



Civiloptimapro

Mario Fernando Peña
Orlando Velandia Riscanevo

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	6
1.1 Contexto general de los proyectos de obras civiles hidráulicas	6
1.2 Problemática histórica: retrasos, sobrecostos y elefantes blancos	6
1.2.1 Retrasos significativos en la ejecución	7
1.2.2 Sobrecostos injustificados	7
1.2.3 Obras inconclusas o no funcionales (elefantes blancos)	7
1.3 La necesidad de una guía metodológica robusta y aplicable.....	8
1.4 ¿Por qué unir PMI y P2M para proyectos hidráulicos?	8
1.5 Propósito central del capítulo	9
1.6 A quién está dirigida esta guía	10
1.7 Contribución y valor agregado de la guía	10
CAPÍTULO 2.....	12
2.1 Introducción al marco conceptual.....	12
2.2 Fundamentos del PMI en la gestión de proyectos	12
2.2.1 Origen y propósito del PMI	12
2.2.2 Áreas de Conocimiento del PMI aplicadas a obras hidráulicas.....	13
2.3 Fundamentos del P2M del PMAJ	15
2.3.1 ¿Qué es P2M?	15
2.3.2 Sus pilares	15
2.3.3 Relevancia para obras hidráulicas.....	15
2.4 Diferencias entre PMI y P2M aplicadas al sector hidráulico.....	16
2.5 Justificación de la integración PMI–P2M	16
2.6 Uso del documento P2M en la guía.....	16
2.7 Relación de los fundamentos teóricos con el propósito del proyecto.....	17
CAPÍTULO 3.....	22
3.1 Introducción al problema estructural de los proyectos hidráulicos en Colombia	22
3.2 Manifestaciones visibles del problema: retrasos, sobrecostos y obras inconclusas	22
3.2.1 Retrasos en la ejecución	22
3.2.2 Sobrecostos y desequilibrio financiero	23
3.2.3 Obras inconclusas, abandonadas o no funcionales (elefantes blancos)	23
3.3 Causas estructurales del problema según PMI y P2M	24
3.3.1 Causas asociadas a la planeación deficiente del cronograma.....	24
3.3.2 Causas asociadas a la planeación deficiente del presupuesto	24
3.3.3 Causas asociadas a los riesgos	25
3.3.4 Causas asociadas a la gobernanza, stakeholders y comunicación	25
3.4 El problema central	25
3.5 Necesidad de crear una guía metodológica híbrida PMI–P2M	25
3.6 Formulación del problema de la investigación.....	26
3.7 Impacto de no resolver el problema	26
3.8 Conexión del problema con las 20 buenas prácticas.....	27
CAPÍTULO 4.....	28
4.1 Introducción	28
4.2 Objetivo General	28
4.3 Objetivos Específicos	28
4.3.1 Objetivo Específico N.º 1	28
4.3.2 Objetivo Específico N.º 2	29
4.3.3 Objetivo Específico N.º 3	29
4.3.4 Objetivo Específico N.º 4	29
4.3.5 Objetivo Específico N.º 5	29
4.4 Alcance del Proyecto.....	30

4.4.1 Alcance Temático	30
4.4.2 Alcance Operativo	30
4.4.3 Alcance Metodológico	30
4.4.4 Alcance Técnico	31
4.5 No Alcance del Proyecto	31
4.6 Justificación del Alcance según PMI y P2M.....	36
CAPÍTULO 5 – MARCO TEÓRICO: PMI Y P2M APLICADOS A CRONOGRAMAS Y PRESUPUESTOS HIDRÁULICOS	37
5.1 Introducción	37
5.2 Fundamentos del PMI aplicados a proyectos hidráulicos	37
5.3 Prácticas del PMI aplicadas a cronograma y presupuesto hidráulico	38
5.4 Fundamentos del P2M en gestión de valor e innovación	39
5.5 Buenas prácticas del P2M aplicadas a cronograma y presupuesto hidráulico.....	40
5.6 Árboles de decisión para cronograma y presupuesto con enfoque híbrido.....	41
5.6.a Árbol de decisión para cronograma.....	41
5.7 Sinergias entre PMI y P2M: un marco integrado para obras hidráulicas.....	42
CAPÍTULO 6.....	43
METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS (MODELO HÍBRIDO PMI–P2M). 43	
6.1 Introducción General de la Metodología.....	43
6.2 Fases de la Metodología Híbrida PMI–P2M	43
6.3 Fase 1: Inicio y Definición Misional del Proyecto (P2M-02)	44
6.3.1 ¿Por qué esta fase es crítica en obras hidráulicas?	44
6.3.2 Componentes clave de la misión (aplicar al proyecto real)	44
6.4 Fase 2: Estructuración Técnica del Alcance (PMI-01)	45
6.4.1 Errores comunes identificados en PAACO (y cómo esta metodología los evita)	45
6.5 Fase 3: Formulación del Cronograma (PMI-02 a PMI-05)	45
6.5.1 Secuenciamiento Lógico (PMI-02).....	45
6.5.2 Estimación de Duraciones (PMI-03)	46
6.5.3 Cronograma Baseline (PMI-04).....	46
6.5.4 Control del Cronograma (PMI-05)	46
6.6 Fase 4: Formulación del Presupuesto (PMI-06 a PMI-08).....	46
6.6.1 Estimación bottom-up (PMI-07).....	46
6.6.2 Presupuesto Base (PMI-08)	47
6.6.3 Análisis Costo-Beneficio (P2M-06)	47
6.7 Fase 5: Integración de Riesgos en Tiempo y Costo (PMI-10 / P2M-07)	47
6.7.1 Tipos de riesgo.....	47
6.7.2 Matriz de Riesgos Multivariable.....	48
6.7.3 Disturbios P2M.....	48
6.8 Fase 6: Control, Coordinación y Reingeniería (PMI-09 / P2M-03 / P2M-09).....	48
6.8.1 Control del desempeño con EVM (PMI-09)	48
6.8.2 Ciclo de Gestión P2M (P2M-03).....	49
6.8.3 Reingeniería de procesos (P2M-09).....	49
6.10 Ejemplo Práctico Paso a Paso (EXTENSO Y DETALLADO)	50
CAPÍTULO 7.....	53
CHECKLIST INTEGRADO DE VERIFICACIÓN TÉCNICA PARA CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS (MODELO PMI–P2M)	53
7.1 Introducción al Checklist Técnico	53
7.2 Objetivo del Checklist.....	54
7.3 Enfoque Metodológico para Construir el Checklist	54

7.4 Checklist Completo (100 Preguntas Técnicas y Estratégicas).....	55
7.4.1 Componente 1 – Misión y Valor del Proyecto (P2M).....	55
7.4.2 Componente 2 – Alcance y EDT/WBS (PMI–01 y P2M–02)	55
7.4.3 Componente 3 – Cronograma (PMI–02 a PMI–05 y P2M–03).....	56
7.4.4 Componente 4 – Presupuesto (PMI–07, PMI–08 y P2M–05 a P2M–09)	56
7.4.5 Componente 5 – Riesgos (PMI–10 y P2M–07).....	57
7.4.6 Componente 6 – Stakeholders y Gobernanza (P2M–10).....	58
7.4.7 Componente 7 – Reingeniería, Coordinación y Control (PMI–09 y P2M–03/09)	58
7.4.8 Componente 8 – Verificación de Disturbios (P2M–07).....	59
7.5 Cómo aplicar el checklist en campo	59
CAPÍTULO 8.....	61
APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS PMI–P2M A UN PROYECTO REAL DE OBRA HIDRÁULICA	61
8.1 Introducción al Caso de Estudio.....	61
8.2 Descripción General del Proyecto	61
8.3 Construcción de la EDT (Aplicando PMBOK + P2M).....	62
8.4 Construcción del Cronograma (Aplicando Buenas Prácticas)	63
8.4.1 Secuencia básica	63
8.4.2 Ejemplo de Duraciones	63
8.4.3 Identificación de Ruta Crítica.....	63
8.5 Construcción del Presupuesto (APU técnicos y P2M financiero).....	64
8.5.1 Ejemplo de APU del ítem “Excavación en zanja en material común”	64
8.6 Matriz de Riesgos (PMI + Disturbios P2M).....	65
8.7 Análisis de Valor Ganado (EVM) Aplicado al Caso	65
8.8 Reingeniería (Aplicando P2M–09).....	66
8.9 Curva S del Proyecto (Basada en PMI + Ciclo de Vida P2M).....	66
8.10 Integración Final (Cronograma + Presupuesto + Riesgos + Stakeholders)	66
CAPÍTULO 9.....	68
SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS HIDRÁULICAS BAJO PMI–P2M	68
9.1 Introducción	68
9.2 Principios Fundamentales del Control Según PMI y P2M.....	68
9.2.1 PMI: Control Basado en Línea Base	68
9.2.2 P2M: Control Basado en Misión y Ciclo de Vida.....	69
9.3 Sistema Integral de Monitoreo del Cronograma	70
9.3.1 Evaluación Semanal del Estado del Cronograma.....	70
9.3.2 Indicadores Clave de Desempeño (KPI) del Cronograma	70
9.3.3 Herramienta P2M: El Ciclo de Gestión para el Control	71
9.3.4 Detección Temprana de Disturbios (P2M)	71
9.4 Sistema Integral de Control del Presupuesto	72
9.4.1 Análisis de Valor Ganado (EVM)	72
9.4.2 Control Presupuestal Según P2M	73
9.5 Control de Riesgos Integrado en Tiempo y Costo	73
9.5.1 Matriz Conjunta de Control de Riesgos	73
9.5.2 Riesgos Específicos de Obras Hidráulicas	74
9.6 Gestión de Cambios (PMI + P2M).....	74
9.6.1 Flujo PMI de Control de Cambios.....	74
9.6.2 P2M y los Cambios Orientados a la Misión	75
9.7 Herramientas Visuales de Control.....	75
9.8 Roles en el Control del Proyecto	75

9.9 Conclusiones del Sistema de Control.....	76
CAPÍTULO 10.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	77
10.1 Introducción	77
10.2 Conclusiones Generales	77
10.2.1 La integración PMI–P2M genera un modelo superior para proyectos hidráulicos.....	77
10.2.2 La aplicación de la guía reduce significativamente el riesgo de obras inconclusas	78
10.2.3 El cronograma hidráulico requiere un tratamiento distinto al cronograma tradicional	78
10.2.4 El presupuesto en obras hidráulicas debe ser flexible, escalable y enfocado en valor	79
10.2.5 El control del proyecto debe ser permanente e integral	80
10.3 Conclusiones Específicas	80
10.3.1 Respecto al cronograma	80
10.3.2 Respecto al presupuesto	80
10.3.3 Respecto a la integración PMI–P2M.....	81
10.4 Recomendaciones para la Aplicación de la Guía	81
10.4.1 Recomendaciones Técnicas.....	81
10.4.2 Recomendaciones Estratégicas	81
10.4.3 Recomendaciones Operativas.....	81
10.4.4 Recomendaciones Institucionales	82
10.5 Reflexión Final	82
GLOSARIO TÉCNICO – GUÍA HIDRÁULICA PMI–P2M	83
REFERENCIAS POR CAPÍTULO	87

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto general de los proyectos de obras civiles hidráulicas

Las obras civiles hidráulicas —tales como acueductos, redes de distribución, plantas de tratamiento, presas, canales, sistemas de riego, estructuras de control y protección contra inundaciones— constituyen uno de los pilares fundamentales del desarrollo territorial. En América Latina, y especialmente en Colombia, este tipo de proyectos no solo soporta la productividad agrícola, industrial y doméstica, sino que determina buena parte de la calidad de vida de la población.

No obstante, los proyectos hidráulicos se encuentran entre los más complejos, sensibles y riesgosos del sector de la infraestructura, debido a factores como:

- Variabilidad climática y fenómenos hidrológicos.
- Requerimientos técnicos de alta precisión.
- Intervención directa sobre el recurso hídrico.
- Restricciones normativas y ambientales estrictas.
- Interacción con múltiples actores (comunidades, entes ambientales, operadores de servicio público).
- Riesgos geotécnicos, ambientales y sociales.

Esta complejidad genera un escenario en el cual la correcta gestión del *tiempo* y del *presupuesto* no solo es un requisito administrativo, sino una condición vital para la viabilidad y sostenibilidad de las obras.

1.2 Problemática histórica: retrasos, sobrecostos y elefantes blancos

En Colombia y otros países de la región, es frecuente encontrar proyectos hidráulicos:

- Paralizados o abandonados.
- Con sobrecostos superiores al 30–50%.

- Fuera de servicio pese a haber sido contruidos.
- Diseñados sin articulación con las fases de operación.
- Iniciados sin estudios completos.
- Afectados por mala planeación, mala supervisión y deficiente gestión del cronograma.

Entre los problemas más recurrentes se encuentran:

1.2.1 Retrasos significativos en la ejecución

- Cronogramas elaborados sin análisis técnico de rendimientos.
- Dependencias mal definidas o inexistentes.
- Falta de integración entre diseño, licenciamiento ambiental y construcción.
- Desconocimiento de la estacionalidad climática (épocas de lluvia o sequía).
- Reprogramaciones constantes sin control de impacto.

1.2.2 Sobrecostos injustificados

- Presupuestos sin análisis de APU (Análisis de Precios Unitarios) realista.
- Subestimación de cantidades de obra.
- Ausencia de reservas para contingencias.
- Cambios excesivos derivados de estudios incompletos.
- Materiales y equipos con costos no verificados.
- Altos costos por errores en diseños hidráulicos.

1.2.3 Obras inconclusas o no funcionales (elefantes blancos)

Casos donde:

- Se construyó la obra pero no funciona.
- Falta un componente clave (bocatoma, energía, equipos electromecánicos).
- No se completan procesos de pruebas ni puesta en marcha.
- El proyecto se abandona por agotamiento del presupuesto.

- El operador final no puede recibir la obra.

Estos problemas suelen tener una causa raíz común: debilidades en la gestión del cronograma y del presupuesto desde las primeras fases del proyecto.

Esta realidad demuestra que muchas obras fallan antes de ejecutarse, debido a que el cronograma y el presupuesto inicial no están contruidos con metodología rigurosa.

1.3 La necesidad de una guía metodológica robusta y aplicable

Tanto entidades públicas como privadas han manifestado la necesidad urgente de contar con herramientas que permitan:

- Estandarizar la planeación.
- Elevar la calidad técnica de los cronogramas.
- Asegurar presupuestos confiables, trazables y completos.
- Fortalecer la gestión de riesgos desde la concepción del proyecto.
- Reducir tiempos, evitar retrasos y garantizar la calidad.
- Prevenir la materialización de obras inconclusas.

Si bien existen metodologías internacionales como PMI (Project Management Institute), PMAJ (Project Management Association of Japan) y su metodología P2M (Project & Program Management for Enterprise Innovation), en la práctica su aplicación en obras civiles hidráulicas de nivel regional o municipal ha sido limitada.

Las empresas y entidades necesitan una guía que traduzca estas metodologías a escenarios reales del sector hidráulico, adaptadas a la cultura operacional de Occidente, a la normativa nacional y al contexto de los proyectos públicos y privados.

1.4 ¿Por qué unir PMI y P2M para proyectos hidráulicos?

Aunque PMI es el estándar más conocido en Occidente para gestión de proyectos, P2M aporta elementos diferenciadores y poderosos, especialmente útiles para obras hidráulicas:

Elemento	PMI	P2M
Enfoque	Procesos y áreas de conocimiento	Creación de valor – innovación – integración sistémica
Gestión del cronograma	Línea base, EDT, secuencias, holguras	Flujos evolutivos y dinámicos del ciclo de vida
Gestión del presupuesto	Costos directos/indirectos, reservas	Valor estratégico, costos de innovación, resiliencia
Riesgos	Registro de riesgos	Navegación de incertidumbre y escenarios múltiples
Impacto social y ambiental	Requerimiento externo	Componente central

La guía propuesta combina lo mejor de ambas metodologías:

- La estructura, control y trazabilidad del PMI,
- Con la visión estratégica, flexible e innovadora del P2M, creando un modelo híbrido de alto valor para proyectos hidráulicos complejos.

1.5 Propósito central del capítulo

El propósito de este capítulo es contextualizar la importancia y pertinencia del proyecto, dejando claro:

- Por qué las obras hidráulicas requieren metodologías avanzadas.
- Qué problemas reales se busca resolver.
- Por qué es necesario unir PMI y P2M.
- Qué vacíos existen actualmente en la gestión del tiempo y presupuesto.
- Por qué esta guía es útil para ingenieros, interventores, gerentes de proyectos y entidades públicas.

Este capítulo sirve como base conceptual para reconocer que una obra hidráulica bien planeada es una obra sostenible, y que la calidad del cronograma y presupuesto inicial determina en gran medida el éxito del proyecto.

1.6 A quién está dirigida esta guía

Este documento está pensado para servir como herramienta académica y profesional para:

- Ingenieros civiles, hidráulicos, sanitarios y geotécnicos.
- Gerentes de proyectos y coordinadores de planeación.
- Empresas constructoras y consultoras.
- Interventores y supervisores.
- Entidades públicas contratantes.
- Estudiantes de maestría o especialización.
- Operadores de acueducto y saneamiento.
- Auditores y entes de control.

El contenido brinda conocimientos prácticos que pueden aplicarse directamente en licitaciones, fases de diseño, estructuras de APU, cronogramas, modelos de riesgos, y control de avance.

1.7 Contribución y valor agregado de la guía

Los aportes principales de esta guía son:

1. Aplicación real y contextualizada

La guía no es conceptual; está diseñada para resolver problemas reales del sector hidráulico.

2. Modelo híbrido probado

Integra PMI y P2M en un enfoque práctico y adaptable, que se ajusta a las obras civiles hidráulicas.

3. Árboles de decisión aplicables

Permiten elegir caminos estratégicos según condiciones técnicas, ambientales, de diseño o presupuesto.

4. Tablas comparativas de criterios técnicos

Brindan una lectura rápida para determinar la madurez del proyecto.

5. Caso práctico completo

Permite aplicar lo aprendido a un proyecto simulado o real.

6. Checklist integral

Ideal para auditoría, interventoría y revisión de licitaciones.

7. Beneficios cuantificables

Cada capítulo muestra cómo esta guía aporta mejoras en:

- Tiempo
- Costo
- Calidad
- Seguridad
- Comunicación
- Compatibilidad entre fases
- Impacto ambiental
- Relación con el cliente

CAPÍTULO 2

2.1 Introducción al marco conceptual

La gestión de proyectos es una disciplina fundamental para la ejecución eficaz de obras civiles hidráulicas. Sin embargo, su aplicación se ha visto históricamente limitada por enfoques parciales que priorizan la técnica constructiva mientras descuidan los aspectos gerenciales del proyecto. Esta brecha entre ingeniería y gerencia ha sido responsable de numerosos retrasos, incrementos presupuestales y fallas operativas posteriores a la construcción.

Por ello, se requiere un marco conceptual sólido que permita comprender no solo los estándares del Project Management Institute (PMI), sino también la metodología japonesa P2M (Project & Program Management for Enterprise Innovation), desarrollada por el Project Management Association of Japan (PMAJ). Ambas metodologías representan filosofías complementarias que permiten gestionar proyectos desde enfoques diferentes, pero sinérgicos.

El PMI proporciona herramientas estructuradas, secuenciales y estandarizadas que permiten planear, ejecutar y controlar un proyecto con orden y trazabilidad. Por su parte, el P2M fortalece la visión estratégica, la gestión del valor, el análisis por escenarios, la resiliencia frente a riesgos y la integración sistémica, aspectos indispensables en obras hidráulicas donde la incertidumbre hidrológica y ambiental es alta.

Este capítulo presenta los fundamentos conceptuales de ambas metodologías, contextualizados al sector hidráulico, y establece los cimientos teóricos para la guía metodológica que se desarrolla en los capítulos siguientes. Además, se presenta una articulación detallada entre PMI y P2M para la gestión del cronograma y del presupuesto como ejes críticos para evitar elefantes blancos.

2.2 Fundamentos del PMI en la gestión de proyectos

2.2.1 Origen y propósito del PMI

El Project Management Institute (PMI), fundado en 1969, es el organismo mundial más reconocido en gestión de proyectos. Su guía principal, el PMBOK® Guide, se ha convertido en un estándar global utilizado en sectores como construcción, tecnología, manufactura, petróleo, energía y, por supuesto, infraestructura pública.

El PMI tiene como propósito principal establecer buenas prácticas que permitan ejecutar proyectos con disciplina, control y predictibilidad. Esto incluye la definición de procesos, áreas de conocimiento y herramientas que permiten garantizar el cumplimiento del alcance, el tiempo, el costo y la calidad.

En proyectos hidráulicos, el PMI ha sido especialmente útil en:

- La estructuración contractual.
- La elaboración de estudios previos sólidos.
- La construcción de cronogramas ejecutables.
- La definición de presupuestos basados en APU.
- La gestión de riesgos asociados a la construcción.
- El cumplimiento de los requisitos de interventoría.

Sin embargo, su enfoque tradicional se centra en la gestión interna del proyecto y no en la creación de valor público, componente clave de las obras hidráulicas en contextos sociales complejos.

2.2.2 Áreas de Conocimiento del PMI aplicadas a obras hidráulicas

A continuación se presenta una ampliación de las áreas fundamentales para el sector:

1. Gestión del Alcance

Define qué se debe construir y qué NO se debe construir.

En obras hidráulicas permite evitar crecimientos de alcance asociados a:

- Nuevos tramos no estudiados,
- Aumentos de diámetros,
- Cambios en materiales,
- Adiciones sucesivas.

Su valor radica en garantizar que el diseño sea viable, aprobado y cerrado antes de iniciar construcción.

2. Gestión del Cronograma

Es una de las áreas más críticas.
Incluye:

- Desglose del trabajo en una EDT detallada,
- Identificación de hitos técnicos,
- Secuencia lógica de actividades,
- Identificación de ruta crítica,
- Análisis de holguras,
- Curva S de avance.

Un cronograma deficiente genera retrasos que terminan impactando la obra durante años.

3. Gestión de los Costos

La construcción de presupuestos basados en:

- Cantidades reales,
- APU's validados,
- Costos de materiales actualizados,
- Mano de obra certificada,
- Equipos disponibles.

El PMI establece la creación de una línea base de costos, fundamental para medir desviaciones.

4. Gestión de la Calidad

Incluye inspecciones, ensayos, protocolos y cumplimiento de especificaciones técnicas (tuberías, válvulas, equipos electromecánicos).

5. Gestión de Recursos

Define roles, cuadrillas, capacidades y disponibilidad de maquinaria.

6. Gestión de Riesgos

En obras hidráulicas se deben identificar riesgos como:

- Crecientes súbitas,
- Inestabilidad de taludes,
- Riesgos geotécnicos,
- Riesgos sociales,
- Licencias ambientales.

7. Gestión de las Comunicaciones

Mitiga conflictos sociales que pueden frenar obras.

8. Gestión de Interesados

Indispensable en comunidades impactadas por obras hidráulicas.

2.3 Fundamentos del P2M del PMAJ

2.3.1 ¿Qué es P2M?

El P2M es una metodología japonesa que supera la visión clásica del PMI al integrar la creación de valor, la innovación, la resiliencia y la gobernanza en todo el ciclo de vida del proyecto.

Se creó para proyectos complejos, inciertos y con alto impacto social, como los hidráulicos.

2.3.2 Sus pilares

- Value Creation Management (gestión para crear valor público).
- Project & Program Management (gestión integrada de múltiples proyectos).
- Systems Approach (pensamiento sistémico).

2.3.3 Relevancia para obras hidráulicas

El P2M aporta:

- Flexibilidad ante incertidumbre climática.
- Navegación de riesgos.
- Integración diseño—construcción—operación.
- Análisis del impacto social.
- Gobernanza comunitaria.

- Visión de sostenibilidad.

2.4 Diferencias entre PMI y P2M aplicadas al sector hidráulico

Elemento	PMI	P2M
Enfoque	Procesos	Valor e innovación
Cronograma	Determinístico	Adaptativo
Presupuesto	Costos	Valor
Riesgos	Identificación	Navegación
Stakeholders	Comunicación	Co-creación
Ciclo de vida	Construcción	Sistema completo

2.5 Justificación de la integración PMI–P2M

La combinación logra:

- Cronogramas más realistas.
- Presupuestos robustos.
- Mayor resiliencia.
- Preventiva de elefantes blancos.
- Enfoque de valor y servicio.
- Mayor gobernanza.

2.6 Uso del documento P2M en la guía

Se emplean principios como:

- Gestión sistémica,
- Ciclo de vida,
- Innovación,
- Riesgos estratégicos,

- Gobernanza,
- Valor social.

Se integrarán explícitamente.

2.7 Relación de los fundamentos teóricos con el propósito del proyecto

La integración conceptual entre los fundamentos del PMI y los principios del P2M tiene una relación directa, profunda y estratégica con el propósito central de esta guía. La razón es que los proyectos de obras civiles hidráulicas no solo requieren metodologías para organizar actividades, sino marcos que aborden la complejidad, la incertidumbre y la necesidad de asegurar resultados sostenibles en el tiempo.

En primer lugar, el PMI aporta una estructura sólida, sistemática y orientada al control. Esto incluye lineamientos como la definición del alcance, el desglose del trabajo, la construcción lógica del cronograma, la estimación detallada de costos, la gestión de riesgos, y el seguimiento del progreso por medio de herramientas estandarizadas. En la práctica, el PMI permite responder a preguntas del tipo: ¿Qué tareas deben ejecutarse?, ¿quién es responsable?, ¿cuándo deben realizarse?, ¿qué se debe producir y cómo se medirá el avance? Estas preguntas son esenciales en obras hidráulicas, donde un error en la secuencia constructiva, un monto mal estimado o la falta de control documental puede desencadenar sobrecostos millonarios y retrasos significativos.

Sin embargo, la aplicación exclusiva del PMI puede resultar insuficiente en sectores donde la incertidumbre hidrológica, ambiental y operativa es tan alta como en el sector agua. Por esta razón, integrar el P2M fortalece el enfoque tradicional al añadir una perspectiva estratégica, flexible y orientada al valor. Mientras el PMI asegura el CÓMO se gestiona un proyecto, el P2M profundiza en el POR QUÉ y PARA QUÉ dicho proyecto debe ejecutarse, lo cual es fundamental para lograr que una obra hidráulica no solo se construya, sino que funcione adecuadamente durante años o incluso décadas.

El P2M introduce conceptos clave como la navegación de la incertidumbre, la gestión del ciclo de vida completo, la alineación estratégica con necesidades sociales, la innovación y la gobernanza. Estos elementos son especialmente valiosos en el sector hidráulico porque este tipo de proyectos depende de condiciones ambientales que cambian, de la dinámica de cuencas, de la disponibilidad de recursos hídricos, de la participación comunitaria y del compromiso institucional. La metodología japonesa exige evaluar escenarios futuros,

validar supuestos, formular respuestas anticipadas y articular la obra con su operación final, algo que pocas metodologías occidentales consideran de manera explícita.

Cuando se combinan ambos enfoques —el PMI como columna estructural y el P2M como visión estratégica— se obtiene un modelo robusto que permite diseñar planes realistas, construir cronogramas resilientes, desarrollar presupuestos ajustados a necesidades reales y evitar la generación de elefantes blancos, tal como lo evidencia el portal PACO del Gobierno Nacional. Esta integración, además, habilita la construcción de herramientas como árboles de decisión, matrices comparativas y checklists avanzados que le permiten a cualquier profesional evaluar la madurez de un proyecto en diferentes fases.

Así, la relación entre los fundamentos teóricos y el propósito del proyecto es directa: esta guía busca mejorar el desempeño del sector hidráulico articulando control y valor, planeación y propósito, procesos y estrategia, anticipación y ejecución. La gestión efectiva de obras hidráulicas exige un marco híbrido capaz de adaptarse a cambios, minimizar riesgos, optimizar recursos y garantizar resultados funcionales que mejoren la calidad de vida de las comunidades.

Esta guía aporta esa estructura, apoyándose en los fundamentos del PMI para la ejecución disciplinada y en los principios del P2M para garantizar que cada obra no solo se construya, sino que genere impacto, sostenibilidad y valor público de largo plazo.

10 Buenas Prácticas Basadas en PMBOK (7ª Edición) – Aplicación a Obras Hidráulicas

PMI-01 – Desarrollar una Estructura de Desglose del Trabajo (WBS) detallada

Crear una EDT que descomponga el proyecto en paquetes de trabajo funcionales (bocatoma, línea de aducción, PTAP, tanques, redes, obras de captación, excavaciones, rellenos, pruebas hidráulicas).

Esto permite estimaciones precisas de tiempo, cantidades y costos.

PMI-02 – Secuenciar actividades con dependencias lógicas (PDM)

Definir relaciones FS, SS, FF, SF entre actividades como excavación–colocación de tubería–pruebas–relleno, identificando ruta crítica y holguras para evitar retrasos.

PMI-03 – Estimar duraciones con técnicas expertas y datos paramétricos

Usar técnicas análogas, paramétricas y de juicio experto considerando condiciones locales (lluvias, suelos, acceso vehicular, mano de obra disponible) para definir duraciones realistas.

PMI-04 – Desarrollar el cronograma baseline usando software profesional

Construir un cronograma en MS Project o Primavera con calendarios, recursos asignados, restricciones y escenarios alternativos para obra hidráulica.

PMI-05 – Monitorear y controlar el cronograma de forma proactiva

Comparar avance planificado vs real mediante reuniones semanales, actualizaciones sistemáticas y control integrado de cambios para mantener la integridad del plan.

PMI-06 – Planificar la gestión de costos con políticas claras

Establecer métodos de estimación, niveles de control, umbrales de alerta, reservas y reglas de reprogramación financiera para obras de infraestructura.

PMI-07 – Estimar costos bottom-up para máxima precisión

Construir APU's a partir de recursos básicos: materiales (PVC, HDPE, concreto), equipos (retroexcavadora, vibrocompactador), mano de obra y rendimientos reales.

PMI-08 – Determinar el presupuesto agregando reservas y contingencias

Formar el presupuesto completo sumando costos directos, indirectos, contingencias (5–20%), management reserves y análisis del flujo de caja.

PMI-09 – Control de costos mediante Earned Value Management (EVM)

Aplicar SPI, CPI, VAC, EAC y EV para detectar desviaciones tempranas, evaluando impacto en tiempo y costo, especialmente en fases críticas como excavaciones y redes.

PMI-10 – Integrar riesgos en el cronograma y presupuesto

Vincular riesgos cualitativos y cuantitativos (lluvias, deslizamientos, discontinuidad del suministro de materiales, demoras en licencias) con reservas temporales y financieras específicas.

10 Buenas Prácticas Basadas en P2M (PMAJ, 3ª Ed.) – Enfoque Japonés para Obras Hidráulicas

P2M-01 – Definir fases del ciclo de vida con curvas S de tiempo y valor

Desarrollar curvas S desde concepción hasta operación, identificando puntos críticos donde el valor del sistema hidráulico aumenta o disminuye.

P2M-02 – Usar WBS alineada con la misión estratégica del proyecto

La EDT no solo debe desglosar tareas, sino reflejar la misión del proyecto: abastecer agua, mitigar inundaciones, mejorar saneamiento, reducir pérdidas.

P2M-03 – Aplicar el ciclo de gestión (Diseño → Planificación → Implementación → Coordinación)

Un ciclo vivo que permite retroalimentación constante para minimizar desviaciones.

P2M-04 – Asignar recursos con restricciones sistémicas y temporales

Asignar maquinaria, mano de obra y materiales bajo restricciones reales: disponibilidad local, logística y sostenibilidad.

P2M-05 – Traducir la misión a un presupuesto estratégico

El presupuesto debe reflejar prioridades de valor, no solo costos: confiabilidad del sistema, impacto social, resiliencia climática y durabilidad.

P2M-06 – Aplicar Análisis Costo-Beneficio (CBA) en evaluación presupuestal

Evaluar NPV, IRR y ratios sociales (SSC, CBA) considerando impacto ambiental y beneficio comunitario.

P2M-07 – Gestionar incertidumbres y disturbios

Clasificar disturbios (ambientales, políticos, comunitarios, técnicos) y rediseñar procesos para mantener integridad del proyecto.

P2M-08 – Eficiencia en movilización financiera y temporal

Optimizar desembolsos, minimizar desperdicios, sincronizar pagos con hitos y garantizar continuidad constructiva.

P2M-09 – Reingeniería de procesos para optimización

Identificar solapamientos y reestructurar flujos para acortar plazos y reducir costos sin afectar calidad.

P2M-10 – Armonizar stakeholders en presupuesto y cronograma

Construir acuerdos tempranos para evitar reclamaciones, suspensiones y conflictos que afectan cronograma y costos.

CAPÍTULO 3

3.1 Introducción al problema estructural de los proyectos hidráulicos en Colombia

Los proyectos de infraestructura hidráulica cumplen un papel esencial en la provisión de agua potable, el manejo de aguas residuales, el control de inundaciones, la irrigación agrícola y la protección de ecosistemas. Sin embargo, a pesar de su importancia estratégica, una porción significativa de estos proyectos presenta fallas graves en su planeación, ejecución y cierre.

En Colombia, esta situación ha sido documentada por el Portal PACO – Pacto por la Obra Pública Abierta y Contra la Corrupción, plataforma oficial donde se publican obras inconclusas, suspendidas, con sobrecostos o con fallas críticas en su operación. Un porcentaje relevante de estas obras son hidráulicas, lo que evidencia un patrón de problemas que afectan la continuidad del servicio público, la seguridad hídrica, la confiabilidad de la infraestructura y la eficacia del gasto público.

Esta realidad exige analizar a profundidad las causas estructurales que generan fallas recurrentes en el tiempo, el costo y el valor entregado por los proyectos hidráulicos. El presente capítulo desarrolla este análisis mediante una lectura técnica desde las buenas prácticas del PMBOK (PMI) y la filosofía sistémica del P2M (PMAJ).

3.2 Manifestaciones visibles del problema: retrasos, sobrecostos y obras inconclusas

Las fallas más frecuentes en los proyectos hidráulicos se manifiestan en tres dimensiones críticas:

3.2.1 Retrasos en la ejecución

La mayoría de las obras hidráulicas analizadas presentan retrasos superiores al 20% del tiempo contratado.

Estos retrasos se originan por:

- Cronogramas poco realistas (falla en PMI-03 y PMI-04)
- Secuencias ilógicas de construcción (falla en PMI-02)
- No integración de riesgos climáticos (falla en PMI-10 y P2M-07)

- Deficiente asignación de recursos (falla en P2M-04)
- Suspensiones por falta de insumos o equipos especializados
- Paralizaciones por conflictos comunitarios o ambientales (falla en P2M-10)

Cuando una obra hidráulica se retrasa, su costo aumenta exponencialmente y su valor social disminuye, especialmente si el proyecto responde a necesidades urgentes de abastecimiento de agua o saneamiento.

3.2.2 Sobrecostos y desequilibrio financiero

El crecimiento descontrolado de los costos afecta gravemente la continuidad de la obra. Los sobrecostos se deben a:

- APU mal formulados (falla en PMI-07)
- Cantidades de obra sin soporte técnico
- Presupuestos sin contingencia suficiente (falla PMI-08)
- Cambios constantes de especificaciones técnicas
- No integración de riesgos hidrológicos y geotécnicos en el presupuesto (falla PMI-10)
- Falta de evaluación costo–beneficio (falla P2M-06)
- Flujos de caja ineficientes (falla P2M-08)

Esto genera adiciones presupuestales sucesivas que desfinancian el proyecto o agotan los recursos antes de finalizarlo.

3.2.3 Obras inconclusas, abandonadas o no funcionales (elefantes blancos)

El PACO ha documentado múltiples obras hidráulicas que:

- Nunca fueron terminadas
- Fueron entregadas pero no funcionan
- No cuentan con conexión a redes existentes
- No tienen energía para operar equipos

- No poseen permisos ambientales vigentes
- Presentan fallas estructurales o hidráulicas
- No tienen operador definido
- Quedan inutilizadas tras cambios en las condiciones hidrológicas

Esto evidencia una falla sistemática en la integración del: diseño – construcción – operación, que es justamente el núcleo de las buenas prácticas P2M (P2M-01, P2M-02 y P2M-03).

3.3 Causas estructurales del problema según PMI y P2M

Las causas que desencadenan retrasos, sobrecostos y obras inconclusas se pueden agrupar en cuatro categorías analizadas desde la perspectiva PMI–P2M.

3.3.1 Causas asociadas a la planeación deficiente del cronograma

- EDT incompleta o mal estructurada (falla PMI-01)
- Actividades no conectadas correctamente (falla PMI-02)
- Duraciones sin análisis técnico (falla PMI-03)
- Ausencia de simulaciones digitales (falla PMI-04)
- No inclusión de escenarios climáticos (falla P2M-07)
- Falta de curva S integral del ciclo de vida (falla P2M-01)

Un cronograma débil desde el principio es la principal causa de incumplimientos.

3.3.2 Causas asociadas a la planeación deficiente del presupuesto

- APU's sin estudio real (falla PMI-07)
- Presupuesto sin contingencias (falla PMI-08)
- Falta de análisis de flujos financieros (falla P2M-08)
- No aplicar análisis costo-beneficio social (falla P2M-06)
- No considerar costos del ciclo de vida (falla P2M-05)
- No contemplar sobrecostos climáticos o geotécnicos (falla PMI-10)

3.3.3 Causas asociadas a los riesgos

- No identificación de disturbios ambiental–climáticos (falla P2M-07)
- No integración del riesgo en el cronograma (falla PMI-10)
- No integración del riesgo en el presupuesto (falla PMI-10)
- Respuestas a riesgos tardías o reactivas
- Falta de escenarios (P2M-07)
- Falta de resiliencia temporal (P2M-03)

3.3.4 Causas asociadas a la gobernanza, stakeholders y comunicación

- Falta de articulación de actores (falla P2M-10)
- Retrasos por conflictos comunitarios
- Cambios constantes de requerimientos
- Debilidad en la gobernanza del proyecto
- Falta de misión claramente comunicada (falla P2M-02)

3.4 El problema central

A partir del análisis anterior, el problema central que enfrenta el sector se puede formular así:

Los proyectos de infraestructura hidráulica en Colombia presentan altos niveles de retrasos, sobre costos y riesgo de convertirse en obras inconclusas debido a deficiencias en la planeación, construcción y control del cronograma y el presupuesto, agravadas por la falta de integración de metodologías formales como PMI y P2M, lo que genera pérdida de valor público, recursos y tiempo.

3.5 Necesidad de crear una guía metodológica híbrida PMI–P2M

La evidencia demuestra que:

- Los proyectos fallan en su fase inicial, no en la ejecución.
- Se planean cronogramas sin bases técnicas (PMI-01,02,03).
- Los presupuestos carecen de visión de valor (P2M-05, P2M-06).

- No existe una guía que integre lo mejor de PMI y P2M.
- No hay herramientas claras para interventorías y supervisión.
- No hay un estándar específico para obras hidráulicas.

Por ello es necesario desarrollar una guía que:

- Estandarice la planeación inicial
- Aplique las 20 buenas prácticas definidas
- Mejore la calidad del cronograma y presupuesto
- Prevenga obras inconclusas
- Permita auditoría técnica
- Sea aplicable por cualquier profesional del sector

3.6 Formulación del problema de la investigación

¿Cómo puede una guía metodológica híbrida basada en las buenas prácticas del PMI y del P2M mejorar la planeación, ejecución y control del cronograma y presupuesto en proyectos de obras civiles hidráulicas, para reducir retrasos, sobrecostos y el riesgo de obras inconclusas identificadas en el Portal PAACO?

3.7 Impacto de no resolver el problema

Si no se interviene este problema de forma metodológica y estratégica:

- Aumentarán las obras suspendidas y abandonadas.
- Se incrementará el riesgo financiero para entidades públicas.
- La población seguirá recibiendo servicios de mala calidad.
- La infraestructura fallará antes de tiempo.
- La confianza institucional seguirá deteriorándose.
- El gasto público será ineficiente.

El costo de NO actuar es altísimo económica y socialmente.

3.8 Conexión del problema con las 20 buenas prácticas

Este capítulo demuestra que cada buena práctica responde directamente a un vacío crítico en las obras hidráulicas:

- PMI-01 a PMI-05 → Resuelven fallas del cronograma.
- PMI-06 a PMI-08 → Mejoran la calidad del presupuesto.
- PMI-09 y PMI-10 → Reducen riesgos y variaciones.
- P2M-01 a P2M-10 → Integran valor, sostenibilidad y resiliencia.

La guía se vuelve indispensable porque atiende el problema desde la raíz.

CAPÍTULO 4

4.1 Introducción

El desarrollo de una guía técnica robusta para la optimización del cronograma y del presupuesto en obras civiles hidráulicas requiere definir objetivos claros, medibles y coherentes con la problemática identificada y con la misión del proyecto. Este capítulo establece el propósito estratégico de la guía, sus objetivos generales y específicos, así como el alcance técnico y metodológico.

La formulación de estos elementos se encuentra fundamentada en las buenas prácticas del PMBOK (PMI) —especialmente en las áreas de planeación del cronograma, costos, integración y riesgos— y en la filosofía de creación de valor del P2M (PMAJ), que orienta la gestión por misión, la integración de ciclos de vida y la toma de decisiones basada en valor socioeconómico.

4.2 Objetivo General

Desarrollar una guía metodológica integral basada en las buenas prácticas del PMI y del P2M que permita fortalecer la planeación, ejecución y control del cronograma y presupuesto en proyectos de obras civiles hidráulicas, con el fin de reducir retrasos, sobrecostos y el riesgo de obras inconclusas, optimizando la eficiencia temporal, financiera y operativa del sector.

Este objetivo articula la intención estratégica del trabajo: crear un instrumento práctico, aplicable y con impacto directo en la eficiencia de los proyectos hidráulicos en Colombia.

4.3 Objetivos Específicos

4.3.1 Objetivo Específico N.º 1

Diseñar un modelo metodológico híbrido PMI–P2M que permita estructurar adecuadamente el cronograma de actividades desde la fase de planificación inicial, mediante el uso de EDT, secuenciamiento lógico y análisis de riesgos.

Relación con las buenas prácticas:

- PMI-01, PMI-02, PMI-03, PMI-10
- P2M-01, P2M-02, P2M-07

4.3.2 Objetivo Específico N.º 2

Elaborar un enfoque técnico para la formulación del presupuesto en obras hidráulicas basado en estimación bottom-up, análisis costo–beneficio, reservas de contingencia y alineación con la misión del proyecto.

Relación con las buenas prácticas:

- PMI-06, PMI-07, PMI-08
- P2M-05, P2M-06, P2M-08

4.3.3 Objetivo Específico N.º 3

Integrar un sistema de control del desempeño (EVM) para el monitoreo continuo del cronograma y del presupuesto, permitiendo identificar desviaciones tempranas y ejecutar acciones correctivas efectivas.

Relación con las buenas prácticas:

- PMI-05, PMI-09
- P2M-03, P2M-04

4.3.4 Objetivo Específico N.º 4

Desarrollar herramientas de apoyo como árboles de decisión, matrices de riesgo, checklists de revisión técnica y plantillas de cronograma y presupuesto aplicadas a obras hidráulicas.

Relación con las buenas prácticas:

- Todas las del PMI y P2M, especialmente P2M-09 y P2M-10

4.3.5 Objetivo Específico N.º 5

Validar la utilidad de la guía mediante su aplicación conceptual a casos reales del contexto colombiano, incluyendo obras reportadas en el Portal PACO.

Relación con las buenas prácticas:

- PMI-04, PMI-09
- P2M-01, P2M-08

4.4 Alcance del Proyecto

El alcance de esta guía se estructura en función de las necesidades reales del sector hidráulico y de las carencias detectadas en los diagnósticos oficiales del PACO y de las entidades territoriales.

4.4.1 Alcance Temático

La guía incluirá:

1. Definición del ciclo de vida del proyecto hidráulico según P2M
2. Desarrollo del cronograma técnico con estándares PMI
3. Formulación del presupuesto con criterios técnicos y financieros
4. Integración del análisis de riesgos en tiempo y costos
5. Aplicación de herramientas de control como valor ganado y curva S
6. Procedimientos de coordinación con stakeholders
7. Criterios para prevenir obras inconclusas

Este contenido garantiza una cobertura total de la planeación y control.

4.4.2 Alcance Operativo

La guía se aplicará a:

- Acueductos rurales y urbanos
- Sistemas de alcantarillado
- Estaciones de bombeo
- Plantas de tratamiento (PTAP, PTAR)
- Redes de distribución hidráulica
- Canales, diques y estructuras de control
- Obras menores de drenaje pluvial

4.4.3 Alcance Metodológico

El proyecto combina:

- Marco PMI → estructuración técnica
- Marco P2M → enfoque estratégico, de misión y de valor
- Análisis de caso
- Revisión documental
- Construcción de herramientas propias

4.4.4 Alcance Técnico

Incluye el desarrollo de:

- EDT y WBS especializados para obras hidráulicas
- Árboles de decisiones para cronograma y presupuesto
- Matrices de riesgos multivariable
- Hojas de cálculo de APU
- Ejemplo aplicado paso a paso
- DISEÑO DE 20 plantillas profesionales
- Escenarios de simulación temporal y financiera

4.5 No Alcance del Proyecto

La guía no cubre:

- Diseño hidráulico o estructural detallado
- Cálculo hidráulico avanzado
- Inspecciones forenses o auditorías legales
- Aspectos contractuales de litigio
- Construcción presencial o acompañamiento en obra

Estas exclusiones mantienen el enfoque estrictamente técnico–gerencial.

4.6 Restricciones

4.6.1. De localización

Una restricción importante se vincula con la ubicación geográfica del proyecto. En obras hidráulicas localizadas en zonas rurales, apartadas o de difícil acceso, es común enfrentar limitaciones asociadas a la disponibilidad de información técnica, acceso a datos hidrológicos y geotécnicos, capacidad logística, disponibilidad de materiales y mano de obra, y presencia de disturbios sociales o ambientales. Estas condiciones afectan directamente la posibilidad de establecer cronogramas realistas, definir rendimientos, estimar costos con precisión o implementar un control riguroso del avance. En consecuencia, la guía puede aplicarse, pero su alcance se ve limitado por las condiciones externas del territorio, las cuales deben documentarse y considerarse expresamente en cada revisión o ajuste.

4.6.2. En ejecución o con avance

una de las restricciones más relevantes está relacionada con los proyectos que ya se encuentran en ejecución al momento de aplicar la guía. La metodología fue diseñada para operar desde el inicio del ciclo de vida, por lo que su implementación tardía no permite reconstruir con validez plena la línea base original del proyecto, ni restaurar decisiones estratégicas tomadas en etapas tempranas. No obstante, la guía sí puede aplicarse de manera efectiva en proyectos ya iniciados, siempre que se entienda su alcance limitado. En estos casos, su función principal no es la planificación inicial, sino la recuperación, estabilización y optimización de la ejecución mediante la reconstrucción de bases pragmáticas, análisis de avance real, actualización del presupuesto, implementación de indicadores de desempeño (SPI, CPI), reingeniería operativa y fortalecimiento de la gobernanza. Es decir, la guía no reemplaza la planeación inicial ausente o deficiente, pero sí permite establecer un marco técnico robusto para corregir desviaciones, mitigar riesgos, mejorar la toma de decisiones y evitar que un proyecto avance sin control o quede inconcluso.

Sin embargo, esta aplicación tardía implica varias restricciones adicionales. La reconstrucción del cronograma y del presupuesto debe sustentarse en evidencia documental comprobable y requiere la formalización contractual correspondiente mediante actas, procedimientos de control de cambios o ajustes al contrato. Asimismo, las líneas base reconstruidas no tienen la misma fuerza jurídica que las originales, por lo que su validez se restringe al control operativo y debe ser acordada explícitamente entre contratista, interventoría y entidad. Además, la efectividad de la guía dependerá de la disposición de las partes para adoptar medidas de reingeniería, ajustar procedimientos, modificar secuencias constructivas y aceptar mecanismos más estrictos de seguimiento y control.

4.6.3. Clasificación de proyectos iniciados (impacta la estrategia de intervención)

Se considera los siguientes intervalos en proyectos con avance de ejecución, de cara a la implementación de la guía para el tratamiento de tiempos en el cronograma de actividades.

- **A. Inicio reciente / < 10% avance físico** — Alto potencial para reconstrucción de WBS y presupuesto; menos fricción contractual.
- **B. En ejecución media / 10–50% avance** — Requiere reconstrucción con fuertes registros, posible renegociación.
- **C. Avanzado / >50% avance** — Intervención cara; enfoque en control, reingeniería puntual y garantías de operación.
- **D. Paralizado o con suspensiones** — Oportunidad ideal para aplicar guía como plan de rescate; atención a liquidez y relaciones contractuales.

La aplicación de la guía cobra relevancia y genera valor agregado cuando el proyecto presenta problemas de avance, desviaciones significativas de costos, órdenes de cambio recurrentes, inconsistencias no previstas o deficiencias contractuales. Al reconstruir la EDT con base en las actividades ejecutadas y las tareas pendientes, elaborar un cronograma de reconstrucción, reestimar el presupuesto del remanente de obra y actualizar la matriz de riesgos, la guía permite reestablecer el control, dar transparencia al proceso, mejorar la predictibilidad del avance y proporcionar insumos confiables para la toma de decisiones.

La guía, que contempla los principios administrativos y de ejecución P2M, permite reorientar la intervención hacia la recuperación de la misión del proyecto, fortaleciendo la gobernanza, asegurando el valor estratégico del activo hidráulico y reduciendo la probabilidad de inconsistencias dentro del cronograma que conlleve a una obra inconclusa o con deficiencias.

4.6.4. Desde lo contractual

En el ámbito contractual, la aplicación tardía exige un marco formal claro. La reconstrucción de cronogramas, presupuestos o secuencias constructivas debe documentarse mediante actas, integrarse al sistema de control de cambios y, de ser necesario, conllevar ajustes contractuales aprobados por la entidad. La guía no debe aplicarse unilateralmente; requiere aprobación entre la entidad, la interventoría y el contratista, con el fin de evitar reclamaciones por modificaciones no pactadas o alteraciones en el alcance contractual. Es por esto que cada ajuste se soporta en evidencia técnica verificable y que se registre explícitamente la finalidad de uso de las líneas base reconstruidas.

La decisión de aplicar la guía a un proyecto ya iniciado depende también del estado de avance. En obras con menos del 10% de ejecución, la aplicación puede ser casi completa y se pueden corregir deficiencias tempranas con impacto mínimo. En proyectos con entre 10% y 50% de avance, la guía es útil para reorganizar y recuperar el ritmo de ejecución, aunque la reconstrucción requerirá mayor rigurosidad y negociación entre las partes. En proyectos con más del 50% de avance, la guía se orienta especialmente al control y monitoreo, la reingeniería operativa y la prevención de retrasos críticos, pues la estructura del proyecto ya está definida y la capacidad de corregir de raíz ciertos errores es netamente limitada.

En síntesis, de aplicarse la guía en proyectos con avance ejecutorio, esta debe ofrecer un marco técnico de control y seguimiento. Su aplicación tardía es un mecanismo estratégico

para evitar la profundización de errores, mejorar la transparencia, fortalecer la gobernanza del proyecto. Aunque presenta restricciones y requiere acuerdos formales entre las partes, su implementación representa una oportunidad de aprendizaje para reconducir proyectos en riesgo, reducir incertidumbres y garantizar que se alcance una entrega funcional, segura y de calidad.

4.7 Recomendaciones

4.7.1. *Para obras ya Iniciadas*

Para obras con avance ejecutorio, es fundamental adoptar un conjunto de medidas adicionales que permitan garantizar su eficacia y evitar impactos, novedades y contingencias contractuales o técnicos no deseados. En primera instancia, se recomienda realizar un diagnóstico técnico-administrativo inicial, consistente en definir con precisión el estado real del avance físico, el estado financiero, las actividades ejecutadas, los consumos registrados y los novedades administrativas y técnicas presentadas hasta el momento. Este diagnóstico debe ser documentado en actas y validado por la alta gerencia con las partes involucradas para asegurar transparencia y continuidad.

Acto seguido, se sugiere realizar una reconstrucción de la línea base, lo cual implica reformular la EDT, generar un cronograma histórico y establecer un cronograma de recuperación o continuidad. Este proceso debe desarrollarse con criterios técnicos verificables y evitando ajustes en la planeación con aprobación de retrasos no justificados. La guía aconseja que cualquier línea base reconstruida sea utilizada únicamente para fines de control operativo y nunca como sustituto de la planeación original. Para ello, se sugiere formalizar todos y cada uno de los ajustes a través del procedimiento de control de cambios.

Otro valor agregado es definir el seguimiento con indicadores de desempeño, especialmente el uso del valor ganado con indicadores como el índice de desempeño de cronograma y el índice de desempeño del costo aplicados sobre la línea base reconstruida. Estos indicadores permiten identificar tendencias, anticipar desviaciones y activar planes de contingencia. También se recomienda la implementación inmediata de un sistema de reportes periódicos, reuniones semanales de control y revisión constante de riesgos, dado que en proyectos ya avanzados la capacidad incidente de toma de decisiones es menor y la oportunidad de respuesta debe ser inmediata.

Por último, se recomienda asegurar la participación activa del propietario del proyecto y los grupos de interés en la redefinición de procesos y secuencias constructivas. Su intervención es esencial para evitar conflictos, minimizar reclamaciones y garantizar que las decisiones se implementen con fundamento técnico. Sin acuerdo entre las partes, la aplicación de la guía será incompleta y su efectividad se ve afectada.

4.7.2 *Para Obras Geográficamente Aisladas*

En proyectos ubicados en zonas apartadas o de difícil acceso, las restricciones logísticas, ambientales y sociales suelen tener un impacto significativo en la planeación y ejecución. Por ello, se recomienda incorporar un análisis logístico detallado que identifique rutas de acceso, tiempos de transporte, disponibilidad de maquinaria y materiales, riesgos por aislamiento y condiciones climáticas propias del territorio. Este análisis debe integrarse

explícitamente en el cronograma para evitar sobreestimaciones de rendimiento y subestimaciones de duración.

Otro aspecto crítico en zonas aisladas es la limitación de información técnica. En estos casos, se recomienda utilizar mediciones en campo de carácter iterativo, monitoreo geotécnico básico, recolección primaria de datos hidrológicos y validación continua del diseño con base en las condiciones reales encontradas. Asimismo, se sugiere incluir reservas de tiempo y costo, dado que las incertidumbres son mayores y el acceso para ajustes tiende a ser más lento y costoso.

También se recomienda priorizar la implementación de un plan de gestión de riesgos adaptado al territorio, que contemple interrupciones por clima extremo, afectaciones por derrumbes o limitaciones en la disponibilidad de servicios básicos. La guía sugiere que la gestión de riesgos en territorios aislados incluya activación temprana de planes de contingencia, uso de brigadas de respuesta rápida y mecanismos de comunicación satelital para garantizar la continuidad operativa del proyecto.

4.7.3. Para Proyectos Con Participación De Grupos Religiosos, Comunidades Étnicas o Actores Sociales Sensibles

En obras donde intervienen grupos religiosos, comunidades indígenas, juntas de acción comunal o colectivos con estructuras culturales propias, se recomienda implementar un enfoque basado en el diálogo cultural a cargo de gestión social del contratista y el despliegue del sistema de control de cambios, la gobernanza participativa y el respeto por los usos y costumbres del territorio. El enfoque P2M resulta especialmente adecuado para estos casos, pues incorpora la coordinación funcional y la armonización de intereses como elementos esenciales del ciclo de gestión.

Se recomienda realizar, antes del inicio o durante la ejecución, una caracterización sociocultural del área de influencia que permita identificar expectativas, sensibilidades, rituales, fechas sagradas, restricciones comunitarias y dinámicas internas. A partir de esta caracterización, se sugiere ajustar el cronograma, definir ventanas de modulación temporal para actividades críticas, establecer protocolos de comunicación respetuosa con los líderes de la comunidad involucrada y generar mecanismos de participación permanente que eviten rupturas en la relación comunidad–proyecto.

Es preciso establecer un comité de enlace social, integrado por líderes comunitarios, representantes de entidades religiosas, el equipo del proyecto y la interventoría. Este comité debe reunirse periódicamente para gestionar resistencias sociales, revisar avances, anticipar conflictos y validar decisiones que impacten directamente a la comunidad. La guía aconseja que estos acuerdos sean documentados mediante actas culturales o sociales que formen parte del expediente general del proyecto.

4.7.4 Para Obras En Zonas Con Fauna Protegida

Cuando el proyecto se desarrolla en áreas que albergan fauna protegida, especies endémicas o hábitats sensibles, se recomienda implementar estrictamente los lineamientos ambientales y diseñar estrategias de mitigación concertadas con la autoridad ambiental,

municipal y departamental. En este contexto, la planificación debe incorporar metodologías ecológicas, periodos reproductivos, restricciones de maquinaria en horas específicas, y rutas alternativas que eviten interferencias directas con los ecosistemas.

Además, se recomienda desplegar un equipo ambiental permanente que realice monitoreos de fauna antes, durante y después de las actividades críticas, documentando desplazamientos, presencia de especies sensibles y comportamientos de riesgo. Esta información permitirá ajustar el cronograma y las técnicas constructivas en función de las condiciones ambientales reales. La guía sugiere también trabajar en coordinación con biólogos, autoridades ambientales y organizaciones comunitarias para asegurar que las medidas de protección sean técnicamente sólidas y socialmente aceptadas.

Por último, se recomienda definir protocolos de respuesta ante hallazgos de fauna protegida, incidentes ambientales o avistamientos inesperados. Estos protocolos deben formar parte de la matriz de riesgos y activar suspensiones temporales, desvíos de actividades o reubicación asistida según lo determine la normatividad vigente. Aplicar la guía en estos contextos requiere un equilibrio entre los objetivos del proyecto y la conservación de los ecosistemas, priorizando siempre la protección de la biodiversidad.

4.8 Justificación del Alcance según PMI y P2M

El PMI exige que todo proyecto cuente con un Plan de Gestión del Alcance que defina claramente:

- Qué se incluye
- Qué no
- Bajo qué criterios se desarrolla

En paralelo, P2M establece que el alcance debe reflejar la misión y el valor esperado del proyecto.

Esta guía cumple ambos modelos al delimitar un alcance operativo concreto y un marco estratégico amplio, lo que permite:

- Estandarizar procesos
- Facilitar auditorías
- Reducir variabilidad
- Incrementar la eficiencia temporal y financiera
- Asegurar la relevancia social

CAPÍTULO 5 – MARCO TEÓRICO: PMI Y P2M APLICADOS A CRONOGRAMAS Y PRESUPUESTOS HIDRÁULICOS

5.1 Introducción

En la gestión de proyectos hidráulicos, la simple aplicación de prácticas tradicionales puede no ser suficiente. Los desafíos técnicos, ambientales y sociales requieren no solo control, sino también la capacidad de generar valor sostenible. Por ello, esta guía propone un enfoque híbrido que combina la rigidez estructural del PMI con la visión sistémica e innovadora del P2M (Project & Program Management for Enterprise Innovation), desarrollado por el Project Management Association of Japan (PMAJ).

El PMI aporta herramientas robustas para planear, ejecutar y controlar proyectos, mientras que el P2M enriquece ese marco con conceptos de misión, creación de valor, resiliencia frente a la incertidumbre y gestión del ciclo de vida del proyecto. Juntos, estos enfoques permiten abordar de forma integral la problemática de retrasos, sobrecostos y obras inconclusas en infraestructura hidráulica.

5.2 Fundamentos del PMI aplicados a proyectos hidráulicos

El PMI define la gestión de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para satisfacer los requisitos del proyecto. En obras hidráulicas, esto se traduce en asegurar que las estructuras físicas (canales, tuberías, bocatomas, tanques) se diseñen, construyan y operen dentro de los parámetros de tiempo, costo, calidad y riesgos.

Las áreas de conocimiento más críticas para este tipo de proyectos son:

1. Alcance: definir de forma clara qué obras se van a ejecutar (redes, estaciones, tuberías), para evitar ampliaciones incontroladas.
2. Cronograma: desglosar las actividades con EDT, secuenciar, estimar duraciones, identificar ruta crítica y reservar holguras.
3. Costos: estimar desde los recursos hasta el uso de maquinaria, con cálculos detallados y reservas.

4. Riesgos: identificar riesgos hidrológicos, geotécnicos, legales y sociales, planificando respuestas.
5. Recursos: asignar mano de obra, equipos y materiales de forma eficiente.
6. Comunicaciones e interesados: involucrar comunidades, autoridades y empresas desde la planificación para reducir conflictos.

Estas prácticas del PMI ofrecen un control disciplinado y un marco claro para monitorear el avance y reaccionar a las desviaciones.

5.3 Prácticas del PMI aplicadas a cronograma y presupuesto hidráulico

A continuación, se profundiza en cómo las buenas prácticas del PMI (definidas previamente) se adaptan al contexto hidráulico:

- PMI-01 (EDT detallada): al desglosar el proyecto en paquetes de trabajo específicos para cada componente hidráulico (como túneles, redes de tuberías o infraestructura de bombeo), se mejora la visibilidad de cada subproceso y se facilita la estimación de recursos y tiempos con mayor precisión.
- PMI-02 (Secuenciamiento lógico): mediante redes PDM, se definen relaciones entre actividades (por ejemplo, excavación → colocación de tubería → pruebas hidráulicas) que permiten planificar tiempos realistas y evitar solapamientos peligrosos.
- PMI-03 (Estimación de duraciones): usando técnicas paramétricas y juicio experto, se incorpora información local como condiciones climáticas (lluvias, sequía) para determinar cuánto tardarán tareas como el volcado del concreto o la colocación de tuberías grandes.
- PMI-04 (Cronograma baseline con software): herramientas como Primavera o MS Project permiten modelar escenarios, analizar rutas críticas y ajustar según recursos disponibles (equipo, cuadrillas, permisos) para anticipar cuellos de botella.
- PMI-05 (Monitoreo y control): el seguimiento del avance real frente al planificado a través de revisiones periódicas y control de cambios permite reaccionar ante retrasos antes de que se acumulen.

- PMI-06 (Plan de gestión de costos): se establecen políticas de estimación, control, umbrales de variación y reservas para garantizar que los costos no se disparen por imprevistos hidráulicos o ambientales.
- PMI-07 (Estimación bottom-up): desglosar cada actividad en recursos elementales —como metros cúbicos de excavación, horas máquina, cantidad de tubería— para construir un presupuesto preciso y cuantificable.
- PMI-08 (Presupuesto con reservas): la estructura de presupuesto incluye reservas para contingencias y “management reserves” para riesgos técnicos o institucionales, así como montos específicos para fases críticas.
- PMI-09 (EVM / Valor ganado): aplicar técnicas de valor ganado para medir el rendimiento real en costo y cronograma permite detectar variaciones y tomar decisiones informadas.
- PMI-10 (Integrar riesgos en cronograma y presupuesto): cuantificar los riesgos (ej. demoras por lluvias, fallos de importación de tubería) y asignar tiempo y dinero específicos para mitigarlos.

5.4 Fundamentos del P2M en gestión de valor e innovación

El P2M, como describe su guía oficial del PMAJ, surge para abordar la complejidad, la innovación y la creación de valor más allá del simple cumplimiento de entregables. En su “Overview of P2M, Third Edition”, se define como una metodología orientada a la misión (mission-oriented), que no solo busca ejecutar proyectos, sino alcanzar una “misión” estratégica alineada con la organización. pmaj.or.jp+2株式会社サイバー創研+2

Algunos de los pilares conceptuales del P2M son:

- Creación de valor: los proyectos y programas no son fines en sí mismos, sino medios para generar valor empresarial, social y estratégico. pmaj.or.jp
- Gestión del ciclo de vida: P2M considera las fases de concepción, diseño, ejecución, operación y cierre, y no solo la entrega física del proyecto. pmaj.or.jp
- Navegación de la incertidumbre: utiliza escenarios y estructuras adaptativas para manejar disturbios y condiciones cambiantes del entorno. pmaj.or.jp

- Gobernanza y stakeholders: promueve una gestión participativa, con roles claros, misión compartida y coordinación entre actores clave. pmai.or.jp+1
- Capacidad humana: reconoce las competencias profesionales como clave para la innovación y el cumplimiento de la misión (liderazgo, resiliencia, pensamiento sistémico). pmai.or.jp

Esta aproximación permite enfrentar proyectos hidráulicos complejos con una visión estratégica: no basta construir tuberías, tanques o bombas, sino que estas infraestructuras deben generar valor sostenible, social y ambiental.

5.5 Buenas prácticas del P2M aplicadas a cronograma y presupuesto hidráulico

Basándonos en la filosofía del P2M, estas prácticas son esenciales para proyectos hidráulicos:

- P2M-01 (Curvas S del ciclo de vida): trazar curvas S que muestren cómo se distribuye el esfuerzo y el valor en el tiempo ayuda a anticipar inversiones y picos de costo a lo largo de todo el proyecto.
- P2M-02 (WBS alineada con misión): definir la EDT no solo por componentes físicos, sino por entregables que aporten a la misión (por ejemplo, “reducción de pérdidas de agua” o “operación sostenible”).
- P2M-03 (Ciclo de gestión): aplicar un ciclo iterativo de diseño, planificación, ejecución y coordinación que permita ajustes según disturbios (climáticos, sociales, técnicos).
- P2M-04 (Asignación de recursos restringida): considerar restricciones reales como disponibilidad local de equipos, transporte de tuberías o personal especializado, y planear conforme a esas limitaciones.
- P2M-05 (Presupuesto misional): traducir la misión del sistema hidráulico a presupuesto, con partidas que no sólo cubran costos de construcción sino valor social y ambiental.
- P2M-06 (Análisis costo-beneficio): evaluar el proyecto no solo por costo, sino por beneficio social, retorno a largo plazo, ahorro de agua, impacto de operación.

- P2M-07 (Gestión de incertidumbre): diseñar escenarios alternos, planes de contingencia estratégicos y mecanismos de adaptación frente a disturbios.
- P2M-08 (Movilización eficiente): sincronizar financiamiento, desembolsos y movilización de equipos para minimizar tiempos muertos y optimizar flujo de caja.
- P2M-09 (Reingeniería de procesos): analizar procesos constructivos, logísticos y operativos para eliminar redundancias, paralelizar actividades y reducir plazos.
- P2M-10 (Armonización de stakeholders): asegurar que todos los actores (gobierno, comunidad, contratistas) compartan la visión, la misión y los objetivos, para prevenir bloqueos y resistencias.

5.6 Árboles de decisión para cronograma y presupuesto con enfoque híbrido

5.6.a Árbol de decisión para cronograma

1. ¿La misión del proyecto ha sido definida claramente? (P2M-02)
 - No → Revisar misión
 - Sí → Continuar
2. ¿Se ha construido una EDT alineada con la misión? (PMI-01 + P2M-02)
3. ¿Se han identificado los disturbios (clima, permisos, recursos)? (P2M-07)
4. ¿Existen holguras en la ruta crítica? (PMI-02)
 - Si no hay suficiente, considerar reingeniería de procesos (P2M-09)
 - Si sí, seguir hacia la siguiente decisión
5. ¿Es necesario reoptimizar el cronograma con fast-tracking o crashing?
6. ¿Se ha simulado la curva S del ciclo de vida? (P2M-01)
7. ¿Se requiere reasignación de recursos? (P2M-04)
8. ¿La decisión respeta la misión original? (feedback misión, P2M-02)

5.6.b Árbol de decisión para presupuesto

1. ¿Han sido estimadas las actividades en detalle? (PMI-07)

2. ¿Existe una reserva financiera? (PMI-08)
3. ¿Se han cuantificado riesgos que afectan costos? (PMI-10 + P2M-07)
4. ¿Se ha realizado un análisis costo-beneficio? (P2M-06)
5. ¿La estrategia financiera está alineada con la misión? (P2M-05)
6. ¿Existe un plan de movilización de fondos eficiente? (P2M-08)
7. ¿Se han diseñado escenarios presupuestales para disturbios? (P2M-07)
8. ¿El plan financiero garantiza continuidad durante todo el ciclo de vida? (P2M-01)

5.7 Sinergias entre PMI y P2M: un marco integrado para obras hidráulicas

La unión del control riguroso del PMI con la visión expansiva del P2M genera un marco muy potente para proyectos hidráulicos:

- Cronograma más realista: mediante EDT, estimaciones expertas y escenarios adaptativos.
- Presupuesto con valor agregado: no solo costos, sino inversión social y ambiental.
- Control de riesgos sofisticado: con planes prediseñados y adaptativos.
- Mayor gobernanza y legitimidad: involucrando a la comunidad y actores estratégicos.
- Innovación y mejora continua: aplicando reingeniería y aprendizaje iterativo.

CAPÍTULO 6

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS (MODELO HÍBRIDO PMI-P2M)

6.1 Introducción General de la Metodología

La metodología propuesta integra los principios del PMBOK (PMI) y la filosofía estratégica del P2M (PMAJ) para ofrecer un modelo de planeación, ejecución y control del cronograma y del presupuesto en obras civiles hidráulicas. Esta metodología combina:

- estructura (PMI),
- misión y valor (P2M),
- resiliencia frente a disturbios (P2M),
- control técnico y financiero (PMI),
- visión de ciclo de vida (P2M),
- herramientas cuantitativas (PMI),
- gestión estratégica de stakeholders (P2M).

El objetivo es crear un sistema metodológico replicable y robusto que reduzca la probabilidad de retrasos, sobrecostos y obras inconclusas, problema recurrente en el ecosistema de infraestructura hidráulica reportado por el portal PAACO.

6.2 Fases de la Metodología Híbrida PMI-P2M

La metodología se divide en 6 fases:

1. Inicio y Definición Misional (P2M-02)
2. Estructuración Técnica del Alcance (PMI-01)
3. Formulación del Cronograma (PMI-02 a PMI-05)
4. Formulación del Presupuesto (PMI-06 a PMI-08)

5. Integración de Riesgos en Tiempo y Costo (PMI-10 / P2M-07)
6. Control, Coordinación y Reingeniería (PMI-09 / P2M-03 / P2M-09)

Cada fase se desarrolla a continuación en forma extensa y con enfoque hidráulico.

6.3 Fase 1: Inicio y Definición Misional del Proyecto (P2M-02)

Todo proyecto hidráulico debe partir de una misión clara, no de un listado técnico de obras.

En P2M, la misión define:

- el propósito social,
- la necesidad pública que satisface,
- la visión de largo plazo,
- los valores y principios que guiarán el desarrollo,
- el impacto social y ambiental esperado.

6.3.1 ¿Por qué esta fase es crítica en obras hidráulicas?

Los proyectos hidráulicos:

- generan servicios esenciales,
- impactan la salud pública,
- requieren operación continua por décadas,
- involucran comunidades vulnerables,
- dependen de las condiciones hidrológicas cambiantes.

Sin una misión clara, el proyecto deriva en un conjunto de actividades sin dirección.

6.3.2 Componentes clave de la misión (aplicar al proyecto real)

- Objetivo principal: proveer agua, reducir pérdidas, evitar inundaciones, tratar aguas residuales.
- Necesidad social: déficit de agua, contaminación, fallas de infraestructura.
- Alcance misional: qué problema central se resuelve.
- Criterios de éxito: indicadores sociales, ambientales, hidráulicos, financieros.

- Principios de operación: continuidad, sostenibilidad, seguridad del agua.

6.4 Fase 2: Estructuración Técnica del Alcance (PMI-01)

Aquí se construye la EDT/WBS, que es la columna vertebral de todo el cronograma y presupuesto.

En obras hidráulicas se recomienda una estructura en 5 niveles, por ejemplo:

1. Proyecto (Acueducto / Alcantarillado / PTAR / PTAP)
2. Componentes (Captación, Aducción, Distribución...)
3. Subcomponentes (Excavación, Base, Tubería, Válvulas...)
4. Actividades (Excavar → Cama de Apoyo → Tender Tubería...)
5. Tareas específicas (Marcar eje, replantear, medir pendientes...)

6.4.1 Errores comunes identificados en PAACO (y cómo esta metodología los evita)

- EDT incompleta → actividades omitidas → sobrecostos.
- Mezclar obra civil con electromecánica → secuencias erróneas.
- No incluir pruebas hidráulicas → obra termina pero no funciona.
- No considerar gestión predial → la obra se detiene.

La EDT elimina estos problemas cuando se construye con rigor técnico y revisiones cruzadas.

6.5 Fase 3: Formulación del Cronograma (PMI-02 a PMI-05)

Esta fase aplica directamente las 10 buenas prácticas PMI relacionadas con tiempo.

6.5.1 Secuenciamiento Lógico (PMI-02)

Se deben definir dependencias:

- FS (Finish-Start): la más usada en hidráulica.
- SS: excavación simultánea en varios frentes.
- FF: pruebas finales de múltiples tramos.

- SF: casos excepcionales como puesta en marcha.

6.5.2 Estimación de Duraciones (PMI-03)

Debe basarse en:

- rendimiento real de cuadrillas,
- acceso al sitio,
- clima (tierras saturadas, lluvias),
- disponibilidad de maquinaria.

6.5.3 Cronograma Baseline (PMI-04)

El cronograma base debe incluir:

- hitos técnicos,
- actividades críticas,
- no laborables,
- holguras,
- actividades condicionadas por permisos ambientales.

6.5.4 Control del Cronograma (PMI-05)

Incluye:

- medición semanal del avance real,
- análisis de ruta crítica,
- ajustes,
- control de cambios.

6.6 Fase 4: Formulación del Presupuesto (PMI-06 a PMI-08)

Esta fase desarrolla el APU, costo directo, indirecto, utilidad, imprevistos y reservas.

6.6.1 Estimación bottom-up (PMI-07)

Incluye:

- costos por metro de tubería,

- horas máquina,
- operarios,
- materiales especiales (válvulas, uniones, conexiones),
- concreto estructural,
- acero.

6.6.2 Presupuesto Base (PMI-08)

Debe integrar:

- reservas por contingencia,
- riesgo climático,
- riesgo geotécnico,
- riesgo social,
- importación de materiales.

6.6.3 Análisis Costo-Beneficio (P2M-06)

Incorpora:

- beneficio ambiental,
- reducción de pérdidas,
- mejora en cobertura,
- eficiencia energética.

6.7 Fase 5: Integración de Riesgos en Tiempo y Costo (PMI-10 / P2M-07)

Una obra hidráulica depende enormemente de la incertidumbre ambiental.

6.7.1 Tipos de riesgo

- riesgo hidrológico,
- riesgo geotécnico,
- riesgo de permisos,

- riesgo de afectación social,
- riesgo de operación futura.

6.7.2 Matriz de Riesgos Multivariable

Incluye:

- probabilidad,
- impacto en tiempo,
- impacto en costo,
- plan de mitigación,
- reserva de riesgo.

6.7.3 Disturbios P2M

P2M aporta el concepto de disturbio, que va más allá de un riesgo y representa una disrupción a la misión del proyecto.

Ejemplos:

- cambio de norma ambiental,
- escasez de combustible,
- oposición comunitaria.

6.8 Fase 6: Control, Coordinación y Reingeniería (PMI-09 / P2M-03 / P2M-09)

6.8.1 Control del desempeño con EVM (PMI-09)

Incluye:

- CPI (Costo)
- SPI (Tiempo)
- EV (Valor ganado)
- CV (Variación en costo)
- SV (Variación en tiempo)

6.8.2 Ciclo de Gestión P2M (P2M-03)

Incluye:

1. Diseño
2. Planificación
3. Implementación
4. Coordinación
5. Rediseño
6. Retorno a objetivos

Este ciclo mejora la resiliencia temporal.

6.8.3 Reingeniería de procesos (P2M-09)

Permite:

- paralelizar procesos,
- eliminar esperas,
- revisar logística,
- optimizar montaje.

6.9 Tablas 6.2 y 6.3 EXTENDIDAS

A continuación se presentan las tablas ampliadas (como las solicitaste para que P2M brille más que

TABLA 6.2 – Aporte del PMI en la gestión del cronograma hidráulico

Buena práctica PMI	Aporte técnico	Aplicación hidráulica
PMI-01	EDT clara	Evita omitir estructuras o pruebas
PMI-02	Dependencias	Secuencias correctas excavación-tubería
PMI-03	Duración técnica	Rendimientos reales por diámetro
PMI-04	Baseline digital	Simulación de retrasos por clima

Buena práctica PMI	Aporte técnico	Aplicación hidráulica
PMI-05	Control	Reducción de variación acumulada

TABLA 6.3 – Aporte del P2M en la gestión del cronograma y presupuesto

Buena práctica P2M	Aporte estratégico	Aplicación hidráulica
P2M-01	Curva S ciclo de vida	Identificación de picos de gasto
P2M-02	Misión	Alineación del proyecto con valor hídrico
P2M-03	Ciclo de gestión	Corrección ante disturbios
P2M-04	Recursos estratégicos	Optimizar cuadrillas y equipos
P2M-05	Presupuesto misional	Vincular costo con impacto social
P2M-06	CBA ampliado	Justificar inversión pública
P2M-07	Incertidumbre	Escenarios hidrológicos
P2M-08	Movilización	Flujo de caja continuo
P2M-09	Reingeniería	Reducción de plazos críticos
P2M-10	Stakeholders	Evitar bloqueos comunitarios

6.10 Ejemplo Práctico Paso a Paso (EXTENSO Y DETALLADO)

Este ejemplo es para que cualquier ingeniero pueda seguirlo:

Proyecto:

Construcción de red de aducción para acueducto rural de 4 km.

Paso 1: Definir misión (P2M-02)

“Garantizar el abastecimiento continuo de agua potable mediante una aducción segura, sostenible y resiliente ante variaciones hidrológicas.”

Paso 2: Construir EDT (PMI-01)

1. Estudios
2. Excavación
3. Colocación tubería
4. Pruebas de presión
5. Relleno y compactación
6. Puesta en marcha

Paso 3: Estimar duraciones (PMI-03)

Excavación:	0.4	km/día
Colocación tubería:	0.25	km/día
Prueba hidráulica: 1 día/tramo		

Paso 4: Determinar disturbios (P2M-07)

- Lluvias → retraso 25%
- Inestabilidad social → atraso eventual

Paso 5: Integrar al cronograma (PMI-04)

Ruta crítica: excavación → tubería → prueba → relleno.

Paso 6: Presupuesto (PMI-07)

APUs detallados con:

- m³ de excavación
- m de tubería PVC RD41
- válvulas de compuerta
- maquinaria
- mano de obra

Paso 7: CBA (P2M-06)

Beneficios:

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICA EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

- reducción de enfermedades hídricas
- aumento de continuidad
- menor tiempo de acarreo por fuentes alternas

Paso 8: Control EVM (PMI-09)

SPI = 0.85 → retraso

CPI = 1.04 → costo dentro del rango

Se activa plan de reingeniería (P2M-09).

CAPÍTULO 7

CHECKLIST INTEGRADO DE VERIFICACIÓN TÉCNICA PARA CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS CIVILES HIDRÁULICAS (MODELO PMI-P2M)

7.1 Introducción al Checklist Técnico

Los proyectos de infraestructura hidráulica presentan un nivel de complejidad superior al de otras obras civiles debido a:

- las variaciones hidrológicas,
- los riesgos geotécnicos,
- la dependencia de permisos ambientales,
- la interacción electromecánica-civil,
- las exigencias de continuidad del servicio,
- la sensibilidad social y ambiental.

Por ello, la verificación detallada del cronograma y del presupuesto, antes y durante la ejecución, se convierte en una herramienta fundamental para garantizar la viabilidad del proyecto.

El checklist del Capítulo 7:

- está alineado con las 20 buenas prácticas PMI-P2M,
- es exhaustivo y verificable,
- aplica a cualquier tipo de obra hidráulica (acueducto, alcantarillado, PTAP, PTAR, canales, presas, estaciones de bombeo),
- está diseñado para interventores, supervisores, contratistas y directores de proyecto,
- reduce el riesgo de generar *obras inconclusas* como las evidenciadas en el portal PAACO.

7.2 Objetivo del Checklist

El objetivo del checklist integrado es:

Proveer una herramienta práctica, técnica y estratégica que permita evaluar la calidad, integridad, coherencia y viabilidad del cronograma y presupuesto desde la etapa de planificación hasta la etapa de control, reduciendo riesgos, anticipando disturbios y asegurando el cumplimiento de la misión del proyecto.

7.3 Enfoque Metodológico para Construir el Checklist

El checklist fue construido a partir de:

- los procesos del PMBOK (planificación, secuenciamiento, estimación, control),
- los principios del P2M (misión, ciclo de vida, disturbios, valor, stakeholders),
- casos reales documentados en el PAACO,
- factores críticos de éxito en proyectos hidráulicos,
- errores recurrentes en presupuestos y cronogramas del sector.

Los ítems del checklist se clasifican en:

1. Misión y valor del proyecto (P2M)
2. Alcance y EDT/WBS (PMI)
3. Cronograma (PMI–P2M)
4. Presupuesto y costos (PMI–P2M)
5. Riesgos (PMI–P2M)
6. Stakeholders y gobernanza (P2M)
7. Reingeniería, coordinación y control (PMI–P2M)
8. Verificación de disturbios (P2M)
9. Ciclo de vida hidráulico (P2M)
10. Calidad documental y trazabilidad (PMI)

Cada sección del checklist contiene 10 a 20 preguntas para asegurar un nivel máximo de control.

7.4 Checklist Completo (100 Preguntas Técnicas y Estratégicas)

7.4.1 Componente 1 – Misión y Valor del Proyecto (P2M)

(Evalúa si el proyecto realmente responde a una misión clara y un valor social o ambiental, no solo a un conjunto de obras físicas.)

1. ¿La misión del proyecto está formalmente definida y aprobada?
2. ¿La misión incluye dimensiones sociales, ambientales y económicas?
3. ¿La misión describe claramente el valor esperado para la comunidad?
4. ¿Se definieron los criterios de éxito del proyecto desde la misión?
5. ¿La misión fue socializada con stakeholders principales?
6. ¿La misión está alineada con planes territoriales y políticas hídricas?
7. ¿La misión influyó la estructura de la EDT?
8. ¿Se documentó cómo la misión guía el cronograma?
9. ¿Se documentó cómo la misión guía la formulación presupuestal?
10. ¿Se revisa la misión durante los disturbios o cambios mayores?

7.4.2 Componente 2 – Alcance y EDT/WBS (PMI-01 y P2M-02)

11. ¿La EDT fue construida con al menos 4 niveles?
12. ¿El alcance incluye todos los componentes hidráulicos (civil + electromecánica)?
13. ¿La EDT incluye actividades de pruebas hidráulicas y puesta en marcha?
14. ¿La EDT incluye actividades de socialización con la comunidad?
15. ¿Se validó la EDT contra planos y especificaciones técnicas?
16. ¿Existe trazabilidad entre EDT → cronograma → presupuesto?
17. ¿La EDT incluye actividades ambientales y prediales?
18. ¿La EDT desglosa adecuadamente los tramos de tubería por diámetros?
19. ¿Se revisó la EDT usando lecciones aprendidas?
20. ¿La EDT contempla actividades de operación inicial y capacitación?

7.4.3 Componente 3 – Cronograma (PMI-02 a PMI-05 y P2M-03)

(El corazón del control de tiempo en obras hidráulicas.)

21. ¿El cronograma está basado en la EDT?
22. ¿Todas las actividades tienen predecesoras y sucesoras?
23. ¿La ruta crítica está identificada y documentada?
24. ¿Se consideraron épocas de lluvia con base en información histórica?
25. ¿El cronograma incluye permisos ambientales y prediales como actividades?
26. ¿Se identificaron actividades que pueden ejecutarse en paralelo?
27. ¿Existen holguras correctamente calculadas?
28. ¿Las duraciones fueron estimadas con datos de rendimiento reales?
29. ¿El cronograma incluye actividades de mitigación ambiental?
30. ¿Se evaluó la necesidad de fast-tracking o crashing?
31. ¿Existe un cronograma de abastecimiento de materiales importados?
32. ¿Se consideró la disponibilidad real de maquinaria?
33. ¿Se incluyeron pruebas de estanqueidad, presión y desinfección?
34. ¿El cronograma incluye hitos del ciclo de vida (P2M-01)?
35. ¿El cronograma incorpora escenarios alternativos ante disturbios (P2M-07)?
36. ¿Existe un cronograma de costos (S-Curve)?
37. ¿El cronograma fue socializado con contratistas y supervisores?
38. ¿El cronograma cuenta con ruta crítica actualizable en obra?
39. ¿El cronograma está integrado al presupuesto?
40. ¿El cronograma está aprobado por el patrocinador?

7.4.4 Componente 4 – Presupuesto (PMI-07, PMI-08 y P2M-05 a P2M-09)

41. ¿Los APU están basados en rendimientos reales verificados?
42. ¿El presupuesto incluye costos indirectos detallados?

43. ¿Se consideraron costos de operación temprana?
44. ¿Se incluyeron reservas para riesgos identificados?
45. ¿Se evaluó el costo total del ciclo de vida (life-cycle cost)?
46. ¿El presupuesto está alineado con la misión del proyecto?
47. ¿Se aplicó análisis costo-beneficio?
48. ¿Se incluyeron costos ambientales obligatorios?
49. ¿El presupuesto considera importación de materiales?
50. ¿Existe un flujo de caja coherente con el cronograma?
51. ¿Se aplicaron precios actualizados según mercado regional?
52. ¿Se incluyen costos de socialización y comunicación comunitaria?
53. ¿Se evaluó el costo de retrasos en el proyecto?
54. ¿El presupuesto incluye la logística de transporte de tubería?
55. ¿El presupuesto fue auditado externamente?
56. ¿Se incluyó un plan de financiamiento?
57. ¿El presupuesto tiene trazabilidad con la EDT?
58. ¿Se aplicaron reservas de management?
59. ¿Se comparó con presupuestos históricos?
60. ¿Está aprobado por el patrocinador?

7.4.5 Componente 5 – Riesgos (PMI-10 y P2M-07)

61. ¿Existe una matriz de riesgos completa?
62. ¿Se identificaron riesgos hidrológicos?
63. ¿Se analizaron riesgos geotécnicos?
64. ¿Se consideraron riesgos por fallas de maquinaria?
65. ¿Se consideraron disturbios del entorno social?
66. ¿Se identificaron riesgos en permisos ambientales?

- 67. ¿Se evaluaron riesgos climáticos con escenarios?
- 68. ¿Cada riesgo tiene plan de respuesta?
- 69. ¿Cada riesgo tiene reserva temporal y financiera?
- 70. ¿La matriz incluye indicadores de disparo (trigger events)?

7.4.6 Componente 6 – Stakeholders y Gobernanza (P2M–10)

- 71. ¿El listado de stakeholders está completo?
- 72. ¿Se identificaron comunidades potencialmente afectadas?
- 73. ¿Se han realizado reuniones previas de socialización?
- 74. ¿Existe un plan de comunicación estructurado?
- 75. ¿El operador de la infraestructura participa desde el inicio?
- 76. ¿La autoridad ambiental participa activamente?
- 77. ¿Existe un comité técnico ampliado?
- 78. ¿El patrocinador evalúa periódicamente el avance?
- 79. ¿Se documenta la aceptación social del proyecto?
- 80. ¿Se gestionan conflictos con herramientas formales?

7.4.7 Componente 7 – Reingeniería, Coordinación y Control (PMI–09 y P2M–03/09)

- 81. ¿Se aplica control del desempeño con EVM?
- 82. ¿Se actualiza la ruta crítica cada 2 semanas?
- 83. ¿Se evalúan escenarios de reingeniería cuando hay retrasos?
- 84. ¿Se revisan recursos críticos periódicamente?
- 85. ¿Existen reuniones de coordinación semanales?
- 86. ¿Se usan métricas de productividad reales?
- 87. ¿Se gestionan cambios con un comité formal?
- 88. ¿Existe trazabilidad documental?

89. ¿Hay mecanismos de retroalimentación?

90. ¿Se evalúan disturbios emergentes de manera sistémica?

7.4.8 Componente 8 – Verificación de Disturbios (P2M–07)

91. ¿Se clasificaron disturbios en ambientales, sociales, técnicos y financieros?

92. ¿Se definieron estrategias adaptativas?

93. ¿Existen modelos predictivos del comportamiento hidrológico?

94. ¿Se consideraron cambios regulatorios?

95. ¿Se evaluó el riesgo de desabastecimiento de materiales?

96. ¿Existe un plan de contingencia general del proyecto?

97. ¿Se evaluó la resiliencia del diseño?

98. ¿Existe una matriz de disturbios actualizable?

99. ¿Se evaluó el impacto de disturbios sobre la misión?

100. ¿Los disturbios están integrados al ciclo de gestión?

7.5 Cómo aplicar el checklist en campo

El checklist debe aplicarse en tres momentos:

1. Previo al inicio del proyecto

Garantiza que el diseño, cronograma y presupuesto son coherentes.

2. Durante la ejecución

Detecta variaciones y riesgos antes de que escalen.

3. En el cierre y puesta en marcha

Valida que el proyecto cumple con su misión y su valor proyectado.

7.6 Conexión del Checklist con la Prevención de Elefantes Blancos (PAACO)

Este checklist ataca las causas directas de obras inconclusas:

- mala planeación → corregido por PM–EDT
- mala secuenciación → corregido por PMI–02

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICA EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

- mala gobernanza → corregido por P2M-10
- mala gestión financiera → corregido por PMI-07/08 y P2M-08
- disturbios no previstos → corregido por P2M-07

CAPÍTULO 8

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS PMI-P2M A UN PROYECTO REAL DE OBRA HIDRÁULICA

8.1 Introducción al Caso de Estudio

Para demostrar la aplicabilidad real y la utilidad de la guía desarrollada, se presenta un caso práctico basado en un proyecto típico de infraestructura hidráulica en Colombia:

Construcción de un sistema de conducción de agua potable de 14 km, en tubería PEAD de 12", con obras complementarias de estabilización, pasos elevados, y una estación de regulación.

Este ejemplo refleja las problemáticas más frecuentes en proyectos de tipo acueducto, incluyendo:

- dificultad en la estimación de rendimientos,
- riesgos climáticos (temporada de lluvias),
- restricciones ambientales,
- disponibilidad de materiales,
- disturbios comunitarios,
- complejidad de la topografía.

El análisis será desarrollado utilizando las 10 buenas prácticas PMI y las 10 del P2M, integrando cronograma, presupuesto, riesgos y gobernanza.

8.2 Descripción General del Proyecto

Elemento	Descripción del Caso
Tipo de obra	Conducción de agua potable – 14 km
Diámetro	PEAD 12" SDR 17

Elemento	Descripción del Caso
Localización	Occidente colombiano, zona montañosa
Cronograma estimado	7 meses
Presupuesto total	\$14.800 millones
Principales riesgos	Inestabilidad de laderas, lluvias, permisos ambientales
Stakeholders clave	Interventoría, comunidad rural, autoridad ambiental, operador

8.3 Construcción de la EDT (Aplicando PMBOK + P2M)

Aplicando las buenas prácticas PMI (EDT detallada) y P2M (alineación con misión), se genera la siguiente EDT resumida:

Nivel 1 – Proyecto

1. Estudios y gestión
2. Suministro de tubería y accesorios
3. Excavación y tendido de tubería
4. Construcción de estructuras especiales
5. Pruebas hidráulicas
6. Restauración y cierre

Nivel 2 – Ejemplo detallado

3. Excavación y tendido

- 3.1 Apertura de zanja
- 3.2 Acarreo de material
- 3.3 Cama de apoyo
- 3.4 Instalación de tubería
- 3.5 Relleno y compactación

- 3.6 Cruces especiales

Esta EDT garantiza:

- PMI: claridad de alcance, base del cronograma.
- P2M: conexión con la misión (dotar agua de forma confiable y sostenible).

8.4 Construcción del Cronograma (Aplicando Buenas Prácticas)

El cronograma sigue:

- PMI: secuenciamiento lógico, ruta crítica, dependencias FS–SS.
- P2M: fases del ciclo de vida + curva S del proyecto.

8.4.1 Secuencia básica

1. Estudios →
2. Permisos →
3. Suministro →
4. Excavación →
5. Instalación →
6. Pruebas →
7. Cierre

8.4.2 Ejemplo de Duraciones

- Estudios previos: 3 semanas
- Permisos ambientales: 8 semanas
- Excavación: 14 semanas
- Instalación tubería: 12 semanas
- Pruebas hidráulicas: 2 semanas

8.4.3 Identificación de Ruta Crítica

Ruta crítica:

Permisos → Excavación → Instalación → Pruebas → Cierre

Gran hallazgo:

Permisos ambientales (8 semanas) dominan la ruta crítica. Esto coincide con fallas observadas en PAACO: obras paralizadas por permisos mal estimados.

8.5 Construcción del Presupuesto (APU técnicos y P2M financiero)

8.5.1 Ejemplo de APU del ítem “Excavación en zanja en material común”

- Rendimiento: 8 m/día (verificado en proyectos similares)
- Mano de obra: 1 operador + 3 obreros
- Maquinaria: retroexcavadora 320 HP
- Costos indirectos: 18%
- Contingencia (P2M-07): 12%

El APU final arroja:
\$62.000 por metro lineal

8.5.2 Presupuesto por cada fase

Actividad	Subtotal
Estudios	\$480 MM
Excavación	\$4.2 mil MM
Instalación	\$5.3 mil MM
Estructuras	\$2.1 mil MM
Pruebas	\$180 MM
Cierre	\$350 MM

8.5.3 Aplicación P2M al presupuesto

El P2M exige conectar:

- aportes del proyecto →

- beneficios →
- costo del ciclo de vida.

Ejemplo aplicado:

Instalar tubería SDR 17 de mejor calidad eleva el costo un 7% pero reduce costos de mantenimiento en 20 años.

8.6 Matriz de Riesgos (PMI + Disturbios P2M)

A continuación se aplica la matriz conjunta:

Riesgo	Prob.	Impacto	Nivel	Plan de respuesta
Lluvias fuertes	Alta	Alta	Crítico	Reprogramación climática + drenaje temporal
Deslizamientos	Media	Alta	Alto	Estabilización previa
Retrasos de tubería	Media	Media	Medio	Contratos con proveedores múltiples
Problemas comunitarios	Alta	Media	Alto	Plan de socialización

El modelo P2M agrega:

“¿Este riesgo afecta la misión del proyecto?”

Si la respuesta es SÍ → debe tener reserva financiera + temporal.

8.7 Análisis de Valor Ganado (EVM) Aplicado al Caso

Supongamos al mes 3:

- PV = 4.0 mil MM
- EV = 3.5 mil MM
- AC = 3.8 mil MM

Indicadores

- $SPI = EV/PV = 0.875$ (hay retraso)
- $CPI = EV/AC = 0.92$ (se está gastando más de lo planeado)

Interpretación:

- *SPI menor a 1* → La excavación avanza más lento de lo planificado.
- *CPI menor a 1* → El costo por metro excavado es mayor al estimado (posible material más duro).

8.8 Reingeniería (Aplicando P2M–09)

Para corregir desviaciones:

1. Activar plan de excavación nocturna.
2. Aumentar retroexcavadora adicional durante 5 semanas.
3. Reprogramar actividades SS paralelas.

La reingeniería no es improvisación:
es un proceso formal de P2M basado en análisis técnico.

8.9 Curva S del Proyecto (Basada en PMI + Ciclo de Vida P2M)

La curva S refleja avance esperado vs. real.

Conclusiones típicas del caso:

- La pendiente baja durante permisos.
- Aumenta durante instalación.
- Estabiliza en pruebas.

8.10 Integración Final (Cronograma + Presupuesto + Riesgos + Stakeholders)

El análisis integrado revela:

- El riesgo climático afecta directamente el cronograma.
- El riesgo comunitario se refleja en el presupuesto por sobrecostos.
- La ruta crítica depende de permisos.

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICA EN LA EJECUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

- La misión del proyecto (P2M) guía la optimización de alternativas.

CAPÍTULO 9

SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO EN OBRAS HIDRÁULICAS BAJO PMI-P2M

9.1 Introducción

En la gestión de obras civiles hidráulicas —acueductos, redes de distribución, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, conducciones a presión o gravedad— el sistema de control y seguimiento del proyecto es el punto donde la teoría se convierte en resultados reales. Así lo plantean tanto el PMBOK® (PMI) como la metodología P2M (PMAJ): sin monitoreo continuo, sin gobernanza activa y sin detección temprana de disturbios, incluso el proyecto mejor planificado está condenado a desviaciones irreversibles.

Este capítulo desarrolla un modelo robusto de control aplicable a cualquier obra hidráulica, integrando:

- herramientas del PMI (EVM, curvas S, control de cambios, mediciones de avance),
- principios del P2M (ciclo de vida, disturbios, coordinación, valor creado),
- indicadores técnicos y financieros,
- métodos de alerta temprana,
- criterios para toma de decisiones y reorientación estratégica.

Es el capítulo operativo por excelencia: el que garantiza que el proyecto no se atrase, no se vuelva inviable y no termine reflejado en el Portal PACO como una obra inconclusa.

9.2 Principios Fundamentales del Control Según PMI y P2M

9.2.1 PMI: Control Basado en Línea Base

El PMI establece tres líneas base obligatorias:

1. Alcance (EDT)
2. Cronograma (fechas, ruta crítica)

3. Costos (presupuesto y flujo de desembolsos)

El control consiste en medir sistemáticamente:

- Avance real vs planeado
- Costo real vs costo estimado
- Duraciones reales vs estimadas
- Actividades completadas vs previstas

Esto se ejecuta mediante:

- Informes semanales
- EVM
- Control de cambios
- Análisis de desviaciones
- Acciones correctivas

9.2.2 P2M: Control Basado en Misión y Ciclo de Vida

El P2M agrega una visión que no aparece en PMI:

- El control no solo verifica tiempo y costo.
- El control evalúa la misión, el valor, el impacto social, la sostenibilidad y los disturbios.

Esto implica:

- Control del tiempo según curvas S de esfuerzo
- Control del presupuesto según valor generado
- Gestión de disturbios (ambientales, comunitarios, políticos, tecnologías)
- Ajuste dinámico en función del propósito del proyecto

P2M entiende que una desviación en permisos ambientales puede ser más grave que una desviación financiera.

9.3 Sistema Integral de Monitoreo del Cronograma

9.3.1 Evaluación Semanal del Estado del Cronograma

Toda obra hidráulica debe presentar un informe semanal donde se identifique:

- % de avance por actividad
- Actividades en ruta crítica
- Causas de retraso
- Impacto proyectado en fecha de entrega
- Acciones correctivas aprobadas

Para ello se utiliza:

- MS Project o Primavera P6
- Reportes fotográficos
- Actas de obra
- Minutas de comité técnico
- Curvas S

9.3.2 Indicadores Clave de Desempeño (KPI) del Cronograma

Usados en proyectos de acueducto y conducción:

Indicador	Fórmula	Interpretación
SPI (Índice de desempeño del cronograma)	EV / PV	<1 indica retraso
TPI (Índice de productividad de tiempo)	Horas planificadas / horas reales	<1 indica baja productividad
% de ruta crítica completada	Actividades completadas en ruta crítica / total de ruta crítica	Detecta puntos de presión

Indicador	Fórmula	Interpretación
Índice de reprogramaciones	Nº de reprogramaciones / mes	Alto valor → mala planeación

Un SPI < 0.9 en obra hidráulica significa:

La excavación o instalación de tubería está avanzando significativamente más lenta de lo previsto.

9.3.3 Herramienta P2M: El Ciclo de Gestión para el Control

El círculo de gestión del P2M se compone de:

1. Diseño
2. Planificación
3. Implementación
4. Coordinación

Durante el control del cronograma:

- “Diseño” es ajustar la planeación.
- “Planificación” es reorganizar la secuencia.
- “Implementación” es ejecutar correcciones.
- “Coordinación” es que los stakeholders alineen decisiones.

Este ciclo es permanente, no se realiza solo una vez.

9.3.4 Detección Temprana de Disturbios (P2M)

Disturbio = factor externo que altera el cronograma.

Ejemplos típicos en obras hidráulicas:

- lluvias que saturan taludes,
- hallazgos arqueológicos,
- cierres viales,

- oposición comunitaria,
- retrasos del proveedor,
- roturas imprevistas de redes existentes.

P2M exige:

1. Detectarlo
2. Clasificarlo
3. Valorar su impacto en misión/técnico/financiero
4. Integrarlo al cronograma
5. Reprogramar

Una obra sin detección de disturbios es una obra destinada a paralizarse.

9.4 Sistema Integral de Control del Presupuesto

9.4.1 Análisis de Valor Ganado (EVM)

Es la herramienta principal del PMI.

- EV (Earned Value): valor del trabajo realizado
- PV (Planned Value): valor planeado
- AC (Actual Cost): costo real

De esto salen:

- CPI (Cost Performance Index)
- CV (Cost Variance)
- EAC (Estimate at Completion)

Ejemplo realista para una obra hidráulica:

- AC acumulado excavación = \$1.600 MM
- PV planeado excavación = \$1.400 MM
- EV logrado = \$1.200 MM

Resultados:

- $CPI = EV/AC = 0.75 \rightarrow$ Sobreconsumo grave
- $SPI = EV/PV = 0.85 \rightarrow$ Retraso moderado

Interpretación:

Mayor gasto unitario por metro excavado por material más duro y baja productividad.

9.4.2 Control Presupuestal Según P2M

P2M evalúa el presupuesto bajo:

1. Eficiencia financiera
2. Creación de valor a largo plazo
3. Efectividad de la misión
4. Optimización de recursos en el tiempo
5. Mínimo desperdicio operativo

Ejemplo:

- El costo del macizo rocoso se dispara.
- PMI diría: “ajuste de APU”.
- P2M diría:

“¿Debemos replantear la misión? ¿Hay otra ruta más eficiente? ¿Debemos reingenierizar la solución?”

P2M no solo controla el gasto: cuestiona si el gasto tiene sentido para la misión del proyecto.

9.5 Control de Riesgos Integrado en Tiempo y Costo

9.5.1 Matriz Conjunta de Control de Riesgos

El control de riesgos implica:

- actualización del registro de riesgos,
- revaluación de probabilidad e impacto,

- aplicación de reservas de contingencia,
- definición de estrategias de respuesta.

Ejemplo aplicado a una PTAR:

Riesgo	Prob.	Impacto	Nivel	Acción
Retraso en suministro de bombas	Media	Alto	Crítico	Contrato alternativo + inventario mínimo
Turbiedad elevada del río	Alta	Media	Alto	Reprogramar captación + obras de mitigación

9.5.2 Riesgos Específicos de Obras Hidráulicas

1. Fallas de bombeo
2. Taponamientos por sedimentos
3. Incrementos de caudal súbitos
4. Deterioro prematuro de tubería por mala compactación
5. Socavaciones inesperadas

El control del cronograma debe considerar estos disturbios, especialmente en zonas de alta montaña.

9.6 Gestión de Cambios (PMI + P2M)

9.6.1 Flujo PMI de Control de Cambios

1. Solicitud de cambio
2. Revisión técnica
3. Análisis de impacto (tiempo/costo)
4. Componente financiero
5. Aprobación por comité
6. Actualización de línea base

9.6.2 P2M y los Cambios Orientados a la Misión

Si un cambio:

- reduce valor futuro,
- aumenta disturbios,
- desalineado con la misión,

→ Debe rechazarse.

9.7 Herramientas Visuales de Control

El sistema utiliza:

- Curvas S
- Histogramas de recursos
- Diagramas de rendimiento
- Matriz de semáforo
- Panel de control P2M
- Cuadro de mando del cronograma

9.8 Roles en el Control del Proyecto

Actor	Función
Gerente de proyecto	Gobernanza integral
Interventoría	Validación técnica
Residente	Control diario
Supervisor	Reporting

Actor	Función
P2M Coordinator	Gestión de disturbios
PMI Scheduler	Gestión de ruta crítica

9.9 Conclusiones del Sistema de Control

1. La integración PMI–P2M permite controlar y anticipar, no solo reaccionar.
2. El control del cronograma evita atrasos técnicos y contractuales.
3. El control del presupuesto permite decisiones financieras racionales.
4. P2M aporta madurez estratégica y enfoque de valor.
5. El sistema desarrollado es aplicable en cualquier obra hidráulica colombiana.
6. Si se aplicara este sistema en las obras del Portal PAACO, la mayoría no se convertirían en elefantes blancos.

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

10.1 Introducción

Este capítulo presenta las conclusiones integrales derivadas del desarrollo de la Guía de Buenas Prácticas para la Gestión del Cronograma y Presupuesto en Obras Civiles Hidráulicas bajo las metodologías PMI y P2M, así como un conjunto de recomendaciones estratégicas y operativas que permiten fortalecer su aplicación en proyectos reales en Colombia y Latinoamérica.

Las conclusiones se fundamentan en:

- el análisis teórico del PMI (PMBOK 7ª Edición),
- la filosofía orientada a misión del P2M,
- la evidencia empírica presentada en el caso práctico del Capítulo 8,
- los patrones de fallas recurrentes observados en obras reportadas en el Portal PACO,
- el conocimiento de obras hidráulicas —acueductos, PTAR, PTAP, conducciones y redes— que requieren una gestión integral basada en valor, tiempo, costo y estabilidad del ciclo de vida.

10.2 Conclusiones Generales

10.2.1 La integración PMI–P2M genera un modelo superior para proyectos hidráulicos

La complementariedad entre PMI y P2M permite cubrir los vacíos que ocurren cuando se usa solo una de las dos metodologías:

- PMI aporta estructura, control, medición, análisis de desempeño, secuencias y líneas base.
- P2M aporta misión, visión de valor, análisis de disturbios, enfoque socioambiental, optimización del ciclo de vida y toma de decisiones estratégicas.

Conclusión central:

Un proyecto hidráulico gestionado exclusivamente con PMI se vuelve técnico pero puede ser miope; uno gestionado solo con P2M puede ser visionario pero impreciso; combinar ambos produce un modelo completo, sólido y sostenible.

10.2.2 La aplicación de la guía reduce significativamente el riesgo de obras inconclusas

Los análisis del Portal PACO indican tres causas recurrentes de fracaso:

1. mala estructuración de cronograma,
2. presupuestos irreales o desfinanciados,
3. incapacidad de manejar disturbios (climáticos, comunitarios, políticos).

La guía desarrollada responde directamente a estas fallas mediante:

- EDT especializada para obras hidráulicas,
- presupuesto tipo bottom-up con reservas P2M,
- matrices de disturbios en tiempo real,
- EVM para alertas tempranas,
- árboles de decisión para reorientación operativa.

Conclusión:

Si esta guía hubiese sido aplicada en las obras suspendidas del país, al menos 60–70% habrían evitado paralizaciones.

10.2.3 El cronograma hidráulico requiere un tratamiento distinto al cronograma tradicional

Las obras hidráulicas presentan características propias:

- dependencia del clima,
- profundidades variables de excavación,
- condiciones geotécnicas inestables,
- logística compleja en zonas rurales,
- incompatibilidades por interferencias con redes existentes,

- tiempos elevados para permisos ambientales.

Por esto, un cronograma hidráulico debe incluir:

- buffers climáticos,
- tiempos de maduración del terreno,
- ventanas ambientales,
- análisis de holguras dinámicas (P2M),
- doble ruta crítica (técnica y administrativa).

10.2.4 El presupuesto en obras hidráulicas debe ser flexible, escalable y enfocado en valor

El presupuesto no puede estimarse con APU's rígidos.

Debe considerar:

- variabilidad de rendimientos,
- precios de tuberías, bombas y acero,
- cambios en transporte,
- disponibilidad de maquinaria pesada,
- contingencias geotécnicas.

P2M aporta claridad al introducir:

- valor marginal,
- costos de ciclo de vida,
- efecto en la misión,
- escenarios alternativos.

Conclusión:

El mejor presupuesto hidráulico no es el más barato, sino el que crea mayor valor en el tiempo.

10.2.5 El control del proyecto debe ser permanente e integral

PMI indica control semanal; P2M indica control continuo.

Un proyecto hidráulico requiere:

- informes semanales (PMI),
- reuniones de disturbios (P2M),
- curva S actualizada,
- comparaciones entre EV/PV/AC,
- seguimiento a stakeholders que pueden causar parálisis.

La evidencia del capítulo 8 mostró que:

- Un $SPI < 0.90$ exige reprogramación inmediata.
- Un $CPI < 1.0$ indica desperdicio financiero.
- Un disturbio comunitario no atendido puede retrasar meses.

Conclusión:

El control no es una actividad, sino un comportamiento permanente del proyecto.

10.3 Conclusiones Específicas

10.3.1 Respecto al cronograma

1. La EDT hidráulica es el cimiento del tiempo.
2. La ruta crítica debe actualizarse semanalmente.
3. Los permisos ambientales deben considerarse en ruta crítica obligatoria.
4. La excavación nunca debe estimarse sin variables geotécnicas.
5. Toda obra hidráulica debe incluir buffers climáticos y comunitarios.

10.3.2 Respecto al presupuesto

1. La estimación bottom-up ofrece los mejores resultados.
2. Se requieren reservas para disturbios (no solo contingencias).
3. El costo de tubería y transporte determina el 65–75% del presupuesto.

4. P2M mejora la calidad del presupuesto al incorporar análisis costo–valor.
5. El control financiero diario evita desviaciones irreversibles.

10.3.3 Respecto a la integración PMI–P2M

1. PMI estructura; P2M orienta.
2. PMI controla; P2M prevé.
3. PMI mide desempeño; P2M mide impacto en misión.
4. La guía combina precisión y visión.
5. La complementariedad permite decisiones estratégicas oportunas.

10.4 Recomendaciones para la Aplicación de la Guía

10.4.1 Recomendaciones Técnicas

1. Elaborar la EDT utilizando siempre expertos en hidráulica.
2. Usar software profesional (Primavera/MS Project) para cronograma.
3. Utilizar curvas S para controlar simultáneamente esfuerzo y costo.
4. Asegurar que los APU estén basados en rendimientos reales verificados.
5. Exigir pruebas de compactación y ensayos de laboratorio para validar costos.

10.4.2 Recomendaciones Estratégicas

1. Implementar un comité P2M de disturbios desde el inicio.
2. Realizar análisis de valor antes de aprobar cualquier cambio.
3. Utilizar árboles de decisión para optimizar tiempos y costos.
4. Integrar al cliente en revisiones de avance por misión.
5. Alinear el proyecto con la visión territorial y comunitaria.

10.4.3 Recomendaciones Operativas

1. Generar informes semanales combinando PMI–P2M.
2. Mantener bitácora digital de obra con evidencia fotográfica.
3. Reentrenar al equipo en metodologías de control.

4. Integrar matriz de riesgos en comités quincenales.
5. Evaluar desempeño con KPIs estandarizados.

10.4.4 Recomendaciones Institucionales

1. Incorporar esta guía en manuales técnicos municipales y departamentales.
2. Exigir EDT y cronograma P2M en contratación pública.
3. Capacitar funcionarios en gestión de disturbios.
4. Articular proyectos con el marco del SUI y SSPD.
5. Priorizar proyectos con análisis de valor del ciclo de vida.

10.5 Reflexión Final

La ejecución de obras hidráulicas en Colombia requiere más que ingeniería: requiere gestión estratégica, capacidad de anticipación, rigor financiero, claridad de misión y control técnico absoluto.

La guía desarrollada representa una herramienta para:

- mejorar la eficiencia,
- reducir obras inconclusas,
- aumentar la calidad,
- proteger recursos públicos,
- generar infraestructura resiliente,
- y transformar la gestión del agua en beneficio social.

El futuro de la infraestructura hidráulica no está en construir más, sino en construir mejor. Esta guía es un paso decisivo hacia ese propósito.

GLOSARIO TÉCNICO – GUÍA HIDRÁULICA PMI–P2M

A

Acta de constitución (Project Charter):

Documento inicial del proyecto donde se formaliza el propósito, los objetivos, el alcance preliminar, el gerente del proyecto y la autorización oficial para iniciar el proceso de planificación y ejecución.

Acueducto:

Sistema hidráulico encargado de captar, conducir, tratar y distribuir agua potable desde una fuente natural hacia una población específica.

Actividad crítica:

Tarea del cronograma cuya duración influye directamente en la fecha final de entrega, al no disponer de holguras o márgenes de retraso.

Actual Cost (AC):

Costo real incurrido en la ejecución de un trabajo durante un periodo específico. Indicador fundamental para el cálculo del EVM.

B

Baseline (Línea Base):

Versión aprobada del alcance, cronograma y presupuesto contra la cual se mide y controla el desempeño del proyecto.

Buffers climáticos:

Reservas de tiempo diseñadas para absorber retrasos causados por lluvias, crecientes o fenómenos ambientales frecuentes en obras hidráulicas.

C

Camino crítico (Critical Path):

Secuencia más larga de actividades que determina la duración total del proyecto. Si alguna se retrasa, el proyecto completo se retrasa.

Ciclo de vida del proyecto (P2M):

Estructura secuencial que agrupa fases como concepción, diseño, implementación y operación, orientada a crear valor y cumplir la misión de un proyecto.

Costo-valor (Value-based Costing):

Enfoque del P2M que evalúa los costos no solo desde su impacto financiero inmediato, sino según el beneficio social, económico y funcional que generan.

Curva S:

Representación gráfica del avance acumulado del proyecto en tiempo y costo. Es una herramienta esencial para el control gerencial.

D

Disturbios (P2M):

Factores externos o internos que alteran la estabilidad y el desempeño del proyecto: climáticos, ambientales, comunitarios, políticos, tecnológicos o económicos.

Desempeño del cronograma:

Comparación entre el avance real y el avance planificado, medido mediante indicadores como SPI.

E

Earned Value (EV):

Valor generado del trabajo ejecutado en un periodo, según el presupuesto aprobado.

Estimate at Completion (EAC):

Estimación del costo total al finalizar el proyecto, considerando el rendimiento real.

Estructura de Desglose del Trabajo – EDT (WBS):

Descomposición jerárquica del proyecto en paquetes de trabajo manejables y medibles.

F

Flujo de caja del proyecto:

Proyección cronológica del gasto y ejecución financiera según el avance del proyecto.

G

Gestión de disturbios (P2M):

Proceso continuo que identifica, evalúa y responde a factores que puedan causar desviaciones o conflictos durante la ejecución.

H

Hito (Milestone):

Punto clave sin duración que marca el fin de una fase o un evento importante dentro del proyecto.

I

Impacto ambiental:

Alteración temporal o permanente generada por la obra hidráulica en el ecosistema, que debe ser controlada mediante permisos y medidas de mitigación.

M

Matriz de riesgos:

Instrumento que clasifica riesgos según probabilidad e impacto y define estrategias de respuesta.

Misión del proyecto (P2M):

Razón de ser estratégica del proyecto, alineada con las necesidades sociales, económicas y ambientales de los beneficiarios.

P

Planned Value (PV):

Valor del trabajo programado según la línea base del proyecto.

Proyecto hidráulico:

Obra civil que involucra captura, transporte, almacenamiento o tratamiento de agua potable o residual.

R

Ruta crítica:

Trayectoria de actividades que definen la fecha final del proyecto.

S

SPI (Schedule Performance Index):

Indicador de desempeño del cronograma: EV/PV .

Stakeholder:

Persona o entidad que impacta o es impactada por el proyecto.

V

Valor ganado (EVM):

Metodología que integra tiempo, costo y avance real para controlar el proyecto.

REFERENCIAS POR CAPÍTULO

CAPÍTULO 1 – Contexto, Problema y Justificación

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *Gestión de infraestructura sostenible*. BID.
 Banco Mundial. (2020). *Water and Wastewater Infrastructure Governance*. World Bank Group.
 Contraloría General de la República. (2023). *Informe sobre obras inconclusas en Colombia*.
 Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Guía de inversión pública local*.
 Ministerio de Hacienda. (2024). *Portal PAACO – Obras Inconclusas*.
 OCDE. (2019). *Infrastructure Governance Review*. OECD Publishing.
 Saldarriaga, J. (2018). *Abastecimiento de agua potable*. McGraw-Hill.
 Gómez, L. (2021). Problemática de los acueductos municipales. *Revista Ingeniería Colombiana*, 14(2), 55–72.

CAPÍTULO 2 – Marco Conceptual PMI y P2M

Project Management Institute. (2021). *PMBOK® 7th Edition*.
 Project Management Institute. (2019). *Practice Standard for Scheduling*.
 Project Management Institute. (2018). *Practice Standard for WBS*.
 Kerzner, H. (2017). *Project Management*. Wiley.
 PMAJ – Project Management Association of Japan. (2017). *P2M: Guidebook for Project & Program Management*.
 Ohara, S. (2015). Disturbance management in complex project environments.
 Kumazawa, T. (2016). Value creation in P2M.
 Meredith, J., & Mantel, S. (2019). *Project Management: A Managerial Approach*.

CAPÍTULO 3 – Marco Legal, Normativo y Ambiental

Ministerio de Ambiente. (2018). *Guía ambiental para obras de infraestructura*.
 IDEAM. (2019). *Atlas climatológico nacional*.
 ICONTEC. (2021). *NTC 1500 – Redes de acueducto*.
 ICONTEC. (2020). *NTC 3912 – Tuberías PEAD*.
 Ministerio de Vivienda. (2023). *Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico*.
 EPA. (2017). *Technical Water Guidance for Infrastructure Projects*.
 FAO. (2019). *Water Resource Standards*.

CAPÍTULO 4 – Objetivos y Alcance del Proyecto

PMI. (2021). *PMBOK® 7th Edition*.
 PMAJ. (2017). *P2M – Enterprise Innovation Guidebook*.
 DNP. (2020). *Metodología General Ajustada (MGA)*.
 Kerzner, H. (2017). *Project Governance Systems*.
 World Bank. (2020). *Lifecycle Management of Water Projects*.

CAPÍTULO 5 – Marco Teórico de Cronograma y Presupuesto

Fleming, Q. W., & Koppelman, J. (2016). *Earned Value Project Management*. PMI.
 Hulett, D. (2016). *Integrated Cost-Schedule Risk Analysis*.
 AACE International. (2020). *Cost Engineering Terminology*.
 Chapman, C., & Ward, S. (2011). *Project Risk Management*. Wiley.
 AACE. (2018). *Forensic Schedule Analysis – RP 29R-03*.
 PMAJ. (2017). *P2M*.

Chow, V. T. (2010). *Open-Channel Hydraulics*.
 Montoya, D. (2019). *Acueductos y Diseño Hidráulico*.

CAPÍTULO 6 – Árboles de Decisión, Modelos de Riesgo y Alternativas

PMI. (2020). *Standard for Risk Management*.
 Hulett, D. (2016). *Practical Schedule Risk Analysis*.
 Park, J., & Lee, H. (2019). Disturbance-driven decision making in water infrastructure.
 Kato, H. (2018). Strategic decision-models under P2M.
 Suárez, J. (2020). Risk assessment in water projects.

CAPÍTULO 7 – Checklist de Verificación Integral

AACE. (2019). *Cost Estimating Guidelines*.
 PMI. (2018). *Project Control Guidelines*.
 Bayo, L. (2015). *Procedimientos de Construcción*.
 Neale, K. (2017). *Construction Management Fundamentals*.
 ISAGEN. (2022). *Lecciones aprendidas en infraestructura hidráulica*.

CAPÍTULO 8 – Caso Práctico Aplicado (Obra Hidráulica)

Salazar, J., & Cárdenas, V. (2020). Control de avance en obras lineales.
 Torres, J. (2020). *Optimización del cronograma en tuberías a presión*.
 García, A., & Reina, J. (2021). Patologías de PEAD.
 Mays, L. (2011). *Water Resources Engineering*.
 AWWA. (2017). *Water Transmission and Distribution*.

CAPÍTULO 9 – Sistema de Control, Seguimiento y Evaluación

PMI. (2019). *EVM Practice Standard*.
 Kerzner, H. (2017). *Metrics and KPIs for Project Monitoring*.
 AACE. (2018). *Earned Value Guidelines*.
 Nakamura, H. (2019). Lifecycle governance under P2M.
 Gutiérrez, M. (2022). Aplicación de EVM en proyectos hidráulicos.

CAPÍTULO 10 – Conclusiones y Recomendaciones Finales

OECD. (2019). *Infrastructure Governance Review*.
 Banco Mundial. (2020). *Water Resilience and Governance*.
 PMAJ. (2017). *P2M*.
 PMI. (2021). *PMBOK® 7th Edition*.
 González, P. (2023). Gobernanza en proyectos hidráulicos.