzo), y criterios de aplicación de cada método.

Aporte al desarrollo de la guía: fundamentación matemática del numeral 6.1.3 (marco general del EVM); base operativa de la Herramienta 3, cuyo alcance operativo se restringe al subconjunto PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC y VAC. Las expresiones ETC y TCPI se presentan en el marco teórico como parte del conjunto canónico, pero no se calculan en el ejemplo ilustrativo.

Ficha C-04

Identificador: C-04.

Referencia: ISO (2018a). *ISO 19650-1:2018. Concepts and principles.*

Categorías analíticas: C5, C6.

Contenido sintetizado: definición de los conceptos centrales de la gestión de información en entornos BIM (PIR, EIR, BEP, CDE, LOIN), descripción de los estados del CDE (work in progress, shared, published, archived), definición de las funciones de gestión de información y de los roles asociados.

Aporte al desarrollo de la guía: sustento del Paso 3 (articulación con ISO 19650); base de la Herramienta 4 (mini BEP).

Ficha C-05

Identificador: C-05.

Referencia: Aramali et al. (2022). Forward-looking state-of-the-art review on earned value management systems: The disconnect between academia and industry.

Categorías analíticas: C1, C3, C8.

Contenido sintetizado: revisión sistemática de la literatura sobre EVM, identificación de brechas entre la práctica industrial y la producción académica, mapeo de tópicos de investigación emergentes y vacíos persistentes en la articulación de marcos.

Aporte al desarrollo de la guía: principal sustento del argumento de vacío en la literatura presentado en el numeral 2 (Planteamiento del Problema); sustento de las recomendaciones para investigación posterior.

Ficha C-06

Identificador: C-06.

Referencia: Demos (2023). *Effects of level of effort measurement in the application of earned value management.*

Categoría analítica: C3.

Contenido sintetizado: análisis empírico sobre programas reales gestionados con EVM; hallazgo de variabilidad amplia en la proporción de LOE en cuentas de control; cuestionamiento empírico del umbral del 15%; matiz sobre la magnitud real del efecto de enmascaramiento.

Aporte al desarrollo de la guía: sustento del análisis crítico documental del numeral 6.2.5 (matiz sobre masking effects); justificación de la regla R-4 y de la modalidad de segregación adoptada por la guía.

Ficha C-07

Identificador: C-07.

Referencia: Boyle (2017). *The right way to construct level of effort (LOE) activities in Primavera P6.*

Categorías analíticas: C2, C3.

Contenido sintetizado: análisis técnico del comportamiento del LOE en cronogramas Primavera P6; demostración de que el LOE distorsiona el cálculo de la ruta crítica (Longest Path) por la marca driving de sus relaciones; recomendaciones operativas para mantener el LOE fuera del cálculo de ruta crítica.

Aporte al desarrollo de la guía: sustento empírico de la advertencia del numeral 6.2.5 sobre LOE en cronogramas integrados maestros; base operativa del criterio de exclusión del LOE de la ruta crítica.

Ficha C-08

Identificador: C-08.

Referencia: Abanda et al. (2025). Decoding ISO 19650 through process modelling for information management and stakeholder communication in BIM.

Categorías analíticas: C5, C6, C8.

Contenido sintetizado: modelado de procesos asociados a ISO 19650 mediante BPMN; cuantificación del impacto de la adopción de ISO 19650 sobre costos de coordinación BIM (reducción de aproximadamente 70%), costos de gestión de proyecto (10%) y costos de gestión de datos en diseño y construcción (15%); identificación de dificultades de interpretación del estándar.

Aporte al desarrollo de la guía: sustento académico actualizado para el numeral 6.4 (gestión de información en entornos BIM); evidencia sobre la magnitud de la carga de trabajo asociada a la operación bajo ISO 19650.

Apéndice D. Mapa de codificación de categorías

El mapa siguiente vincula las nueve categorías analíticas (C1 a C9) con las fuentes principales que aportan a cada categoría y con los numerales del documento donde el aporte se materializa.

Tabla D- 1. Mapa de codificación de categorías analíticas

Categoría	Definición	Fuentes principales	Numerales del documento
C1	Criterios de identificación y clasificación del trabajo como LOE	AACE (2020); Aramali et al. (2022); Plan Academy (2024); Cândido et al. (2014)	6.2.1, 6.2.2, 7.6.1, 8.3
C2	Métodos de planificación y medición del LOE en EVM	AACE (2020); PMI (2019); Fleming & Koppelman (2010); Boyle (2017); Oracle (2024)	6.2.3, 7.4.1, 8.4
C3	Riesgos documentados en la aplicación del LOE	AACE (2020); Humphreys & Associates (2023); CMS (s.f.); Demos (2023); Boyle (2017); Aramali et al. (2022)	6.2.4, 6.2.5, 9.6
C4	Estructura de subprocesos, actividades y entregables del RIBA Stage 4	RIBA (2020); MacLeamy (2004); República de Colombia (2010, 2021); Ministerio de Minas y Energía (2024)	6.3.2, 6.3.3, 7.5, 8.2
C5	Roles, funciones y responsabilidades en gestión de información ISO 19650	ISO (2018a, 2018b); ISO (2024); Abanda et al. (2025); EFCA (2020)	6.4.2, 6.4.3, 7.4.3, 8.5

C6	Productos y procesos de gestión de información (EIR, BEP, CDE, LOIN)	ISO (2018a, 2018b); ISO (2024); Abanda et al. (2025)	6.4.3, 6.4.4, 8.5, 8.6 (Herramienta 4)
C7	Expresiones canónicas y métodos de cálculo del Valor Ganado	PMI (2019); SAE International (2026); Fleming & Koppelman (2010); Lipke (2003, 2012); PMI (2021); CMS (s.f.); Salazar-Mendoza et al. (2022)	6.1.2, 6.1.3, 6.1.4, 7.4.1, 8.4, 8.6 (Herramienta 3)
C8	Articulaciones documentadas entre los cuatro marcos en la literatura	Aramali et al. (2022); Cândido et al. (2014); Abanda et al. (2025); Salazar-Mendoza et al. (2022)	2, 3, 6.5
C9	Lineamientos generales para validación empírica de instrumentos similares	PMI (2021); Hernández-Sampieri & Mendoza (2018); Krippendorff (2018); Hevner et al. (2004); Peffers et al. (2007); AACE Colombia Section (s.f.); CONPES (2019); DNP (2020); Universidad EAN (2023)	7.1, 7.2, 7.3, 8.7, 10.4

Apéndice E. Práctica recomendada traducida al español.