

Universidad Iberoamericana

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial
por Decreto Presidencial del 3 de Abril de 1981



UNIVERSIDAD
IBEROAMERICANA
CIUDAD DE MÉXICO ®

*Aplicación de la Gerencia de Proyectos y Metodología BIM
en los procesos de planificación, seguimiento y control
en proyectos de carácter público.*

TESIS

que para obtener el grado de:
Maestro en Ingeniería
con Especialidad en Administración de la Construcción

PRESENTA:

Oscar Alberto Romero Rosales

DIRECTOR:

Dr. Francisco Javier Porrás Morales

LECTORES:

M. en I. Yamil Yerdín Cruz Dávila
M. en I. Víctor Antonio López Rodríguez

Ciudad de México, 2024.

A mis padres...



*Oscar Romero Pereyra
Isabel Rosales Montañez*

Agradecimientos

A mis tutores de tesis por guiarme en la elaboración de este trabajo profesional.

A la institución en donde laboro, gracias por otorgarme el apoyo para cursar esta maestría, la cual me ha permitido crecer como profesionista aplicando los conocimientos adquiridos en pro de ayudar a la mejora continua de la misma.





Título original: *Aplicación de la Gerencia de Proyectos y Metodología BIM en los procesos de planificación, seguimiento y control en proyectos de carácter público.*
Escrito por: Oscar Alberto Romero Rosales

Diseño editorial por: *Thésika · Diseño de tesis*

© Derechos reservados (las imágenes usadas en el diseño de este documento fueron adquiridas legalmente por *Thésika.mx*. El autor conserva todos los derechos).
contacto@thesika.com.mx | www.thesika.mx

Impreso en la CDMX durante 2024

Composición & Diseño editorial: J. Martín Rejón (*Thésika*)

Diseño de cubierta & Encuadernación: J. Martín Rejón (*Thésika*)

*Aplicación
de la Gerencia de Proyectos
y Metodología BIM
en los procesos
de planificación,
seguimiento
y control
en proyectos
de carácter público*

OSCAR ALBERTO ROMERO ROSALES

Contenido

Introducción	13
Objetivos	15
Capítulo 1. Industria de la Construcción en México	17
1.1 Antecedentes de la obra pública	17
1.2 Situación actual de la Industria de la Construcción en México	18
1.3 Situación actual de la obra pública en México	19
1.4 Productividad en la Industria AEC (Architecture, Engineering and Construction)	20
1.5 Causas más comunes de las fallas de los proyectos en México	21
Capítulo 2. Métodos tradicionales de planificación y control	25
2.1 Redes	25
2.2 Ruta crítica	25
2.3 Diagrama de barras (Gantt)	26
2.4 Control de obra	26
2.4.1 Bitácora de obra	26
2.5 Beneficios de planificar una obra	27
Capítulo 3. Gerencia de Proyectos	31
3.1 Antecedentes	31
3.2 Origen del término	31
3.3 Definiciones	32
3.4 Institutos, asociaciones y organismos	33
3.5 Metodologías tradicionales de Gestión de Proyectos	33
3.5.1 Project Management Institute (PMI)	33
3.5.2 Ciclo de vida de los proyectos según el PMI	34
3.5.3 Association for Project Management (APM)	35
3.5.4 International Project Management Association, IPMA (ICB/NCB)	35
3.5.5 PRINCE2	36
3.5.6 PM ²	37
3.5.7 ISO 21500: Directrices para la dirección y gestión de proyectos	38
3.6 Gerencia de Proyectos en proyectos de construcción	38
3.7 Organización para la Gerencia de Proyectos según el tamaño de los proyectos: una propuesta	42
3.7.1 Proyectos pequeños (hasta 5,000 m ² de construcción)	42
3.7.2 Proyectos medianos (de 5,001 m ² hasta 10,000 m ² de construcción)	42
3.7.3 Proyectos grandes (más de 10,001 m ² de construcción)	43
3.8 Actividades y responsabilidades durante el ciclo de vida del proyecto	43

Capítulo 4. Building Information Modeling	47
4.1 Antecedentes.	47
4.1.1 ¿Qué es <i>Building Information Modeling (BIM)</i> ?	47
4.1.2 Origen del término	47
4.1.3 Estrategia <i>BIM</i> en México	48
4.1.4 Dimensiones <i>BIM</i>	49
4.1.5 Niveles de desarrollo <i>LOD (Level Of Development) BIM</i>	50
4.1.6 <i>Software / Herramientas BIM</i>	51
4.1.7 Interoperabilidad	51
4.1.8 Nivel de madurez <i>BIM</i> .	53
4.1.9 Las etapas de madurez digital de la norma ISO 19650	54
4.2 Ventajas y desventajas de implementar <i>BIM</i> .	55
4.2.1 Ventajas	55
4.2.2 Desventajas	56
4.3 Normatividad.	56
4.4 ¿Qué es un plan de ejecución <i>BIM</i> o <i>BIM Execution Plan</i> ?	57
4.5 Planes de ejecución <i>BIM</i> en otros países	57
4.6 Otras plantillas para elaboración de planes de ejecución <i>BIM</i>	58
4.7 Estrategia de identificación y clasificación: Objetivos y usos <i>BIM</i>	58
4.8 Plan de Ejecución <i>BIM</i> para la planificación y control	59
4.9 Riesgos a tomar en cuenta durante la ejecución del <i>BEP</i>	59
4.9.1 Comunicación	59
4.9.2 Control	59
4.9.3 Errores de diseño	60
4.9.4 Costos de construcción	60
4.9.5 Recomendaciones para reducir errores	60
Capítulo 5. Aplicación de la Gerencia de Proyectos y Metodología <i>BIM</i> en los procesos de planificación, seguimiento y control en la construcción de un proyecto de carácter público	63
5.1 Proceso de planificación.	65
5.2 Proceso de seguimiento y control	66
5.3 Proceso de control de los proyectos a través del Valor Ganado.	68
5.3.1 Marco conceptual de la Gestión del Valor Ganado (<i>GVG</i>)	68
5.4 Términos de referencia para los contratos de servicios de Gerencia de Proyectos	72
Conclusiones	73
Anexo A. Plan de Ejecución <i>BIM</i>.	75
Anexo B. Términos de Referencia propuestos para la contratación de los servicios de Gerencia de Proyectos en un proyecto de carácter público.	91
Referencias	103
Bibliografía	104

Tablas

Tabla 1.	Aplicación de la Gerencia de Proyectos	40
Tabla 2.	Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos pequeños	42
Tabla 3.	Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos medianos	42
Tabla 4.	Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos grandes	43
Tabla 5.	Ecosistemas de Trabajo <i>BIM</i> así como sus visores	52
Tabla 6.	Usos <i>BIM</i>	57
Tabla 7.	Propósitos y Usos <i>BIM</i>	58
Tabla 8.	Características de Usos <i>BIM</i> según la <i>BIM Execution Planning Guide</i>	58
Tabla 9.	Identificación y clasificación de Usos <i>BIM</i>	59
Tabla 10.	Actividades de la Gerencia de Proyectos en cada etapa del proyecto	63

Figuras

Ilustración 1.	Producción laboral, variación promedio anual 1995-2015	21
Ilustración 2.	Diagrama de Red, el cual indica el orden y relación de diversas actividades	25
Ilustración 3.	Método de la Ruta Crítica	26
Ilustración 4.	Diagrama de Gantt indicando las tareas, porcentaje de avance y duración total de cada una	26
Ilustración 5.	Diferencia de estructura del <i>PMBOK 6 vs PMBOK 7</i>	34
Ilustración 6.	Esquema de competencias del <i>ICB</i>	36
Ilustración 7.	Los 46 elementos de competencia del <i>ICB</i>	36
Ilustración 8.	Proceso de Gestión de Proyectos <i>PM²</i>	37
Ilustración 9.	Relación entre los procesos y áreas de conocimiento del <i>PMBOK</i> e <i>ISO 21500</i>	38
Ilustración 10.	Dimensiones <i>BIM</i>	49
Ilustración 11.	<i>LOD 100</i> Conceptual	50
Ilustración 12.	<i>LOD 200</i> Geometría	50
Ilustración 13.	<i>LOD 300</i> Construcción	50
Ilustración 14.	<i>LOD 350</i> Coordinación y colisiones	51
Ilustración 15.	<i>LOD 400</i> Fabricación	51
Ilustración 16.	<i>LOD 500 As Built</i>	51
Ilustración 17.	Interoperabilidad	53
Ilustración 18.	Niveles de madurez <i>BIM</i>	54
Ilustración 19.	Niveles de madurez Norma <i>ISO 19650</i>	54
Ilustración 20.	Actividades generales de la Gerencia de Proyectos	64
Ilustración 21.	Línea Base de Medición del Rendimiento	69
Ilustración 22.	Gestión del Valor Ganado	70
Ilustración 23.	Distribución del Presupuesto	70
Ilustración 24.	Fórmula Fija	71
Ilustración 25.	Hitos Ponderados	71
Ilustración 26.	Umbrales de calidad e índices de rendimiento	72
Ilustración 27.	Umbrales de calidad e índices de rendimiento	72



Introducción

Una de las prioridades para México es incentivar la infraestructura pública, ya que es vital para el crecimiento y el desarrollo económico de toda nación. Para ello, es necesario que se cumplan al menos tres condiciones: asegurar que los impuestos de los ciudadanos sean utilizados eficientemente; que los proyectos de infraestructura sean planeados y se entreguen a tiempo y con calidad; y que la industria de la construcción promueva acciones para que nuestra economía sea más competitiva.

La construcción es uno de los sectores industriales que más ha experimentado cambios sustanciales en los últimos años. Con la intensificación de la competencia, la globalización de los mercados, la demanda de artículos más modernos, la velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, el aumento del nivel de exigencia de los clientes y la limitada disponibilidad de los recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, es imprescindible invertir en los procesos de planificación y control, ya que sin estos sistemas de dirección se ponen en riesgo los principales indicadores: el tiempo, el costo, la calidad y los riesgos.

En este contexto, los procesos de planificación y control desempeñarán un papel principal, ya que tienen un impacto significativo en el rendimiento de la producción. Al respecto, estudios realizados en diversos países demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector, de sus elevados sobre costos y de la baja calidad de sus productos.

Diferentes factores contribuyen a considerar la planificación como «un mal necesario»; algunos de ellos son: deficiencias en la formación profesional, falta de capacitación o presiones externas. Factores que por separado o en conjunto, contribuyen a desestimar en qué medida los procesos de planeación y control llevan a construir con éxito.

Ante este panorama, una mayor profesionalización de la gestión de proyectos permite estandarizar procesos de planeación, ejecución, control y cierre de proyectos de obra con la finalidad de obtener mejores resultados ejerciendo el uso más eficiente de recursos. Para llevar a cabo la gestión de proyectos, las organizaciones suelen adoptar herramientas o metodologías, ya sea su versión comercial o desarrollando una versión propia según sus necesidades.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las contribuciones de la Gerencia de Proyectos, así como de la metodología BIM; específicamente cuando esta última es utilizada desde la Gerencia de Proyectos para la mejora de los procesos de planificación, seguimiento y control de proyectos en una institución de carácter público. Una de estas contribuciones es el establecimiento de una base de estándares que coadyuven a alcanzar los objetivos de los proyectos, lo cual permite atender algunos de los problemas que se presentaron a lo largo de su realización. Atención especial merece la revisión de los archivos históricos de la obra, que se presentan como una fuente de recomendación para mejorar la planificación, seguimiento y control.

La estructura de esta tesis es la siguiente: Primero, exponer la situación actual de la industria de la construcción en México, con objeto de conocer la productividad, el avance respecto con años anteriores y problemáticas existentes que han impedido el cumplimiento de los objetivos de los proyectos, en especial a lo que respecta a tiempo, costo, calidad y riesgos. Posteriormente, presentar de manera general, algunos de los métodos tradicionales de planificación y control más usados en la industria de la construcción, especialmente en las diversas fases que son responsabilidad de la Gerencia de Proyectos. Para finalmente describir las principales características y contribuciones de la metodología BIM y ofrecer las conclusiones de esta investigación documental.



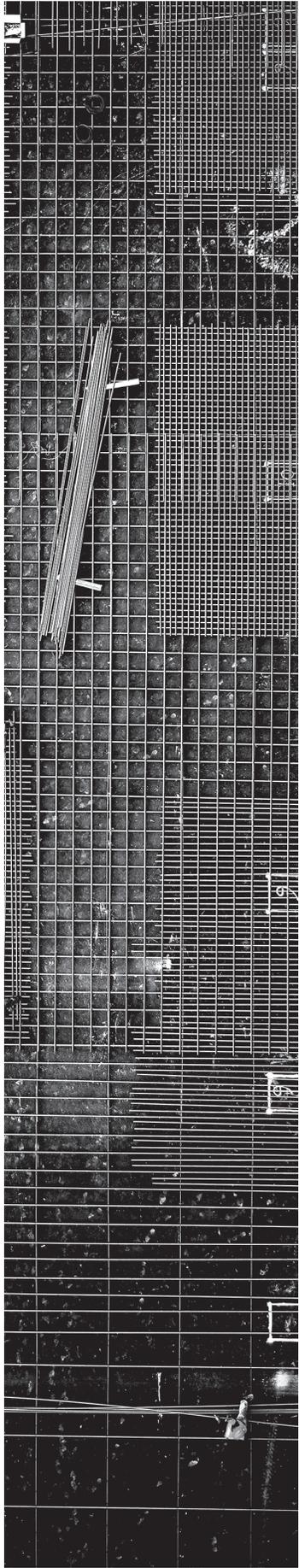


Objetivos

El presente trabajo busca lo siguiente:

- ⇨ Exponer la utilidad de la Gerencia de Proyectos y la metodología BIM como herramientas para la planificación, seguimiento y control de proyectos.
- ⇨ Conocer las actividades y responsabilidades que tendrá la Gerencia de Proyectos en los proyectos de carácter público.
- ⇨ Establecer los términos de referencia para la contratación de un servicio de Gerencia de Proyectos en fase de construcción.
- ⇨ Generar un documento estándar denominado «Plan de Ejecución BIM» que defina las bases, reglas y normas internas a utilizar en los proyectos en fase de pre construcción.





Capítulo 1

Industria de la Construcción en México

1.1 Antecedentes de la obra pública

La inversión pública en México constituye la piedra angular que soporta la estructura del crecimiento sostenible de la economía mexicana, por ello, resulta necesario impulsar una mayor participación de los recursos disponibles para lograr un crecimiento suficiente de los activos que generen la riqueza necesaria y para mejorar el ingreso *per cápita* de los mexicanos; también es cierto que se requiere lograr una mayor eficiencia en el uso de estos recursos.

Los proyectos de infraestructura, son generadores de desarrollo económico y el medio para resolver en el mediano y largo plazo problemas específicos en el entorno nacional, estatal o municipal. En México se destina del 15 al 20% del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) para el desarrollo de los proyectos de inversión física.

La Auditoría Superior de la Federación (ASF) es el órgano técnico especializado de la Cámara de Diputados en nuestro país que se encarga de fiscalizar el uso de los recursos públicos. En la revisión anual de la Cuenta Pública Federal (CPF) que la ASF lleva a cabo, ha observado reiteradamente que diversos proyectos de infraestructura realizados por las entidades fiscalizadas tuvieron modificaciones recurrentes respecto a las previsiones originales; tales cambios resultaron en incrementos importantes en el monto de inversión y prórrogas en el plazo de contratación, ejecución y puesta en operación.

El desarrollo de los proyectos como los antes mencionados no es un proceso exclusivamente técnico-económico, por lo que advertir las causas que generaron los incrementos de montos y retrasos en su ejecución, implica revisar también los procesos de toma de decisiones, supervisión de las obras y capacitación de los responsables, para evitar la generación de prácticas no deseables y que no propician el desarrollo económico deseado en el país.

El análisis que a continuación se muestra, fue realizado en 2017 por la ASF sobre los procesos de la planeación y programación, contratación, ejecución y puesta en marcha de los proyectos realizados por diferentes entidades fiscalizadas entre 1999 y 2010, en dos vertientes: la primera corresponde a la identificación de los problemas, los

cuales se agruparon en categorías para fines de mejor comprensión; la segunda se refiere a la incidencia por grupo funcional de las causas detectadas. Sin embargo, para el tema que nos ocupa solo se enunciará la primera vertiente relativa a los problemas identificados en los procesos.

Análisis de problemas por categorías:



- ⊞ **Planeación y programación:** Se detectaron como principales deficiencias, la planeación incompleta en cuanto al alcance del proyecto, su rentabilidad, la problemática social y ambiental, diseño de contratos inequitativos, indefinición del tipo de contratación y la forma de pago considerando las fuentes de recursos para su financiamiento, además de constatarse la falta de coordinación entre los entes para la obtención de licencias y permisos, así como el predominio de decisiones políticas sobre consideraciones técnicas
- ⊞ **Técnicas:** La causa fundamental de los desfases está constituida por el insuficiente desarrollo de los proyectos ejecutivos, lo cual propicia anomalías como la falta de ingeniería de detalle, la indefinición de la tecnología por utilizar en el desarrollo de la obra o la imprecisión del sitio de los trabajos, entre otras.
Otras causas de tipo técnico que se identificaron son la ausencia o insuficiencia de algunos estudios previos como mecánica de suelos, topográficos geológicos y ambientales, entre otros; indefiniciones en normas técnicas y de calidad para la ejecución de la obra así como en las especificaciones generales y particulares de construcción; bases de licitación inadecuadas o incompletas; licitaciones mal evaluadas, e insuficiencia de personal técnico capacitado para elaborar los proyectos y evaluar las propuestas presentadas por los particulares en las dependencias y entidades, situación que da poca certeza a su autorización.
- ⊞ **De ejecución:** Se consideraron en este grupo, entre otras, que los plazos de ejecución pactados no corresponden a la realidad y complejidad de las obras, la entrega extemporánea del anticipo, el incumplimiento de las empresas contratistas y supervisoras

de obra; falta de control en las subcontrataciones, problemas técnicos por incumplimiento de las especificaciones de construcción y normas de calidad de los materiales y equipos, retraso en la formalización de convenios modificatorios y la autorización de precios extraordinarios o ajustes de costos, quiebra de fabricantes, ausencia de supervisión y deficiente control de las obras, situación que se traduce en mala calidad o trabajos incompletos, incumplimiento de libranzas, y finalmente la recepción inoportuna de los trabajos, la tardía realización de las pruebas de operación y puesta en marcha de los mismos.



A efecto de disminuir problemáticas como la antes descrita, lograr una adecuada aplicación de los recursos destinados a las inversiones físicas y fortalecer los actuales sistemas de control interno, es importante que las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF), la iniciativa privada, los organismos no gubernamentales y demás instituciones involucradas en la promoción y construcción de la infraestructura nacional homologuen sus criterios de actuación para el desarrollo oportuno y completo de los proyectos ejecutivos; toda vez que, según el análisis ya mencionado que realizó la ASF en 2017, el carecer de tal homologación en los criterios de actuación, es la principal causa en el 65% de los casos de las modificaciones efectuadas al monto y plazo de los contratos revisados, lo que impide el logro de los objetivos.

Asimismo, es recomendable que las dependencias y entidades que llevan a cabo la ejecución de los proyectos, cuenten con el personal técnico suficiente y debidamente capacitado para tomar las mejores decisiones técnico-económicas ante indefiniciones y particularidades de los proyectos de obra.

En opinión de la ASF, las principales medidas a adoptar para corregir, o al menos atenuar los efectos de los problemas apuntados en el diagnóstico arriba presentado son las siguientes:



- ☞ *Reforzar los procesos institucionales de planeación y programación con la participación de personal calificado, para que en la realización de las obras de infraestructura exista una adecuada definición del alcance de los proyectos que tome en cuenta el estudio de costo beneficio y la problemática de carácter social y ambiental; que los contratos sean claros y equitativos para las partes, conforme a las características de los distintos proyectos de infraestructura particularmente en los contratos multianuales, que se precisen las fuentes de financiamiento, la etiquetación del recurso y su forma de pago; y que se establezca la coordinación necesaria entre los entes para la obtención oportuna de las licencias y permisos.*
- ☞ *En el aspecto técnico, para tener un proyecto ejecutivo completo conforme a la legislación aplicable, es necesario contar previamente a la realización de las obras con las especificaciones de construcción, las normas de calidad, las pruebas de laboratorio requeridas y los programas de ejecución terminados; la ingeniería básica, de detalle y complementaria, la definición de tecnología a utilizar; la*

ubicación precisa del sitio de las obras; los estudios previos relativos a mecánica de suelos, topográficos geológicos y ambientales, destinando los recursos humanos y económicos necesarios para ello, o bien propiciando la participación de empresas especializadas en la elaboración de este tipo de proyectos.

- ☞ *En el proceso de contratación es necesario contar con bases de licitación claras; la definición de los tiempos reales requeridos para la ejecución de las obras con base en la experiencia previa en proyectos de naturaleza semejante; y el señalamiento de criterios transparentes y puntuales para la adjudicación y descalificación de ofertas.*
- ☞ *En el aspecto económico es necesario propiciar la asignación y disposición oportuna de los recursos presupuestales para la ejecución de los proyectos de inversión; incluyendo asignaciones específicas para la elaboración de proyectos ejecutivos que permitan contar con una amplia cartera que soporte las acciones del Plan Nacional de Desarrollo, las transferencias relativas a ampliaciones y reducciones presupuestarias durante el proceso de la ejecución, y que los anticipos pactados y el pago de las estimaciones se efectúen en los plazos convenidos; asimismo prever criterios claros y detallados para, en su caso, reconocer las consecuencias derivadas del mercado internacional, que impactan el costo y la oportunidad en la entrega de suministros.*
- ☞ *Para la realización de los proyectos determinar la programación real de los plazos de ejecución de las obras, exigir el cumplimiento de las empresas o, en su caso, aplicar las medidas correctivas pactadas en el contrato, vigilar el cumplimiento de las especificaciones de construcción y normas de calidad de los materiales y equipos ya sea con recursos propios capacitados o a través de empresas especialistas para el control y supervisión de las obras; establecer en los modelos de contrato un solo responsable para la autorización de los cambios de proyecto; formalizar oportunamente los convenios modificatorios y la autorización de precios extraordinarios y ajustes de costos; realizar las gestiones necesarias para la obtención de las libranzas, derechos de vía o servidumbres de paso, prevenir en lo posible los problemas de carácter social, ambiental, sindical y obras inducidas; y promover la recepción oportuna de los trabajos, pruebas de operación y puesta en marcha de los mismos.*



Con base en lo anterior, el desarrollo de los proyectos requiere una dirección, que abarque desde la etapa de su factibilidad económica hasta la etapa de monitoreo y control, buscando una mayor eficiencia en el uso de los recursos públicos, a fin de obtener los mayores beneficios posibles en la prestación de bienes y servicios para la sociedad.

1.1 Situación actual de la Industria de la Construcción en México

La necesidad de lograr una mayor productividad requiere cambio hacia los sistemas digitales y una rápida adaptación a ellos y a su vez, también se requiere trabajar colaborativamente con todos los involucrados, integrando sistemas, información, procesos y personas, a través de metodologías innovadoras.

En el mundo, la industria de la construcción plantea nuevos retos en el desarrollo de sus actividades, ya que se quiere aumentar la productividad para poder competir con los principales líderes de la industria. En este panorama, México no es la excepción: los gobiernos y particulares deben centrar esfuerzos principalmente en la mejora del capital humano y tecnológico que incluyan la promoción de estrategias para automatizar y optimizar los procesos de diseño, construcción, operación y mantenimiento. La inversión en nuevos equipos, herramientas, metodologías, aprendizaje, sistemas integrales, entre otros, harán una gran aportación a la reducción de costos y tiempos, además de, en conjunto, potenciar el crecimiento sostenible de la productividad en la industria de la construcción.

1.2 Situación actual de la obra pública en México

Primeramente, es importante señalar la definición de obra pública, así como la de Servicios Relacionados con las Mismas, a fin de entender a que se refieren, cuáles son sus condicionantes, y sobre todo conocer sus parámetros; específicamente en lo relacionado a la contratación de la Gerencia de Proyectos, la metodología BIM, y cuál es su respectiva aplicación.

La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM), define obra pública de la siguiente forma:

« Artículo 3.- Para los efectos de esta Ley, se consideran obras públicas los trabajos que tengan por objeto construir, instalar, ampliar, adecuar, remodelar, restaurar, conservar, mantener, modificar y demoler bienes inmuebles. Asimismo, quedan comprendidos dentro de las obras públicas los siguientes conceptos:

i. El mantenimiento y la restauración de bienes muebles incorporados o adheridos a un inmueble, cuando implique modificación al propio inmueble;

[...]

iii. Los proyectos integrales, en los cuales el contratista se obliga desde el diseño de la obra hasta su terminación total, incluyéndose, cuando se requiera, la transferencia de tecnología;

iv. Los trabajos de exploración, localización y perforación distintos a los de extracción de petróleo y gas; mejoramiento del suelo y subsuelo; desmontes; extracción y aquellos similares, que tengan por objeto la explotación y desarrollo de los recursos naturales que se encuentren en el suelo o en el subsuelo;

v. Instalación de islas artificiales y plataformas utilizadas directa o indirectamente en la explotación de recursos naturales;

vi. Los trabajos de infraestructura agropecuaria;

vii. La instalación, montaje, colocación o aplicación, incluyendo las pruebas de operación de bienes muebles que deban incorporarse, adherirse o destinarse a un inmueble, siempre y cuando dichos bienes sean proporcionados por la convocante al contratista; o bien, cuando incluyan

la adquisición y su precio sea menor al de los trabajos que se contraten;

viii. Las asociadas a proyectos de infraestructura que impliquen inversión a largo plazo y amortización programada en los términos de esta Ley, en las cuales el contratista se obligue desde la ejecución de la obra, su puesta en marcha, mantenimiento y operación de la misma, y

ix. Todos aquellos de naturaleza análoga, salvo que su contratación se encuentre regulada en forma específica por otras disposiciones legales. Corresponderá a la Secretaría de la Función Pública, a solicitud de la dependencia o entidad de que se trate, determinar si los trabajos se ubican en la hipótesis de esta fracción[...]»

Respecto a los Servicios Relacionados con las Mismas, se tiene lo siguiente:

« Artículo 4.- Para los efectos de esta Ley, se consideran como servicios relacionados con las obras públicas, los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar y calcular los elementos que integran un proyecto de obra pública; las investigaciones, estudios, asesorías y consultorías que se vinculen con las acciones que regula esta Ley; la dirección o supervisión de la ejecución de las obras y los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir o incrementar la eficiencia de las instalaciones. Asimismo, quedan comprendidos dentro de los servicios relacionados con las obras públicas los siguientes conceptos:

i. La planeación y el diseño, incluyendo los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto de ingeniería básica, estructural, de instalaciones, de infraestructura, industrial, electromecánica y de cualquier otra especialidad de la ingeniería que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo de obra pública;

ii. La planeación y el diseño, incluyendo los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto urbano, arquitectónico, de diseño gráfico o artístico y de cualquier otra especialidad del diseño, la arquitectura y el urbanismo, que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo de obra pública;

iii. Los estudios técnicos de agrología y desarrollo pecuario, hidrología, mecánica de suelos, sismología, topografía, geología, geodesia, geotecnia, geofísica, geotermia, oceanografía, meteorología, aerofotogrametría, ambientales, ecológicos y de ingeniería de tránsito;

iv. Los estudios económicos y de planeación de preinversión, factibilidad técnico económica, ecológica o social, de evaluación, adaptación, tenencia de la tierra, financieros, de desarrollo y restitución de la eficiencia de las instalaciones;

v. Los trabajos de coordinación, supervisión y control de obra; de laboratorio de análisis y control de calidad; de laboratorio de geotecnia, de resistencia de materiales y

radiografías industriales; de preparación de especificaciones de construcción, presupuestación o la elaboración de cualquier otro documento o trabajo para la adjudicación del contrato de obra correspondiente;

- vi. *Los trabajos de organización, informática, comunicaciones, cibernética y sistemas aplicados a las materias que regula esta Ley;*
- vii. *Los dictámenes, peritajes, avalúos y auditorías técnico normativas, y estudios aplicables a las materias que regula esta Ley;*
- viii. *Los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir, sustituir o incrementar la eficiencia de las instalaciones en un bien inmueble;*
- ix. *Los estudios de apoyo tecnológico, incluyendo los de desarrollo y transferencia de tecnología entre otros, y*
- x. *Todos aquéllos de naturaleza análoga.»*

Como podemos observar en los servicios relacionados con la obra, tanto la Gerencia de Proyectos, como la metodología BIM están permitidos para su contratación en proyectos de obra pública, tomando como fundamento lo establecido por la LOPSRM específicamente en cuanto a:

«...la dirección o supervisión de la ejecución de las obras...»
(Artículo 40)

«...La planeación y el diseño, incluyendo los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar, proyectar y calcular los elementos que integran un proyecto urbano, arquitectónico, de diseño gráfico o artístico y de cualquier otra especialidad del diseño, la arquitectura y el urbanismo, que se requiera para integrar un proyecto ejecutivo de obra pública...»
(Artículo 40, fracción II)

«...Los trabajos de coordinación, supervisión y control de obra...»
(Artículo 40, fracción V)

Por lo anterior, se considera factible la contratación de los servicios de Gerencia de Proyectos, considerando dentro de sus actividades el uso de la metodología BIM. Sin embargo, es necesario definir las actividades y responsabilidades de la Gerencia de Proyectos, con objeto de evitar duplicidad de tareas con otros servicios, tales como la Supervisión Técnico Administrativa; en capítulos subsecuentes se abordarán las definiciones y actividades propias para una mejor comprensión.

1.3 Productividad en la Industria AEC (*Architecture, Engineering and Construction*)

En la industria de la construcción, medidas tales como inversión en el capital tecnológico, en la investigación y en el desarrollo, han sido implementadas en las últimas dos décadas para aumentar el valor agregado en el menor tiempo laboral posible. Cabe señalar, que dichos esfuerzos no han sido suficientes para alcanzar el promedio de crecimiento de productividad de otras industrias como la manufactura, la cual crece a un ritmo del 3.6% anual; a diferencia de la construcción que presenta un 1% debido a adversidades tales como la fragmentación en la cadena de valor, la larga duración de los proyectos, diseño inadecuado, disponibilidad de capital humano capacitado, incentivos desalineados en la contratación, entre otras.

En el caso de América Latina, previo a la pandemia por COVID-19 en 2020, la región ya presentaba un crecimiento de la industria de la construcción por debajo del promedio mundial. Se esperaba un crecimiento modesto en la región, pues según un análisis de la Asociación de Fabricantes de Equipos de Estados Unidos (*Association of Equipment Manufacturers, AEM*),¹ se tenía previsto un crecimiento promedio de la industria de la construcción de 2.6% anual entre 2020 y 2023.

La realidad es que la pandemia por COVID-19 perjudicó severamente la economía de Latinoamérica y el Caribe, en especial a la industria de la construcción; ya que las restricciones impuestas por las autoridades incidieron en que la producción de la construcción en Latinoamérica tuviera el peor desempeño del mundo en 2020, según el informe anual «*Global Powers of Construction*».² Esta información se confirma a partir de los siguientes datos: El PIB de la construcción en 2020 en Argentina se contrajo un 22.6%, en Brasil la reducción fue de 2.8 %, Colombia se contrajo un 27.7 %, México con un 17.2 % y Perú con un 13.9%.

A continuación, se presenta un gráfico con los niveles de productividad laboral de la construcción considerando el periodo 1995-2015 frente a las tasas de crecimiento a precios constantes del 2005, incluyendo a 38 países de todo el mundo. Se puede observar que los países latinoamericanos se encuentran rezagados y otorgan poca inversión al sector, a diferencia de países como Estados Unidos, Japón, España, Francia que aunque presentan buenos resultados, están cercanos al declive de la industria.

En México, el sector de la construcción, uno de los sectores principales de su economía, sufrió una caída del 15%, la más profunda en los últimos 16 años (desde el 2004 a 2020).³ Esto fue una clara

1 Association of Equipment Manufacturers, AEM. (2020). *The Latin American Outlook: Robust Expansion on the Horizon?* Consultado el 02 de junio de 2023, desde <https://www.aem.org/news/the-latin-american-outlookrobust-expansion-on-the-horizon>

2 Deloitte. (2021). GPOC 2020. *Global Powers of Construction*. Consultado el 15 de mayo de 2023, desde <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-eri-gpoc-2020-borrador.pdf>

3 De Villamor, L. (s/f). *El sector de la construcción en México en cifras*. h2gconsulting.com, consultado el 15 de mayo de 2023, desde <https://h2gconsulting.com/how2go-mexico/el-sector-de-la-construccion-en-mexico-encifras/>

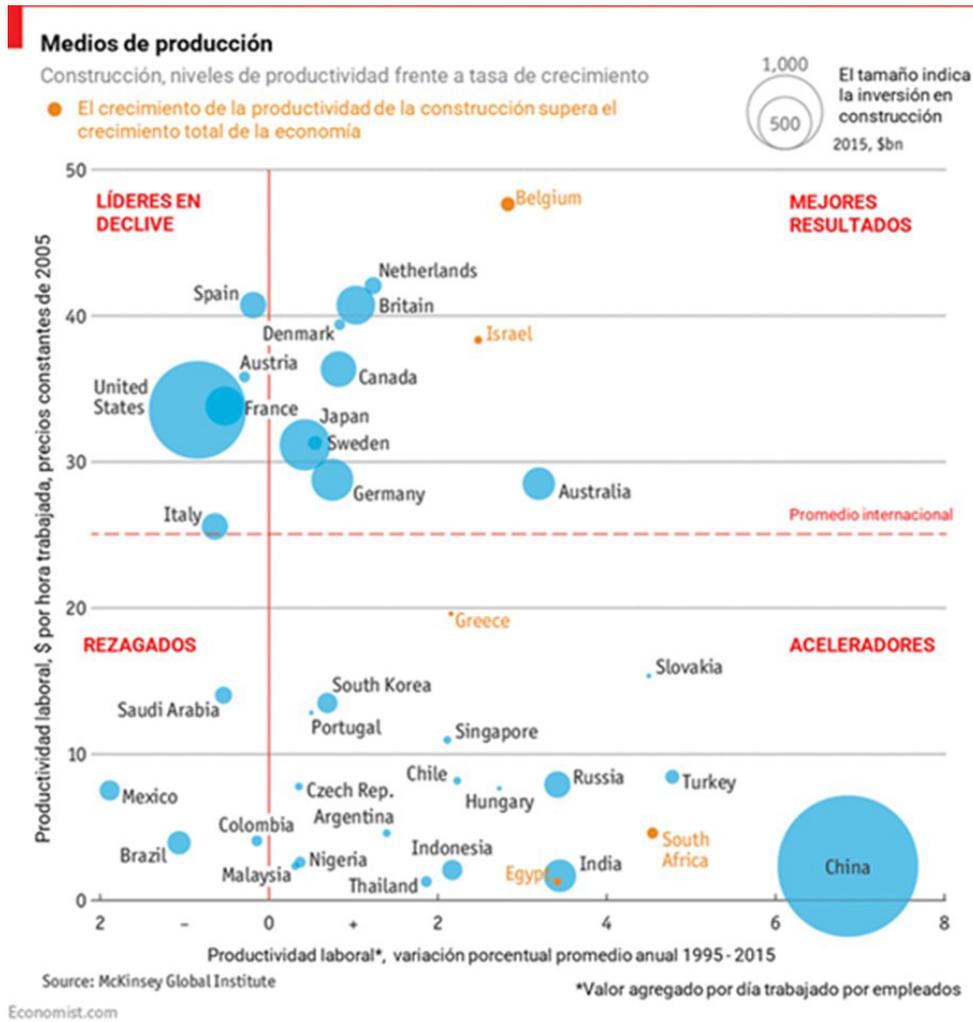


ILUSTRACIÓN 1. Producción laboral, variación promedio anual 1995-2015
 Fuente: McKinsey Global Institute

consecuencia de la pandemia, que llegó a perjudicar la creación de empleos que generaba la industria, ya que solo en 2019, antes de la pandemia, se habían generado directa e indirectamente alrededor de seis millones de empleos. Tan importante es la construcción en México, que según el Instituto Nacional de Estadística de México (INEGI) teniendo registradas 263 actividades económicas, la industria de la construcción tiene influencia en 183. Es decir, en tres cuartas partes de las actividades económicas en México.

La Encuesta Nacional de Empresas Constructoras (ENEC), indica que el valor de la producción generada por las empresas de enero a septiembre en 2021 reporta un incremento del 30.9% respecto al mismo período en 2020, pero sigue estando un 22.4% por debajo del valor generado en 2019.

1.4 Causas más comunes de las fallas de los proyectos en México

La guía titulada, «El ABC de la Gerencia de Proyectos aplicada a la Arquitectura»,⁴ señala lo siguiente:



En base a una publicación de la revista Obras, número 492 de diciembre del 2013, pág. 12, se señalan los siguientes datos relevantes:

- ☞ Solo el 34 % de los proyectos, se realizan, el resto se consideran inconclusos, esto sin tomar en cuenta los proyectos que quedan solo en papel en etapa de diseño.

4 Porras Morales, F. J. (junio, 2021).

- ☞ De estos, solo el 2.5 % cumplen con los objetivos planteados en cuanto a costo y tiempo, esto sin contar la calidad.
- ☞ El 94 % de los proyectos, rebasan las metas originales de costo y tiempo.



Por otro lado, según el estudio realizado por PwC México, referente a las «Tendencias en proyectos de construcción en México»⁵, menciona que los proyectos que se desarrollan en México, generalmente, no cumplen con el plazo de tiempo y los costos estimados al inicio de éstos, y que en su mayoría de los casos no se utilizan los datos históricos para hacer proyecciones a futuro, pocas empresas utilizan metodologías aprobadas a nivel internacional para desarrollar y monitorear la ejecución de proyectos, entre otras variables que contribuyen a que un proyecto no cumpla con sus objetivos.

Como parte de los resultados de ese estudio, se tiene lo siguiente:



- ☞ Sobrecosto y tiempo. Solo 1 de cada 3 proyectos en México tienden a finalizar en presupuesto y tiempo.
- ☞ La falta de definición del alcance y la planeación son las principales causas de falla de los proyectos. Solo 1 de cada 3 empresas desarrollan planes de ejecución o dirección de sus proyectos. Adicionalmente, 3 de cada 4 empresas no involucran a los interesados en las primeras fases de los proyectos ni se disponen de registros históricos para mejorar la planeación.
- ☞ Solo el 8% de las organizaciones realizan un análisis integral de riesgos de forma consistente en sus proyectos, por lo que cabe la apreciación que en la mayoría de los proyectos no se tienen los planes de contingencia necesarios para llevar los proyectos a buen término.

- ☞ Existen metodologías y buenas prácticas que facilitan el entendimiento y la aplicación de la administración de proyectos, sin embargo, en México, las empresas que las ponen en práctica son muy pocas.



Como podemos observar, existe una problemática en todas las etapas de los proyectos no solo de carácter público, sino también en los privados. Si bien las fuentes presentadas son tan solo una muestra de la información que existe disponible para identificar los problemas, así como las posibles soluciones y recomendaciones para prevenirlos o mitigarlos. Misma que no ha sido suficientemente aprovechada por las dependencias públicas y empresas privadas ya que las problemáticas comunes persisten; y aunque estas no serán resueltas de manera inmediata, podrían disminuir gradualmente para lograr el cumplimiento de los objetivos de los mismos y la mejora de las estadísticas de los proyectos.

Cabe destacar la importancia de recuperar y valorar la información generada de cada proyecto al finalizar su construcción: pues debe tomarse en cuenta como un archivo histórico que tiene como objetivo la enseñanza, para aprender de lo que está hecho, lo que se hizo y lo que se puede hacer, a fin de no caer nuevamente en los mismos errores.

Como profesionistas ligados al sector de la construcción, los arquitectos e ingenieros están obligados a ejercer de manera adecuada su profesión; es decir, deben permanecer actualizados, aportar conocimientos y nuevas técnicas para una mejora continua. Es por ello, que este documento considera que la Gerencia de Proyectos y la metodología BIM son en conjunto, herramientas con un potencial significativo para mitigar en los proyectos los problemas más importantes de los que se tiene registro en años recientes.





Capítulo 2

Métodos tradicionales de planificación y control

Para comprender la importancia de la planificación en un proceso de edificación se debe tomar en cuenta que el manejo, la administración y el cumplimiento de los tiempos son, junto con la calidad y el costo, características fundamentales que se necesitan alcanzar en la realización de un proyecto. Al tiempo conviene estimarlo con unidades de precisión y supervisarlos para tenerlos bajo control, y en su caso, corregir sus desviaciones cuando sea oportuno.⁶

Podemos definir a la programación como una herramienta gráfica que permite determinar la secuencia de todas las actividades de un proyecto y asignar tiempo. Es una etapa en la que se debe decidir cuánto tiempo llevará realizar todas las actividades, calculando la cantidad necesaria de personas y materiales para cada etapa.⁷

De acuerdo con la LOPSRM, un programa de obra indicará fechas de iniciación y terminación en todas sus fases, considerando las acciones previas a la iniciación, características ambientales, climáticas y geográficas de la región donde se realizará la obra. Algunas de las herramientas más usadas en la programación de las obras se presentan brevemente a continuación.

2.1 Redes

Lo que se llama en el proceso de edificación una *red* se representa con una serie de flechas y nudos ajustados de modo que proporcionen un diagrama o modelo visual detallado de un proyecto.

Cada actividad de la construcción, individualmente especificada, se indica con una flecha en el diagrama, colocada de manera que su localización y orientación en la red indiquen su posición y dependencia en el proyecto; así, es justo concluir que por cada actividad hay una, y sólo una, flecha en la red, y que cada flecha representa una actividad individual. El origen de la flecha indica la iniciación de

la actividad y la punta, su terminación. La longitud y dirección de la flecha (en el sentido de la brújula) carecen de significado. Por último, todas las flechas deben iniciarse y terminar en los nodos, lo que se denomina «evento de la red».

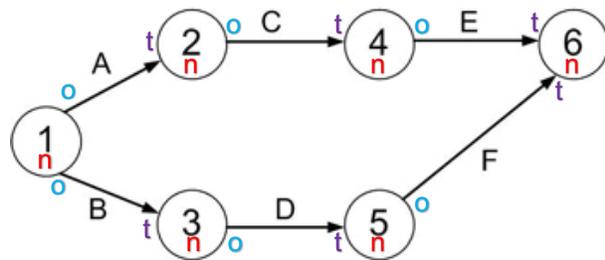


ILUSTRACIÓN 2. Diagrama de Red, el cual indica el orden y relación de diversas actividades
Fuente: Internet

2.2 Ruta crítica

La definición de la ruta crítica en la gestión de proyectos, según la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, conocida por sus siglas en inglés como *PMBOK* (*Project Management Body of Knowledge*), es fácil y compleja a la vez. Se define como una «secuencia de actividades que representa la ruta más larga en el proyecto, que determina su duración más corta posible». En términos más simples, son todas aquellas actividades de las que depende el término del proyecto. Si se retrasan ellas, se retrasa todo el proyecto.

⁶ Quijano Valdez, J. (2012:98).

⁷ Heizer, J. y Render, B. (2004:58).

Es un método que nos permite conocer las actividades críticas que definen o determinan la duración de un proyecto. Esto significa que, para la pronta realización del proyecto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse con un sentido de prioridad.

Existen diversas ventajas que se pueden obtener en la realización de una obra con el empleo de la ruta crítica; las más representativas son, que permite:

- ☞ Conocer el orden de importancia de las actividades.
- ☞ Conocer cuáles son las actividades que controlan el tiempo de duración de un proceso.
- ☞ Conocer los recursos requeridos para cualquier momento de la ejecución del proceso.
- ☞ Analizar el efecto de cualquier situación imprevista y sus consecuencias en la duración total del proceso.
- ☞ Deslindar responsabilidades de los diferentes organismos que intervienen en un proceso
- ☞ Programar con mayor lógica.

La ventaja principal del método de la ruta crítica es que muestra claramente la interrelación de las tareas y contribuye a destacar como pueden ocasionar problemas al terminarse el plazo programado. La desventaja de este método es que su lectura resulta compleja y se necesita demasiado tiempo para su elaboración y mantenerlo actualizado.

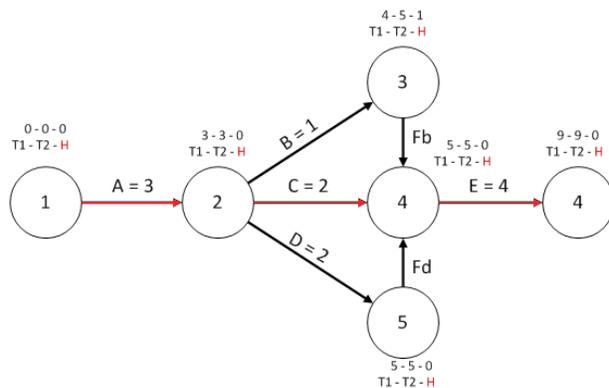


ILUSTRACIÓN 3. Método de la Ruta Crítica
Fuente: Internet

2.3 Diagrama de barras (Gantt)

Es un gráfico de barras horizontales que se usa para ilustrar el cronograma de un proyecto, programa o trabajo. Es una forma de visualizar la programación, de dar seguimiento a los logros y para estar constantemente familiarizado con el cronograma. Cada barra en un diagrama de Gantt representa una etapa del proceso (o una tarea

del proyecto) y su longitud, la duración de la tarea. Los diagramas de Gantt ofrecen un panorama general acerca de cuál es el trabajo que hay que hacer, quién lo hace y cuándo.

Es una de las herramientas de planeación más utilizadas por los profesionales dedicados a la programación. Es común considerar este diagrama como una parte integral de un sistema de planeación denominado *CPM-GANTT*, ya que se formó con la articulación deliberada del método de ruta crítica y el llamado sistema Gantt.

DIAGRAMA GANTT

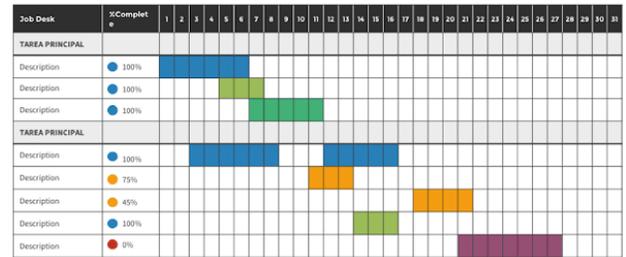


ILUSTRACIÓN 4. Diagrama de Gantt indicando las tareas, porcentaje de avance y duración total de cada una
Fuente: Internet

2.4 Control de obra

El control se divide básicamente en variantes de programas de cómputo (*software*) de apoyo y en lineamientos de ejecución, control y entrega física de la obra. Entre los del primer tipo, podemos destacar a *Microsoft Project*, *Opus* y *Neodata*; en cada caso, es necesario considerar las ventajas que ofrecen para maximizar la eficiencia y prever o corregir los posibles riesgos que podrían alterar la marcha de una obra. En el caso de los lineamientos, son actividades cuya realización sucede durante el progreso de una obra y se jerarquizan de la siguiente manera:

- ☞ Previo a la ejecución de la obra
- ☞ Inicio de la ejecución de la obra
- ☞ Instrumentos de control
- ☞ Ampliación de plazos
- ☞ Aclaraciones
- ☞ Requisitos para la integración de las estimaciones
- ☞ Acta de entrega-recepción
- ☞ Planos y manuales de operación

2.4.1 Bitácora de obra

La bitácora de obra es un elemento fundamental en este proceso, conforme a lo señalado en el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (RLOPSRM), está definido como el instrumento técnico que constituye el medio de comuni-

cación entre las partes que formalizan los contratos, en el cual se registran los asuntos y eventos importantes que se presenten durante la ejecución de los trabajos; ya sea a través de medios remotos de comunicación electrónica, caso en el cual se denominará Bitácora electrónica, u otros medios autorizados en los términos del propio Reglamento, en cuyo caso se denomina Bitácora convencional.

En cuanto a los reportes de obra, se pueden clasificar principalmente en tres tipos: físicos, financieros y fotográficos. Se elaboran durante la ejecución de la obra por el supervisor, de una forma particular para cada subcontrato y a través de ellos el responsable de la obra se informa de los avances. Estos reportes, de manera general, deben contener lo siguiente:

- ☞ Resumen de actividades a reportar en el periodo, el cual debe contener información de los recursos de la obra, avance físico y financiero de la misma.
- ☞ Fotografías para observar el avance de la obra.
- ☞ Control de desviaciones identificando sus causas para su corrección.
- ☞ Informe constante de las pruebas de los materiales.

2.5 Beneficios de planificar una obra

Cuando se planifica una obra, la dirección adquiere un alto grado de conocimiento del proyecto, lo que le permite ser más eficiente durante la ejecución y así aportar numerosos beneficios; los más representativos se enuncian a continuación:

☞ *Conocimiento exhaustivo de la obra*

Para preparar la planificación hay que estudiar concienzudamente el proyecto, analizar los métodos de construcción, identificar la productividad considerada en la fase de oferta y determinar el tiempo en que se puede trabajar en cada zona y cada tarea (interior, exterior, movimiento de tierras, etc.).

Esto es contrario a la costumbre de pensar en la ejecución tan sólo unos días antes de empezar a construir, lo cual es erróneo pues que no permite tiempo suficiente para cambiar los planes.

☞ *Detección de problemas*

La previsión temprana de las situaciones desfavorables y de las no conformidades, permite que el responsable de la ejecución tome precauciones a tiempo y adopte medidas preventivas y correctivas, lo que minimizará su impacto en el costo y en el plazo. Sin planificación, ni control, el equipo de obra termina por tomar las medidas cuando el retraso es ya irreversible.

☞ *Agilidad de las decisiones*

La planificación y el control permiten una visión real de la obra, que sirve como base fiable para tomar decisiones de gestión, como la movilización y desmovilización de las instalaciones provisionales, la reorganización de los equipos, la aceleración o subcontratación de los trabajos, la introducción de turnos, el aumento de la plantilla, la modificación de los métodos de construcción o la sustitución de personal poco productivo.

☞ *Relación con el presupuesto*

Al analizar los rendimientos, la productividad y el tamaño de los equipos que figuran en la oferta, se sincroniza el presupuesto con la planificación, con lo que se pueden valorar las posibles deficiencias e identificar oportunidades de mejora.

Si se ignora la productividad con la que se presupuestaron los trabajos, se omite un importante parámetro de control.

☞ *Optimización de la asignación de recursos*

El análisis de la planificación permite ser flexible con las holguras de las actividades y tomar decisiones importantes, como nivelar los recursos o aplazar la asignación de algunos. Entender el concepto de holgura es esencial para saber que tareas pueden iniciarse más tarde, cuál es el último momento posible para movilizar ciertos recursos y también hasta cuando aplazar ciertos gastos sin que se retrase la obra.

☞ *Referencia para el control*

El cronograma desarrollado en la planificación es un instrumento importante para el seguimiento de la obra, ya que permite comparar lo previsto con lo realizado. El plan original, el que se quiere llevar a cabo, se conoce como «planificación de referencia» o «línea de base».

Lo que se realiza en la obra se compara con la línea de base y como resultado se adoptan las medidas correctoras adecuadas. Una planificación de referencia también es importante para dirigir a las personas del equipo: es el objetivo deseado, la «cartilla» que todos deben seguir en la realización de sus tareas diarias.

☞ *Estandarización*

La planificación disciplina y unifica el conocimiento del equipo, con lo que se alcanza un consenso sobre la forma de afrontar la obra y se mejora la comunicación. La falta de planificación y control genera frecuentes desacuerdos, porque el proyectista tiene una idea de obra, la dirección de la obra otra y el constructor una tercera.

☞ *Objetivos de referencia*

Los programas de metas para el cumplimiento de plazos se pueden establecer con facilidad si hay una planificación de referencia bien organizada, la cual permita establecer objetivos.

☞ *Documentación y trazabilidad*

Al generar registros y publicaciones escritas, la planificación y el control proporcionan una historia de la creación de la obra, muy útil para la resolución de incidencias, la recuperación de información, la preparación de reclamaciones contractuales, la defensa frente a reclamaciones de otras partes, la mediación de conflictos y el arbitraje. La mala gestión de los contratos es un grave problema en las empresas constructoras. Las empresas pierden a veces la oportunidad de reclamar ajustes de costos y plazos simplemente por la ausencia de registros.

☞ *Creación de datos históricos*

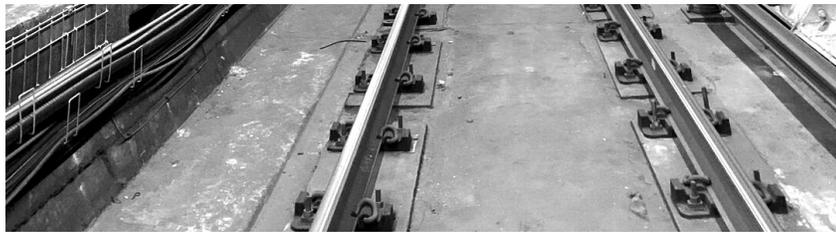
La planificación de una obra puede servir de base para programar otras obras similares; así la dependencia o empresa puede generar su propia memoria.

⇒ *Profesionalismo*

La planificación da una imagen de seriedad y compromiso a la obra, la dependencia y a la empresa; causa buena impresión, inspira confianza en los clientes y ayuda a cerrar negocios.

Con base en lo anterior, podemos determinar que la planificación, seguimiento y control de un proyecto trae consigo valiosos beneficios que apoyan al cumplimiento de los objetivos del mismo, genera cambios favorables, logrando así llevar a buen término el proyecto. Por ello, es que resulta sumamente importante implementar metodologías y buenas prácticas que fortalezca el quehacer de los profesionistas como Directores de Proyectos.





Capítulo 3

Gerencia de Proyectos

«Una meta, sin un plan, es sólo un deseo.»

ANTOINE DE SAINT-EXUPÉRY (1900-1944)

«...Planteamos un problema proporcionando la descripción del estado final de la solución. La tarea es descubrir una secuencia de procesos que llevará a ese estado meta a partir de un estado inicial. La conversión de la descripción del proceso a la descripción del estado nos permite reconocer que hemos acertado [...] La idea es: dado un plano, encontrar la receta...»

HERBERT A. SIMON

3.1 Antecedentes

En la actualidad, la Gerencia de Proyectos pasa por un relativo auge, gracias a la creciente industria tecnológica, que a pesar de ser un sector cambiante, busca formalizar cada vez más las soluciones que ofrece a través de sistemas, procesos y procedimientos que se acerquen a la realidad y a las particularidades que los proyectos de la industria de la construcción demandan.

Precisamente en dicho sector, se opta por una gestión de proyectos por medio de metodologías más tradicionales, como la del *Project Management Institute (PMI)*, que es la más utilizada y mencionada en la breve historia de este campo; este tipo de metodologías siguen teniendo vigencia, si bien se han venido transformando a medida que cambia la economía, las empresas y los profesionales.

Francisco Javier Porras (2021:48), en la guía «El ABC de la Gerencia de Proyectos aplicada a la Arquitectura», señala lo siguiente:

«...Los profesionales que por una causa u otra se dedican a la actividad de la Gerencia de Proyectos y que están dentro del campo general de la arquitectura, se han encontrado, primero: que esta actividad se desarrolla parcialmente, sin hacer uso completo de todas las herramientas y técnicas disponibles en esta disciplina, principalmente por el desconocimiento de ellas y la falta de difusión entre el medio, segundo: se le adjudican diversos nombres y adjetivos dependiendo de quién traduzca el termino original en inglés «Project Management», así como de su amplia área de aplicación, aclarando que dicho termino se confunde con «Administración» que solo acota una coordinación de actividades y al tercero: el desconocimiento general de las posibles herramientas y técnicas que la gerencia de proyectos pueda aplicarse a la actividad de arquitectura...»

De ahí que resulte importante comenzar indagando el origen del término Gerencia de Proyectos, a fin de conocer brevemente su historia; pero sobre todo, para comprender sus actividades y responsabilidades y no confundirla con una supervisión tradicional. Asimismo, es necesario enunciar una serie de definiciones que ayudarán a entender y diferenciar los términos que regularmente se aplican al hablar de Gerencia de Proyectos, los Institutos, Asociaciones y Organismos dedicados a la Gerencia de Proyectos y las guías más comunes. Finalmente, se expondrán las diferentes aplicaciones de la Gerencia de Proyectos en proyectos de construcción, su organización más común (organigrama) y las actividades específicas en cada etapa del proyecto.

3.2 Origen del término

El término de Gerente de Proyectos, inicia con la publicación del artículo «The Project Manager», por Gaddis (1959), en la revista *Har-*

vard Bussines Review, en donde describió la actividad, enlistando una serie de características de este nuevo cargo.⁸ En la misma revista, en 1961, apareció otro artículo «Line-Staff is Obsolete», por Gerald Fisch, quien introdujo el concepto de «Functional Teamwork», describió la teoría y práctica, ya como una Gerencia de Proyectos «Project Management».⁹

3.3 Definiciones

⇒ ¿Qué es un proyecto?

«...Esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos.»

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI)

«...Esfuerzo, único y temporal para lograr el objetivo o tarea planteada, la cual puede definirse en termino de salidas, resultados o beneficios, regularmente con criterios de aceptación en costo y tiempo.»

ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT (APM)

«...Organización temporal, que es creada para el propósito de integrar uno o más productos económicos de acuerdo a un caso de estudio.»

PRINCE2

«...Conjunto único de procesos coordinados y actividades controladas con fechas de inicio y fin, enfocadas a lograr un objetivo. El logro del objetivo del proyecto requiere que los entregables satisfagan requerimientos específicos, incluyendo las restricciones tal como el tiempo, costo y recursos.»

ISO 21500

«...Operación restringida en tiempo y costo, para obtener un conjunto de entregables dentro de un standard de calidad y requerimientos definidos.»

INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION (IPMA)

«...Esfuerzo temporal emprendido para crear un único producto o resultado. La naturaleza temporal de los proyectos indica que este tiene un comienzo y un final definidos. El final se logra cuando se hayan alcanzado los objetivos del mismo.»

NMX-561-ONNCCCE 2019

«...Un proyecto es una estructura organizacional temporal establecida para crear un producto o servicio singular (entregable) con ciertas restricciones tales como tiempo, coste y calidad.»

PM²

⇒ ¿Qué es la Gerencia de Proyectos?

«La gerencia de proyectos consistirá en los servicios integrados necesarios para la planeación, organización y control de un proyecto en todas sus fases, incluyendo el diseño, la ejecución de los trabajos y la administración de los recursos humanos, materiales y financieros, para que el proyecto satisfaga los objetivos y requerimientos de la dependencia o entidad.»

LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS

«Es la especialidad que se encarga de administrar los servicios integrados necesarios para la planeación, organización y control de un proyecto en todas sus etapas. Ejerce la autoridad del cliente para integrar, administrar y coordinar los recursos necesarios para el logro del proyecto, en sus etapas de planeación, diseño, construcción, supervisión y puesta en marcha.»

CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (CMIC)

«La aplicación del conjunto de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las

8 Gaddis, P. O. (1959). The Project Manager. Harvard Business Review (37) 3, 89.

9 Fisch, G. G. (1961). Line-Staff is Obsolete. Harvard Business Review (39) 5, 67

actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo.»

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI)

«El proceso por el cual, los proyectos son definidos, planeados, monitoreados, controlados y concluidos tal y como se establecieron en el acuerdo original. Los proyectos son únicos y son un esfuerzo temporal para alcanzar su objetivo. Con respecto a los cambios ofrecen un control eficiente en el manejo de estos.»

ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT (APM)

«La planeación, organización, seguimiento y control de todos los aspectos de un proyecto, así como la motivación de todos aquellos implicados en el mismo, para alcanzar los objetivos del proyecto de una forma segura, y satisfaciendo las especificaciones definidas de plazo, costo y rendimiento. Ello también incluye el conjunto de tareas de liderazgo, organización y dirección técnica del proyecto, necesarias para su correcto desarrollo.»

INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION (IPMA)

⇒ ¿Qué es la Administración de proyectos?

«Optimización de los recursos de que dispone una empresa, de manera que cumpla su finalidad, auxiliándose de herramientas, de técnicas y de métodos, manejando los mismos con los adecuados conocimientos prácticos.»

PETER DRUCKER

⇒ ¿Qué es la Dirección de Proyectos / Project Management?

Es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo.

⇒ ¿Qué es la Gestión del Proyecto?

Proceso de iniciación y dirección de las actividades necesarias para desarrollar un proyecto, el cual puede definirse recurriendo a dos estándares, relativamente similares: la ISO 21500 y el PMBOK.

«...La Gestión de Proyectos puede ser descrita como el conjunto de actividades de planificación, organización, obtención, supervisión y gestión de los recursos y el trabajo necesario para alcanzar las metas y objetivos específicos de los proyectos de manera eficaz y eficiente.»

PM²

⇒ ¿Qué es Director del Proyecto / Project Manager?

Es la persona nombrada por la organización ejecutante para liderar al equipo que es responsable de alcanzar los objetivos del proyecto.

3.4 Institutos, asociaciones y organismos

Existen diversos Institutos, Asociaciones y Organismos dedicados a la Gerencia de Proyectos, de los cuales destacan dos, por su importancia, influencia y número de miembros: PMI (Project Management Institute) y APM (Association for Project Management), sin embargo, existen otras más como lo son el IPMA (International Project Management Association), PRINCE2 (Project in Controlled Environments) y PM². Estas organizaciones han logrado convocar a los profesionales del sector, proporcionar formación de calidad, hacer difusión del conocimiento, organizar grupos de trabajo para el desarrollo de diferentes temáticas del sector, establecer estándares específicos y programas de certificación que permiten acreditar a los profesionales de la dirección de proyectos, acorde a parámetros objetivos que definen las asociaciones.

Cada uno de estos institutos, asociaciones y organismos cuenta con sus guías de buenas prácticas para la Gestión de los Proyectos; no obstante, es importante entender que son solo eso: guías, las cuales debemos estudiar, interpretar y sobre todo adaptar a nuestras necesidades, a las de la dependencia y del proyecto para lograr un resultado óptimo.

3.5 Metodologías tradicionales de Gestión de Proyectos

3.5.1 Project Management Institute (PMI)

El PMI nace en Filadelfia, EE.UU. en 1969 y tiene como misión convertir a la dirección de proyectos en una actividad indispensable para obtener resultados en cualquier negocio. A la fecha, tiene más de medio millón de asociados acreditados y certificados en más de 178 países y se ha convertido en la acreditación más requerida por las empresas, para la contratación de profesionales en el área de la Gerencia de Proyectos.

La base metodológica del PMI es el Project Management Body of Knowledge (PMBOK), describe un conjunto de conocimientos y de buenas prácticas, las cuales han sido concebidas tras evaluación y consenso entre profesionales sobre su valor y utilidad. Tales prác-

ticas han sido compiladas y mejoradas durante los últimos veinte años, gracias al esfuerzo de profesionales y académicos de diversos ámbitos profesionales y especialmente del área de ingeniería. Entendiendo por buenas prácticas, aquellas que contribuyan a lograr resultados exitosos en un proyecto, a pesar de sus restricciones de tiempo, costo, calidad y riesgos.

El *PMBOK* documenta la información necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, supervisar, controlar y cerrar un proyecto individual, e identifica los procesos de la dirección de proyectos que han sido reconocidos como buenas prácticas para la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo. Estos procesos se aplican globalmente y en todos los grupos de negocios o industrias.

Es importante interpretar el *PMBOK* como una guía de estándares internacionales que los profesionales pueden adaptar a cada caso y contexto particular. Asimismo, cabe recordar que los procesos, reconocidos como buenas prácticas por el *PMI*, se pueden aplicar a la mayoría de los proyectos en la mayoría de los casos. La importancia del *PMBOK* es que provee un marco de referencia formal para desarrollar proyectos, guiando y orientando a los gerentes de proyectos sobre la forma de avanzar en los procesos y pasos necesarios para la construcción de resultados y alcanzar los objetivos. Esto, por supuesto, requiere la adaptación de los contenidos del *PMBOK* al dominio técnico y la especificidad de cada proyecto en particular. El *PMBOK* se

debe entender como una recopilación de buenas prácticas, lo cual significa que existe un consenso general en que se ha comprobado que la aplicación de esos procesos de dirección de proyectos aumentan las posibilidades de éxito en una amplia variedad de proyectos.

La estructura del *PMBOK*, séptima edición, se divide en tres partes:

- El Estándar para la Gestión de Proyectos. Se divide en tres secciones, la Introducción, el Sistema de Entrega de Valor y los Principios para la Gestión de Proyectos.
- La Guía para el Cuerpo de Conocimientos de Gestión de Proyectos. Se divide en tres secciones: los Dominios de Rendimiento del Proyecto o de Desempeño del Proyecto, la Adaptación y los Modelos, Métodos y Artefactos.
- Los Apéndices y el Glosario. Estos proporcionan información con mayor detalle sobre el rol del *sponsor* o patrocinador, evolución de la Oficina de Proyecto o *PMO*, el desarrollo del producto y cómo es la investigación y desarrollo para actualizar el Estándar para la Gestión de Proyectos. Finalmente, el *PMBOK* cierra con el glosario de términos.

3.5.2 Ciclo de vida de los proyectos según el *PMI*

Según el *PMI* un proyecto de arquitectura o ingeniería tiene que obedecer necesariamente a una secuencia lógica de desarrollo del

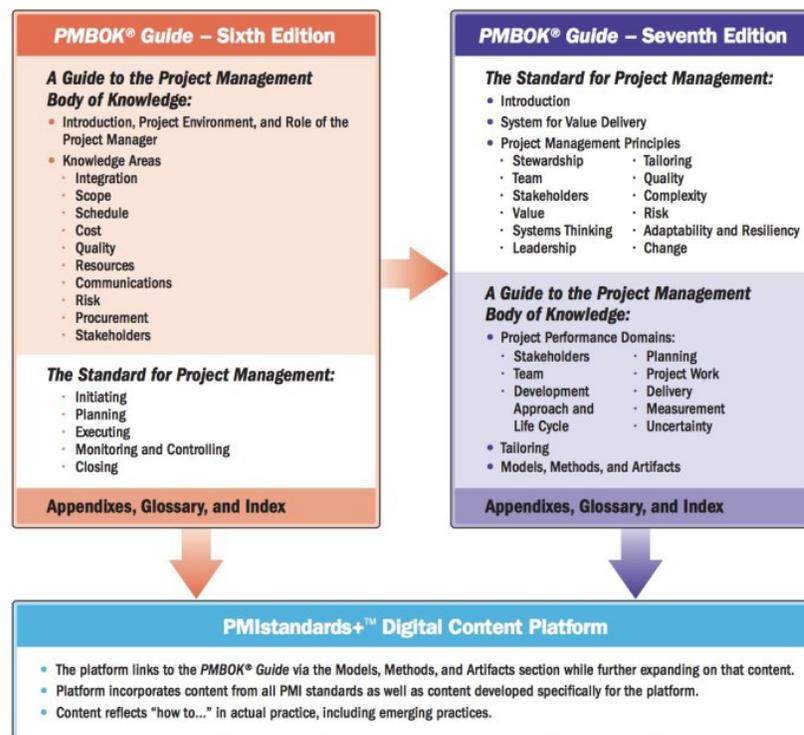


ILUSTRACIÓN 5. Diferencia de estructura del *PMBOK* 6 vs *PMBOK* 7

Fuente: Internet

producto final. Las fases del ciclo de vida del proyecto deben realizarse con el tiempo suficiente para poder alcanzar sus objetivos. A su vez, cada fase genera productos que son los datos de entrada para las fases sucesivas.

A continuación, se muestra el ciclo de vida típico de un proyecto basado en el modelo del PMI:

- ⇒ FASE 00 (*Project conception*) Concepción del proyecto.
- ⇒ FASE 01 (*Project delivery*) Contratación del equipo de trabajo.
- ⇒ FASE 02 (*Planning and design*) Anteproyecto.
- ⇒ FASE 03 (*Construction documentation*) Proyecto ejecutivo.
- ⇒ FASE 04 (*Bidding, negotiation and purchasing*) Desarrollo del concurso, negociaciones y adquisiciones.
- ⇒ FASE 05 (*Construction administration*) Control de obra.
- ⇒ FASE 06 (*Facility Management*) Puesta en marcha.

En este esquema, con el modelo del PMI en su extensión de construcción, el ciclo de vida del proyecto se desglosa en las siguientes fases:

- ⇒ FASE 00 (*Project conception*) Concepción del proyecto.
 - Programa maestro
 - Presupuesto base
 - Análisis y selección del sitio
 - Estudios preliminares
 - Estudios de factibilidad
- ⇒ FASE 01 (*Project delivery*) Contratación del equipo de trabajo.
 - Lista y solicitud de datos
 - Solicitud de propuestas
 - Contrataciones
- ⇒ FASE 02 (*Planning & design*) Anteproyecto.
 - Etapa conceptual y diseño básico
 - Dibujos arquitectónicos y de Ingenierías
 - Memorias descriptivas y criterios
 - Costos estimados
 - Estimación de tiempos
 - Especificaciones generales
- ⇒ FASE 03 (*Construction documentation*) Proyecto ejecutivo.
 - Planos arquitectónicos y de Ingenierías a detalle
 - Descripción del proyecto
 - Presupuesto base
 - Programa en ruta crítica
 - Especificaciones particulares
 - Documentación para las bases de la licitación
 - Manual del proyecto
- ⇒ FASE 04 (*Bidding, negotiation and purchasing*) Desarrollo del concurso, negociaciones y adquisiciones.
 - Solicitud de propuestas
 - Concurso y negociación
 - Órdenes de compra
 - Documentación para contratos

- ⇒ FASE 05 (*Construction administration*) Control de obra.
 - Control y supervisión de obra
 - Requerimientos de cambio
 - Órdenes de compra
 - Registros y pruebas
 - Control de programa
 - Control de costos
 - Control de estimaciones
 - Control y reportes de avance
 - Cierre del proyecto
- ⇒ FASE 06 (*Facility Management*) Puesta en marcha.
 - Operación y mantenimiento
 - *Facility Management, Property Management and Asset Management*

3.5.3 Association for Project Management (APM)

La misión de APM es desarrollar y promover las disciplinas profesionales de proyectos y la administración de programas para el beneficio público. Su estrategia se basa en las cinco dimensiones del desarrollo profesional:

- ⇒ *Amplitud*: El Cuerpo de Conocimiento, *Body of Knowledge* (BOK) de APM define, como su nombre lo indica, los conocimientos necesarios para gestionar cualquier tipo de proyecto y constituye el origen de normas nacionales y metodológicas.
- ⇒ *Profundidad*: El marco de competencias APM proporciona una guía de desarrollo de competencias para la gestión de proyectos.
- ⇒ *Logro*: El sistema de certificaciones de APM incluye cuatro niveles reconocidos en todo el sector.
- ⇒ *Compromiso*: El desarrollo profesional continuo ayuda a mejorar la práctica de la gestión de proyectos.
- ⇒ *Responsabilidad*: El código de conducta profesional APM describe la práctica ética que se espera de un profesional.

El BOK es la *National Competency Baseline* (NCB) de la *International Project Management Association* (IPMA) para Reino Unido y proporciona la base para conseguir proyectos que concluyan satisfactoriamente. Está basado en información correctamente investigada sobre prácticas y tendencias actuales dentro de la profesión; mostrado desde un amplio punto de vista, incluyendo temas comerciales, tecnológicos y de administración, los cuales son relevantes para finalizar con éxito los proyectos.

3.5.4 International Project Management Association, IPMA (ICB/NCB)

Como se mencionó anteriormente, su línea base de competencia es el BOK, que contiene los términos, prácticas, tareas, habilidades, las funciones, los procesos de gestión, los métodos, las técnicas y las herramientas básicas que se utilizan en buenas prácticas y teoría de gestión de proyectos. Además, especifica el conocimiento y la experiencia que debe tener un especialista de dirección de proyectos

La idea central es definir qué tipo de información se necesita para cada proyecto en particular, además de definir las tareas básicas para gestionar el proyecto correcta y eficientemente.

La gestión del proyecto está basada en las competencias, las cuales se dividen en tres tipos: técnicas, contextuales y de comportamiento, como se puede observar en la siguiente figura:



ILUSTRACIÓN 6. Esquema de competencias del ICB
Fuente: Internet

En el siguiente gráfico se puede observar la distribución de los 46 elementos de competencia en función del aspecto al que hace referencia.

The Periodic Table of Project Management Competence Elements

IPMA PM Competence Element Groups

- Contextual Competence Elements
- Technical Competence Elements
- Behavioral Competence Elements

										2.01 L Leadership										
										2.02 M Engagement & motivation										
										2.03 Sc Self-control										
										2.04 As Assertiveness										
										2.05 R Relaxation										
										2.06 O Openness										
3.01 P Project orientation											2.07 Cy Creativity									
3.02 Pg Programme orientation	3.03 Pf Portfolio orientation											2.08 Ro Results orientation								
3.04 Pp Project program & portfolio implementation	3.05 Po Permanent organization	1.01 Ps Project management success	1.02 Ip Interested parties	1.03 Rq Project requirements & objectives	1.04 Ri Risk & opportunities	1.05 Q Quality											2.09 E Efficiency			
3.06 Bu Business	3.07 Sa Systems, products & technology	1.06 Po Project organization	1.07 T Teamwork	1.08 Pb Problem resolution	1.09 Ps Project structures	1.10 Sd Scope & deliverables											2.10 Co Consultation			
3.08 Pe Personnel management	3.09 Hs Health, security, safety & environment	1.11 Tp Time & project phases	1.12 Re Resources	1.13 C Cost & finance	1.14 Cn Procurement & contract	1.15 Ch Changes											2.11 Ne Negotiation			
3.10 Fi Finance	3.11 Le Legal	1.16 Cr Control & reports	1.17 In Information & documentation	1.18 Ca Communication	1.19 Su Project startup	1.20 Cs Project closeout											2.12 Cc Conflict & crisis			
										2.13 Ri Reliability	2.14 Va Values appreciation									
										2.15 Et Ethics	Based on IPMA's ICB® www.ipma.ch									

ILUSTRACIÓN 7. Los 46 elementos de competencia del ICB
Fuente: Internet

El estándar global conocido como Base de Competencia Individual, *Individual Competence Base (ICB)* se utiliza para evaluar y certificar las capacidades necesarias de los gerentes de proyectos en los 4 niveles de certificación (A, B, C y D) definidos por el *IPMA*. Dichos niveles de certificación se basan en el *ICB* y se adaptan para cada asociación nacional en el *IPMA-NCB* (línea base nacional de competencia) con el fin de ajustar el modelo a la cultura particular y a las prácticas de un país específico.

Cada nivel de certificación *IPMA* consta de un proceso de tres etapas independientes, combinando los siguientes términos en distintos niveles:

- ⇒ *Etapas 1:* Autovaloración, currículo, solicitud y lista de referencia de proyectos.
- ⇒ *Etapas 2:* Examen escrito (niveles inferiores), informe de la administración de proyectos, un trabajo opcional, seminario e informe del proyecto (niveles superiores).
- ⇒ *Etapas 3:* Una entrevista.

3.5.5 PRINCE2

Otra guía tradicional para la gestión de proyectos es la denominada *PRINCE2*, que deriva de un método anterior llamado *PROMPTII* y del método de gestión de proyectos *PRINCE*. La versión inicial de *PRINCE* se desarrolló en 1989 como un encargo para el gobierno del Reino Unido que deseaba contar con un estándar de gestión de proyectos para las tecnologías de la información. El nombre de *PRINCE2* viene de las palabras en inglés «*Project in Controlled Environments*», es decir, proyectos en un entorno controlado. Es un método de gestión de proyectos que cubre la gestión, el control y la organización de un proyecto dentro de un marco de trabajo claramente definido.

PRINCE2 describe procedimientos para coordinar personas y actividades en un proyecto, cómo diseñar y supervisar el proyecto y los pasos a seguir si ocurre alguna desviación de lo planificado y es necesario realizar ajustes. Este método propicia la división de las tareas en etapas, lo cual permite una utilización eficiente de los recursos y un seguimiento muy específico a las tareas reales, que permite que el proyecto se desarrolle de una forma controlada y organizada.

Los principios de esta metodología son los siguientes:

- ⇒ *Justificación comercial continua:* Se asegura de que hay un motivo justificable para iniciar el proyecto. La justificación se mantiene válida durante toda la vida del proyecto. Dicha justificación ha sido identificada y aprobada.
- ⇒ *Aprender de la experiencia:* Se recogen las experiencias anteriores, las que se van obteniendo a lo largo de la ejecución del proyecto, así como las lecciones aprendidas al cierre del mismo.
- ⇒ *Roles y responsabilidades definidos:* Asegurando que los intereses de los usuarios que van a usar el proyecto, los proveedores y el responsable del área de negocio están representados en la toma de decisiones.
- ⇒ *Gestión por fases:* Un proyecto que sigue la metodología PRINCE2 se planifica, se supervisa y se controla fase a fase.
- ⇒ *Gestión por excepción:* Es decir, delegar la autoridad suficiente de un nivel de gestión al siguiente, dándole autonomía según unas tolerancias pautadas (de tiempo, costo, calidad, alcance, beneficio y/o riesgo); de manera que, de sobrepasar la tolerancia, se consulte al nivel superior como actuar.
- ⇒ *Orientación a productos:* Centra la atención en la definición y entrega de productos; es decir, un proyecto no es un conjunto de tareas a realizar, si no que entrega productos (que se elaboran tras la ejecución de las tareas que sean necesarias).

- ⇒ *Adaptación:* Asegurando que la metodología PRINCE2 y los controles a aplicar se basen en el tamaño, complejidad, importancia, capacidad y nivel de riesgo del proyecto.

3.5.6 PM²

Es una guía de Gestión de Proyectos desarrollada por la Comisión Europea. Su objetivo es permitir a los directores de proyecto ofrecer soluciones y beneficios a sus organizaciones, mediante una gestión eficaz a lo largo del ciclo de vida de su proyecto. Ha sido creada teniendo en cuenta las necesidades de los proyectos e instituciones de la Unión Europea, pero es transferible a los proyectos de cualquier organización.

PM² incorpora elementos de numerosas mejores prácticas de gestión de proyectos globalmente aceptadas, plasmadas en estándares y metodologías.

Esta metodología proporciona:

- ⇒ Una estructura de gobernanza del proyecto.
- ⇒ Directrices de procesos.
- ⇒ Plantillas de artefactos.
- ⇒ Directrices para usar los artefactos.
- ⇒ Un enfoque eficaz.
- ⇒ Además, mejora la efectividad de la gestión de proyectos porque:
 - ⇒ Mejora la comunicación y la difusión de información.
 - ⇒ Aclara las expectativas del proyecto de manera rápida y temprana.
 - ⇒ Define el ciclo de vida del proyecto (desde el inicio hasta el cierre).
 - ⇒ Proporciona pautas para la planificación del proyecto.
 - ⇒ Introduce actividades de seguimiento y control.
 - ⇒ Propone la gestión de actividades y resultados (planes, reuniones, decisiones).
 - ⇒ Proporciona un enlace a prácticas ágiles (PM² Ágil).

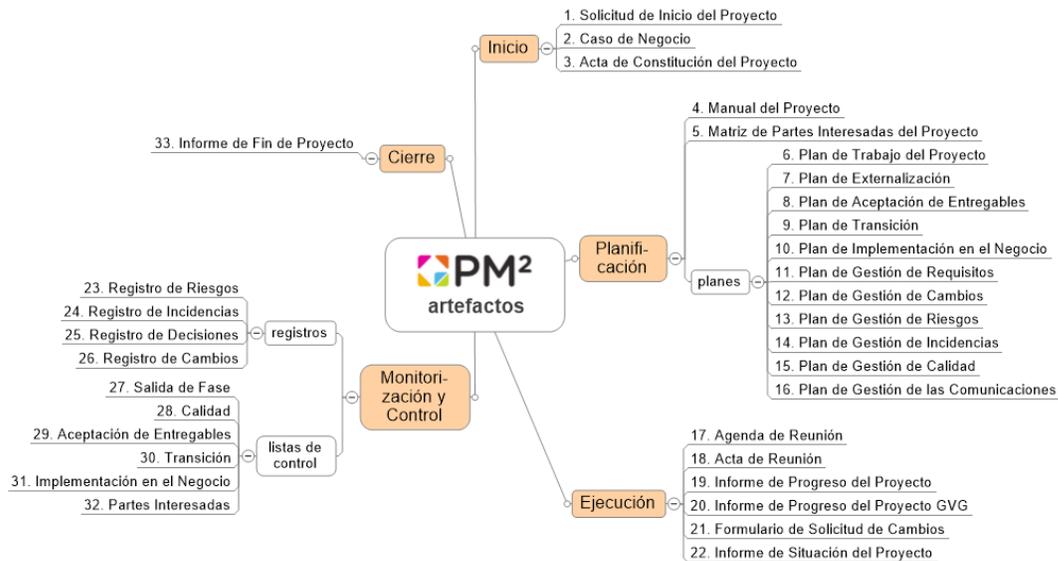


ILUSTRACIÓN 8. Proceso de Gestión de Proyectos PM²

Fuente: Internet

3.5.7 ISO 21500: Directrices para la dirección y gestión de proyectos

La norma ISO 21500 ha sido escrita como una guía que busca orientar a las empresas en su gestión. De hecho, no contiene requisitos como tal y no está diseñada con fines de certificación. En este aspecto difiere de la norma ISO 9001 sobre sistemas de gestión de la calidad, que describe los procedimientos y sistemas que se recomiendan a las organizaciones para mejorar sus procesos o determinados aspectos de sus operaciones. No obstante, podría suceder que en un futuro próximo la norma se actualice y se encamine hacia la certificación. Mientras tanto, adecuarse a las recomendaciones que contiene genera importantes beneficios para las empresas.

La norma ISO 21500 da soporte a uno de los principales motores económicos mundiales: los proyectos, porque proporciona una descripción detallada y muy explicativa de los conceptos y procesos que se consideran relevantes en el desarrollo de proyectos. Su objetivo es ayudar a directores de proyecto, principiantes o experimentados, a aplicar las mejores prácticas en la gestión de sus proyectos, mejorando los resultados de negocio y concluyendo sus misiones con éxito. Los beneficios de la aplicación de la norma ISO 21500 incluyen:

- Fomentar la transferencia de conocimientos entre proyectos y organizaciones.
- Mejorar las condiciones de ejecución de las distintas etapas de los proyectos.
- Facilitar los procesos de licitación y su eficiencia.
- Promover el uso de una terminología de gestión de proyectos coherente.
- Aumentar la flexibilidad de los empleados de gestión de proyectos.
- Adecuar la capacidad de los equipos de proyecto para su trabajo en entornos internacionales.

En la siguiente figura se puede apreciar la relación entre los procesos identificados en PMBOK V.4., PMBOK V.5. y la norma ISO 21500; existe una óptima coordinación entre todos estos documentos.

	PMBOK® Guide 4 th	ISO 21500	PMBOK® Guide 5 th
Process Groups	<ol style="list-style-type: none"> 1. Initiating 2. Planning 3. Executing 4. Monitoring & Controlling 5. Closing 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Initiating 2. Planning 3. Implementing 4. Controlling 5. Closing 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Initiating 2. Planning 3. Executing 4. Monitoring & Controlling 5. Closing
Knowledge Areas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integration 2. Scope 3. Time 4. Cost 5. Quality 6. Human Resource 7. Communications 8. Risk 9. Procurement 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integration 2. Scope 3. Time 4. Cost 5. Quality 6. Resource 7. Communication 8. Risk 9. Procurement 10. Stakeholder 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integration 2. Scope 3. Time 4. Cost 5. Quality 6. Human Resource 7. Communications 8. Risk 9. Procurement 10. Stakeholder

Esta norma europea proporciona principios universales de gestión de proyectos que ayudan a lograr objetivos de forma más sencilla. Además, está diseñada para alinearse con las principales normas internacionales de sistemas de gestión de la calidad y de riesgos como:

- ISO 10006: 2003: Aporta directrices para la gestión de la calidad en los proyectos.
- ISO 10007: 2003: Orienta hacia una gestión de la configuración, también en el ámbito de la calidad.
- ISO 31000: 2009: Contiene los más importantes principios y directrices sobre gestión de riesgos, completados por algunas normas específicas para algunos sectores.

Es importante mencionar que la estructura de la norma prácticamente coincide con el Capítulo 3 del PMBOK; por lo tanto, ISO 21500:2012 no introduce confusión normativa en el sector. Los Capítulos del 4 al 12 del PMBOK desarrollan las herramientas y técnicas que habitualmente se aplican a cada proceso y sirven de complemento imprescindible para la aplicación y desarrollo de ISO 21500:2012.

En resumen, podría decirse que adecuarse a lo que dispone la norma ISO 21500 supone avanzar en la estandarización de criterios hacia la internacionalización, adaptándose a las nuevas condiciones de globalidad en los mercados; en un entorno de eficiencia y sostenibilidad que parte de una buena integración y una coordinación eficaz.

3.6 Gerencia de Proyectos en proyectos de construcción

Es importante mencionar que al no existir criterios específicos para una Gerencia de Proyectos, es posible tomar como referencia el Artículo 249 del RLOPSRM, que a la letra dice:

«La Gerencia de Proyectos consistirá en los servicios integrados necesarios para la planeación, organización y control de un proyecto en todas sus fases, incluyendo el diseño, la ejecu-

ILUSTRACIÓN 9. Relación entre los procesos y áreas de conocimiento del PMBOK e ISO 21500

Fuente: Internet

ción de los trabajos y la administración de los recursos humanos, materiales y financieros, para que el proyecto satisfaga los objetivos y requerimientos de la dependencia o entidad».

Con base en lo anterior, existe la posibilidad de disponer de un servicio relacionado con la Gerencia de Proyectos, durante la fase de construcción de un proyecto de obra pública, el cual, coadyuvando con la Residencia de Obra de la dependencia, coordinará las actividades de planeación, seguimiento y control de los contratos de obra y servicios relacionados con las mismas. Lo anterior, en el entendido de que se trata de un servicio específico, con una especialización no existente en el perfil de puestos de la mayoría de las dependencias públicas; a pesar que dichas personas cuentan con participación en todas las etapas, y por lo tanto tienen una influencia importante en el inicio y cierre de los proyectos.

Conforme a lo señalado por Porras Morales (2021:57), en su documento «El ABC de la Gerencia de Proyectos aplicada a la Arquitectura», en la práctica profesional se pueden establecer tres campos de aplicación para la Gerencia de Proyectos en el sector de la construcción, esto derivado de la organización y tipo de contratación del proyecto:



- ⇒ Aplicar la Gerencia de Proyectos en el sentido más amplio y completo en un desarrollo, siendo el representante del cliente y teniendo contratado al diseñador y al constructor, siendo este esquema el recomendado, que incluso puede llegar hasta la operación. (Diagrama 1)
- ⇒ Desarrollar el diseño ejecutivo con criterio de Gerencia de Proyectos, esto sería lo ideal como Arquitectos diseñadores dado que implementaríamos los principios de la Gerencia para el desarrollo eficiente. (Diagrama 2)
- ⇒ Desarrollar la etapa de pre construcción con criterio de Gerencia de Proyectos, al igual que el punto anterior los resultados serían mejores. Esto no sustituye la empresa o actividad de supervisión. (Diagrama 3)

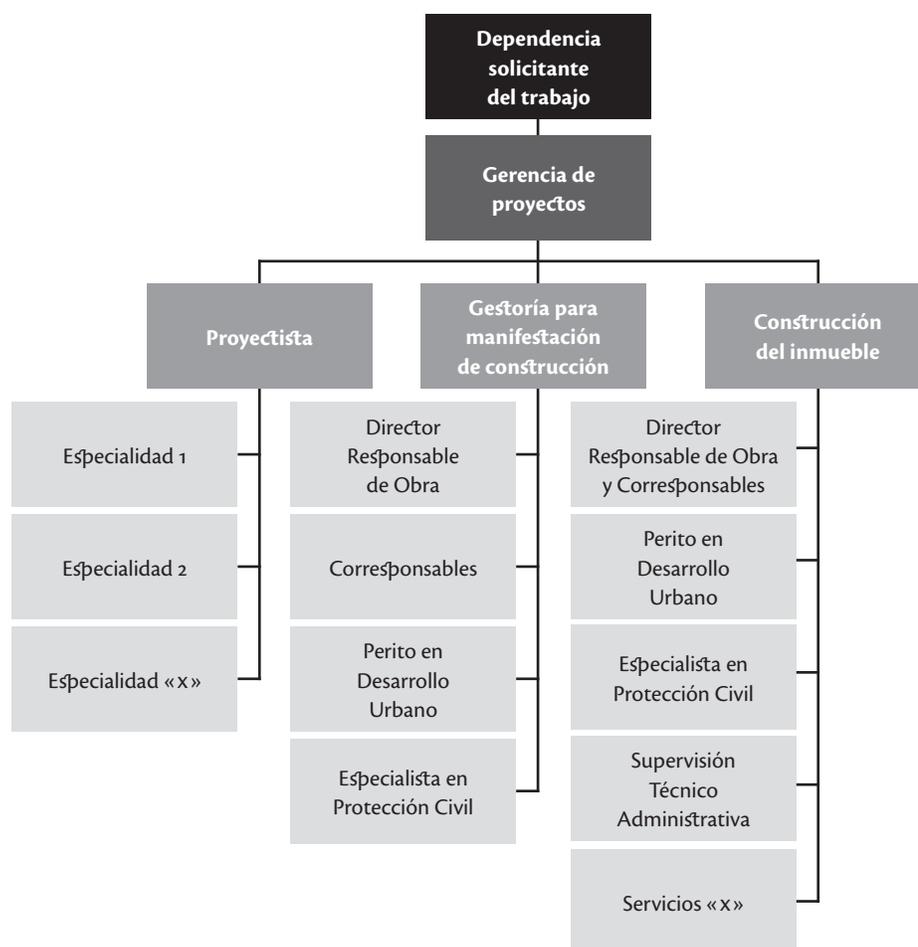


DIAGRAMA 1. Organigrama de la Gerencia de Proyectos en el sentido más amplio y completo en un desarrollo

3.7 Organización para la Gerencia de Proyectos según el tamaño de los proyectos: una propuesta

A continuación, se presenta una propuesta para el equipo de especialistas que, de ser contratados por una dependencia, podría prestar los servicios de Gerencia de Proyectos dependiendo de la magnitud de los mismos. Es importante mencionar que cada dependencia puede clasificar el tamaño de los proyectos con base en

diferentes criterios, tales como los metros cuadrados de construcción, presupuesto asignado o importancia para la dependencia; para fines de la propuesta se clasifican, tomando como base los metros cuadrados, en proyectos pequeños, medianos y grandes.

Por otro lado, es importante señalar que se tomó como base el Tabulador de Servicios Profesionales 2023 de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, para establecer los puestos que se requieren en la prestación de los servicios de Gerencia de Proyectos.

3.7.1 Proyectos pequeños (hasta 5,000 m² de construcción)

PERSONAL	NÚMERO	CATEGORÍA	NIVEL	CANTIDAD
Gerente de proyecto	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Encargado de contratos y subcontratos	7	Coordinador de Proyectos	Operativo	1
Encargado de planeación y control del proyecto	7	Coordinador de Proyectos	Operativo	1
Encargado de presupuestos y control de costos	7	Coordinador de Proyectos	Operativo	1
Total de especialistas				4

TABLA 2. Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos pequeños
Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Proyectos medianos (de 5,001 m² hasta 10,000 m² de construcción)

PERSONAL	NÚMERO	CATEGORÍA	NIVEL	CANTIDAD
Gerente de proyecto	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Ayudante administrativo	4	Profesionista «A»	Operativo	4
Gerente de contratos y subcontratos	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Gerente de planeación y de ingeniería de sistemas	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Gerente del control de proyecto	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Total de especialistas				8

TABLA 3. Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos medianos
Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Proyectos grandes (más de 10,001 m² de construcción)

PERSONAL	NÚMERO	CATEGORÍA	NIVEL	CANTIDAD
Gerente de proyecto	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Subgerente	8	Subgerente de Proyectos	Táctico	1
Gerente de planeación e ingeniería de sistemas	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Encargados de planeación, de análisis de sistemas y de integración de las ingenierías	7	Coordinador de Proyectos	Operativo	4
Gerente del control de proyecto	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	1
Encargados de contratos y autorizaciones de trabajo, presupuesto y control de costos, de programación, de informática y administración	7	Coordinador de Proyectos	Operativo	4
Gerentes de diseño arquitectónico, diseño urbano, diseño estructural, instalación eléctrica, instalación hidráulica y sanitaria, instalaciones especiales, etc.	9	Gerente de Proyectos	Estratégico	7
Total de especialistas				19

TABLA 4. Plantilla de trabajo para la Gerencia de Proyectos en Proyectos grandes
Fuente: Elaboración propia

3.8 Actividades y responsabilidades durante el ciclo de vida del proyecto

Se proponen para cada etapa: de inicio, de planeación, de ejecución y seguimiento, de control, de cierre, las siguientes actividades y responsabilidades:

ETAPA DE INICIO

- ☞ Contratar a la Gerencia de Proyectos, la cual deberá:
 - Estudiar la necesidad, sus características y el sitio de la obra
 - Revisar que normatividad será aplicable al proyecto
 - Recabar la información disponible y buscar la faltante
 - Seleccionar equipo de cómputo: *software* y *hardware*
 - Proponer un sistema de comunicación entre: cliente, empresa y proveedores
 - Hacer un *layout* (representación gráfica de la distribución de elementos en un diseño)
 - Seleccionar y contratar a especialistas en: topografía, mecánica de suelos, medio ambiente, protección civil, entre otros
 - Seleccionar y contratar diseñadores: arquitectura, estructura, instalaciones, ecotecnología, etcétera
 - Hacer estudios preliminares
 - Hacer varios diseños conceptuales
 - Revisar los diseños, adecuarlos y presentarlos al propietario

- Seleccionar dos o tres diseños conceptuales
- Contratar a los responsables del proyecto y la obra: Director Responsable de Obra, Corresponsables técnicos, peritos en las especialidades que se requieran
- Estudiará necesidades y condicionantes, contratando especialistas y diseñadores con quienes elaborará el proyecto ejecutivo.
- Una vez concluido, la dependencia definirá a quien contratará para la supervisión y la construcción

ETAPA DE PLANEACIÓN

- ☞ Precisar las comunicaciones por usar:
 - Las formales e informales de tipo personal, telefónicas, escritas o electrónicas
 - Relacionar a los involucrados internos y externos
 - Programar y tener reuniones semanales
 - Registrar en la bitácora oficial y en la interna las comunicaciones y acuerdos
- ☞ Vigilar los anteproyectos y seleccionar el definitivo
- ☞ Vigilar el proyecto ejecutivo con los siguientes alcances:
 - Planos con detalles, memorias de cálculo y descriptivas
 - El catálogo de conceptos del proyecto
 - El presupuesto base
 - El cronograma o programa base de la obra
 - La procura o proveduría planeada y su programa

- El proceso constructivo verificando su constructabilidad¹⁰
- ⇒ Recabar la firma y revisión en planos y documentos del DRO y de los corresponsables técnicos
- ⇒ Hacer la planeación financiera:
 - Actualizar el primer estudio de factibilidad económica sustituyendo el presupuesto paramétrico por el presupuesto base
 - Elaborar una matriz cuyas columnas serán los meses y las abscisas los ingresos y egresos esperados
 - Obtener la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN)
 - Estudiar las fuentes de inversión y financiamiento
- ⇒ Planear el control de la calidad del proyecto:
 - Recabar la normatividad aplicable al proyecto
 - Diseñar el aseguramiento de calidad (ISO-9000)
 - Verificar la calidad de insumos con muestreo aleatorio con pruebas de laboratorio y evaluación estadística
 - Controlar la calidad de los elementos de la construcción fabricados en obra
- ⇒ Planear riesgos:
 - Identificarlos con un análisis cuantitativo y cualitativo por:
 - Errores en el presupuesto
 - Errores en el diseño del procedimiento de construcción
 - Errores durante la ejecución de la obra
 - Errores de apreciación geológica, climatológica, financiera, contractual y social
 - Analizar las respuestas al riesgo clasificando la probabilidad de que ocurra entre el 1 y el 4
 - Evaluar el costo del impacto y de su remediación
- ⇒ Contratar la supervisión y al constructor general:
 - Seleccionar al supervisor y al contratista general (licitación)
 - Firmar los contratos de obra
 - Sustituir presupuesto y programa base por el aprobado al contratista
 - Preparar (una vez contratados ambos) los documentos y llevar a cabo las acciones necesarias para iniciar la construcción; mismas que serán verificadas y aprobadas primero por la supervisión y después por la Gerencia de Proyecto
- ⇒ Planear la obra considerando los siguientes aspectos:
 - Revisar cuidadosamente el proyecto ejecutivo
 - Revisar el contrato entre el propietario y el constructor
 - Revisar el programa de obra
 - Analizar sus actividades críticas, viendo en cuales se puede usar un *fast-track*
 - Elaborar el plan de calidad junto con el proceso técnico-administrativo a seguir
 - Elaborar el programa de procuración y su cadena de abastecimiento
 - Elaborar el programa de empleo del equipo

- Verificar si hay nuevos métodos que puedan sustituir con ventaja a los tradicionales
- Verificar si se dispone en obra de copia certificada de permisos y licencias
- Revisar el sitio donde se va a realizar la obra, confirmar:
 - Si se dispone de agua potable
 - Si se dispone de drenaje
 - Si se dispone de electricidad
 - Si se dispone de adecuadas vías de acceso
- ⇒ Revisar el proceso constructivo
- ⇒ Describir en cada etapa su procedimiento y su seguridad

ETAPA DE EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO

- ⇒ La ejecución de la obra la hará el contratista respetando el diseño, la calidad, el presupuesto y programa incluidos en el proyecto ejecutivo. El supervisor verificará lo hecho y revisará estimaciones, mientras que el gerente de proyectos dirigirá lo técnico, aprobará estimaciones, verificará avances y aplicará posibles sanciones.
 - Verificar que se respete el proceso constructivo autorizado
 - Resolver dudas y autorizar cambios justificados procurando alentar lo menos posible el proyecto, el presupuesto y el programa
 - Verificar los informes del supervisor y corregirlos o aceptarlos
 - Revisar semanalmente las bitácoras oficial e interna
 - Verificar la seguridad de la obra
 - Dar su visto bueno a las estimaciones que elabore el constructor y apruebe el supervisor

ETAPA DE CONTROL

- ⇒ Las áreas de supervisión y gerencia de proyectos verificarán que la obra se construya apegada al proyecto, al contrato y al plan de calidad, por lo que deberán:
 - Revisar periódicamente que se estén monitoreando procesos y procedimientos
 - Verificar que el importe pagado por la obra ejecutada coincida con el presupuesto autorizado y con el avance tenido, cualquier desviación deberá estar plenamente justificada
 - Verificar si el cronograma se está cumpliendo
 - Verificar si los insumos y los productos incorporados son los convenidos y respetan las normas NOM y sus tolerancias
 - Verificar si en la obra se cumple con el Manual de Protección Civil y hay seguridad e higiene
 - Verificar si la tarea de supervisión se está llevando de manera adecuada
 - Verificar si las bitácoras oficial e interna se llevan en forma correcta y están debidamente firmadas
 - Comprobar que se usen los formatos para detectar desviaciones
 - Revisar que se incorpore en la obra la mejora de los procesos

¹⁰ La Asociación para la Investigación e Información de la Industria de la Construcción (CIRIA, por sus siglas en inglés) del Reino Unido, la definió como «la metodología que proporciona al diseño de un edificio facilidad de construcción, estando sujeta a todos los requerimientos necesarios para llevarla a cabo» (CIRIA, 1983); citado en Corona Suárez *et al.*, (2011:271).

ETAPA DE CIERRE

- ⇒ En el cierre del proyecto ejecutivo participarán:
 - El propietario o su residente
 - El gerente de proyecto
 - Los especialistas y proyectistas
 - El Director Responsable de Obra
 - Los corresponsables técnicos
 - El gestor
- ⇒ Documentos por entregar:
 - Proyecto ejecutivo
 - Licencias
- ⇒ En el cierre de la obra:
 - Puesta en operación de obra y equipo
 - Entrega de documentos oficiales



- Planos *as-built*
- Cronograma real según se llevó a cabo la obra
- Reportes de control de calidad (bitácoras)
- Manual de operación y mantenimiento
- Bitácoras
- Las garantías de equipos y materiales
- El reporte fotográfico
- ⇒ En la parte administrativa:
 - El contrato original y los adicionales
 - El presupuesto original y las aditivas y deductivas
 - Las estimaciones
 - Los informes
 - Las fianzas



Capítulo 4

Building Information Modeling

«El sector de la construcción vive una transformación sin precedentes. El desarrollo de nuevas tecnologías está permitiendo una importante innovación en la construcción; que promete cambiar para siempre la forma tradicional que tenemos de concebir la industria. No sólo reduciendo los costos y los tiempos propios del sector; sino también generando construcciones sustentables y eficientes y apelando a una mayor productividad y seguridad».

ALPHA HARDIN ©;
empresa líder en construcciones de vanguardia¹¹

4.1 Antecedentes

4.1.1 ¿Qué es Building Information Modeling (BIM)?

BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Dicha metodología se basa en un proceso holístico de creación y administración de la información de un activo construido.

Basada en un modelo inteligente e impulsado por una plataforma en la nube, BIM integra datos estructurados y multidisciplinarios para generar una representación digital de un activo durante todo su

ciclo de vida, desde la planificación y el diseño hasta la construcción y las operaciones, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costos de operación, entre otros beneficios que abordaremos más adelante.

Resulta importante mencionar que BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano (2D), ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), sustentabilidad (6D) y de operación y mantenimiento (7D).

La metodología BIM, junto con importantes avances tecnológicos han hecho posible la representación digital de edificaciones e infraestructuras; estas representaciones estáticas de modelos y simulaciones digitales generan múltiples beneficios a la industria *Architecture, Engineering & Construction* (AEC).

4.1.2 Origen del término

Los problemas de construcción de inmuebles siempre han sido motivo de preocupación, debido a la necesidad de contar con información confiable y entendible para todas las partes involucradas. Con la llegada de las computadoras, se creó la posibilidad de gestionar cantidades voluminosas de información y hacer cálculos, por lo que el sector de la construcción incorporó el potencial de estas herramientas.

Desde 1974, el concepto que actualmente conocemos como BIM apareció con Charles Eastman, quien con otros colaboradores presentó su investigación «*Building Description System*» o esquema del Sistema de Descripción de Edificación, en donde planteó las bases de lo que hoy conocemos como BIM.

¹¹ Alpha Hardin. (s/f). 10 innovaciones tecnológicas que revolucionan la industria de la construcción en 2021. Consultado el 22 de mayo de 2023, desde <https://www.alpha-hardin.com/innovacion-tecnologica-en-laindustria-de-la-construccion/>

Además de considerar la posibilidad de manejar datos de un proyecto de edificación utilizando métodos de computación, Eastman diseñó un ensamble de *hardware* y un sistema de definición geométrica. Desde estos inicios, *BIM* se ha vinculado estrechamente con la existencia de *hardware* y *software* de procesamientos de datos.

Aunque *Autodesk*¹² no inventó el concepto *BIM*, sí fue la organización que nombró este sistema. Pero era necesario que tanto *hardware* como *software* alcanzaran una maduración de desarrollo que le permitiera poder manejar el volumen de datos que requiere un proyecto de construcción y a un costo asequible.

En 1985, Simon J. Ruffle utilizó por primera vez el concepto de «*Building Model*», en un artículo en el que planteó la posibilidad de que el diseñador dejara atrás las tareas de representación del proceso manual para encomendarlas a sistemas de cómputo. De esta manera, el diseñador podría enfocarse en el desarrollo creativo, como una actividad fundamentalmente humana.

Un año después, en 1986, *Graphisoft*¹³ introdujo al mercado su producto *ArchicAD*, bajo el concepto registrado de «Edificio Virtual» el cual permitía al usuario almacenar y manejar grandes volúmenes de datos, para generar geometría 2D y 3D desde computadoras personales. Sin embargo, este concepto no logró posicionarse en el sector.

Tras la adquisición de *Revit Technology Corporation*, en 2002 *Autodesk* publicó un informe en donde dio a conocer una nueva «estrategia para la aplicación de tecnologías de la información a la industria de la construcción»: *Building Information Modeling*. De esta manera, *Autodesk* determinó tres características para el *BIM*:

- Bases de datos digitales.
- Gestión de cambios en los datos y geometría.
- Captura y preservación de la información para usos futuros.

Asimismo, en 2004 *Autodesk* lanzó el *software* *Autodesk Revit* como su solución *BIM* para arquitectura. Posteriormente, la empresa desarrolló versiones específicas del sistema *BIM* para ingeniería de estructura, mecatrónica, eléctrica y plomería (*Mechanical, Electrical and Plumbing, MEP*).

De esta manera el término *Building Information Modeling*, propuesto por *Autodesk*, era meramente descriptivo de sus nuevos productos; sin embargo, logró que el 80% del mercado de *software* en este sector utilizara un mismo concepto unificado. Asimismo, *Graphisoft* también utilizó *BIM* como término en sus productos.

4.1.3 Estrategia *BIM* en México

En marzo de 2019, fue publicada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México, cuyo objetivo general fue «mejorar los procesos de desarrollo de la infraestructura pública, considerando la eficiencia de la planeación, disminución de sobre tiempos y sobre costos, así como fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas» (2019:5)¹⁴.

La estrategia responde a una situación macroeconómica de diferentes gobiernos que han realizado recortes significativos a la inversión en materia de infraestructura pública y los servicios sociales. Por lo anterior, algunos dedicaron esfuerzos para eficientar los recursos públicos en materia de infraestructura, implementando mecanismos y metodologías que permitan robustecer los procesos actuales de los proyectos de infraestructura, desde el diseño hasta la operación y mantenimiento de los activos.

En México, la idea de implementar *BIM* a nivel nacional surgió, en principio, por un empuje del sector privado, que buscó aumentar la productividad y eficiencia, aprovechando los avances tecnológicos actuales. Es aquí donde se dio un primer contacto entre el Gobierno de Reino Unido y empresas del sector privado.

En 2013, el gobierno de Reino Unido publicó una estrategia con una visión a largo plazo en la que se plantearon cuatro objetivos muy específicos hacia 2025, los cuales buscan, entre otros beneficios:

- Reducir costos de construcción y operación en 33%
- Reducir tiempos de desarrollo de proyectos en 50%
- Reducir emisiones de gas en 50%
- Reducir la brecha entre exportaciones e importaciones en 50%

En 2015, *Arcadis*, a nombre de la Embajada del Reino Unido en la Ciudad de México, entregó a México un informe titulado «Estrategia del *BIM* para México. Recomendaciones para el desarrollo de la estrategia», como una contribución que comparte experiencias sobre la implementación *BIM* en el Reino Unido, y reconociendo el alto potencial de la implementación *BIM* en México para beneficiar a los clientes del sector público, con la entrega más eficiente de proyectos bien definidos. En este informe se hace hincapié en los objetivos, las metas, los actores, los principales componentes de la estrategia, el plan de implementación, el programa, así como la secuencia de implementación, con énfasis en las siguientes siete recomendaciones:

12 Empresa líder a nivel mundial en tecnología de diseño y creación.

13 Corporación multinacional europea que diseña *software* y tiene su sede en Budapest, Hungría. Como subsidiaria de *Nemetschek*, *Graphisoft* desarrolla productos de *software* de modelado de información de construcción para arquitectos, diseñadores de interiores y planificadores.

14 Secretaría de Hacienda y Crédito Público, SHCP. (2019). *Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México*. Consultado el 10 de abril de 2023, desde https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/473961/Plan_estrategico_MIC.PDF

- ⇒ Concentrarse en victorias rápidas con BIM, las cuales ofrezcan beneficio inmediato a los usuarios y a los clientes, fomentando una adopción más extendida.
- ⇒ El contenido de la estrategia del BIM debe considerar tecnología, proceso y cultura.
- ⇒ La estrategia del BIM debe atender los intereses y las necesidades específicas de los clientes y proveedores.
- ⇒ Crear una base para el trabajo colaborativo. Deben desarrollarse procesos y normas para facilitar un mejor intercambio de información por parte de equipos de proyectos, así como aumentar la productividad del ramo.
- ⇒ Los clientes del sector público deben planear y desarrollar con anticipación las habilidades para definir y usar los datos que se tienen en el BIM.
- ⇒ La implementación de la estrategia BIM debe ser una consideración principal; las recomendaciones deben ser asequibles.
- ⇒ Una estrategia de BIM para México debe realizarse en fases, lo que permite tener tiempo suficiente para el desarrollo de habilidades, capacidades y procesos para que pueda alcanzarse el completo potencial de BIM.

4.1.4 Dimensiones BIM

La metodología BIM responde al ciclo de vida de los edificios, contemplando en cada fase de diseño distintas consideraciones o dimensiones. Estas dimensiones consisten en sectorizar cada fase descriptiva del ciclo de vida del edificio, quedando integradas en el modelo gráfico virtual. El total de dimensiones que se manejan en la metodología BIM es de siete, se recomienda que se trabaje en cada

una de ellas para que exista un proceso de diseño integrado. Sin embargo, dependiendo de los requerimientos de cada proyecto y usuario, es hasta donde se abordarán las dimensiones de BIM.

En la Ilustración 10, se muestran de manera general las dimensiones de la metodología BIM a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

A continuación, se puntualiza el nivel de detalle de cada una de las siete dimensiones que componen la metodología BIM:

- ⇒ **Dimensión 1 (1D):** Establecimiento de las bases para los proyectos colaborativos. La comprende toda aquella labor de recopilación de información y normatividad acerca del futuro edificio hasta concluir con los estudios previos y primeras aproximaciones gráficas.
- ⇒ **Dimensión 2 (2D):** Es la dimensión plana, la planimetría tradicional en dos dimensiones (2D).
- ⇒ **Dimensión 3 (3D):** Todo modelo BIM es creado mediante el diseño vectorial en tres dimensiones. Esta manera es la representación gráfica nativa de cualquier proyecto basado en la metodología BIM. La dimensión 3D incluye un modelo del edificio realista de manera que pueda también emplearse no solo para visualización arquitectónica, sino también en el trabajo coordinado entre equipos de arquitectura, estructuras, instalaciones; e incluso para promover la venta, ya que de él se deriva el modelo que puede ser renderizado para crear imágenes fotorrealistas.
- ⇒ **Dimensión 4 (4D):** En esta dimensión se incorpora el factor tiempo a la fase de modelado realizada hasta el momento. De esta manera se pueden realizar análisis sobre programaciones y plazos. Esta dimensión está especialmente pensada para las fases de proyecto y construcción del edificio. Se pueden emplear otras metodologías de trabajo para la coordinación y gestión de obra;

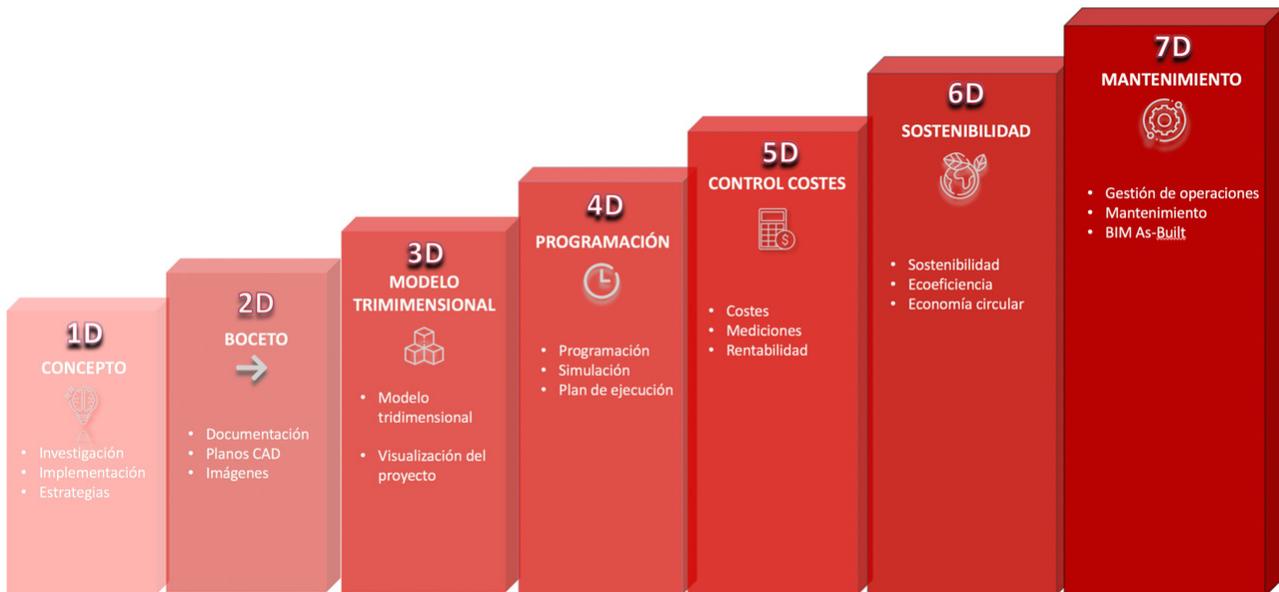


ILUSTRACIÓN 10. Dimensiones BIM
Fuente: Internet

tal es el caso del sistema *Last Planner*, Constructabilidad, *Lean Construction*, etc., resultando así, una optimización de tiempos y minimizando los desperdicios.

- ⇒ **Dimensión 5 (5D):** Es en esta dimensión cuando se incorpora la información necesaria para determinar los costos del proyecto, incluyendo estimaciones de gastos del mismo, facilitando así el control sobre la información contable y financiera. A grandes rasgos, el objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto.
- ⇒ **Dimensión 6 (6D):** Esta dimensión se ocupa de la valoración del modelo *BIM* considerando sus costos energéticos a lo largo de su vida útil. El modelo tridimensional incluye toda la información necesaria sobre las propiedades higrotérmicas de los componentes y las incorpora en los programas y complementos tipo *plug-in* de análisis energético.
- ⇒ **Dimensión 7 (7D):** Una vez que tenemos el modelo con toda la información gráfica y técnica (gemelo digital), lo que procede es gestionar dicha información en la vida útil del edificio. Esta dimensión está por tanto relacionada con la gestión de las instalaciones del edificio en su fase de funcionamiento o «*facility management*». En este punto, el modelo se alimenta con instrucciones de mantenimiento y funcionamiento, datos de garantía, información de fabricantes y contactos. Dicha gestión será, a su vez, indicadora de futuras decisiones con respecto al edificio, como su posible rehabilitación o la demolición.

4.1.5 Niveles de desarrollo *LOD* (*Level Of Development*) *BIM*

A los niveles de desarrollo de información en el cual se presenten los elementos que integran el proyecto 3D, se les denomina *Level of Development* por sus siglas en inglés *LOD*.

Los *LOD* sirven, entre otras cosas, como una herramienta de comunicación entre los colaboradores que integran el proyecto y sus diversas áreas, ya que presentan información a detalle de los elementos en 3D permitiendo la coordinación detallada entre disciplinas.

A continuación, se explican con mayor detalle los niveles de desarrollo:

- ⇒ ***LOD 100 Conceptual.*** En el modelo aparece un símbolo, o un marcador genérico, sin forma particular y que no cumple con un nivel *LOD 200*. No hay datos de geometría, ni dimensiones. La información de cantidades para estimar costos se obtiene de otras fuentes relacionadas con el diseño, y las estimaciones deben considerarse aproximadas.
- ⇒ ***LOD 200 Geometría.*** En el modelo aparece un objeto genérico o un ensamblaje genérico, que tiene dimensiones, cantidades, ubicación y orientación aproximadas. El objeto tiene parcialmente información asociada; se pueden obtener de él algunas cantidades y datos para estimar costos de manera aproximada.
- ⇒ ***LOD 300 Construcción.*** En el modelo aparece una representación específica del objeto o sistema, precisa en dimensiones, cantidades, tamaño, forma, ubicación y orientación. Se pueden tomar medidas y cantidades directamente del modelo, sin recurrir a

documentos complementarios, especificaciones o notas complementarias. El origen de coordenadas está claramente definido y el objeto puede ubicarse correctamente respecto a este origen. Los objetos tienen información asociada, que sirve para su identificación y compra (marcas, modelos, números de catálogo, etc.).

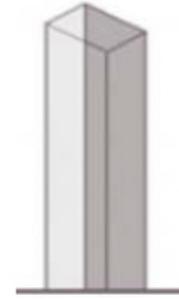


ILUSTRACIÓN 11. *LOD 100 Conceptual*
Fuente: Internet



ILUSTRACIÓN 12. *LOD 200 Geometría*
Fuente: Internet

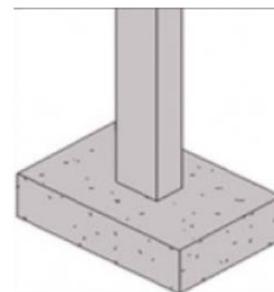


ILUSTRACIÓN 13. *LOD 300 Construcción*
Fuente: Internet

⇨ **LOD 350 Coordinación y colisiones.** Se cumple con todo lo indicado para LOD 300 pero, además, el objeto tiene modeladas todas las conexiones que le permiten interactuar con otros sistemas. Por ejemplo, soportes, bases, placas, etc. El elemento LOD 350 permite hacer análisis preciso de colisiones y conflictos de espacio.

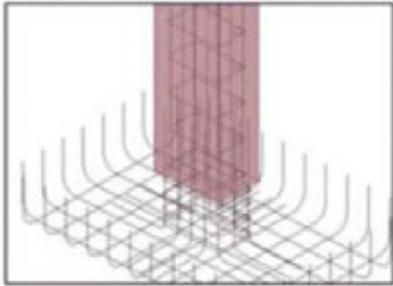


ILUSTRACIÓN 14. LOD 350 Coordinación y colisiones
Fuente: Internet

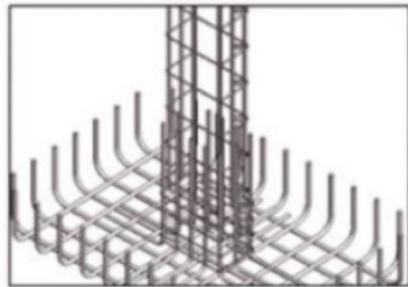


ILUSTRACIÓN 15. LOD 400 Fabricación
Fuente: Internet

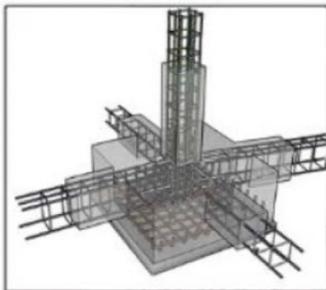


ILUSTRACIÓN 16. LOD 500 As Built
Fuente: Internet

⇨ **LOD 400 Fabricación.** En el modelo, se tiene un nivel de detalle superior a LOD 350, y suficiente para producir dibujos y planos de taller; así como para fabricar/instalar el elemento en su totalidad. En el modelo se muestra la forma de instalar el mismo, con todos los accesorios y piezas requeridos.

⇨ **LOD 500 As Built.** Se cumplen los requerimientos de LOD 400 y además, el elemento ya se encuentra construido; se midió en campo y cualquier cambio respecto a lo indicado por el modelo fue subsanado. El modelo refleja de manera precisa lo que existe construido en la realidad.

4.1.6 Software / Herramientas BIM

Actualmente el mercado agrupa un catálogo de *software* muy grande y diverso que puede ser utilizado de manera colaborativa y bajo estándares de calidad para ofrecer un producto BIM.

Es importante mencionar que, no debe confundirse el concepto de BIM al utilizar cualquiera de las siguientes herramientas de *software*, ya que precisamente son solo eso, sino una herramienta de ayuda para generar un modelo tridimensional basado en una metodología de trabajo BIM que servirá para cumplir con los objetivos del proyecto.

En la tabla 5, (pp.52), se enuncian el *software* y las aplicaciones y herramientas actuales más populares usadas para crear un modelo BIM, así como los respectivos visores BIM.

Como podemos observar en la tabla antes presentada, existe en el mercado una gran variedad de *software* en torno a BIM; es importante mencionar que el uso particular de cada uno de ellos dependerá de la complejidad de los proyectos, los recursos económicos de la empresa, así como de los propios usuarios, ya que unos tienen una interfase más amigable que otras.

4.1.7 Interoperabilidad

En un entorno de trabajo BIM, la interoperabilidad es la capacidad de intercambiar datos entre diferentes tipos de *software* BIM, permitiendo uniformar el flujo de trabajo y facilitar la automatización de los distintos procesos durante el ciclo de vida del proyecto.

Existen varios formatos de importación y exportación de modelos BIM, de los cuales algunos son más permisivos que otros. Como es sabido, las relaciones entre programas de una misma empresa por lo regular se ven favorecidas; sin embargo, el problema se encuentra a la hora del intercambio de información entre distintos tipos de *software* de modelado, ya que, estos aún no se han desarrollado lo suficiente para obtener un intercambio altamente satisfactorio. Dentro de los formatos de intercambios abiertos (*open BIM*) más importantes se encuentran los siguientes:

⇨ **Interoperabilidad con IFC:** IFC (*Industry Foundation Classes*) es un modelo de datos estándar y abierto, desarrollado y mantenido por la *buildingSMART* y ampliamente utilizado en la industria de la construcción. Define las características de los datos relacionados con el diseño, construcción, mantenimiento y operación de obras

MODELADO BIM		
SOFTWARE	DESARROLLADOR	ASPECTOS IMPORTANTES
ArchicAD	Graphisoft	Permite trabajar con « <i>Smart objects</i> », fue diseñado para generar no sólo dibujos en 2D, sino también modelos virtuales completos con toda una base de datos con información constructiva.
Revit	Autodesk	Permite al usuario modelar con objetos paramétricos prediseñados. Su uso en BIM está consolidado y dispone de las herramientas necesarias para el modelado de diseños arquitectónicos, ingeniería y construcción de edificios.
Allplan	Nemetschek	Es el <i>software BIM</i> más utilizado en Alemania. Resulta una buena herramienta para pasar del 2D al 3D. Permite renderizar imágenes de alta calidad con su <i>plug-in</i> incorporado «CineRender».
Aecosim	Bentley Systems	Es sucesor de <i>Microstation (CAD)</i> enfocado a BIM. Se utiliza bastante en obra civil y está orientado a la fase completa del edificio, más que a la fase de diseño.
Vectorworks	Nemetschek	Programa enfocado a diseño para la industria de construcción, entretenimiento, paisajismo y mecánica industrial.
Edificius	ACCA Software	Poco conocido, es un <i>software</i> que integra BIM con renderizado en tiempo real para visualizar el proyecto a la vez que se modela.
VISORES BIM		
BIM Collab Zoom	BIM Collab	Es un visor BIM gratuito y compatible con diferentes <i>softwares</i> , dispone de los flujos de trabajo BIM Collaboration Format (BCF). Es muy rápido para abrir cualquier archivo Industry Foundation Classes (IFC); puede ayudar al usuario a encontrar y visualizar fallos de información, ya que puede filtrar y colorear objetos.
BIMX	Graphisoft	Es uno de los mejores visores del mercado, tanto en versión móvil como en versión escritorio. Con la tecnología Hyper-Modelo ofrece una navegación fluida dentro del proyecto en 2D y 3D.
Solibri Model Viewer	Solibri	<i>Software</i> que permite abrir y visualizar todos los archivos IFC, también permite editarlos con Solibri Model Checker.
A360	Autodesk	Visor online con tecnología a detalle para poder acceder desde cualquier dispositivo con calidad y fluidez. Tiene compatibilidad con multitud de formatos de CAD y visualización de diseños BIM sin necesidad de instalar ningún <i>software</i> .
DALUX BIM Viewer	Dalux	Visor de forma gratuita para compartir modelos BIM. La versión gratuita de esta aplicación puede manejar modelos grandes y complejos. Ofrece accesibilidad sin conexión y es compatible con formatos como IFC, RVT, PDF, DWG, DWFX, PNG y JPEG.
BIMSYNC	Catenda	Visor 3D de alto rendimiento con planos de planta 2D generados automáticamente, para obtener una visión general completa de todos los modelos BIM.
BIM Vision	Data comp	Permite visualizar modelos virtuales procedentes de sistemas de CAD como ArchicAD, Revit, VectorWorks, Allplan y otros, sin necesidad de una licencia comercial de estos sistemas, o de tener un visor de cada sistema en particular.
BIMkeeper	IRP	Sistema de gestión de edificios totalmente online con visor 3D IFC avanzado.
usbIM Viewer	ACCA	Visor de modelos IFC gratuito que permite importar y exportar archivos en formato estándar IFC de modelos Open BIM realizados con cualquier <i>software</i> de BIM.

TABLA 5. Ecosistemas de Trabajo BIM así como sus visores
Fuente: Elaboración propia

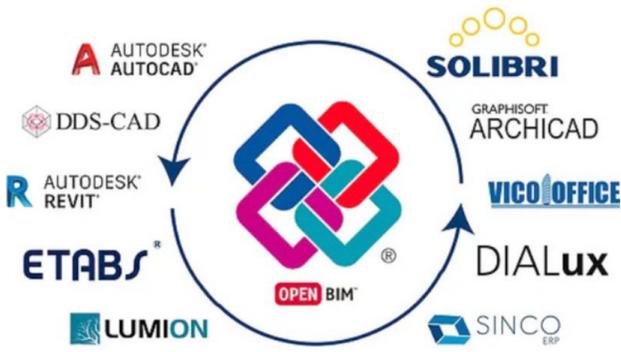


ILUSTRACIÓN 17. Interoperabilidad
Fuente: Internet

civiles. La exportación es muy sencilla de realizar, sin embargo, aún se pierde algo de información en el proceso. La principal ventaja ofrecida por el formato IFC es la posibilidad de colaboración entre las figuras involucradas en el proceso de construcción, permitiendo el intercambio de información a través de un formato estándar.

- ⇒ **Interoperabilidad con BCF:** BCF (*BIM Collaboration Format*) es un formato de archivos abierto basado en XML, también desarrollado por la *buildingsSMART*, que permite agregar comentarios a un modelo BIM en formato IFC. Aunque no está regulado por una ISO, como es el caso del formato IFC (ISO 16739), el BCF tiene una estructura funcional y bien definida para soportar el intercambio de observaciones enfocadas en un modelo IFC.
- ⇒ **Interoperabilidad con COBie:** COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*) es un estándar internacional abierto para la transferencia de información de un activo (información tanto de sus espacios como de sus equipos), entre las fases de redacción y ejecución, y la fase de operaciones y mantenimiento. COBie ayuda a identificar qué activos existen en un edificio, recopilando información a través de diferentes fases del ciclo de vida del mismo. De esta forma, permite disponer de los datos disponibles para las operaciones y el mantenimiento y reducir la necesidad de buscar correos electrónicos, registros de envío y/o información creada para encontrar información que respalde la toma de decisiones oportuna y efectiva.

4.1.8 Nivel de madurez BIM

Los niveles de madurez de BIM definen el progreso tecnológico alcanzado en el sector AEC con base al grado de colaboración y de intercambio de la información, entre los diferentes actores involucrados en un proyecto. Se parte desde un nivel base, en el cual no está prevista la colaboración para el desarrollo de las actividades de trabajo; y se llega al último nivel caracterizado por una perfecta integración de la información y del uso de plataformas Cloud y modelos BIM.

Los 4 niveles de madurez de BIM son los siguientes:

- ⇒ **Nivel 0 BIM (colaboración baja):** Es el paso más simple del proceso de generación de datos, prácticamente no comprende ningún nivel de cooperación. En esta fase, la producción y el intercambio de los datos se llevan a cabo con la ayuda de documentos electrónicos impresos en papel que son no interoperables. Los dibujos CAD son utilizados durante el Nivel 0, pero no hay intercambio de los modelos de datos generados. Actualmente, la mayoría de los técnicos están en el Nivel 0 del BIM; es decir, que intercambian archivos diferentes e información en papel que no pueden interactuar entre sí, incluso utilizando un software BIM.
- ⇒ **Nivel 1 BIM (colaboración parcial):** En este caso se utiliza un *Common Data Environment (CDE)*, que es un archivo compartido en línea en el cual se recogen y se gestionan todos los datos necesarios para el proyecto. En pocas palabras, el Nivel 1 del BIM se concentra en la transición de datos CAD a 2D y 3D. Más allá de la presencia de un ambiente de datos comunes, los modelos generados no son distribuidos entre los diferentes agentes. Es decir, podemos hablar de un Nivel 1 de modelado BIM en presencia de estandarización del modelo entre los miembros del equipo de diseño y gestión de manera organizada, incluso sin un único modelo compartido.
- ⇒ **Nivel 2 BIM (colaboración total):** El interés principal en este nivel es el modo en el cual los datos son compartidos entre los participantes del proyecto. En este nivel se introducen dos nuevas dimensiones relacionadas a la gestión del proyecto: el 4D, ligado a la gestión del tiempo y el 5D, relacionado al cálculo del presupuesto. El trabajo colaborativo es el núcleo del Nivel 2 del BIM. No obstante, no requiere que todos los elementos del equipo involucrados en el proyecto operen sobre los mismos modelos CAD 3D. Por el contrario, cada uno es libre de utilizar un modelo CAD distinto. Lo que es realmente importante, es la existencia de un tipo de archivo común (un archivo IFC) que contiene toda la información de diseño. Estamos hablando de un modelo de colaboración plena entre todas las partes del proyecto. De este modo, los participantes del proyecto pueden tener un panorama de todos los datos disponibles y modificarlos; gracias a esto, son capaces de producir juntos un modelo BIM unificado. Finalmente, el software CAD que utiliza cada parte debe tener la capacidad de exportar tipos de archivos comunes (Ej., archivos IFC, archivos COBie, etc.). En conclusión, podemos decir que los integrantes del equipo trabajan de forma coordinada, cada uno sobre su propio modelo 3D, con el fin de llegar a un modelo en común que mantenga las características específicas de cada disciplina del diseño.
- ⇒ **Nivel 3 BIM (completa integración):** El Nivel 3 BIM es la meta final en el sector de la construcción. Su objetivo principal es el alcance de la plena integración de los datos en un ambiente nube o Cloud. Esto se obtiene mediante el uso de un modelo compartido común. El modelo será accesible a todos aquellos con participación en el proyecto. Por otra parte, los agentes que trabajan en el mismo, podrán modificarlos y/o agregar sus propios datos. Por ende, el Nivel 3 representa el alcance máximo del método: un único modelo sobre el cual trabajar que se nutre de un contenedor, el archivo IFC; este archivo será el más importante

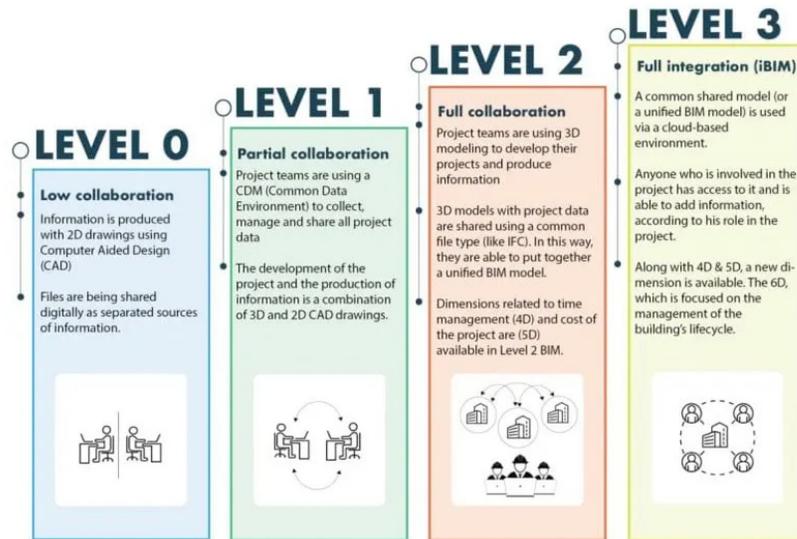


ILUSTRACIÓN 18. Niveles de madurez BIM
 Fuente: Internet

a compartir y conservar en un *Cloud*, así las figuras involucradas en el proyecto pueden acceder a los mismos datos. El equipo de proyecto en tiempo real verifica los efectos de cada acción sobre el modelo. Proporciona la facilidad de tener bajo control toda la historia de una obra, desde su diseño hasta su construcción, desde los costos hasta su mantenimiento. En términos generales aún estamos lejos de alcanzar este nivel; la mayoría de los mercados AEC en todo el mundo se concentran firmemente en el soporte, la formación y la instrucción necesaria para alcanzar el Nivel 2.

4.1.9 Las etapas de madurez digital de la norma ISO 19650

Con la publicación de la norma ISO 19650 (partes 1 y 2) a finales de 2018, han surgido nuevos escenarios respecto a estándares a nivel internacional, comunitario y estatal. Actualmente, la norma es la principal referencia para todas las demás normas existentes.

En este caso, la ISO 19650-1:2018 vuelve a proponer y actualizar el concepto de madurez BIM, con un esquema similar al triángulo de Bew-Richards. Esencialmente, identifica 3 etapas de madurez BIM:

- En el BIM STAGE 1 combina los dibujos CAD en 2D y los modelos BIM en 3D, cumpliendo los requisitos normativos nacionales, para la gestión del proyecto de la obra.
- En el BIM STAGE 2 los modelos de información de las distintas disciplinas (modelos estructurales, arquitectónicos, de instalaciones, etc.), que son comunes y conforme a las normas internacionales ISO 19650, garantizan la gestión integrada del proyecto de la obra.
- Finalmente, en el BIM STAGE 3 los sistemas de bases de datos estructurados de los modelos de información, que pueden ser interrogados inmediatamente, permiten imponer el *Open BIM*

como sistema de gestión del proyecto de la obra y su posterior puesta en marcha. Además, se prevén actividades para la gestión del activo, entendido como los objetos reales y/o virtuales de un edificio.

Al pasar de la etapa 1 a la 3 se produce una creciente integración de los datos tanto a nivel tecnológico, como de información. En concreto, en la etapa 2 la puesta en común de datos se basa en el intercambio de modelos y archivos; mientras que en la etapa 3 se avanza hacia la gestión de modelos a través de plataformas estructuradas, que permiten optimizar todos los procesos BIM e interrogar directamente a los modelos.

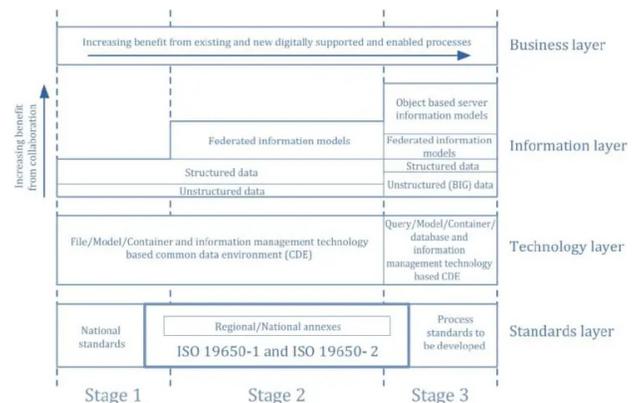


ILUSTRACIÓN 19. Niveles de madurez Norma ISO 19650
 Fuente: Internet

4.2 Ventajas y desventajas de implementar BIM

El sistema de modelado o diseño paramétrico que se emplea en el entorno BIM y las posibilidades de trabajo colaborativo que ofrece la metodología, han cambiado las reglas del juego en el sector. A continuación, se presentan las principales ventajas y desventajas del BIM, analizando la importancia de cada una de ellas.

4.2.1 Ventajas

- ⇒ **Trabajo colaborativo y multidisciplinar:** Una de las principales claves de la metodología BIM, es el trabajo colaborativo entre las distintas disciplinas involucradas. La información de cada parte del proyecto se gestiona de forma digital en un entorno común. El intercambio de estos datos entre los diferentes agentes implicados (estructura, arquitectura, instalaciones, etc.) permite una coordinación más efectiva. Además, la metodología BIM ofrece la posibilidad de trabajar de forma simultánea en modalidad remota, apareciendo así nuevos roles, como coordinadores BIM o BIM managers. Este rol se encarga de gestionar los distintos modelos digitales y sus vínculos para integrarlos como un todo. Al mismo tiempo, la labor de coordinación de todas las partes favorece la detección y solución de problemas de anticipación. En algunos tipos de software, tales como Revit o ArchiCAD, varios usuarios pueden trabajar en forma simultánea sobre el mismo modelo. El flujo de trabajo se realiza a través de la conexión a una red local o en la nube, por lo que los participantes en el proyecto pueden operar a la vez desde cualquier lugar. El trabajo colaborativo es una de las grandes ventajas del BIM con respecto a los sistemas tradicionales, ya que se agiliza muchos procesos y permite un mejor control y dominio de la información.
- ⇒ **Productividad y eficiencia:** El modelo digital o virtual del edificio o infraestructura se crea mediante un software paramétrico. De este modo los elementos del proyecto están relacionados entre sí y sus características están referenciadas. Dependiendo de la función que desempeñen, dichos elementos están condicionados de una forma u otra; cualquier acción que se ejecute en el modelo como, por ejemplo, una modificación de uno de los parámetros, se actualiza de forma automática. Este sistema supone grandes ventajas para la coordinación en el desarrollo del proyecto, ya que existe un mayor control de los elementos. Se reducen los errores y el rendimiento es mayor porque se va generando información técnica, como mediciones, vistas, secciones, etc., al mismo tiempo que se modela. Además, la gestión de los cambios y modificaciones se agiliza de manera significativa. Asimismo, la compatibilidad entre los distintos tipos de software especializados en las disciplinas que intervienen en un proyecto, permite que se puedan vincular los sistemas unos con otros; favoreciendo así la creación de modelos más precisos y mejor definidos. Gracias a esta capacidad de integración y control, los tiempos de elaboración y planificación también disminuyen.
- ⇒ **Detección de interferencias y reducción de errores:** El trabajo colaborativo y la integración de los diferentes vínculos en un mismo

modelo digital, permiten el análisis detallado de la situación. Básicamente, disponemos de un edificio o infraestructura virtual, con el nivel de desarrollo que se necesite en esa fase específica del proyecto. Existen diversos tipos de software que detectan las interferencias entre los diferentes vínculos, lo que puede ocurrir al integrar el modelo digital de arquitectura con el de estructura. Un ejemplo de ello sería una ventana que esté posicionada en medio de una columna o, al integrar el conjunto de instalaciones un conducto de ventilación que topa con una viga. Con la metodología tradicional es común encontrarse con este tipo de problemas en la etapa de obra. Esto se debe, principalmente, a la falta de un análisis exhaustivo de la información y de la interconexión de los distintos vínculos. Esto implica tomar decisiones o hacer cambios *in situ*, provocando sobrecostos y el empleo de más recursos. Con la metodología BIM, problemas como estos pueden ser detectados con antelación, anticipando así las posibles soluciones.

- ⇒ **Optimización de recursos:** Gracias al trabajo colaborativo y a las diferentes herramientas de control y coordinación de la metodología BIM, es posible desarrollar los proyectos con mucha más exactitud; especialmente, en cuestión de mediciones y tener un mayor rendimiento en las tareas de desarrollo y gestión. La capacidad de poder controlar en forma más precisa todos los elementos, hace que la cuantificación de recursos necesarios se realice de una manera más ajustada a lo planeado. En el caso del gasto en materiales, al tener un modelo virtual del edificio o infraestructura completo, detallado y estudiado, se podrán evitar los problemas de interferencias y optimizar los recorridos de los diferentes sistemas. Es el caso de los trazados de tuberías, conductos, uniones y cableado eléctrico, entre otros. De igual manera, gracias a la automatización de muchos procesos de documentación del proyecto y a la productividad que se obtiene con el uso de las herramientas BIM, los agentes implicados pueden disponer de tiempo para dedicarse a tareas más importantes.
- ⇒ **Gestión a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto de construcción:** Como se ha mencionado con anterioridad, el uso de la metodología BIM puede abarcar todas las fases de un proyecto; desde la idea inicial de diseño hasta el mantenimiento. El potencial del BIM no termina en su aplicación a las fases de diseño y ejecución. Por lo general, al finalizar esta última, se completa la documentación tal y como se ha construido. Se trata de la información *As built* del proyecto, que se centraliza en el modelo virtual final del edificio. Es decir, el resultado es una réplica digital exacta con toda la información del inmueble o infraestructura en un archivo. Se puede identificar cualquier elemento rápidamente, ver sus características y obtener la información necesaria de una forma inmediata: marcas de equipos, tipo de contrato de mantenimiento de una máquina, etc., todos estos datos necesarios para la gestión del edificio pueden estar incluidos en el gemelo digital. Del mismo modo, el archivo se puede actualizar durante toda la vida útil de la infraestructura o inmueble en el caso de que se realicen cambios. De esta manera, las labores de mantenimiento y gestión de los activos, así como la operatividad, se agiliza optimizando recursos y reduciendo gastos.

⇒ *Sostenibilidad y eficiencia energética*: La tecnología *BIM* ofrece la posibilidad de realizar análisis energéticos, gracias a la cantidad de datos de cálculo que se pueden extraer del modelo. Materiales, aislamiento u orientación del edificio son algunos campos que se pueden estudiar en detalle con el modelo digital en entorno *BIM*, y así maximizar la eficiencia energética de la futura construcción. La optimización de los materiales y de los recursos, el aumento de la eficiencia y productividad, así como la reducción del consumo energético y la contaminación, hacen que el uso de la metodología *BIM* sea más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

4.2.2 Desventajas

Existe consenso en el sector, sobre que la metodología *BIM* ha llegado para quedarse por los múltiples beneficios que esta aporta. No obstante, existen algunos aspectos que, al día de hoy, es necesario tener en cuenta.

- ⇒ *Inversión económica*: Uno de los principales inconvenientes es la alta inversión económica que las empresas deben realizar para implementar la nueva metodología en su trabajo. El cambio del modelo tradicional 2D al sistema *BIM* requiere de una estrategia de implementación, que supone gastos en formación, nuevas licencias de *software* y tiempo de transición y adaptación.
- ⇒ *Formación*: Al tratarse de un modo de trabajo totalmente diferente a los sistemas de diseño (asistido por computadora) tradicionales, es necesario el aprendizaje de la nueva tecnología. Obliga a las empresas tienen a introducir programas de formación para sus empleados y no siempre es factible. Considerando la carga de trabajo de por medio, la falta de tiempo y los presupuestos ajustados, la formación de la plantilla laboral supone un elemento desfavorable para muchas empresas que buscan incorporar perfiles ya formados.
- ⇒ *Situación de transición*: Hoy en día, un importante número de empresas del sector de la ingeniería y la arquitectura están informadas sobre las ventajas que ofrece el sistema de trabajo *BIM* y han llevado a cabo su implementación; otras, por el contrario, se encuentran en fase de transición o estudiando la viabilidad del cambio a la metodología *BIM*. En las organizaciones es inevitable que exista cierta resistencia al cambio y que en ocasiones existan proyectos de construcción en los que conviven ambos sistemas. El hecho de mantenerse en una situación de transición reduce notablemente el potencial de la metodología *BIM*, ya que no se alcanzan los mismos niveles de productividad y eficiencia de los procesos.

En términos generales, la metodología *BIM* ofrece muchas más ventajas que inconvenientes a la hora del desarrollo y gestión de proyectos de construcción. El futuro de las empresas del sector de la ingeniería y arquitectura depende en gran parte del uso de esta tecnología. A día de hoy, las ventajas del *BIM* son indudables para una gestión integral de un proyecto de construcción y para la sostenibilidad del planeta. Tanto es así, que en muchos países es ya

un requisito obligatorio para proyectos del sector; sin embargo, en México aún no es obligatorio el uso de la metodología *BIM* en los proyectos de construcción.

4.3 Normatividad

Actualmente en México existe la Norma Mexicana NMX-C-527-1-ONNCE-2017 Industria de la Construcción – Modelado de Información de la Construcción Especificaciones – Parte 1: Plan de Ejecución para Proyectos, la cual habla del modelado de información de la construcción, según se publicó en el Diario Oficial Federal el 12 de julio de 2017.

Esta norma fue preparada por el Comité Técnico de Normalización de Productos, Sistemas y Servicios para la construcción ONNCE y en su elaboración participaron diferentes empresas como: *Alianza Fidem A.C.*, *Autodesk México S.A. de C.V.*, *Bentley Systems de México S.A. de C.V.*, *Graphisoft México*; e instituciones académicas como la Facultad de Ingeniería de la UNAM y el Tecnológico de Monterrey, entre otras.

Este anteproyecto de Norma Mexicana es la primera parte de una serie de especificaciones que establecen las bases para coordinar la implementación del modelado de información entre los diferentes actores del sector. Precisamente, su objetivo es establecer las especificaciones para implementar el modelado de la información en proyectos a través de la elaboración y seguimiento de un plan de ejecución.

Se debe tomar en cuenta que esta norma no es oficial, solo establece objetivos a consideración para la vida o ciclo de un proyecto. Aún se trata de plantear los parámetros con los cuales se debe de trabajar para la obtención de un resultado de mejora: es por ello que resulta necesario considerar a lo largo de las fases del proyecto las normas ISO, para el control y calidad del producto final en la entrega de un proyecto ejecutivo, así como en la construcción del mismo.

Para fines de calidad y control, así como para la gestión de la información del proyecto, se adoptan las siguientes normas:

- ⇒ ISO/ TC 59/ SC 13. *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)* / Organización y digitalización de la información sobre edificios y obras de ingeniería civil, incluido el modelado de la información de construcción (*BIM*).
- ⇒ ISO 29481-1:2016. *Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format* / Modelos de información de construcción — Manual de entrega de información — Parte 1: Metodología y formato.
- ⇒ ISO 29481-2:2012. *Building information models — Information delivery manual — Part 2: Interaction framework* / Modelos de información de construcción — Manual de entrega de información — Parte 2: Marco de interacción.
- ⇒ ISO/NP 16739-1: 2018. *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema* / *Industry Foundation Classes (IFC)* para el intercambio de datos en las industrias de construcción y gestión de instalaciones — Parte 1: Esquema de datos.

- ⇒ ISO/NP 16739-2. *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries / Industry Foundation Classes (IFC)* para el intercambio de datos en las industrias de construcción y gestión de instalaciones.
- ⇒ ISO/TC 59/SC 14. *Design Life / Vida del diseño.*
- ⇒ ISO/TC 10/SC 1. *Basic conventions / Convenciones básicas.*
- ⇒ ISO/TC 10/SC 8. *Construction Documentation / Documentación de la construcción.*
- ⇒ ISO/TC 184/SC 4. *Industrial Data / Datos industriales.*
- ⇒ ISO/TC 204. *Intelligent transport systems / Sistemas de transporte inteligente.*
- ⇒ ISO/TC 2011. *Geographic information/Geomatics.* Información geográfica / Geomática.
- ⇒ ISO 19650. *Building Information Modeling / Modelado de información de la construcción.*

4.4 ¿Qué es un plan de ejecución BIM o BIM Execution Plan?

El *BIM Execution Plan (BEP)* o Plan de Ejecución *BIM* es un documento en el que se definen las bases, reglas y normas internas de un proyecto que se va a desarrollar bajo la metodología *BIM*, para que todos los agentes implicados hagan un trabajo coordinado y coherente.

Así, al inicio de un proyecto, el *BIM Manager* debe redactar un Plan de Ejecución *BIM* o *BEP* de acuerdo con los Requisitos de Intercambio de Información o *EIR*, al que se adherirán contractualmente todos los agentes implicados. Es tarea del *BIM Manager* mantenerlo actualizado en las distintas fases del proyecto.

El Plan de Ejecución *BIM* debe abordar, de manera enunciativa mas no limitativa, las siguientes categorías de información:

- ⇒ Información del proyecto: Número de proyecto, ubicación, descripción del proyecto y sus particularidades.
- ⇒ Contactos clave del proyecto.
- ⇒ Objetivos del proyecto / Objetivos *BIM*: Se debe documentar el valor estratégico y los usos específicos *BIM* del proyecto.
- ⇒ Roles y responsabilidades: Una de las tareas principales es definir el o los coordinadores del proceso de planificación y ejecución a lo largo de las diversas etapas del proyecto. Esto es particularmente importante cuando se identifican las organizaciones que iniciarán el desarrollo del Plan *BIM*, así como también el personal requerido para implementar el plan con éxito.
- ⇒ Diseño del proceso *BIM*: Esta sección debe ilustrar claramente el proceso de ejecución, a través del uso de mapas de procesos que se desarrollan en el segundo paso del procedimiento de planificación.
- ⇒ Intercambios de información *BIM*: Los elementos del modelo y el nivel de detalle requerido para implementar cada Uso *BIM* deben estar claramente definidos en los requisitos de intercambio de información.
- ⇒ Procedimientos de colaboración: El equipo debe desarrollar sus procedimientos electrónicos y de actividad de colaboración. Esto incluye la definición de procedimientos de gestión del modelo;

por ejemplo: estructuras y permisos de archivos.

- ⇒ Procedimientos de control de calidad: Se debe desarrollar y monitorear un procedimiento para asegurar que los participantes del proyecto cumplan con los requisitos definidos en Plan de Ejecución *BIM*.
- ⇒ Necesidades de infraestructura tecnológica: Se debe definir el *hardware*, el *software* y la infraestructura de red necesarios para ejecutar el plan.
- ⇒ Estructura del modelo: El equipo debe analizar y documentar elementos tales como la estructura del modelo, la estructura de denominación de archivos, el sistema de coordenadas y los estándares de modelado.
- ⇒ Entregables del proyecto: Se debe documentar los entregables requeridos por el propietario.
- ⇒ Estrategia de entrega / contratos: Esta sección debe definir la estrategia de entrega que se utilizará en el proyecto.

4.5 Planes de ejecución BIM en otros países

Una de las fuentes que incluye mayor detalle en cuanto a la clasificación e identificación de Usos *BIM*, es la guía «*BIM Execution Planning Guide*», elaborada por el departamento de *Computer Integrated Construction* de la Universidad Estatal de Pensilvania (EE.UU.), *PennState*. El documento, publicado en septiembre de 2013, aporta una forma completa de clasificación de los Usos *BIM*, así como una forma de identificación de las posibles aplicaciones que se darán o podrán dar en el proyecto *BIM*.

Entre las características más importantes que este documento aporta, está que los usos se van definiendo según los objetivos identificados; de tal manera que es una forma adecuada de generar cada uno de los objetivos *BIM* identificados a raíz de los objetivos generales del proyecto, y convertirlos en Usos *BIM* realistas y provechosos a lo largo de la ejecución del proyecto.

Esta clasificación, que será detallada a continuación, incluye a su vez dos grandes grupos de clasificaciones que ordenan y agrupan el uso según: propósito de uso y características de uso.

Propósitos y objetivos de BIM: La clasificación de los Usos *BIM* según el propósito de uso del mismo, define la aplicación específica de un uso concreto dentro de la metodología *BIM*. Esta primera clasifica-

Usos BIM				
PROPÓSITOS DE USO		CARACTERÍSTICAS DE USO		
Recopilar	Producir	Analizar	Elemento	Fase de instalación
Comunicar	Conocer	Disciplina	LOD	

TABLA 6. Usos BIM
Fuente: Internet

RECOPIRAR		PRODUCIR		ANALIZAR		COMUNICAR		CONOCER	
Calificar	Monitorizar	Prescribir	Formato	Coordinar	Prever	Visualizar	Dibujar	Fabricar	Ensamblar
Toma de datos	Medir	Acordar	NA	Validar	NA	Modificar	Documentar	Controlar	Ajustar

TABLA 7. Propósitos y Usos BIM
Fuente: Internet

ción es necesaria para poder hacer de inicio, una identificación de los Usos BIM que se pueden dar a lo largo de la vida útil del proyecto.

Esta clasificación primaria y su clasificación secundaria correspondiente, se pueden ver en la tabla 7.

Esta primera clasificación, tiene a su vez una clasificación secundaria que identifica los Usos BIM según 5 categorías principales:

- ⇒ *Gather (recolectar)*: Recolecta información para la organización de los elementos BIM.
- ⇒ *Generate (generar)*: Creación de nueva información para los elementos del modelo BIM.
- ⇒ *Analyze (analizar)*: Examinar elementos del modelo BIM para aportar mayor entendimiento sobre ellos.
- ⇒ *Communicate (comunicar)*: Presentar y compartir información sobre los elementos BIM.
- ⇒ *Realize (ejecutar)*: Controlar y realizar controles sobre elementos del modelo BIM.

La clasificación de los Usos BIM según características adicionales, por «etiquetas», está diseñada para una forma de asignación de respon-

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Elemento de la infraestructura	El sistema de la infraestructura sobre el cual el Uso BIM debe ser implementado.
Fase de la infraestructura	El periodo del ciclo de vida de la infraestructura en el cual el Uso BIM debe ser implementado.
Disciplina	Especialidad sobre la que el Uso BIM debe ser aplicado.
Nivel de detalle LOD	Nivel de desarrollo o nivel de implementación que el Uso BIM requiere para su implementación.

TABLA 8. Características de Usos BIM según el BIM Execution Planning Guide
Fuente: Internet

sabilidades y agrupación de los usos según disciplinas que utilizarán dichos Usos BIM.

Los distintos niveles de características que propone el documento *BIM Execution Planning Guide*, son los siguientes: Elemento de la infraestructura (*facility element*), Fase de la infraestructura (*facility phase*), Disciplina (*discipline*) y Nivel de detalle LOD (*Level Of Development*). Estas características, se encuentran definidas en la tabla 8.

Aunque el BEP propone unas características muy concretas, es en este punto donde es más relevante incluir las características adicionales que se proponen en el párrafo anterior. Esto con la finalidad de obtener una mayor eficiencia tanto en la identificación como en la clasificación de los mismos.

4.6 Otras plantillas para elaboración de planes de ejecución BIM

Además de la guía para el BEP elaborada por la Universidad de Pensilvania, existen otras plantillas que se conocen a nivel internacional:

- ⇒ En Reino Unido: PAS 1192-2:2013: *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.
- ⇒ En EE.UU. la plantilla de *us Army Corps of Engineers*, que también es utilizada por el *U.S. Department of Veterans Affairs*.
- ⇒ De Singapur es muy conocida la *BIM Essential Guide for BIM Execution Plan*.
- ⇒ En EE.UU. la Universidad del Sur de California publica *Building Information Modeling (BIM) Guidelines For Design Bid Build Contracts*, que contiene una plantilla de *BIM Execution Plan*.

4.7 Estrategia de identificación y clasificación: Objetivos y usos BIM

Tomando como base la propuesta para identificación y clasificación de objetivos generales de proyecto, así como los objetivos de BIM, a continuación se propone para la clasificación de los mismos, una composición de la clasificación inicial mediante la creación de una ficha de uso con la forma de clasificación de los Usos BIM propuesta por la Universidad de Pensilvania (*PennState*), en el documento *BIM Execution Planning Guide*.

FASES DE PROYECTO	OBJETIVOS GENERALES DE PROYECTO	OBJETIVOS BIM	USOS BIM
1. Determinar las fases en las que se divide el ciclo de vida del proyecto.	1. Identificación de los objetivos y la forma de conseguirlos al margen de la metodología BIM.	1. Alineación de los objetivos generales del proyecto con las posibles aplicaciones a través de la metodología BIM.	1. Identificación de los usos.
2. Identificación de estrategia de uso del modelo BIM para cada una de las fases del proyecto.	2. Propuesta de alternativas para la elaboración de dichos objetivos.	2. Asignar responsabilidades dentro de la estructura del proyecto.	2. Clasificación según los propósitos de uso.
3. Jerarquía del proyecto según las fases descritas.	3. Análisis de las propuestas planteadas para identificar la de mayor viabilidad.	3. Elaborar fichas de objetivos con dependencias y posibles medidas.	3. Clasificación según características.
4. Realización de lotes de subproyectos para su mejor descomposición.	—	—	4. Asociación con fases del proyecto.
—	—	—	5. Asociación con objetivos BIM y objetivos.

TABLA 9. Identificación y clasificación de Usos BIM
Fuente: Internet

En la Tabla 9, se muestra el proceso simplificado para llevar a cabo esta clasificación.

4.8 Plan de Ejecución BIM para la planificación y control

Una parte importante de las actividades de la Gerencia de Proyectos es vigilar el cumplimiento del Plan de Ejecución BIM, el cual estará a cargo de un *BIM Manager*, quien reportará en todo momento a la propia Gerencia los avances y actualizaciones del mismo.

El propósito de este apartado es registrar los objetivos, alcance, responsabilidades, estructura, estrategias de cambio de información, así como los procesos necesarios para el plan de adopción BIM; de igual forma, identificar claramente quienes son los involucrados que estarán colaborando en las diferentes etapas del proyecto.

Consultar el Anexo A. Plan de Ejecución BIM que incluye, como propuesta, las bases, reglas y normas internas a utilizar para la aplicación de la metodología BIM en un proyecto.

4.9 Riesgos a tomar en cuenta durante la ejecución del BEP

Cuando se usa adecuadamente, el BIM puede reducir el tiempo de construcción, los costos y las reclamaciones. Sin embargo, como con cualquier herramienta, pueden surgir problemas cuando no se com-

parte y explica cuidadosamente a todos los miembros del equipo de construcción. Por eso, es que a continuación se mencionan algunos de los riesgos que pueden presentarse al no llevar a cabo una implementación adecuada.

4.9.1 Comunicación

Un tema importante al implementar el BIM como parte integral de un proyecto es la colaboración entre todos los involucrados durante las etapas de construcción. Si bien los arquitectos pueden usar BIM para generar un gran modelo de construcción que reduce costos y materiales, cuando el contratista no está incluido en el plan (falta de comunicación), surgirán reclamos y problemas.

4.9.2 Control

Una vez que el BIM se ha desarrollado y distribuido a los miembros del proyecto, se deben tomar precauciones cuidadosas para reducir la posibilidad de cambios, o alteraciones posteriores por parte de personas no autorizadas. El riesgo de cambiar un modelo BIM se ha convertido en un problema reciente en los grandes proyectos de construcción; por ejemplo, cuando varios consultores y contratistas intentan completar cambios para obtener su propio beneficio, sin compartir las ideas con todo el grupo. Se debe asignar un líder de equipo y será el único usuario autorizado que podrá alterar el modelo BIM.

4.9.3 Errores de diseño

¿Quién debe asumir la responsabilidad si el edificio no cumple con los últimos códigos o regulaciones de construcción? Existe una delgada línea entre las responsabilidades, ya que cada parte ha participado en las etapas de planificación, revisiones y aportes al modelo *BIM*. En algunos casos, las reclamaciones presentadas por el contratista pueden desencadenar problemas legales debido a tergiversaciones o diseños defectuosos.

4.9.4 Costos de construcción

Si bien la implementación de *BIM* en proyectos de construcción puede presentar una idea de los costos totales de construcción esperados, es posible que no reflejen el costo real. *BIM* permite estimar el costo de construcción más preciso para completar el proceso de

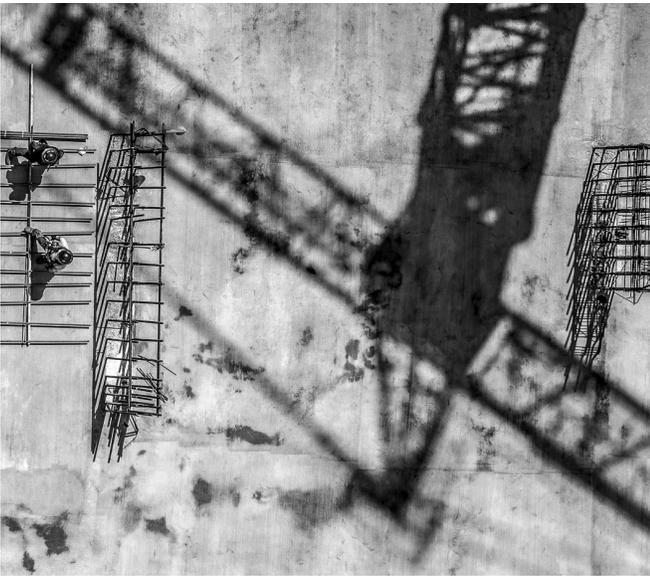
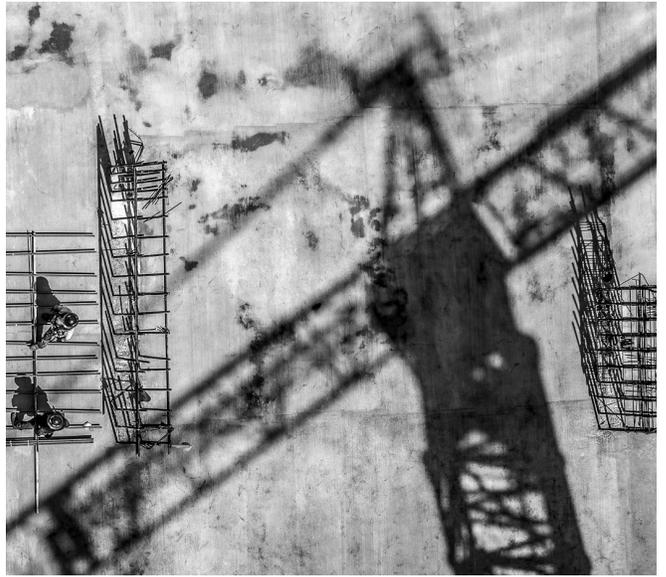
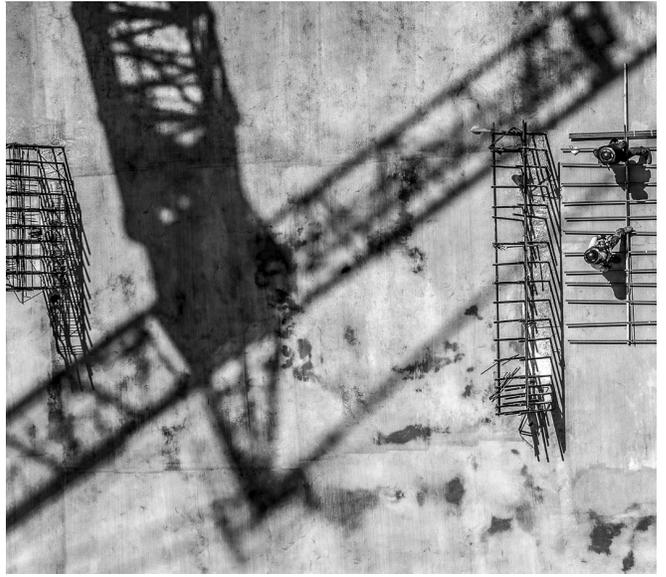
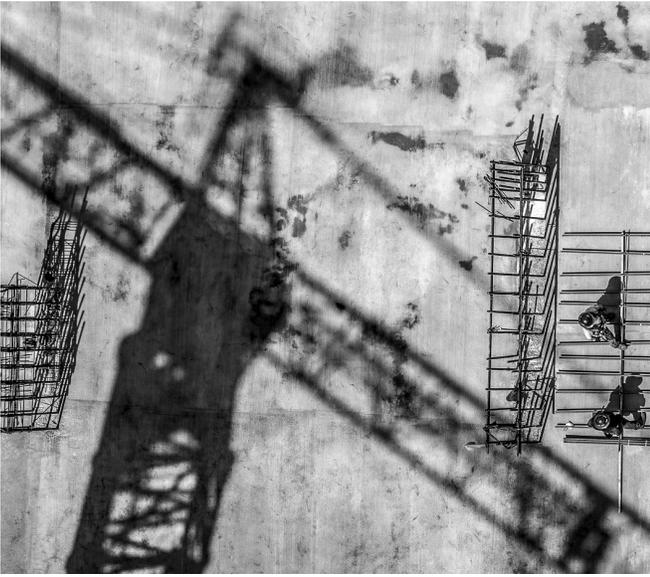
obra, pero no considerará la variación real del precio de un mercado emergente como metales y productos derivados del petróleo, materias primas políticamente vulnerables como el petróleo y eventos incontrolables como desastres naturales (riesgos).

4.9.5 Recomendaciones para reducir errores

Las siguientes recomendaciones pueden ser vitales para reducir algunos errores y riesgos comunes al usar *BIM*:

- El líder del equipo *BIM* debe ser una persona con conocimientos amplios en tecnología.
- Los miembros del grupo *BIM* deben poder comunicar libremente sus ideas.
- Las responsabilidades deben asignarse claramente. Cada miembro del equipo debe conocer su función y sus limitaciones.
- Asegurarse de que los contratistas puedan construir con *BIM*.





Capítulo 5

Aplicación de la Gerencia de Proyectos y Metodología BIM en los procesos de planeación, seguimiento y control en la construcción de un proyecto de carácter público.

Es importante mencionar que, derivado de las actividades que desarrollan los servidores públicos de las diversas dependencias encargadas de ejecutar obra inmobiliaria, así como de los servicios relacio-

nados con las mismas, la aplicación de la Gerencia de Proyectos debe enfocarse en las fases de planeación, seguimiento y control; lo anterior, a efecto de evitar una duplicidad en las actividades de los servidores.

ETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	PARTICIPANTE(S)
Inicio de la obra inmobiliaria	Definir los resultados deseados, el alcance del proyecto y dotar al mismo de un buen comienzo.	Dependencia contratante
Planeación de la obra inmobiliaria	Asignar al equipo central del proyecto. Desarrollar el alcance del proyecto. Planificar el trabajo.	Dependencia contratante / Gerencia de Proyecto
Ejecución de la obra inmobiliaria	Coordinar la ejecución de los planes del proyecto. Producir entregables.	Gerencia de Proyecto / Supervisión Técnica Administrativa / DRO / Corresponsables / UVIE
Seguimiento y control de la obra inmobiliaria	Supervisar todo el trabajo del proyecto y las actividades de gestión a lo largo de su duración: hacer seguimiento del progreso del proyecto, medir el progreso, gestionar los cambios, abordar los riesgos e incidencias, identificar acciones correctivas, etc.	Gerencia de Proyecto
Cierre de la obra inmobiliaria	Coordinar la aceptación formal de la obra. Informar sobre el progreso del proyecto. Capturar las lecciones aprendidas y las recomendaciones post-proyecto. Cerrar el proyecto administrativamente.	Dependencia contratante / Gerencia de Proyecto / Supervisión Técnica Administrativa / DRO / Corresponsables / UVIE

TABLA 10. Actividades de la Gerencia de Proyectos en cada etapa del proyecto
Fuente: Elaboración propia

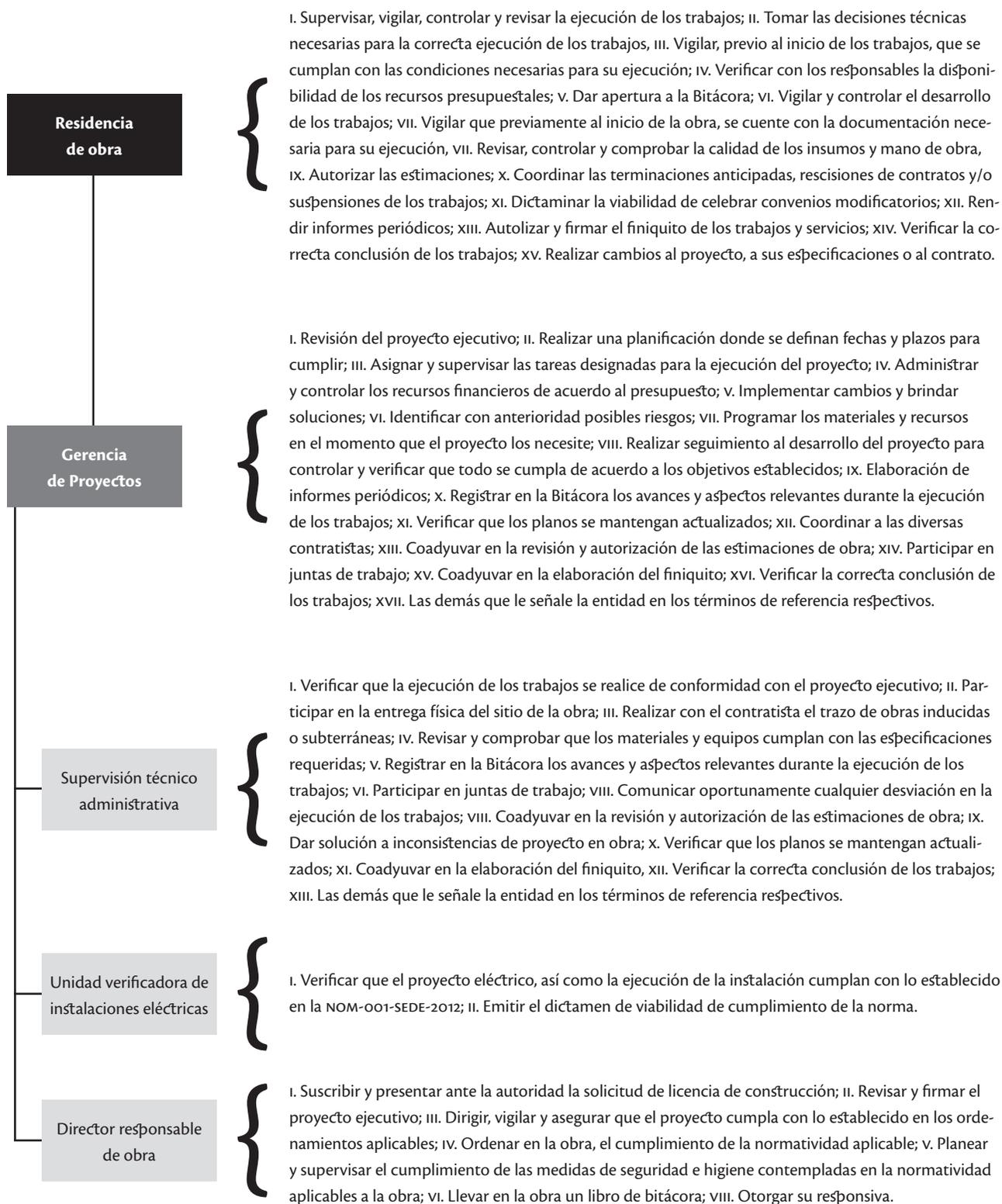


ILUSTRACIÓN 20. Actividades generales de la Gerencia de Proyectos
Fuente: Elaboración propia

5.1 Proceso de planificación

REUNIÓN DE INICIO DE PLANIFICACIÓN

La fase de planificación comienza con una Reunión de Inicio de Planificación oficial, cuyos objetivos son:

- Asegurar que todos entienden el alcance del proyecto.
- Aclarar las expectativas de todas las partes interesadas que son clave en el proyecto.
- Identificar los riesgos del proyecto.
- Discutir los planes del proyecto.

En esta etapa inicial, las experiencias pasadas y especialmente las lecciones aprendidas de proyectos anteriores similares, ayudarán significativamente a informar al equipo del proyecto.

Esta Reunión de Inicio de la Planificación debe prepararse y ejecutarse de manera efectiva, ya que es fundamental que las partes interesadas entiendan completamente los objetivos del proyecto.

MANUAL DEL PROYECTO

El Manual del Proyecto resume los objetivos del proyecto y documenta el enfoque seleccionado para lograrlos. Documenta los Factores Críticos de Éxito (FCE), define los procesos clave de control, la resolución de conflictos y el procedimiento de elevación (del conflicto a una autoridad superior), las políticas y reglas, y el enfoque del proyecto.

El Manual del Proyecto también documenta los roles de gobernanza del proyecto y sus responsabilidades y define los planes necesarios para su gestión, así como cualquier decisión de adaptación de la metodología BIM o aquella que se esté utilizando.

Los objetivos y el alcance del proyecto (que se encuentran en los documentos de la fase de inicio) son entradas clave para este proceso.

El Manual del Proyecto es un documento de referencia importante para todos los miembros y partes interesadas del proyecto; y junto con el Plan de Trabajo del Proyecto, es la base sobre la cual se gestiona y ejecuta el proyecto.

⇒ Roles y Responsabilidades del Proyecto

El objetivo principal de la sección de Roles y Responsabilidades del Proyecto, contenida en el Manual del Proyecto, es documentar sus roles y responsabilidades. Cualquier desviación de las funciones y responsabilidades debe estar justificada y documentada, y cualquier otra nueva función definida y sus responsabilidades claramente descritas. Con base en esto, la Matriz de Partes Interesadas del Proyecto se puede adaptar cuando sea necesario y nombrar a las personas asignadas a todos los roles del proyecto (la información preliminar se toma del Acta de Constitución del Proyecto).

⇒ Planes de Gestión de Proyecto

Estos planes identifican cómo una organización gestiona procesos relativamente estándar. Estos planes son los siguientes:

- Plan de Gestión de Requisitos.
- Plan de Gestión de Cambios del Proyecto.
- Plan de Gestión de Riesgos.
- Plan de Gestión de Calidad.
- Plan de Gestión de Incidencias.
- Plan de Gestión de las Comunicaciones.

Dependiendo de la organización y del proyecto, se pueden requerir diferentes niveles de detalle de documentación para cada uno de los planes antes mencionados. Cuando sea necesario, se puede proporcionar una breve definición de cada proceso o plan de gestión en el Manual del Proyecto.

⇒ Planes Específicos de Proyecto

En contraste con los Planes de Gestión estándar, que solo requieren una leve personalización y adaptación, los Planes Específicos de Proyecto generalmente requieren más esfuerzo, porque su contenido es específico para el proyecto.

El nivel óptimo de detalle incluido en los Planes Específicos de Proyecto depende del tipo, el tamaño y la complejidad del proyecto, el contexto y el entorno de gestión del proyecto y la experiencia y las competencias del equipo. Todos los Planes Específicos de Proyecto que se usarán deben figurar en el Manual del Proyecto.

⇒ Planes Específicos de Dominio

Estos planes son específicos del dominio del proyecto (Ej., el tipo de proyecto) y muy a menudo son una parte integral de la planificación y de la documentación general del proyecto.

Sin embargo, estos planes también deben identificarse y enumerarse en el Manual del Proyecto, ya que son parte de los entregables de la Fase de Planificación. Ejemplos de planes específicos de dominio son: diseños de sistemas (para proyectos de TI), diseños arquitectónicos (para proyectos de renovación/mudanza) y leyes/políticas (para proyectos de políticas).

MATRIZ DE PARTES INTERESADAS DEL PROYECTO

La Matriz de Partes Interesadas del Proyecto enumera todas las partes interesadas (clave) del proyecto, y sus datos de contacto; y lo más importante: establece claramente su(s) función(es) en el proyecto. También puede incluir una clasificación o categorización de cada parte interesada. La información descrita en la Matriz de Partes Interesadas del Proyecto debe adaptarse a las necesidades de cada proyecto.

PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO

El Plan de Trabajo del Proyecto elabora aún más el alcance del proyecto, e identifica y organiza el trabajo y los entregables necesarios para lograr los objetivos del proyecto. Establece una base sobre la cual estimar la duración del proyecto, calcular los recursos requeridos y programar el trabajo. Una vez que se programan las tareas, el Plan de Trabajo del Proyecto se utiliza como base para dar

seguimiento al progreso en cada fase y controlar el proyecto. El Plan de Trabajo del Proyecto debe ser la línea de base, pero también debe mantenerse actualizado durante la vida del proyecto y recoger todo el trabajo relacionado con éste tal como se identificó durante la fase de planificación o surgió durante la fase de ejecución (Ej., riesgos, incidencias, acciones correctivas, etc.).

⇒ *Desglose del Trabajo*

El objetivo de esta sección del Plan de Trabajo del Proyecto es dividir el proyecto en componentes más pequeños y manejables, como: entregables, paquetes de trabajo, actividades y tareas. El desglose tiene múltiples niveles, cada uno con entregables y trabajos sucesivamente más detallados. En conjunto, éstos definen los resultados del proyecto y el trabajo involucrado en su producción.

⇒ *Estimación de Esfuerzo y Costos*

El objetivo de esta sección del Plan de Trabajo del Proyecto es estimar el esfuerzo necesario para cada tarea del proyecto identificada en el Desglose del Trabajo, en función de la disponibilidad de recursos y las capacidades. Después de asignar una tarea a un recurso (o a un perfil de recurso), también es posible calcular su costo. Las estimaciones serán una entrada para la creación del cronograma.

⇒ *Cronograma del Proyecto*

El objetivo de esta sección del Plan de Trabajo del Proyecto es documentar las dependencias entre tareas, determinar sus fechas de inicio y finalización y calcular la duración total del proyecto. La programación detallada se puede hacer para todo el proyecto por adelantado; o alternativamente, se puede elaborar (con el detalle adecuado) solo para algunas partes iniciales de la Fase de Ejecución y luego se puede desarrollar progresivamente con todo detalle. El Director de Proyecto (DP) usa el cronograma para autorizar, coordinar y aceptar el trabajo del proyecto y para dar seguimiento al progreso general.

PLAN DE EXTERNALIZACIÓN

El Plan de Externalización define el qué y el cómo para cualquier producto o servicio externalizado. Describe el alcance de los productos y/o servicios que se comprarán o contratarán, identifica las estrategias de subcontratación que se utilizarán y define las responsabilidades relevantes para el ciclo de vida completo de la subcontratación. El plan debe cumplir con las reglas y procedimientos internos de la organización.

PLAN DE ACEPTACIÓN DE ENTREGABLES

La planificación de la aceptación de entregables pretende aumentar la probabilidad de que los entregables sean aceptados por el cliente y que los recursos implicados en la aceptación, se utilicen de manera eficiente.

El Plan de Aceptación de Entregables documenta los criterios y el enfoque acordados para la aceptación de entregables. También documenta las responsabilidades pertinentes, incluidas todas las actividades y el esfuerzo requerido; así como los requisitos de tiempo y capacidad para

que el cliente pueda aceptar formalmente los entregables del proyecto, en función de criterios objetivos y plazos predefinidos.

PLAN DE TRANSICIÓN

El Plan de Transición define los objetivos, requisitos previos, actividades y responsabilidades asociadas con la evolución del estado anterior (pre-proyecto) al nuevo (post-proyecto). Trata de minimizar el impacto de cualquier interrupción en la organización durante el período de transición; y facilitar la puesta en marcha de los entregables de manera fluida y adecuada, permitiendo su uso eficiente y sin problemas serios de transición.

Una transición exitosa es un requisito previo importante para lograr los beneficios planificados del proyecto. Todas las actividades de transición forman parte del Plan de Trabajo del Proyecto y se programan y controlan como parte del proyecto general.

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

El Plan de Implementación tiene como objetivo aumentar la probabilidad de lograr los resultados y beneficios deseados del proyecto. Documenta una evaluación del impacto del proyecto en los procesos, la cultura y las personas de la organización; además, describe las actividades de gestión del cambio y comunicaciones que deben llevarse a cabo, para garantizar que los entregables del proyecto se integren de manera efectiva en el entorno de la organización.

Dependiendo de la organización, las actividades de implementación en la empresa se pueden realizar como parte del mismo proyecto, o como un proyecto separado. Estas actividades forman parte del Plan de Trabajo del Proyecto y se programan y controlan como parte del proyecto general.

5.2 Proceso de seguimiento y control

SEGUIMIENTO Y CONTROL

Las actividades de Seguimiento y Control se llevan a cabo en todas las fases del proyecto, pero más intensivamente durante la Fase de Ejecución. Todos los procesos de gestión del proyecto se realizan como parte del grupo de procesos de Seguimiento y Control.

Las actividades de Seguimiento y Control se realizan basándose en los procesos descritos en los Planes de Gestión del Proyecto, que fueron desarrollados durante la Fase de Planificación. La ejecución efectiva de estos procesos es, en última instancia, responsabilidad del Director de Proyecto (DP).

⇒ *Seguimiento del Progreso del Proyecto*

La finalidad del seguimiento del progreso del proyecto es recopilar la información relacionada con el avance del proyecto y su estado en general. El Director de Proyecto (DP) hace un seguimiento de los siguientes aspectos del proyecto: alcance, cronograma, costos y calidad. También da seguimiento a riesgos, incidencias y cambios del

proyecto y realiza una previsión de su evolución con la finalidad de informar sobre el progreso general.

⇒ *Control del Cronograma*

El propósito del control del cronograma es asegurar que las tareas del proyecto se llevan a cabo tal y como se programaron y que se cumplen los plazos. El Director de Proyecto supervisa regularmente el cronograma y realiza el seguimiento de la diferencia entre actividades y plazos planificados, reales y previstos.

Los cambios aprobados en el proyecto (Ej., incorporación de nuevas tareas, cambios en el esfuerzo requerido o en las fechas de inicio y fin de tareas existentes), que tienen impacto en el cronograma global del proyecto se incorporan al Plan de Trabajo del Proyecto (cronograma actualizado). Si el cronograma está en riesgo o se prevén retrasos considerables (más allá de los umbrales predefinidos), es necesario informar al Comité de Dirección del Proyecto y se deben diseñar, acordar y aplicar medidas correctivas. Si esto sucede, se debe notificar también a las partes interesadas del proyecto que se vean afectadas.

⇒ *Control de Costos*

El propósito del control de costos es gestionar los costos del proyecto, de manera que se ajusten a la línea base de costo/esfuerzo y a las restricciones presupuestarias globales del proyecto. El Director de Proyecto supervisa regularmente el presupuesto y realiza el seguimiento de la diferencia entre costos presupuestados, reales y previstos.

Si el presupuesto del proyecto está en riesgo, se debe informar al Comité de Dirección del Proyecto y diseñar, acordar y aplicar medidas correctivas. Si se prevén sobrecostos considerables, se deben justificar, informar y ser aprobados por el Propietario del Proyecto o el Órgano de Gobernanza Pertinente.

⇒ *Gestión de las Partes Interesadas*

La gestión de las partes interesadas del proyecto constituye una actividad crítica en la gestión de proyectos que comienza en la Fase de Inicio, cuando se identifican las expectativas y requisitos del proyecto; y acaba en la Fase de Cierre, al registrar la experiencia y satisfacción globales de las partes interesadas del proyecto.

Esta actividad es responsabilidad del Director de Proyecto. No obstante, todos los miembros del Comité de Dirección del Proyecto deberían participar en la misma; en particular el Responsable de Negocio, quien debería ayudar a gestionar a las partes interesadas de la parte solicitante (Ej., los usuarios).

⇒ *Gestión de Requisitos*

Es el proceso de recopilar, documentar y validar los requisitos y gestionar su implementación y cambios. Dicho proceso se desarrolla a lo largo del ciclo de vida del proyecto y se relaciona con otros procesos de la gestión del proyecto, como los de gestión de la calidad y del cambio.

El proceso de gestión de requisitos puede personalizarse y adaptarse a las necesidades de cada proyecto; puede documentarse en el Plan de Gestión de Requisitos o en el Manual del Proyecto. Se utilizan documentos de requisitos separados para especificar, categorizar y priorizar los mismos. Éstos pueden ser documentos independientes o un anexo al Acta de Constitución del Proyecto.

⇒ *Gestión de Cambios*

La gestión de cambios del proyecto define las actividades relacionadas con identificar, documentar, evaluar, priorizar, aprobar, planificar y controlar los cambios del proyecto, así como comunicarlos a todas las partes interesadas pertinentes. Los cambios se pueden solicitar (o identificar y plantear) a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, por cualquier parte interesada del mismo.

El proceso de Gestión de Cambios puede personalizarse y adaptarse a las necesidades de cada proyecto; puede documentarse en el Plan de Gestión de Cambios del Proyecto o en el Manual del Proyecto. El Registro de Cambios se utiliza para documentar, supervisar y controlar todos los cambios del proyecto. Esto facilita hacer seguimiento de los cambios y comunicarlos al Propietario del Proyecto y/o al Comité de Dirección del Proyecto para su aprobación.

⇒ *Gestión de Riesgos*

La gestión de riesgos es un proceso continuo y sistemático para identificar, evaluar y gestionar riesgos de forma que se ajusten a la actitud hacia el riesgo aceptada por la organización (Ej., sea conservadora, moderada o liberal). La gestión de riesgos mejora la confianza del equipo de proyecto a través de la gestión proactiva de cualquier posible evento que pueda tener un impacto positivo o negativo en los objetivos del proyecto.

El Proceso de Gestión de Riesgos se puede personalizar y adaptar a las necesidades del proyecto y se puede documentar en el Plan de Gestión de Riesgos o en el Manual del Proyecto. El Registro de Riesgos documenta y comunica los riesgos, las acciones de respuesta y las responsabilidades pertinentes.

⇒ *Gestión de Incidencias y Decisiones*

El Director de Proyecto gestiona las incidencias y decisiones del proyecto. Las incidencias se identifican, evalúan y asignan para su resolución a las partes interesadas pertinentes conforme al proceso de Gestión de Incidencias; el cual puede estar documentado en el Plan de Gestión de Incidencias o en el Manual del Proyecto. El Registro de Incidencias se usa para gestionar las incidencias del proyecto, mientras que el Registro de Decisiones se usa para documentar todas las decisiones relevantes. Las decisiones pueden ser implementadas por el Director de Proyecto o elevadas al Comité de Dirección del Proyecto dependiendo de su importancia. Las incidencias y decisiones están habitualmente ligadas a la resolución de elementos de otros registros (Ej., riesgos, cambios).

⇒ *Gestión de Calidad*

La gestión de calidad del proyecto tiene como finalidad garantizar que el proyecto alcance los resultados esperados, del modo más eficiente y que los entregables sean aceptados por las partes interesadas. Implica la supervisión de todas las actividades necesarias para mantener el nivel de excelencia deseado. Esto incluye llevar a cabo la planificación, el aseguramiento, el control y la mejora de la calidad a lo largo de todo el proyecto hasta la Fase de Cierre y la aceptación final del proyecto.

La gestión de la configuración de la calidad ayuda a las partes interesadas del proyecto a encargarse eficazmente los planes y entregables del proyecto al proporcionar una única referencia fiable de los mismos; asegurando, por lo tanto, que se entregan al solicitante/cliente del proyecto las versiones correctas.

El Director de Proyecto debe asegurar que los objetivos, el enfoque, los requisitos, las actividades, las métricas y las responsabilidades del proceso de gestión de calidad estén claramente definidos y documentados en el Plan de Gestión de Calidad.

⇒ *Gestión de la Aceptación de Entregables*

Un proyecto puede producir uno o más entregables. Cada uno de estos entregables debe ser aceptado formalmente. La gestión de la aceptación de los entregables garantiza que éstos cumplan con los objetivos y criterios predefinidos y descritos en el Plan de Aceptación de Entregables; de modo que el solicitante del proyecto pueda aceptarlos formalmente.

Cabe señalar que la aceptación final del proyecto tiene lugar en la fase de cierre.

⇒ *Gestión de la Transición*

La gestión de la transición garantiza una transición controlada y sin sobresaltos a lo largo de la evolución del proyecto, desde la situación en la que el nuevo producto o servicio desarrollado por el proyecto se pone en marcha. Incluye la gestión de todas las actividades pertinentes de comunicación y exige una estrecha colaboración entre el Director de Proyecto y el Responsable de Negocio, para garantizar la correcta transferencia de los entregables del proyecto a la organización cliente.

⇒ *Gestión de la Implementación*

La ejecución efectiva de todas las actividades de implementación es crítica para el buen funcionamiento de las operaciones, incluso después de que los entregables del proyecto se hayan transferido a las partes interesadas/usuarios. Así pues, las actividades de implementación son complementarias de las actividades de transición.

Las actividades de implementación casi siempre serán necesarias mucho después de que el proyecto haya terminado: ya que es justo en esa ventana de tiempo, cuando se tiene una noción más reciente de las lecciones aprendidas, lo que facilita la identificación de los

aciertos y desaciertos. Además, contribuye a la buena práctica de definir también las actividades de cambio posteriores al proyecto. La implementación de esas actividades serán responsabilidad de la organización contratante y suelen llevarse a cabo como parte de las operaciones continuas o de proyectos futuros.

⇒ *Gestión de la Externalización*

El Director de Proyecto gestiona la entrega de todos los productos y/o servicios que han sido externalizados. Esta tarea se realiza junto con los grupos pertinentes de adquisiciones y con el Director de Proyecto del Contratista, para garantizar que el contratista gestiona eficazmente la labor externalizada y la entrega de acuerdo con las expectativas de tiempo, costos y calidad definidas en el Plan de Externalización.

5.3 Proceso de control de los proyectos a través del Valor Ganado

La Gestión del Valor Ganado (GVG) es una técnica utilizada para supervisar y controlar el desempeño de los proyectos, proporcionando una visión objetiva del desempeño basada en las finanzas del proyecto. Tanto el costo como el valor se miden en términos de unidades de costo. La GVG proporciona una métrica relativamente objetiva o Indicadores Clave de Rendimiento (ICR), para gestionar de forma proactiva el progreso de los proyectos. Algunos indicadores reflejan los progresos realizados hasta la fecha o las desviaciones del plan desde el punto de vista del costo o del valor del trabajo; mientras que otros indicadores se centran en la previsión de la desviación total del presupuesto, o en los niveles de productividad necesarios para completar el proyecto en el plazo previsto.

Los principales indicadores que se utilizan son el Valor Planificado (VP), también conocido como Valor del Trabajo Programado (VTP), el Costo Real (CR), también conocido como Costo Real del Trabajo Realizado (CRTR) y el Valor Ganado, también conocido como Costo Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTTR). Por medio de la combinación de las métricas anteriores podemos tener varios ICR; por ejemplo, la Variación del Programado (VPR) y el Índice de Rendimiento de lo Programado (IRP), la Variación del Costo (VC) y el Índice de Rendimiento del Costo (IRC) o incluso otros más avanzados para la previsión del progreso futuro del proyecto, como la Estimación al Terminar (EAT), la Estimación hasta Terminar (EHT) y el Índice de Rendimiento a la Terminación (IRT).

5.3.1 Marco conceptual de la Gestión del Valor Ganado (GVG)

Un factor de éxito fundamental en cualquier proyecto es la capacidad de su director para tomar decisiones correctas en el momento oportuno. Lo cual sólo es posible si se cuenta con información clara, confiable y actualizada acerca del progreso del proyecto. Es igualmente importante proporcionar información concisa a los interesados en el proyecto. La GVG proporciona un enfoque para medir el desempeño del proyecto, a partir de la comparación de su

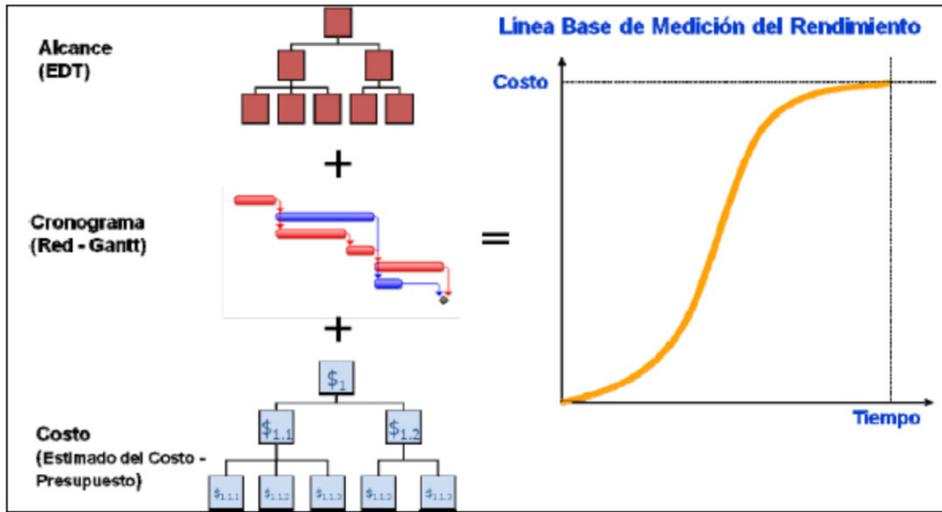


ILUSTRACIÓN 21. Línea Base de Medición del Rendimiento
Fuente: Internet

avance real frente al planeado, permitiendo evaluar tendencias para formular pronósticos.

Para implementar la cvg en un proyecto es necesario definir la Línea Base de Medición del Desempeño (*Performance Measurement Baseline, PMB*), que integra la descripción del trabajo a realizar (alcance), los plazos para su realización (cronograma) y el cálculo de sus costos y de los recursos requeridos para su ejecución (costo).

ELEMENTOS BÁSICOS

A continuación, se presentan los elementos básicos: Tres valores principales, variaciones, índices de rendimiento y pronósticos.

☞ Tres valores principales

- Valor Planificado (*Planned Value, PV*). El valor de la *PMB* al día de la fecha.
- Valor Ganado (*Earned Value, EV*). Lo que ya se ha realizado al día de la fecha, valuado con los costos usados para definir la *PMB*.
- Costo Real (*Actual Cost, AC*). El costo que ha insumido el trabajo realizado hasta la fecha.

Se pueden expresar en porcentajes, dividiéndolos por el Presupuesto hasta la Conclusión (*Budget at Completion, BAC*):

- $PV\% = PV / BAC$
- $EV\% = EV / BAC$
- $AC\% = AC / BAC$

☞ Variaciones

- Variación del Cronograma (*Schedule Variance, SV*). $SV = EV - PV$
- Variación del Costo (*Cost Variance, CV*). $CV = EV - AC$
- $SV\% = SV / PV$
- $CV\% = CV / EV$

☞ Índices de Rendimiento

- Índice de Rendimiento del Cronograma (*Schedule Performance Index, SPI*). $SPI = EV / PV$
- Índice de Rendimiento del Costo (*Cost Performance Index, CPI*). $CPI = EV / AC$
- Índice del Rendimiento hasta Concluir (*To Complete Performance Index, TCPI*). $TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$.

☞ Pronósticos

- Estimado a la Conclusión (*Estimate at Completion, EAC*). Es el pronóstico del costo final. Puede calcularse de diferentes formas:
 - $EAC = BAC - SV$. Los costos futuros no serán los mismos que los considerados en la *PMB*, debido a que las variaciones del costo fueron atípicas.
 - $EAC = BAC / CPI$. Los costos futuros se calcularán de acuerdo con el índice de eficiencia del rendimiento del costo a la fecha.
 - $EAC = BAC / (CPI * SPI)$. Los costos futuros se calcularán con base en los índices de rendimiento del costo y del cronograma a la fecha.
 - $EAC = AC +$ Nuevo estimado para el trabajo remanente.
- Estimado hasta concluir (*Estimate to Complete, ETC*). $ETC = EAC - AC$
- Variación a la Conclusión (*Variance at Completion, VAC*). $VAC = BAC - EAC$
- $VAC\% = VAC / BAC$
- Índice de Rendimiento del Costo a la Conclusión (*Cost Performance Index at Conclusion, CPIAC*). $CPIAC = BAC / EAC$

Existe un enfoque emergente que toma mediciones basadas en unidades de tiempo en lugar de unidades de costo para calcular el desempeño del cronograma:

- Estimado a la Conclusión Basado en Tiempo (*Time Estimate at Completion, EAct*). Pronostica la duración del proyecto. Se recomienda obtenerla a partir de un análisis de la red del proyecto; aunque también se podría obtener un estimado aproximado de la duración final usando el SPI, en caso de que la tendencia continúe: $EAct = (BAC / SPI) / (BAC / \text{Duración de la PMB}) = \text{Duración de la PMB} / SPI$
- Variación a la Conclusión Basada en Tiempo (*Time Variance at completion, VAct*).
 $VAct = \text{Duración de la PMB} - EAct$
- $VAct\% = VAct / \text{Duración de la PMB}$
- Índice de Rendimiento del Cronograma a la Conclusión Basado en Tiempo (*Time Schedule Performance Index at Conclusion, SPIAct*).
 $SPIAct = \text{Duración de la PMB} / EAct$

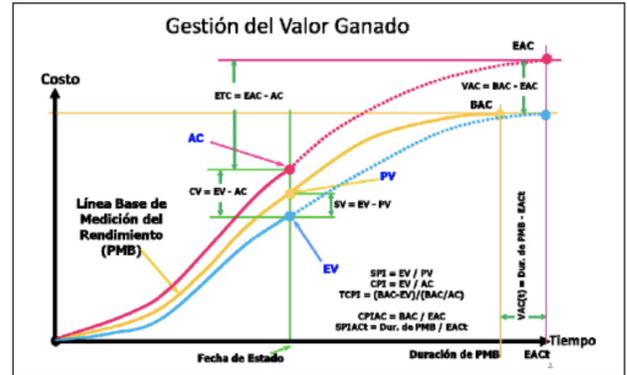


ILUSTRACIÓN 22. Gestión del Valor Ganado
Fuente: Internet

LA APLICACIÓN DE LA GVG, LA GVG EN LA PLANIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente, la apropiada implementación de la GVG supone la integración del alcance, el cronograma y el costo en la planificación del proyecto.

ALCANCE

Se recomienda descomponer el trabajo por realizar siguiendo los lineamientos y prácticas, para crear una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) adecuada para el proyecto.

CRONOGRAMA

En términos de cronograma, la GVG puede aplicarse haciendo uso de la información estática de un Diagrama de Gantt; aunque se recomienda ampliamente la elaboración de un cronograma dinámico que permita observar el impacto de cualquier cambio en el cronograma, de modo de poder tomar oportunamente las medidas correctivas adecuadas.

RECURSOS Y COSTOS

Para usar la GVG se requiere que cada tarea tenga asignados los recursos necesarios con sus correspondientes tarifas. Si por alguna razón no se requiere tener un control de los recursos, podrían manejarse sólo los estimados de costos de las tareas.

DISTRIBUCIÓN DEL PRESUPUESTO EN EL TIEMPO Y LAS TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL VALOR GANADO

La distribución del presupuesto en el tiempo es la clave para una adecuada implementación de la GVG; para esta distribución es necesario tomar en cuenta la técnica que se usará para determinar el valor ganado (EV) durante la ejecución del proyecto.

Como se observa en la Ilustración 23, la recomendación de la técnica se basa en las características de los entregables y en la duración de la tarea.

FÓRMULA FIJA

Es una técnica simplificada para evaluar el progreso de las tareas en forma simple y rápida. Las más comunes son la 0/100 (se acredita el 100% de avance a la terminación) y la 50/50 (se acredita el 50% de avance cuando hay evidencia de inicio, y el otro 50% a la terminación). Se podría usar cualquier otra combinación (30/70, 25/75, etc.).

Características de los Entregables	Duración de la tarea	Técnica recomendada para la medición del valor ganado recomendada	
Tangibles	1 ó 2 periodos de medición	Fórmula fija	
		Hitos ponderados	
	Más de 2 periodos de medición	Porcentaje completado	% de duración completada
			% de trabajo completado
Intangibles	Cualquier duración	% de unidades físicas completadas	
		% físico completado	
		Esfuerzo proporcional	
		Nivel de esfuerzo	

ILUSTRACIÓN 23. Distribución del Presupuesto
Fuente: Internet

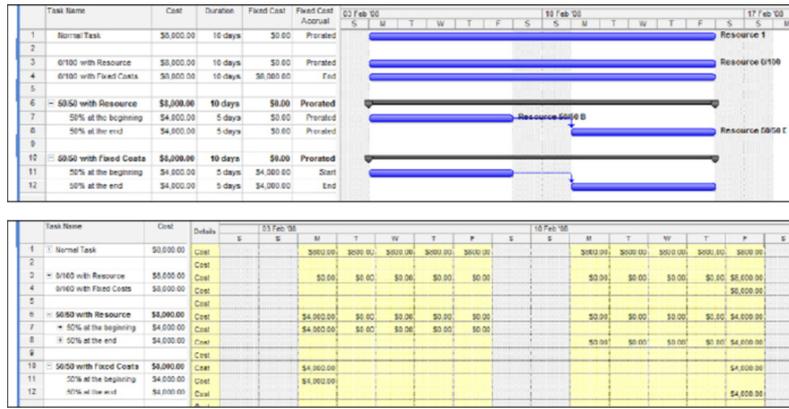


ILUSTRACIÓN 24. Fórmula Fija
Fuente: Internet

HITOS PONDERADOS

La técnica de hitos ponderados se recomienda para tareas de relativamente larga duración, en las que sería difícil evaluar el avance parcial, pero se pueden establecer hitos intermedios con resultados parciales a los que se asigna un valor ponderado para establecer el avance.

PORCENTAJE COMPLETADO

Es la técnica más empleada, en la cual se mide el avance parcial de acuerdo con el porcentaje completado a la fecha. El porcentaje completado puede ser calculado de diferentes maneras, de acuerdo con las características de la tarea y de sus resultados esperados.

- ⇒ % de Duración completada = $\text{Duración real a la fecha} / \text{Duración total}$
Se recomienda para tareas que tengan un desempeño lineal (proporcional uniforme) a largo de su duración.

- ⇒ % de Trabajo completado = $\text{Trabajo real a la fecha} / \text{Trabajo total}$
Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial sea el mismo que la proporción de las horas reales trabajadas con respecto al trabajo (cantidad de horas) total.

- ⇒ % de Unidades físicas completadas = $\text{Unidades físicas reales a la fecha} / \text{Unidades totales}$
Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial se estime a partir de las unidades físicas entregadas con respecto a las totales; por ejemplo, metros cúbicos de concreto colados o toneladas de acero montadas.

- ⇒ % Físico completado = $\text{Evaluación del avance físico a la fecha de corte}$
Se recomienda para tareas en las cuales el avance parcial se evalúa por el volumen físico alcanzado y en las cuales no se pueda aplicar ninguna de las tres técnicas anteriores.

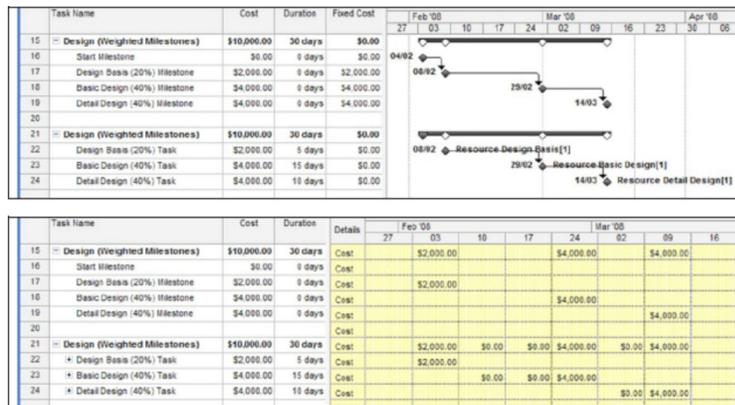


ILUSTRACIÓN 25. Hitos Ponderados
Fuente: Internet

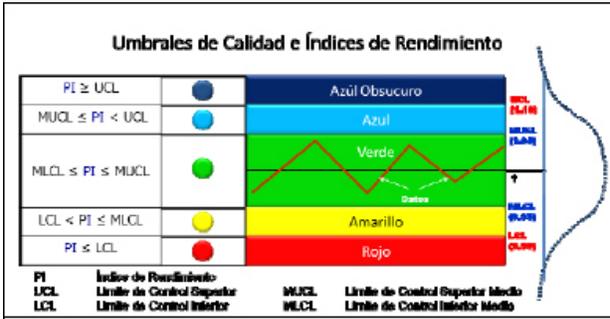


ILUSTRACIÓN 26. Umbral de calidad e índices de rendimiento
Fuente: Internet

ESFUERZO PROPORCIONAL

Se recomienda esta técnica cuando el avance de una tarea tiene una relación directa con el avance de otra que tiene su propia técnica de medición del valor ganado.

NIVEL DE ESFUERZO

Se recomienda para tareas que no producen resultados tangibles y verificables, o que producen demasiados. Es el caso, por ejemplo, de la tarea de dirección de proyectos, que produce una gran variedad de resultados cada semana.



ILUSTRACIÓN 27. Umbral de calidad e índices de rendimiento
Fuente: Internet

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y PRONÓSTICOS CON LA GVG

A lo largo de su ejecución y supervisión, es necesario analizar el rendimiento del proyecto para poder contestar a la pregunta que siempre se hacen todos los involucrados: ¿Cómo va el proyecto? De la misma manera, se deben revisar las tendencias, decidir qué medidas correctivas se aplicarán y determinar los pronósticos para responder la pregunta más importante: ¿Cómo terminará el proyecto?

En cada fecha de estado de la obra debe registrarse el avance de cada tarea del proyecto, de acuerdo con la técnica de medición del valor ganado seleccionada durante la planificación; debe, además, actualizarse el trabajo remanente de la tarea. De esta forma, siempre se contará con información actualizada y confiable sobre el proyecto.

GVG Y UMBRALES DE CALIDAD

En cada organización existen márgenes de tolerancia considerados aceptables para el desempeño de los proyectos. La GVG permite establecer umbrales de calidad para conocer si el proyecto está dentro de los límites de control o fuera de ellos. Esto permitirá practicar la administración por excepción, dirigiendo la atención hacia los proyectos y tareas que presentan inconsistencias o problemas.

Los índices y las variaciones calculados con la GVG son idóneos para esta labor. Ellos permiten definir, mediante el uso de colores, zonas de tolerancia (verde), de alerta (amarillo) y de problemas (rojo). También facilitan establecer zonas de alerta (azul), como indicación de que se tiene un rendimiento excepcionalmente bueno, lo cual también podría representar algún problema.

5.4 Términos de referencia para los contratos de servicios de Gerencia de Proyectos

Finalmente, en este apartado se hace referencia al Anexo B que contiene los términos de referencia propuestos para la contratación del servicio de Gerencia de Proyectos, enfocado en las etapas de planificación, seguimiento y control de un proyecto de carácter público en su fase de construcción.

Las actividades plasmadas en el documento están sujetas a variaciones y necesidades de la dependencia contratante, por lo que debe tomarse como una guía a nivel de propuesta para poder generar las particulares que correspondan.



Conclusiones

Los resultados de la presente investigación documental, pueden resumirse en tres grandes ideas. Primero, la industria de la construcción ha tenido un avance en los últimos años gracias a la adopción de tecnologías aplicadas al diseño y a procesos administrativos. Segundo, tal avance se ha visto mermado en los proyectos de construcción en México ya que, tanto los de carácter público como los privados, presentan una serie de problemáticas que impiden la ejecución y conclusión satisfactoria de los mismos. Tercero, las principales problemáticas presentadas incluyen: la insuficiente importancia que se le otorga a las etapas de planeación, seguimiento y control de los proyectos; así como la escasa disponibilidad de profesionales dispuestos a adoptar nuevas tecnologías, metodologías y buenas prácticas que mejoran los procesos de gestión de obra.

Lo anterior, pone en evidencia la urgente necesidad de que las empresas constructoras, prestadores de servicios relacionados con la obra, así como las dependencias contratantes, adopten a la brevedad formas de trabajo para gestionar de forma integral y adecuada los proyectos que desarrollan: estandarizado de diseño, construcción, operación y mantenimiento. Y así lograr que durante todo el ciclo de vida del proyecto se cumplan los resultados esperados.

Otra importante contribución de esta investigación documental, es destacar la figura de la Gerencia de Proyectos y la propuesta presentada: esta proporcionará un marco de referencia para desarrollar proyectos, guiando y orientando sobre la forma de avanzar en los procesos y los pasos necesarios para alcanzar los objetivos y el logro de resultados, aumentando así las posibilidades de éxito del proyecto.

Al analizar la Gerencia de Proyectos y sus funciones, se vuelve necesario profundizar en la metodología BIM y sus aportes. Ya que, cuando es integrada desde una fase temprana del proyecto de construcción, como

es la planeación, potencia el trabajo colaborativo y multidisciplinar entre los participantes; aumenta la productividad y eficiencia; optimiza los recursos con mayor exactitud en cuestión de métricas; y brinda un mayor rendimiento en las tareas de desarrollo y gestión.

La Gerencia de Proyectos, así como la metodología BIM, son destacadas herramientas que pueden ser adoptadas durante todo el ciclo de vida de un proyecto; ambas ayudan, tanto a organizaciones del sector público como del privado, a atenuar los problemas más comunes que se han diagnosticado y que a la fecha no se han logrado corregir en su totalidad.

Sin embargo, como en la adopción de cualquier herramienta nueva, se requiere de una estrategia de implementación por etapas, bien estructurada, que responda a la situación y necesidad actual de la dependencia; pero sobre todo, que considere un proceso de adaptación a largo plazo, no sería realista esperar resultados de manera inmediata. Asimismo, se vuelve imprescindible considerar el trabajo colaborativo entre todos los involucrados del proyecto; desde el cliente hasta el constructor, integrando información, procesos y personas, lo cual, permitirá alcanzar niveles de productividad y eficiencia de los procesos.

Finalmente, es importante destacar que tanto la Gerencia de Proyectos, así como la metodología BIM, deberán adaptarse al dominio técnico y contexto específico de cada proyecto en particular. Como profesionales de la industria de la construcción, es vital prepararnos en forma activa, ante oleadas de cambios disruptivos en los años por venir. Se requiere un cambio de mentalidad, una con apertura hacia la implementación de nuevas herramientas que permitan mejorar el trabajo y responder eficientemente a las dificultades que se enfrentan diariamente durante la gestión de proyectos de infraestructura.



Anexo A

Plan de Ejecución *BIM*

**Bases, reglas y normas internas a utilizar
para la aplicación de la metodología *BIM*
en un proyecto: una propuesta**

Contenido

1. Definiciones	78
2. Información general.	78
2.1 Objetivo del documento	78
2.1.1 Resumen ejecutivo.	78
2.1.2 Flujo de trabajo para el presente Plan de Ejecución <i>BIM</i>	78
2.2 Información particular del proyecto	78
2.3 Contactos e información de los integrantes	78
2.3.1 Responsables de la gestión del Plan <i>BIM</i>	78
2.3.2 Roles dentro del equipo de proyecto	79
2.4 Objetivos con base a requerimientos (<i>EIR</i>).	79
2.4.1 Requisitos de información (<i>EIR</i>)	79
2.4.2 Objetivos del proyecto Usos <i>BIM</i> .	79
2.4.3 Análisis de usos <i>BIM</i>	80
2.4.4 Definiciones de Usos <i>BIM</i> considerados	80
2.5 Contactos e información de los integrantes de los equipos <i>BIM</i>	81
2.6 Organigrama de los equipos <i>BIM</i>	81
2.7 Proceso de desarrollo del modelo <i>BIM</i> en cada fase	82
2.8 Formatos de los archivos de las diferentes disciplinas.	82
2.9 Formatos de archivos de las entregas por cada fase del proyecto	82
2.9.1 Flujo de trabajo	82
2.9.2 Entrega de archivos	82
3. Criterios específicos del modelo <i>BIM</i> y de colaboración	83
3.1 División del modelo <i>BIM</i> y las responsabilidades.	83
3.2 Matriz de archivos de Arquitectura, estructuras y <i>MEP</i>	83
3.3 Infraestructura para intercambio de los modelos <i>BIM</i> .	84
3.4 Criterios básicos de coordinación de los modelos <i>BIM</i>	84
3.4.1 Plantillas	84
3.4.2 Responsabilidad.	84
3.4.3 Archivos	84
3.4.4 Punto de origen y niveles	84
3.4.5 Disciplinas de instalaciones	84

4. Grado de nivel de detalle del modelo BIM por fases.	84
5. Nomenclatura.	86
5.1 Nomenclatura de los archivos del modelo BIM	86
5.2 Nomenclatura de las disciplinas del modelo BIM	86
5.3 Nomenclatura de las plantillas de vista y las vistas	87
5.4 Nomenclatura de las fases	87
5.5 Nomenclatura de parámetros de proyecto y parámetros compartidos	87
5.6 Nomenclatura de elementos de modelado	88
5.7 Nomenclatura de elementos de anotación	88
5.8 Nomenclatura de materiales.	88
5.9 Nomenclatura de los archivos de documentación y entrega	88
5.10 Generar documentación DWG: Normas de exportación a DWG	89
6. Necesidades de infraestructura tecnológica	89
6.1 Software	89
6.2 Hardware.	89
6.2.1 Especificaciones.	89

1. Definiciones

- ☞ **Institución.** Empresa para la cual se está elaborando el Plan de Ejecución «BIM».
- ☞ **BEP.** BIM Execution Plan.
- ☞ **BIM.** Building Information Modeling.
- ☞ **Plan.** Plan de Ejecución BIM.
- ☞ **EIR.** Exchange Information Requirements.
- ☞ **TI.** Tecnologías de la Información.

2. Información general

2.1 Objetivo del documento

Como una propuesta que resulta de la investigación documental realizada, el propósito de este documento es registrar los objetivos acordados, el alcance, las responsabilidades, la estructura, las estrategias de intercambio de información y los procesos necesarios para la correcta adopción de «BIM» en un proyecto específico para la «Institución»; así como de todos los participantes que van a intervenir en la construcción del proyecto.

2.1.1 Resumen ejecutivo

El «Plan de Ejecución BIM» fue elaborado con base en la información desarrollada en el presente trabajo de tesis, así como en el documento «Plan de Ejecución BIM («BEP») de Colegio Lluís Vives-Castelldefels».¹

2.1.2 Flujo de trabajo para el «Plan de Ejecución BIM»

Debemos tomar en cuenta cinco puntos clave en la elaboración e implementación del «Plan»:

- ☞ **Gestión del Proyecto:** Se deben establecer con claridad los requisitos de información del empleador («EIR»), definir los roles del equipo de entrega del proyecto, autoridades y responsabilidades; y determinar los requisitos de intercambio de información, así como las actividades asociadas.
- ☞ **Objetivos y usos BIM:** Identificación de objetivos y usos «BIM» durante la fase de planificación y construcción del proyecto.

- ☞ **Gestión de la información:** Diseño de los procesos de ejecución «BIM» para la correcta y efectiva entrega de información; incluyendo, intercambio de archivos, producción y generación de documentación.
- ☞ **Métodos y procedimientos estandarizados:** Determinar las normas y procedimientos que cubren la forma en que se nombra y se hace referencia a la información generada.
- ☞ **Soluciones «TI»:** Selección de la infraestructura de apoyo que facilita la gestión e intercambio de información durante el ciclo de vida del proyecto.

2.2 Información particular del proyecto

CLIENTE	«Institución»
NOMBRE DEL PROYECTO	«Conforme al contrato de obra»
DIRECCIÓN	«Conforme al contrato de obra»
TIPO DE CONTRATO	«Precios unitarios y tiempo determinado»
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	Superficie de construcción: 4,919.39 m ² Niveles: 2 Tipología: Industrial
FECHA DE INICIO DEL PROYECTO	Segundo semestre del 2023
FECHA APROXIMADA DE TÉRMINO	Segundo semestre del 2026

2.3 Contactos e información de los integrantes

2.3.1 Responsables de la gestión del Plan BIM

RESPONSABLE DE LA GESTIÓN BIM	EMPRESA
Arquitecto 1 (BIM Manager)	Gerencia de Proyectos
Arquitecto 2 (BIM Manager)	Supervisión Técnico Administrativa
Arquitecto 3 (BIM Coordinator)	Supervisión Técnico Administrativa

2.3.1 Roles dentro del equipo de proyecto.

EMPRESA	ACRÓNIMO	RESPONSABLE	ROL
Institución	ABC	«Nombre»	Cliente
Gerencia de Proyectos	GP	«Nombre»	Gerencia de Proyectos
STA1	STA	«Nombre»	Supervisión Técnico Administrativa
Constructora XYZ	CXYZ	«Nombre»	Constructora
Proyectistas S.A.	PR	«Nombre»	Elaboración de Proyecto Ejecutivo
			Diseño Arquitectónico
Subcontratado 1	S1	«Nombre»	Diseño y Cálculo de Estructuras
Subcontratado 2	S2	«Nombre»	Diseño y Cálculo de Instalaciones

2.4 Objetivos con base en requerimientos (EIR)

2.4.1 Requisitos de información (EIR)

En este apartado se resumen los requisitos establecidos por el cliente, en lo que respecta a la entrega y gestión de la información y se establecen de manera conjunta con la Gerencia de Proyectos los pasos a seguir para el cumplimiento de los mismos.

- ⇒ Garantizar la ejecución del proyecto conforme al tiempo y costo establecidos.
- ⇒ Evitar riesgos en la coordinación de las disciplinas.
- ⇒ Fomentar el trabajo colaborativo.
- ⇒ Dar seguimiento de todos los cambios durante la fase de diseño.
- ⇒ Tomar decisiones de diseño utilizando el modelo BIM.
- ⇒ Usar los modelos BIM para el proceso de licitación, planeación y control durante la construcción.

2.4.2 Objetivos del proyecto usos BIM

El plan de adopción de la metodología BIM inicia con la identificación de necesidades del proyecto; es decir, determinar aquello que se quiere lograr o que estado se quiere alcanzar con el uso de «BIM». De esta manera logramos incorporar el flujo de trabajo de la metodología BIM, a la metodología que se establezca para la construcción del proyecto. Resulta importante señalar que, estos objetivos corresponden a las necesidades que se hayan definido, como se mencionó en el párrafo anterior.

A continuación, se presenta una tabla en la cual se plantean los objetivos, su prioridad, así como el uso potencial de los mismos.

PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVOS	USO POTENCIAL DE BIM
Alta	Estimar con exactitud las cantidades de materiales, para presentar un presupuesto de obra preciso.	Estimación de costos
Alta	Generar un programa de obra eficiente y preciso, en donde puedan visualizarse las fases de construcción.	Planificación 4D
Alta	Eliminar posibles conflictos en la fase de construcción.	Coordinación 3D

2.4.3 Análisis de usos BIM

Los siguientes usos BIM indicados abajo, tanto con una «x» como con el color del responsable, son requeridos para el proyecto.

x	PLANIFICACIÓN	x	DISEÑO	x	CONSTRUCCIÓN	x	MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN
	Programación		Autoría de diseño		Planificación de implantación en obra		Programación de mantenimiento
	Análisis de emplazamiento		Revisión de diseño		Diseño en la construcción		Análisis de sistemas del edificio
			Coordinación 3D	x	Coordinación 3D		Gestión de activos
			Análisis estructural		Fabricación digital		Gestión de espacios
			Análisis de iluminación		Control y planificación 3D		Plan de emergencias
			Análisis de energía		Registro del modelo		Registro del modelo
			Análisis de ingeniería				
			Otros análisis energéticos				
			Evaluación de sostenibilidad				
			Validación de códigos				
			Planificación 4D	x	Planificación 4D		Planificación 4D
			Estimación de costos	x	Estimación de costos		Estimación de costos
	Modelado de condiciones existentes	x	Modelado de condiciones existentes	x	Modelado de condiciones existentes		Modelado de condiciones existentes

Simbología de color del área responsable

	Gerencia de Proyectos
	Supervisión Técnico Administrativa
	Proyectista
	Constructora
	Subcontratado 1
	Subcontratado 2

2.4.4 Definiciones de los usos BIM considerados

- ☞ *Coordinación 3D*: Consiste en detectar interferencias entre los modelos de las diferentes especialidades, permitiendo eliminar los conflictos en la obra.
- ☞ *Estimación de costos*: Se utiliza el modelo para el control de costos en cada una de las fases del proyecto como construcción, operación y mantenimiento.
- ☞ *Planificación 4D*: Se usa el modelo para poder planificar el trabajo ajustando los procesos con la variable tiempo. El modelado 4D es

una herramienta de visualización y comunicación muy útil, que puede dar al equipo de proyecto, una mejor comprensión de los hitos del proyecto y los planes de construcción.

- ☞ *Modelado de condiciones existentes*: Usar un modelo para identificar las condiciones existentes y futuras de un determinado emplazamiento. Estudiar las repercusiones en el entorno que un edificio puede ocasionar desde su diseño, hasta la construcción y vida útil.

2.5 Contactos e información de los integrantes de los equipos BIM

Al inicio de cualquier proyecto, es necesario identificar las funciones y responsabilidades de los equipos de diseño. En la siguiente tabla se registran los nombres y datos de contacto de todos y cada uno de los miembros más relevantes que intervienen en el mismo.

EMPRESA	ROL	RESPONSABLE	CORREO ELECTRÓNICO
ABC	Cliente	«Nombre»	«e-mail»
GP	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»
STA	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»
CXYZ	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»
PR	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»
S1	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»
S2	BIM Manager	«Nombre»	«e-mail»

2.6 Organigrama de los equipos BIM

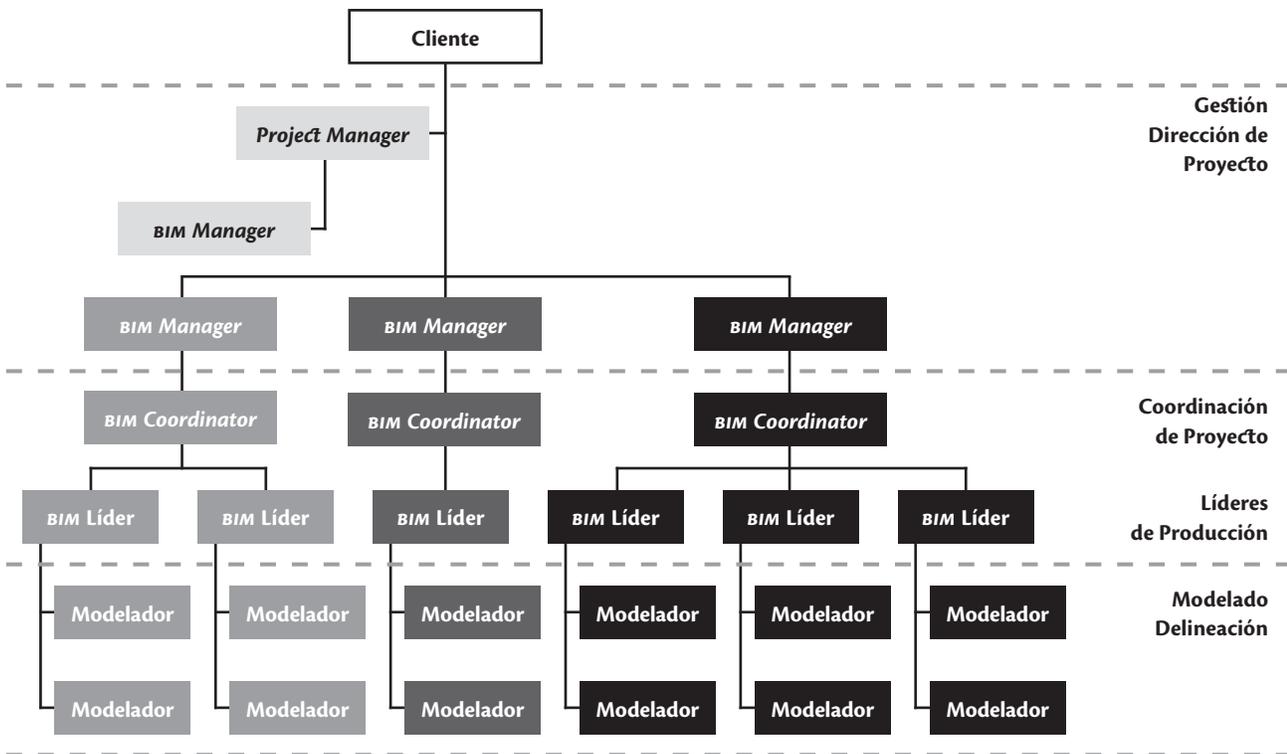


ILUSTRACIÓN 1. Organigrama de los equipos BIM
Fuente: Elaboración propia

2.7 Proceso de desarrollo del modelo BIM en cada fase

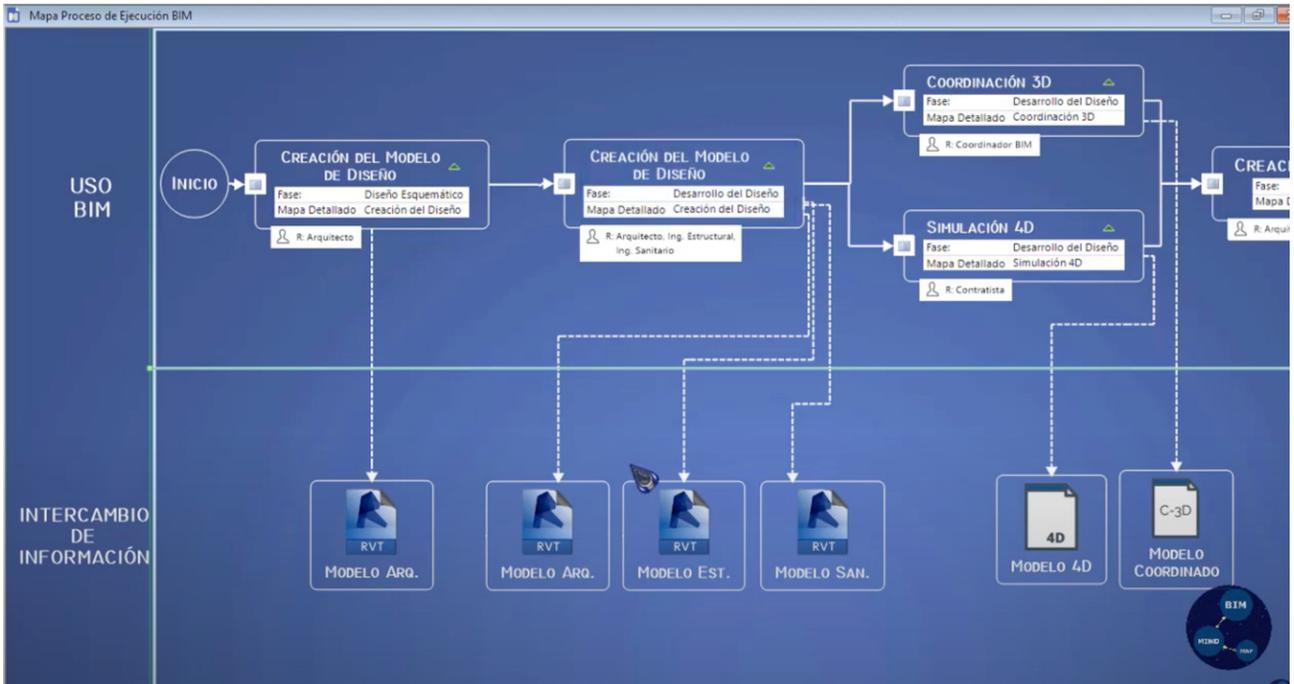


ILUSTRACIÓN 2. Mapa del Proceso de Ejecución BIM
Fuente: Internet

2.8 Formatos de los archivos de las diferentes disciplinas

En esta lista se mencionan los tipos de *software* y las versiones que serán utilizados por el equipo de diseño.

PROGRAMA	DISCIPLINA	Uso	VERSIÓN
Autodesk Revit	Todas	Modelado 3D	2023
Autodesk Naviswork	Todas	Revisión modelo 3D	2023
Microsoft Project	Todas	Programación	2023
Neodata	Todas	Costos	2023
Tekla Structures	Todas	Estructuras	2023
Dailux	Todas	Iluminación	2023

2.9 Formatos de archivos de las entregas por cada fase del proyecto

2.9.1 Flujo de trabajo

Conforme a lo establecido en puntos subsiguientes, será obligatorio compartir el avance del trabajo en la forma y fechas establecidas.

Para llevar a cabo la coordinación, los archivos deben estar en formato «.rvt» o en su defecto «.ifc» compatible con *Naviswork*.

2.9.2 Entrega de archivos

Al final de cada una de las etapas del proyecto será necesario que cada disciplina entregue su modelo BIM en formato «.rvt», junto con la información impresa en formato «.pdf». Asimismo, será necesario entregar el modelo 3D coordinado en formato «.nwd».

En ningún caso se aceptará la entrega de archivos en formatos diferentes a los mencionados con anterioridad.

PROGRAMA	DISCIPLINA	FORMATO	NOTAS
Planos 2D	Todas	.pdf	-
Modelos BIM	Todas	.rvt	Formato de archivo Revit 2023
Coordinación 3D	Todas	.nwd	Formato de archivo Naviswork 2023

3. Criterios específicos del modelo BIM y de colaboración

3.1 División del modelo BIM y las responsabilidades

El modelo deberá estar dividido en 9 archivos principales; independientemente de lo anterior, cada especialista tendrá la libertad de subdividir dichos archivos si lo considera pertinente para una mejor organización. Sin embargo, al momento de compartirse será necesario ajustarse a la siguiente tabla:

Cada uno de los responsables establecidos en la tabla recién presentada, se encargará de revisar, actualizar y enviar la documentación conforme a lo establecido en los párrafos subsiguientes.

DISCIPLINA	NOMBRE DE ARCHIVO	EMPRESA	RESPONSABLE	TIPO DE MODELO
Ejes y niveles	NM-PR-ALL-BIM-EYN-S1-001-Ejes_Niveles.rvt	PR	«Nombre»	Modelo
Entorno	NM-PR-ALL-BIM-ENT-S1-001-Entorno.rvt	PR	«Nombre»	Modelo
Arquitectura	NM-PR-ALL-BIM-ARQ-S1-001-Arquitectura.rvt	PR	«Nombre»	Modelo
Estructura	NM-PR-ALL-BIM-EST-S1-001-Estructura.rvt	S1	«Nombre»	Modelo
MEP	NM-PR-ALL-BIM-MEP-S1-001-Instalaciones.rvt	S2	«Nombre»	Contenedor
Mecánica	NM-PR-ALL-BIM-MEC-S1-001-Mecánica.rvt	S2	«Nombre»	Sub modelo
Electricidad	NM-PR-ALL-BIM-ELE-S1-001-Electricidad.rvt	S2	«Nombre»	Sub modelo
Fontanería	NM-PR-ALL-BIM-FON-S1-001-Fontanería.rvt	S2	«Nombre»	Sub modelo
3D Coordinación	NM-PR-ALL-BIM-COR-S1-001-Coordinación.rvt	PR	«Nombre»	Modelo

3.2 Matriz de archivos de arquitectura, estructuras y MEP

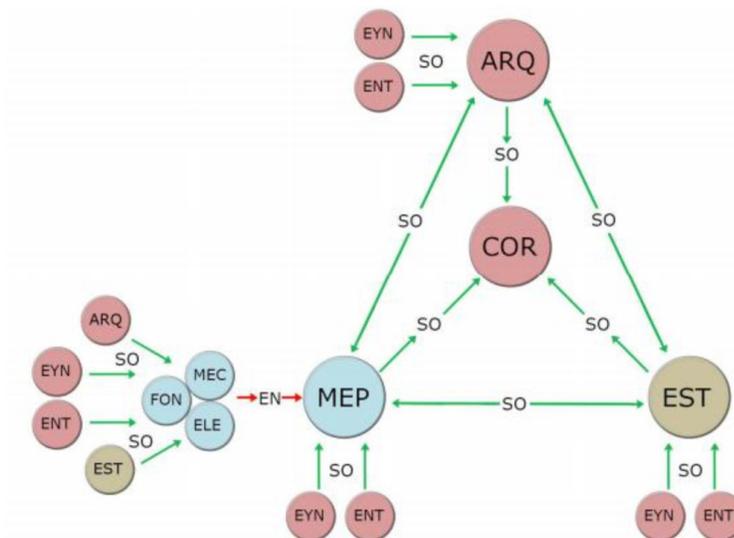


ILUSTRACIÓN 3. Matriz de archivos de arquitectura, estructura, MEP
Fuente: Internet

3.3 Infraestructura para intercambio de los modelos BIM

La plataforma de intercambio de información será *SharePoint*, dónde cada uno de los responsables podrá acceder a ella con un acceso previamente otorgado por la Institución.

Se establece que los días viernes de cada semana, a las 12:00 pm horas como máximo, los equipos de trabajo de cada disciplina están obligados a subir los archivos actualizados de su modelo BIM con su correspondiente árbol de carpetas. Antes de enviar un archivo en formato «.rvt» se deberá usar la herramienta de «Compactar Modelo Central», así como también eliminar todos los posibles archivos CAD de trabajo que se encuentren vinculados al modelo.

Por otro lado, será necesario que en cada envío se adjunte un documento de registro de cambios, especificando aquellos que resulten importantes y sobre todo, que afecten a otras disciplinas.

3.4 Criterios básicos de coordinación de los modelos BIM

3.4.1 Plantillas

En la plantilla de la oficina se recomienda usar la base de *Revit* «defaultESPESP.rte», así se evitarán incoherencias entre las diversas plantillas de *Revit* según las diferentes configuraciones «por defecto».

3.4.2 Responsabilidad

Cada participante es responsable de proteger su propio modelo BIM contra cualquier corrupción de dicho modelo y/o cualquier modificación del mismo. Los participantes no pueden ser responsables por modificaciones realizadas a los archivos del modelo virtual que hayan sido entregados a terceros y realizados por éstos.

Cada equipo es responsable de su disciplina sobre el manejo de los archivos y todos los procesos de trabajo que les corresponden, hasta la generación de cualquier documentación o archivos de exportación.

Entre las delimitaciones a considerar, queda excluida la facultad de que cualquier equipo pueda generar algún documento, plano, impresión o exportación de otra disciplina que no sea la suya.

3.4.3 Archivos

Cada uno de los archivos del modelo BIM no podrá superar un tamaño de 200 megabytes (MB). En el caso que supere los 200 MB será necesario realizar un mantenimiento (Ej., limpieza, etc.) de dicho archivo; si no fuera suficiente, se deberá dividir en partes (según las recomendaciones de *CASE*, desarrollador oficial de *Autodesk*).

3.4.4 Punto de origen y niveles

Se usará el mismo punto de origen del modelo BIM para todos los archivos de las diferentes disciplinas. El punto de origen del proyecto quedará definido en el archivo «Ejes y niveles». Con la herramienta «Coordenadas compartidas», se puede utilizar la configuración del origen del archivo BASE en el resto de los archivos del modelo BIM.

- ☞ Los niveles estructurales definen el canto superior del forjado estructural.
- ☞ Los niveles de arquitectura definen el canto superior de los suelos de acabados.
- ☞ Los niveles MEP (instalaciones) serán los mismos que los de arquitectura y todos los objetos irán referenciados a ellos.

3.4.5 Disciplinas de instalaciones

Las diferentes disciplinas dentro del apartado de instalaciones irán en subproyectos diferentes para poder crear filtros con cada una de ellos. De esta forma, los archivos vinculados de las diferentes disciplinas deberán ser producidos, cada uno, en un subproyecto diferente.

4. Grado de nivel de detalle del modelo BIM por fases

El objetivo de este apartado es definir el alcance del grado de detalle de cada categoría, para cada fase del proyecto. Todos los elementos mencionados deben estar modelados como geometría 3D, para que se pueda comprobar cualquier interferencia de los diferentes elementos del modelado como indica la tabla siguiente:

La tabla mostrada, fue extraída del «*BIM Project Execution Planning*» de la *buildingsSMART Alliance*.

Model Element Authors (MEA)		ETAPA DE DISEÑO					
		Anteproyecto		Proyecto Básico		Proyecto Ejecutivo	
		LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA
1	ARQUITECTURA						
1.1	Suelos	100	CRP	200	CRP	300	CRP
1.2	Fachadas	100	CRP	200	CRP	300	CRP
1.3	Paredes	100	CRP	200	CRP	300	CRP
1.4	Plafones	100	CRP	100	CRP	300	CRP
1.5	Puertas	100	CRP	200	CRP	200	CRP
1.6	Ventanas	100	CRP	200	CRP	200	CRP
1.7	Cubiertas	100	CRP	200	CRP	300	CRP
1.8	Elementos genéricos	100	CRP	100	CRP	200	CRP
2	ESTRUCTURA						
2.1	Cimentación			200	BRU	200	BRU
2.2	Columnas	100	BRU	200	BRU	200	BRU
2.3	Muros estructurales	N.A.	N.A.	100	BRU	200	BRU
2.4	Losas	100	BRU	200	BRU	200	BRU
2.5	Vigas	100	BRU	200	BRU	200	BRU
2.6	Estructuras espaciales	N.A.	N.A.	100	BRU	200	BRU
2.7	Elementos genéricos	N.A.	N.A.	100	BRU	200	BRU
3	INSTALACIONES						
3.1	Equipos de instalación mecánica	N.A.	N.A.	200	RCE	300	RCE
3.2	Ductos	N.A.	N.A.	100	RCE	300	RCE
3.3	Terminales de aire	N.A.	N.A.	100	RCE	200	RCE
3.4	Tuberías	N.A.	N.A.	100	RCE	300	RCE
3.5	Conexiones de tuberías	N.A.	N.A.	100	RCE	300	RCE
3.6	Bandejas de cables	N.A.	N.A.	100	RCE	200	RCE
3.7	Elementos genéricos	N.A.	N.A.	100	RCE	200	RCE

Nota: N.A. = No aplica.

5. Nomenclatura

Se define un número fijo de dígitos para establecer la nomenclatura de cualquier archivo, vista, plano, elementos geométricos (Familias Revit), o elementos de anotación. La razón es la legibilidad de las columnas.

5.1 Nomenclatura de los archivos del modelo BIM

La nomenclatura de los archivos quedará establecida de la siguiente manera:

- ☞ Campo 1: Proyecto. Se designa para este proyecto el código:
 - NM (Nombre del Proyecto)
- ☞ Campo 2: Responsable del archivo. Se designan para este archivo los siguientes códigos:
 - IN: Institución
- ☞ Campo 3: Subdivisiones. Se establece este campo para posibles subdivisiones que cualquier empresa necesite definir dentro de sus archivos, por ejemplo:
 - N1: Nivel 1
 - N2: Nivel 2
- ☞ Campo 4: Tipo de Archivo. Define el tipo de documento, el cual será BIM para modelos; pudiendo ser .pdf, .doc u otros según sea el caso.
- ☞ Campo 5: Disciplina. Se establecen las siguientes disciplinas para este proyecto:
 - EYN: Ejes y niveles
 - ENT: Entorno
 - ARQ: Arquitectura
 - EST: Estructura
 - MEP: Instalaciones
 - MEC: Instalaciones mecánicas
 - ELE: Instalaciones eléctricas
 - FON: Instalaciones fontanería
 - COR: Coordinación
- ☞ Campo 6: Código de estado. Para este campo se deberá considerar lo establecido en la norma ISO-19650; lo anterior, para diferenciar la categoría del archivo con base en la información que este contenga.
- ☞ Campo 7: Número. Versión del archivo.
- ☞ Campo 8: Breve descripción. Contendrá una breve descripción aclaratoria sobre el contenido del archivo
- ☞ Ejemplo: NM-PR-ALL-BIM-ARQ-S1-001-Arquitetura.rvt
Archivo perteneciente al proyecto «Name», siendo responsable del mismo el estudio PR. Incluye todas las posibles subdivisiones (ALL), siendo un modelo BIM 3D (BIM) perteneciente a la categoría Arquitectura (ARQ). El estado (s1), indica que ha sido generado para coordinación, siendo este su primera versión (001).

5.2 Nomenclatura de las disciplinas del modelo BIM

Se establecen las siguientes categorías de subproyectos para las diferentes disciplinas según se muestra.

En la disciplina de Arquitectura, los subproyectos serán de la siguiente manera:

1. Ejes y niveles RV
2. Entorno RV
3. Estructura RV
4. Fachada exterior
5. Circulación vertical
6. Distribución. Muros y suelos
7. Mobiliario
- Z1. Caja referencia
- Z2. Revit vinculado

En la disciplina de Estructuras, los subproyectos serán los siguientes:

1. Ejes y niveles RV
2. Entorno RV
3. Arquitectura RV
4. Estructura
- Z1. Caja referencia
- Z2. Revit vinculado

En la disciplina de Instalaciones, los subproyectos serán los siguientes:

1. Ejes y niveles RV
2. Entorno RV
3. Arquitectura RV
4. Estructura RV
5. Mecánica
6. Eléctrica
7. Sanitaria
8. Hidráulica
- Z1. Caja referencia
- Z2. Revit vinculado

Los subproyectos que contienen las siglas RV al final de su nombre indican que estarán compuestos exclusivamente por un Revit vinculado, que contiene dicha información. Cada disciplina será libre de añadir otros subproyectos respetando las siguientes reglas:

- ☞ La descripción de los mismos debe estar compuesta únicamente por letras mayúsculas y ser claramente identificada con la información contenida.
- ☞ Si el subproyecto contiene elementos modelo, se deben enumerar numéricamente seguido al último subproyecto.
- ☞ Si el subproyecto contiene un archivo vinculado, deberá enumerarse con el prefijo Z seguido del último subproyecto.

5.3 Nomenclatura de las plantillas de vista y las vistas

La nomenclatura de las plantillas de vista queda establecida como sigue:

- ☞ Campo 1: Disciplina. Las diferentes posibilidades para este campo son:
 - ARQ: Arquitectura
 - EST: Estructura
 - MEP: Instalaciones
 - MEC: Instalaciones mecánicas
 - ELE: Instalaciones eléctricas
 - SAN: Instalaciones sanitarias
 - HID: Instalaciones hidráulicas

- ☞ Campo 2: Tipo de vista. Tipo de documento, el cual será BIM para modelos. Pudiendo ser .pdf, .doc u otros según sea el caso.
 - M3: Vista 3D
 - ME: Elevación 2D
 - MP: Plano 2D
 - MR: Plano de azotea 2D
 - MS: Sección 2D
 - FON: Fontanería

- ☞ Campo 3: Breve descripción. Se debe incluir una descripción breve de la configuración o el tipo de vista para la que se usa.

- ☞ Ejemplo: ARQ-ME-SOMBRAS
 Esta plantilla de vista sería una plantilla de Arquitectura (ARQ), usada en vistas de elevaciones (ME) y que tiene predeterminada una configuración de sombras.

En cuanto a la nomenclatura de las vistas, queda establecida como se muestra a continuación.

El navegador de proyectos, estará dividido con base en los siguientes parámetros compartidos:

- ☞ BASE
- ☞ DISCIPLINA
- ☞ LOTE
- ☞ SUBLOTE

Dentro de la categoría BASE, existen las siguientes posibilidades:

- ☞ DOCUMENTACIÓN
- ☞ PLANTILLA
- ☞ TRABAJO-XX

De esta forma, los diferentes participantes implicados en el proyecto, podrán crear su propio apartado incorporando sus siglas al final de la categoría TRABAJO, siendo este su propio espacio.

En PLANTILLA no se deberá trabajar; servirá exclusivamente para obtener duplicados de vistas originales. Finalmente, en DOCUMENTACIÓN se agrupará el trabajo de los diferentes componentes.

Por lo tanto, cada vista quedará definida de la siguiente manera.

- ☞ Campo 1: Base. Las diferentes posibilidades para este campo son:
 - DOC: Documentación
 - PLA: Plantilla
 - TXX: Trabajo + iniciales

- ☞ Campo 2: Posición. Para vistas de planta quedará nombrado el nivel al que pertenece con el prefijo P, si es sobre rasante, por ejemplo P.12; o con el prefijo S, si es bajo rasante.

Para vistas de alzado se usará la orientación tal como ESTE, OESTE, NORTE O SUR.

Para vistas de secciones queda al libre criterio la nomenclatura a usar en este campo, siempre respetando el uso de letras mayúsculas.

- ☞ Ejemplo: TMR-P1-ALA_ESTE
 Esta sería una vista de Trabajo de Mario Rodríguez, de la planta en el nivel 1, correspondiente a la orientación este.

5.4 Nomenclatura de las fases

Se establecen cuatro fases principales en las que se incluirán los diferentes elementos:

- ☞ Actual
- ☞ Demolición
- ☞ Nuevo
- ☞ Reformado

5.5 Nomenclatura de parámetros de proyecto y parámetros compartidos

La nomenclatura de los parámetros de proyecto y parámetros compartidos será como sigue:

- ☞ Campo 1: Responsable del parámetro. Se designan para este proyecto los siguientes códigos:
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo
 - S1: Diseño y cálculo de estructuras
 - S2: Diseño de instalaciones

- ☞ Campo 2: Disciplina. Las diferentes posibilidades para este campo son:
 - ARQ: Arquitectura
 - EST: Estructura
 - MEP: Instalaciones
 - MEC: Instalaciones mecánicas
 - ELE: Instalaciones eléctricas
 - FON: Instalaciones fontanería

- ☞ Campo 3: Breve descripción. Detallando el uso del parámetro en letras mayúsculas, para brindar una mejor diferenciación con los parámetros estándar del programa.

- ☞ Ejemplo: S1-EST-RIGIDEZ
Este parámetro habría sido introducido por la ingeniería de estructuras (S1), específico de la disciplina estructuras, que muestra la rigidez de un elemento.

5.6 Nomenclatura de elementos de modelado

La nomenclatura de los elementos de modelado queda establecida de la siguiente manera:

- ☞ Campo 1: Responsable del elemento de modelado. Se designarán para este proyecto los siguientes códigos:
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo
 - S1: Diseño y cálculo de estructuras
 - S2: Diseño de instalaciones
- ☞ Campo 2: Uso. Mediante un código de tres dígitos debe establecerse el uso de dicho elemento, por ejemplo:
 - AUX: Elementos auxiliares de modelado
 - ACA: Para capas de acabados
 - EXT: Para elementos de modelado de uso exterior
 - INT: Para elementos de modelado de uso interior
- ☞ Campo 3: Dimensión. Se designa el uso de tres dígitos con el sufijo «mm» para establecer la dimensión de los elementos. Por ejemplo, «050mm», para identificar un elemento que mide 50 cm de espesor.
- ☞ Campo 4: Breve descripción. Se deberá detallar la configuración del elemento en cuestión.
- ☞ Ejemplo: PR-ACA-015mm-ENLUCIDO
Este elemento de modelo habría sido introducido por el proyectista (PR), siendo un muro o techo para acabados (ACA), con un espesor de 15 mm con un acabado de enlucido.

5.7 Nomenclatura de elementos de anotación

La nomenclatura de los elementos de anotación queda establecida como sigue.

- ☞ Campo 1: Responsable del elemento de anotación. Se designan para este proyecto los siguientes códigos:
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo
 - S1: Diseño y cálculo de estructuras
 - S2: Diseño de instalaciones
- ☞ Campo 2: Tipo de letra. Mediante un código de cinco dígitos debe establecerse el tipo de letra de dicho elemento de anotación, por ejemplo *Arial*.

- ☞ Campo 3: Dimensión. Se designan 1 ó 2 dígitos con el sufijo «mm» para establecer la dimensión de la letra, por ejemplo «2mm».

- ☞ Campo 4: Breve descripción. Detallando la configuración del elemento en cuestión.

- ☞ Ejemplo: PR-ARIAL-3mm-NEG
Este elemento de anotación habría sido introducido por el proyectista (PR), siendo *Arial* el tipo de letra elegida, con un espesor de 3 mm y en negritas.

5.8 Nomenclatura de materiales

La nomenclatura de los materiales seguirá de la siguiente manera:

- ☞ Campo 1: Responsable del parámetro.
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo
 - S1: Diseño y cálculo de estructuras
 - S2: Diseño de instalaciones
- ☞ Campo 2: Disciplina. Las diferentes posibilidades para este campo son:
 - ARQ: Arquitectura
 - EST: Estructura
 - MEP: Instalaciones
 - MEC: Instalaciones mecánicas
 - ELE: Instalaciones eléctricas
 - FON: Instalaciones fontanería
- ☞ Campo 3: Breve descripción. Detallando el material en letras mayúsculas, para una mejor diferenciación con los materiales estándar del programa.
- ☞ Ejemplo: PR-ARQ-AIS-LANA_ROCA
Este material habría sido introducido por el proyectista (PR), específico de la disciplina arquitectura (ARQ), con un aislamiento de lana de roca.

5.9 Nomenclatura de los archivos de documentación y entrega

- ☞ Campo 1: Proyecto. Se designa para este proyecto el código *Name* (Nombre del proyecto):
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo
 - S1: Diseño y cálculo de estructuras
 - S2: Diseño de instalaciones
- ☞ Campo 2: Responsable del documento. Se designan para este proyecto los siguientes códigos:
 - IN: Institución
 - GP: Gerencia de Proyectos
 - PR: Empresa encargada del Proyecto Ejecutivo

- s1: Diseño y cálculo de estructuras
- s2: Diseño de instalaciones

☞ Campo 3 Disciplinas. Las diferentes posibilidades para este campo son:

- ARQ: Arquitectura
- EST: Estructura
- MEP: Instalaciones
- MEC: Instalaciones mecánicas
- ELE: Instalaciones eléctricas
- FON: Instalaciones fontanería

☞ Campo 4: Código. Las opciones para este campo son:

- A0: Planos generales
- A1: Planos de planta
- A2: Alzados
- A3: Secciones
- A4: Aproximaciones (Zonas)
- A5: Detalles

☞ Campo 5: Breve descripción. Detallando el contenido del documento para una lograr mejor diferenciación con los materiales estándar del programa.

☞ Ejemplo: NM-PR-ARQ-A1-Po_USOS

Este documento pertenecería al proyecto actual (NM), elaborado por el proyectista (PR), correspondiente a la disciplina de arquitectura (ARQ). Además, con una vista de planta (A1), en la que se especifican los usos de planta baja.

5.10 Generar documentación DWG: Normas de exportación a DWG

En este proyecto no serán entregable los archivos CAD.

Para fines de trabajo interno, se recomienda a la hora de exportar desde *Revit*, cargar capas desde normas basadas en la «Norma del American Institute of Architects», establecidas en la pestaña de configuración de exportación DWG/DXF.

6. Necesidades de infraestructura tecnológica

6.1 Software

Teniendo en cuenta la variedad de herramientas BIM que existen en el mercado y según los objetivos que la Institución desea lograr, se

propone utilizar *Revit* como parte de la nueva infraestructura tecnológica necesaria para la coordinación en 3D; tomando en cuenta los siguientes criterios de selección:

- ☞ Es una decisión de la Institución utilizar el programa *Revit*, si actualmente se cuentan con las licencias del *software*.
- ☞ La interfaz del *software* es fácil de usar y similar a *AutoCAD* (*software* que actualmente utiliza la mayoría de los empleados para realizar los proyectos); además de que existen distintas opciones de capacitación y de certificaciones disponibles sobre el uso del programa. Así, al ser conocido por la mayoría de los empleados de la Institución, se considera que podría tener una excelente aceptación y adaptación en los proyectos por parte del personal.
- ☞ Existe total compatibilidad entre *AutoCAD* y *Revit*.
- ☞ Existe en el mercado una extensa variedad de complementos del *software Revit* que cubre todas las disciplinas de construcción; tal es el caso de *Naviswork*, *3D Max*, *Neodata*, *Opus*, *ms Project*, etc.

6.2 Hardware

Los tipos de *software BIM* requieren una importante capacidad de almacenamiento y memoria RAM, una potente tarjeta gráfica y procesador; por lo tanto, el *hardware* es una herramienta fundamental en la implementación BIM, en especial en lo referente al manejo de información de distintos usuarios y disciplinas.

La elección del *hardware* no es tema de este plan de adopción; sin embargo, se hace la recomendación de elegir el equipo con mayor demanda en el mercado y que garantice las capacidades necesarias para la mayoría de los usuarios BIM.

6.2.1 Especificaciones mínimas

- ☞ Sistema operativo *Windows 10*, 64 bits.
- ☞ Procesador *i7*, RAM 16 GB, Video de 2 GB, Tarjeta de red, monitor 17", etc.

Para fines de esta propuesta, se considera que la Institución llevó a cabo recientemente un programa de renovación de equipos de cómputo para todo su personal, contando con aquellos que cumplen en su mayoría, con los requisitos mencionados con anterioridad; por lo tanto se considera que este rubro estaría cubierto.



Anexo B

Términos de Referencia propuestos para la contratación de los servicios de Gerencia de Proyectos en un proyecto de carácter público.

Contenido

1. Definiciones	93
2. Alcances de la gerencia de proyectos	93
3. Entregables	95
4. Etapas de la prestación del servicio	96
4.1 Etapa 1: previo a la ejecución de la obra inmobiliaria	96
4.2 Etapa 2: durante la ejecución de la obra inmobiliaria	96
4.3 Etapa 3: posterior a la terminación de la obra inmobiliaria	96
4.4 Etapa 4: posterior al finiquito de la obra inmobiliaria	96
5. Plazo, lugar y horarios de la prestación de los servicios	96
5.1 Plazo de los servicios	96
5.2 Lugar de la prestación del servicio	96
5.3 Horario de la prestación del servicio	96
6. Forma de cotizar el servicio	96
7. Plantilla mínima	98
8. Consideraciones adicionales	102

1. Definiciones

Para la debida aplicación e interpretación del presente documento, cuando se haga referencia a los conceptos que a continuación se utilicen, en singular o plural, se entenderá por:

- ☞ **C.M.I.C.** Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. Institución de interés público, autónoma, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene como objeto, entre otros, representar, defender y fomentar los intereses generales de los industriales de la construcción.
- ☞ **Dashboard.** Herramienta de gestión de la información que monitorea, analiza y muestra de manera visual los indicadores clave de desempeño: *KPI* (*Key Performance Indicator*), métricas y datos fundamentales para hacer un seguimiento del estado de un proyecto.
- ☞ **Corresponsable.** Persona física auxiliar de la Administración Pública del Distrito Federal con autorización y registro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, con conocimientos técnicos relativos a la seguridad estructural, al diseño urbano y arquitectónico e instalaciones; quien responderá en forma conjunta con el «D.R.O.», o autónoma en los casos en que otorgue su responsiva, en todos los aspectos técnicos relacionados al ámbito de su intervención profesional, y deberá cumplir con lo establecido en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y en las demás disposiciones aplicables.
- ☞ **D.R.O.** Director Responsable de Obra. Persona física auxiliar de la Administración Pública del Distrito Federal, con autorización y registro otorgado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, quien tiene la atribución en todas aquellas actividades vinculadas con su responsiva, de ordenar y hacer valer en la obra, la observancia de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y demás disposiciones aplicables, incluyendo las ambientales.
- ☞ **G.P.** *Gerencia de Proyectos*, encargada del cumplimiento de la construcción de la «Obra Inmobiliaria» en apego al «Proyecto Ejecutivo» y al «Plan para la dirección del proyecto».
- ☞ **Memoria Descriptiva Arquitectónica.** Documento que constituye la descripción del «Proyecto Ejecutivo», otorgando las características básicas generales sobre espacio y funcionamiento del mismo.
- ☞ **Obra Inmobiliaria.** Trabajos de construcción ejecutables con base en el «Proyecto Ejecutivo» desarrollado por el Proyectista.
- ☞ **Plan para la dirección del proyecto.** Documento certificado por un «P.M.P.», que describe el modo en el que el «Proyecto Ejecutivo» será monitoreado, controlado y cerrado conforme a las buenas prácticas establecidas por un instituto, asociación u organismo dedicado a la Gerencia de Proyectos.

- ☞ **Plan de Ejecución BIM.** Documento que define las bases, reglas y normas internas a utilizar para la aplicación de la metodología BIM en un proyecto.
- ☞ **P.M.P.** *Project Manager Professional*. Profesional externo a la Institución o dependencia contratante certificado por el «P.M.I.» de manera vigente a la fecha de inicio y durante la prestación de los servicios de «G.P.»
- ☞ **Programa de ejecución de obra.** Secuencia de actividades constructivas que se realizan en un determinado plazo de ejecución.
- ☞ **Proyecto Ejecutivo.** Conjunto de planos y documentos que conforman el proyecto arquitectónico y de ingeniería de la «Obra Inmobiliaria», el catálogo de conceptos, así como las descripciones e información suficientes para ejecutar dicha obra.
- ☞ **R.O.** Residente de Obra. Profesional designado por la Institución o dependencia contratante para que se establezca físicamente en el lugar de ejecución de los trabajos; fungirá como supervisor ante el contratista y será el responsable de la supervisión, vigilancia, control y revisión de los trabajos, incluyendo la aprobación de las estimaciones presentadas por los contratistas.
- ☞ **Secuencia Constructiva.** Desarrollo secuencial e iterativo de los diferentes cuerpos de construcción, de acuerdo con el «Proyecto Ejecutivo» y su respectiva logística de construcción.
- ☞ **Servicios relacionados con la obra.** Contratos formalizados con la «S.T.A.», «U.V.I.E.», «D.R.O.» y «Corresponsables».
- ☞ **S.T.A.** Supervisión Técnico Administrativa. La supervisión de una obra, comprende el empleo de una metodología para vigilar la coordinación de actividades, del cumplimiento a tiempo de las condiciones técnicas y económicas pactadas entre quien ordena y financia la obra y quien la ejecuta.
- ☞ **U.V.I.E.** Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas. Es la persona física o moral que cuenta con una acreditación expedida por una entidad aprobada por la Autoridad competente, para realizar actos de verificación de instalaciones eléctricas.

2. Alcances de la gerencia de proyectos

Los servicios de la «G.P.» deberán prestarse previo, durante y posteriormente a la ejecución de la «Obra Inmobiliaria» (fase de construcción), con base en el «Proyecto Ejecutivo» cuya descripción pormenorizada se encuentra en la «Memoria Descriptiva Arquitectónica». Las inconsistencias, observaciones, errores, omisiones, desviaciones, mejoras, etc., que detecte la «G.P.» deberá incorporarlas dentro del reporte inicial, señalado en el apartado «Entregables».

Durante la fase de construcción, la «G.P.» será de forma general, enunciativa más no limitativa, responsable de:

- ☞ Verificar la preexistencia de estudios o proyectos y en caso de que existan, determinar si requieren ser adecuados, actualizados o complementados.

- ☞ Contratar al constructor y prestadores de los servicios relacionados con la obra, bajo la modalidad conveniente:
 - Licitación pública (LP)
 - Invitación a cuando menos tres personas (ITP)
 - Adjudicación directa por materia (ADM)
 - Adjudicación directa por monto (ADM)
- ☞ Gestionar la construcción del «Proyecto Ejecutivo» con base en las buenas prácticas de la Gerencia de Proyectos, bajo el estándar de un instituto, asociación u organismo dedicado a la Gerencia de Proyectos.

El prestador del servicio de «G.P.», deberá:

- ☞ Generar y certificar por un «P.M.P» el «Plan para la dirección del proyecto» con base en la «Secuencia Constructiva» y las mejores prácticas.
- ☞ Entregar al «R.O.», el «Plan para la dirección del proyecto», señalado en el apartado «Entregables».
- ☞ Implementar y ejecutar el «Plan para la dirección del proyecto».
- ☞ Atender los requerimientos que el «R.O.» solicite a la «G.P.», durante el proceso de contratación de los trabajos de la «Obra Inmobiliaria»; así como de los «Servicios relacionados con la obra», que correspondan a los eventos que se describen a continuación:

Visitas de inspección al lugar de la «Obra Inmobiliaria».

Solicitudes de aclaraciones.

Evaluación de las proposiciones.

- ☞ Coadyuvar con el «R.O.», durante la ejecución de los trabajos de la «Obra Inmobiliaria», así como de los «Servicios relacionados con la obra», en la planeación, organización, dirección, y control.
- ☞ Vigilar que se dé cabal cumplimiento a la «Secuencia Constructiva».
- ☞ Entregar el reporte inicial al «R.O.», dentro de los 60 días naturales posteriores al inicio de la prestación de los servicios; así como los estudios, análisis y documentos generados en cumplimiento a lo pactado en los contratos de «Servicios relacionados con la obra» de acuerdo a lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento.
- ☞ Revisar y validar conjuntamente, en el ámbito de sus atribuciones, con la «S.T.A.», el «D.R.O.», los «Corresponsables» y la «U.V.I.E.», los procedimientos constructivos. En el caso de identificar alguna inconsistencia o mejora, propondrá las adecuaciones respectivas.
- ☞ Validar y dar seguimiento a la construcción en concordancia con el «Proyecto Ejecutivo» y su «Secuencia Constructiva», especificaciones técnicas, fichas técnicas y presentar un reporte semanal del avance de la construcción.
- ☞ Gestionar a través del «R.O.» el ingreso a la «Obra Inmobiliaria» de personal, vehículos, materiales, etc., el trámite de acceso para los mismos, y de los «Servicios relacionados con la obra», en términos de lo dispuesto en los anexos para tal efecto de los contratos de que se trate.
- ☞ Instalar para su personal, oficinas, áreas de trabajo, e instalaciones sanitarias provisionales.
- ☞ Coadyuvar con el «R.O.» en recibir, revisar y aprobar las estimaciones de los «Servicios relacionados con la obra» conforme a

los procedimientos y plazos previstos en el contrato. Para lo cual deberá incluir en cada hoja de todas las estimaciones y en los anexos, la leyenda que a continuación se transcribe:

«Certificamos que en la presente estimación, los precios unitarios corresponden a los contratados y a los plazos señalados en el cuerpo de la propia estimación; certificamos también, que las operaciones aritméticas en los documentos de apoyo de la estimación, como en el cuerpo de la misma y en la factura correspondiente, son correctas y se certifica que las características fiscales de la factura, así como las aplicaciones de descuentos de ley, impuesto al valor agregado y otras aditivas y deductivas aplicadas, son correctas.» (Fin del texto), nombre de la empresa de «G.P.», nombre y firma del supervisor y fecha.

- ☞ Mantener personal en el sitio durante la ejecución de la «Obra Inmobiliaria» y la prestación de los «Servicios relacionados con la obra», conforme a los alcances correspondientes a su contrato. De no cumplirse lo anterior, se aplicará lo establecido en la cláusula «Precio y forma de pago», en el último párrafo del contrato correspondiente.
- ☞ Supervisar que la plantilla establecida en el contrato de la «S.T.A.» se esté cumpliendo conforme a los alcances señalados en el mismo. Asimismo, supervisará que se cumpla con el personal establecido en los contratos relacionados con la «U.V.I.E.», «D.R.O.» y «Corresponsables».
- ☞ Revisar, dar seguimiento y firmar la bitácora de la «Obra Inmobiliaria».
- ☞ Presentar un reporte semanal al «R.O.», de acuerdo con lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento, en el avance del «Programa de ejecución de obra» conforme a la logística propuesta en la «Secuencia Constructiva» y en el Programa de Producción de Montos de Obra.
- ☞ Presentar un reporte mensual al «R.O.», de acuerdo con lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento, con los avances de la ejecución de los trabajos, así como lo correspondiente para los diversos «Servicios relacionados con la obra», conforme a lo programado en la fecha de reporte.
- ☞ Entregar un reporte presupuestal al «R.O.», de acuerdo con lo señalado en el apartado *Entregables* de este documento, cada mes de agosto durante la vigencia del contrato; un pronóstico de cierre a diciembre del año de que se trate y uno anual de los años subsecuentes, del avance de la prestación de sus servicios, de la «Obra Inmobiliaria», así como de los «Servicios relacionados con la obra».
- ☞ Revisar y validar mediante firma en Bitácora de obra, las pruebas de aceptación de materiales de carácter estructural que propongan el «D.R.O.» y el Corresponsable en Seguridad Estructural (cse).
- ☞ Revisar y validar mediante firma en Bitácora de obra, las pruebas de aceptación de operación de infraestructura, definidas por los Corresponsables en Instalaciones (ci).
- ☞ Revisar y aprobar el modelo 3D generado en el *software Revit* en su última versión (*Level Of Development 500*, Nivel 200), entregado por la «S.T.A.» en términos de lo pactado en el contrato correspondiente.

- ☞ Dar seguimiento al «Plan de Ejecución BIM».
- ☞ Participar y validar conjuntamente con la «S.T.A.», en el proceso de recepción de la «Obra Inmobiliaria» y en el cierre técnico y administrativo de los contratos de «Servicios relacionados con la obra», suscribiendo las actas de entrega y verificación correspondientes.
- ☞ Entregar al «R.O.», durante el desarrollo de la Etapa 3 de la prestación de servicios de «S.T.A.», de manera digital e impresa en dos tantos, los planos *As Built* de la «Obra Inmobiliaria» debidamente firmados.
- ☞ Verificar previo a la entrega al «R.O.», esto es durante el desarrollo de la Etapa 3 de la prestación de servicios de «S.T.A.», que los planos *As Built* de la «Obra Inmobiliaria» estén debidamente firmados por el «D.R.O.», «Corresponsables», «P.D.U.» y «U.V.I.E.», según corresponda.
- ☞ Entregar un reporte final al «R.O.», según lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento.
- ☞ Integrar y proporcionar, el expediente final completo de los «Servicios relacionados con la obra», según lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento.
- ☞ Realizar el fotocopiado, impresión y digitalización (en una resolución legible) de toda la documentación generada por la prestación de sus servicios.
- ☞ Entregar toda la información impresa generada y en su poder como parte de la prestación de sus servicios, debidamente clasificada, ordenada y además, digitalizada; debidamente respaldada en dispositivos tecnológicos de almacenamiento, conforme a lo señalado en el apartado «Entregables» de este documento.

3. Entregables

- ☞ Manual del Proyecto
- ☞ Plan para la dirección del proyecto

El documento deberá contener, de forma general, enunciativa más no limitativa, lo siguiente:

- Gestión de la Integración de Proyecto.
- Gestión del Alcance del Proyecto.
- Gestión del Cronograma del Proyecto.
- Gestión de los Costos del Proyecto.
- Gestión de la Calidad del Proyecto.
- Gestión de los Recursos del Proyecto.
- Gestión de las Comunicaciones del Proyecto.
- Gestión de los Riesgos del Proyecto.
- Gestión de las Adquisiciones del Proyecto.
- Gestión de los Interesados del Proyecto.

Este documento deberá ser entregado al «R.O.» dentro del reporte inicial.

- ☞ Reporte inicial. Informe de la revisión de la documentación entregada a la G.P., que deberá contener de forma general, enunciativa más no limitativa, lo siguiente:
 - Relación de la normatividad aplicable al Proyecto Ejecutivo.
 - *Checklist* de la documentación entregada del cliente a la G.P.

- Complemento y actualización de los estudios, análisis y documentos relacionados con las especialidades de la Obra Inmobiliaria.

Este documento deberá ser entregado de manera física, en un plazo máximo de 60 días naturales siguientes, contando a partir del día en que se le proporcione al contratista el Proyecto Ejecutivo de la Obra Inmobiliaria en materia de supervisión.

- ☞ Reporte semanal. Informe de avance que deberá contener, de forma general, enunciativa más no limitativa, lo siguiente:
 - Avance físico y financiero de la Obra Inmobiliaria conciliado entre la persona contratista que ejecute la obra y la «S.T.A.», firmado por ambas y basado en el formato *Dashboard* entregado.
 - Avance financiero, tanto de los servicios de la G.P., como de los Servicios relacionados con la obra, conciliado previamente con cada uno de los prestadores de los servicios relacionados con la obra inmobiliaria, basado en el formato *Dashboard* entregado.

Este documento deberá ser entregado de manera física y con periodicidad semanal.

- ☞ Reporte mensual. Informe a mes vencido en formato impreso y digital en el que se detallen las actividades realizadas en el periodo para los servicios de la G.P. El informe deberá contener, de forma general, enunciativa más no limitativa, lo siguiente:
 - Fecha de elaboración.
 - Número consecutivo del documento.
 - Período de las actividades.
 - Listado de actividades desarrolladas por la G.P., soportadas con la documentación administrativa, técnica, gráfica y/o legal que en su caso corresponda.
 - Listado de actividades generales desarrolladas por los prestadores de los Servicios relacionados con la obra, soportadas con la documentación administrativa, técnica, gráfica y/o legal que en su caso corresponda.
 - Porcentaje de avance físico y financiero, programado contra real, de la Obra Inmobiliaria.
 - Porcentaje de avance financiero real en el desarrollo de sus actividades y de los Servicios relacionados con la obra, medido contra el avance programado a la fecha de corte del periodo.
 - Deberá estar firmado por el responsable de la G.P., autógrafamente en todas sus hojas.

Este documento deberá ser entregado mensualmente de manera física, a más tardar dentro de los cinco días naturales siguientes a la fecha en que termine el mes a reportar.

- ☞ Reporte presupuestal. Informe del avance financiero de la prestación de los servicios de la G.P.» de la Obra Inmobiliaria, así como de los Servicios relacionados con la obra, con fecha de corte al mes de agosto de cada año que se esté ejecutando dicha obra. Deberá contener, de forma general, enunciativa más no limitativa, lo siguiente:

- Validación del avance financiero de la Obra Inmobiliaria.
- Informe financiero de los servicios de la G.P.
- Informe financiero de los Servicios relacionados con la obra.

Este documento deberá ser entregado de manera física, en el mes de septiembre del año de que se trate, durante la ejecución de la Obra Inmobiliaria.

☞ Reporte final. Informe que incluye el estado de cierre físico y financiero de la Obra Inmobiliaria y de los Servicios relacionados con la obra, así como la descripción de los aspectos más relevantes de la ejecución de los servicios de la G.P.

Este documento deberá ser entregado al término de la Etapa 4.

☞ Expediente final. Compendio de la documentación relacionada con la ejecución de los contratos del servicio de la G.P. y de los Servicios relacionados con la obra, el cual debe incluir, de manera enunciativa mas no limitativa, lo siguiente:

- Documentación financiera de la G.P. y Servicios relacionados con la obra.
- Reportes de avance generados durante la ejecución de los servicios de la G.P. y Servicios relacionados con la obra.
- Comunicaciones (Minutas, boletines, oficios y demás comunicaciones generadas) de la G.P. y las que estén relacionadas con los «Servicios relacionados con la obra».
- Dossier de calidad, elaborado por la S.T.A. y el contratista encargado de la ejecución de la Obra Inmobiliaria.
- Bitácora de la Obra Inmobiliaria debidamente firmada.
- Planos *As Built* firmados por los responsables según corresponda.
- Aviso de terminación de la Obra Inmobiliaria y de los Servicios relacionados con la obra.
- Acta de entrega y verificación de la Obra Inmobiliaria y de los Servicios relacionados con la obra.
- Acta finiquito de Obra Inmobiliaria y de los Servicios relacionados con la obra.

Este expediente deberá ser entregado al término de la Etapa 4.

4. Etapas de la prestación del servicio

4.1 Etapa 1:

Previo a la Ejecución de la Obra Inmobiliaria

El contratista se obliga a prestar los servicios materia de contratación correspondientes a la Etapa 1, en un plazo máximo de 60 días naturales; el cual se contabilizará a partir del día en que se le proporcione al contratista el Proyecto Ejecutivo de la Obra Inmobiliaria materia de supervisión.

4.2 Etapa 2:

Durante la Ejecución de la Obra Inmobiliaria

Asimismo, el contratista se obliga a prestar los servicios materia de contratación correspondientes a la Etapa 2, en un plazo máximo de 960 días naturales, cuyo comienzo quedará sujeto al inicio de

la Obra Inmobiliaria; por lo que se le comunicará al contratista la fecha de inicio de los servicios correspondientes a dicha etapa. De ser el caso, el plazo que transcurra entre el término de la Etapa 1 y el día en que se le notifique al contratista el inicio de la Etapa 2, no se contabilizará como parte del plazo pactado para esta etapa, que es de un máximo de 960 días naturales.

4.3 Etapa 3:

Posterior a la Terminación de la Obra Inmobiliaria

De igual manera, el contratista se obliga a prestar los servicios materia de contratación correspondientes a la Etapa 3, en un plazo máximo de 150 días naturales, contados a partir del día natural siguiente a la recepción del Aviso de terminación de la Obra Inmobiliaria; dicho aviso será entregado por el contratista que ejecute la obra. De ser el caso, el plazo que transcurra entre el término de la Etapa 2 y el inicio de la Etapa 3, no se contabilizará como parte del plazo pactado para esta etapa, que es de un máximo de 150 días naturales.

4.4 Etapa 4:

Posterior al Finiquito de la Obra Inmobiliaria

Finalmente, el contratista se obliga a prestar los servicios correspondientes a la Etapa 4, en un plazo máximo de 120 días naturales, contados a partir del día natural siguiente a la recepción del último Aviso de terminación de los contratos de los Servicios relacionados con la obra. De ser el caso, el plazo que transcurra entre el término de la Etapa 3 y el inicio de la Etapa 4, no se contabilizará como parte del plazo pactado para esta etapa que es de un máximo de 120 días naturales.

5. Plazo, lugar y horarios de la prestación de los servicios

5.1 Plazo de los servicios

Los servicios de G.P. se deberán prestar en un plazo máximo de 1,290 días naturales, contados a partir de que se le entregue al prestador del servicio el Proyecto Ejecutivo, conforme a las etapas antes descritas.

5.2 Lugar de la prestación del servicio

El servicio de G.P. deberá prestarse en las instalaciones en donde se lleve a cabo la ejecución de la Obra Inmobiliaria.

5.3 Horario de la prestación del servicio

El servicio de G.P. deberá prestarse de lunes a domingo en un horario abierto de 24 horas por día natural, según lo solicite el R.O., conforme al avance de la Obra Inmobiliaria y el Programa de ejecución de obra.

6. Forma de cotizar el servicio

La cotización del servicio de G.P., deberá considerar todas las obligaciones contenidas en el presente anexo, así como, contar con el

personal suficiente y capacitado para cumplir con la totalidad de los alcances establecidos y en concordancia con las diversas especialidades incluidas en el proyecto de Obra Inmobiliaria considerando la plantilla laboral mínima del presente documento.

La propuesta deberá contener la conformación de la plantilla, así como el detalle de cálculo de conformidad con el ejemplo hipotético del cálculo de honorarios. Para el cálculo de los honorarios se deberá utilizar la Unidad de Medida y Actualización (UMA)¹ vigente al momento de la presentación de la propuesta.

Además, la propuesta deberá incluir los costos integrados de todas y cada una de las categorías del personal que participará en la prestación de los servicios, incluyendo aquellas que pertenezcan a empresas de consultoría que sean externas al prestador del servicio. Este análisis deberá estar basado en el Tabulador de Servicios Profe-

sionales vigente, publicado por la C.M.I.C, señalando claramente el salario de cada profesionista de conformidad con las leyes aplicables.

Por último, aspectos que la propuesta deberá incluir:

- Los servicios cotizados incluyendo todos los costos directos, indirectos, pago de salarios, y todos los gastos para la prestación de los mismos.
- El importe de la propuesta económica antes del Impuesto al Valor Agregado (I.V.A.) en Moneda Nacional.
- Considerar la plantilla mínima establecida; sin embargo de acuerdo con su experiencia, la G.P. podrá proponer una plantilla mayor para la prestación de los servicios, siempre y cuando justifique debidamente el aumento de la misma.
- Entregar el programa de ejecución expresando los importes por periodos mensuales a dos decimales, así como el importe total antes de impuestos.

¹ La Unidad de Medida y Actualización (UMA) es la referencia económica en pesos para determinar la cuantía del pago de las obligaciones y supuestos previstos en las leyes federales, de las entidades federativas, así como en las disposiciones jurídicas que emanen de todas las anteriores (INEGI, 2023).

7. Plantilla mínima

Etapa 1: Previo a la Ejecución de la Obra Inmobiliaria

Nº CMIC	(A) CATEGORÍA	(B) NIVEL	(C) ESCOLARIDAD	(D) EXPERIENCIA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD	(E) TOMA DE DECISIONES	(F) EFECTO DEL RIESGO	(G) CAPACIDADES	CANTIDAD
7	Estudios y Proyectos Analista de Sistemas «B» Coordinador de proyecto Supervisión Jefe de Control de Calidad «B» Auditor de obra Coordinador de Supervisión Jefe de los Especialistas Técnicos Construcción Coordinador de Ingeniería de Costos Residente de obra «A» Superintendente	Operativo	Licenciatura Titulado con cursos de especialidad	De 3 a 5 años de experiencia. Responsabilidad alta de los resultados de actuación de un grupo de profesionistas	Decisiones frecuentes, importantes que propician logros en el trabajo	Errores considerables que provocan pérdida de tiempo y costos y que pueden causar una mala imagen de la empresa	Administración con cultura, disciplina gerencial, amplia experiencia CTC-r. Liderazgo. Delega funciones y actividades importantes en otras personas para obtener los resultados previstos	4
9	Estudios y Proyectos Gerente de Proyectos Supervisión Gerente de Supervisión Construcción Gerente de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con cursos de posgrado o especialidad opcionales	De 5 a 7 años de experiencia. Responsabilidad máxima del proyecto y del grupo bajo su mando	Decisiones muy importantes que implican considerable iniciativa y buen juicio a nivel de su proyecto	Errores muy importantes que pueden provocar grandes pérdidas en tiempo y costo. Pueden provocar desequilibrios considerables a la empresa, aunados a una mala imagen de esta	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Motiva a sus subordinados	1
10	Estudios y Proyectos Director de Proyectos Supervisión Director de Supervisión Corresponsables Unidad Verificadora Construcción Director de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con Especialidad	De 5 a 7 años de experiencia con especialidad obligatoria. 3 años mínimo con responsabilidad total del desempeño del grupo de trabajo bajo su mando	Decisiones de máxima importancia que implican considerable iniciativa y buen juicio	Errores muy importantes que pueden provocar pérdidas materiales y atrasos considerables Su actuación influye en gran medida en la imagen general de la empresa	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Resuelve conflictos. Delega responsabilidades. Capacidad para el adiestramiento de sus subordinados y la formación de futuros líderes.	1

Etapa 2: Durante la Ejecución de la Obra Inmobiliaria

N° CMIC	(A) CATEGORÍA	(B) NIVEL	(C) ESCOLARIDAD	(D) EXPERIENCIA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD	(E) TOMA DE DECISIONES	(F) EFECTO DEL RIESGO	(G) CAPACIDADES	CANTIDAD
7	Estudios y Proyectos Analista de Sistemas «B» Coordinador de proyecto Supervisión Jefe de Control de Calidad «B» Auditor de obra Coordinador de Supervisión Jefe de los Especialistas Técnicos Construcción Coordinador de Ingeniería de Costos Residente de Obra Inmobiliaria «A» Superintendente	Operativo	Licenciatura Titulado con cursos de especialidad	De 3 a 5 años de experiencia. Responsabilidad alta de los resultados de actuación de un grupo de profesionistas	Decisiones frecuentes importantes que propician logros en el trabajo	Errores considerables que pueden provocar pérdida de tiempo y costos y que pueden causar una mala imagen de la empresa	Administración con cultura, disciplina gerencial, amplia experiencia CTC-r. Liderazgo. Delega funciones y actividades importantes en otras personas para obtener los resultados previstos	4
9	Estudios y Proyectos Gerente de Proyectos Supervisión Gerente de Supervisión Construcción Gerente de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con cursos de postgrado o especialidad opcionales	De 5 a 7 años de experiencia. Responsabilidad máxima del proyecto y del grupo bajo su mando	Decisiones muy importantes que implican considerable iniciativa y buen juicio a nivel de su proyecto	Errores muy importantes que pueden provocar grandes pérdidas en tiempo y costo. Pueden provocar desequilibrios considerables a la empresa, aunados a una mala imagen de esta	Administrador con gran cultura, disciplina gerencial CTC-r. Experiencia en liderazgo. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Motiva a sus subordinados	1
10	Estudios y Proyectos Director de Proyectos Supervisión Director de Supervisión Corresponsables Unidad Verificadora Construcción Director de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con Especialidad	De 5 a 7 años de experiencia especialidad obligatoria. 3 años mínimo con responsabilidad total del desempeño del grupo de trabajo bajo su mando	Decisiones de máxima importancia que implican considerable iniciativa y buen juicio	Errores muy importantes que pueden provocar pérdidas materiales y atrasos considerables Su actuación influye en gran medida en la imagen general de la empresa	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Resuelve conflictos. Delega responsabilidades. Capacidad para el adiestramiento de sus subordinados y formación de futuros líderes.	1

Nº CMIC	(A) CATEGORÍA	(B) NIVEL	(C) ESCOLARIDAD	(D) EXPERIENCIA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD	(E) TOMA DE DECISIONES	(F) EFECTO DEL RIESGO	(G) CAPACIDADES	CANTIDAD
7	Estudios y Proyectos Analista de Sistemas « B » Coordinador de proyecto Supervisión Jefe de Control de Calidad « B » Auditor de obra Coordinador de Supervisión Jefe de los Especialistas Técnicos Construcción Coordinador de Ingeniería de Costos Residente de obra « A » Superintendente	Operativo	Licenciatura Tritulado con cursos de especialidad	De 3 a 5 años de experiencia. Responsabilidad alta de los resultados de actuación de un grupo de profesionistas	Decisiones frecuentes importantes que propician logros en el trabajo	Errores considerables que pueden provocar pérdida de tiempo y costos y que pueden causar una mala imagen de la empresa	Administración con cultura, disciplina gerencial amplia experiencia CTC-r. Liderazgo. Delega funciones y actividades importantes en otras personas para obtener los resultados previstos	4
9	Estudios y Proyectos Gerente de Proyectos Supervisión Gerente de Supervisión Construcción Gerente de Construcción	Estratégico	Licenciatura Tritulado con cursos de posgrado o especialidad opcionales	De 5 a 7 años de experiencia. Responsabilidad máxima del proyecto y del grupo bajo su mando	Decisiones muy importantes que implican considerable iniciativa y buen juicio a nivel de su proyecto	Errores muy importantes que pueden provocar grandes pérdidas en tiempo y costo. Pueden provocar desequilibrios considerables a la empresa, aunados a una mala imagen de esta	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Resuelve conflictos. Motiva a sus subordinados	1
10	Estudios y Proyectos Director de Proyectos Supervisión Director de Supervisión Corresponsables Unidad Verificadora Construcción Director de Construcción	Estratégico	Licenciatura Tritulado con Especialidad	De 5 a 7 años de experiencia especialidad obligatoria. 3 años mínimo con responsabilidad total del desempeño del grupo de trabajo bajo su mando	Decisiones de máxima importancia que implican considerable iniciativa y buen juicio	Errores muy importantes que pueden provocar pérdidas materiales y atrasos considerables Su actuación influye en gran medida en la imagen general de la empresa	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Resuelve conflictos. Delega responsabilidades. Capacidad para el adiestramiento entrenamiento de sus subordinados y formación de futuros líderes.	1

Etapa 4: Posterior al Finiquito de la Obra Inmobiliaria

N° CMIC	(A) CATEGORÍA	(B) NIVEL	(C) ESCOLARIDAD	(D) EXPERIENCIA PROFESIONAL Y RESPONSABILIDAD	(E) TOMA DE DECISIONES	(F) EFECTO DEL RIESGO	(G) CAPACIDADES	CANTIDAD
7	Estudios y Proyectos Analista de Sistemas «B» Supervisión Jefe de Control de Calidad «B» Auditor de obra Coordinador de Supervisión Jefe de los Especialistas Técnicos Construcción Coordinador de Ingeniería de Costos Residente de obra «A» Superintendente	Operativo	Licenciatura Titulado con cursos de especialidad	De 3 a 5 años de experiencia. Responsabilidad alta de los resultados de actuación de un grupo de profesionistas	Decisiones frecuentes importantes que propician logros en el trabajo	Errores considerables que pueden provocar pérdida de tiempo y costos y que pueden causar una mala imagen de la empresa	Administración con cultura, disciplina gerencial, amplia experiencia CTC-r. Liderazgo. Delega funciones y actividades importantes en otras personas para obtener los resultados previstos	4
9	Estudios y Proyectos Gerente de Proyectos Supervisión Gerente de Supervisión Construcción Gerente de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con cursos de posgrado o especialidad opcionales	De 5 a 7 años de experiencia. Responsabilidad máxima del proyecto y del grupo bajo su mando	Decisiones muy importantes que implican considerable iniciativa y buen juicio a nivel de su proyecto	Errores muy importantes que pueden provocar grandes pérdidas en tiempo y costo. Pueden provocar desequilibrios considerables a la empresa, aunados a una mala imagen de esta	Administrador con gran cultura, disciplina gerencial CTC-r. Experiencia en liderazgo. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Motiva a sus subordinados	1
10	Estudios y Proyectos Director de Proyectos Supervisión Director de Supervisión Corresponsables Unidad Verificadora Construcción Director de Construcción	Estratégico	Licenciatura Titulado con Especialidad	De 5 a 7 años de experiencia especialidad obligatoria. 3 años mínimo con responsabilidad total del desempeño del grupo de trabajo bajo su mando	Decisiones de máxima importancia que implican considerable iniciativa y buen juicio	Errores muy importantes que pueden provocar pérdidas materiales y atrasos considerables Su actuación influye en gran medida en la imagen general de la empresa	Administrador con gran experiencia. Líder natural. CTC-r. Se compromete y cumple los compromisos. Planea y controla. Resuelve conflictos. Delega responsabilidades. Capacidad para el adiestramiento de sus subordinados y formación de futuros líderes.	1

8. Consideraciones adicionales

- ↳ Durante el procedimiento de contratación se permitirá consultar el Proyecto Ejecutivo hasta un día hábil antes de la fecha de entrega de las ofertas; lo anterior, tomando en cuenta la entrega previa del acuerdo de confidencialidad correspondiente.
 - ↳ No se proporcionarán copias electrónicas o físicas de ningún plano o documento.
-
- ↳ Durante la ejecución de la Obra Inmobiliaria se deberá atender lo dispuesto en el Reglamento Interno de Obra.
 - ↳ Los profesionales que participen en la G.P. deberán contar con Cédula Profesional.



Referencias

- ALPHAHARDIN. (s/f). *10 innovaciones tecnológicas que revolucionan la industria de la construcción en 2021*. Consultado el 22 de mayo de 2023, desde <https://www.alpha-hardin.com/innovacion-tecnologica-en-la-industria-de-la-construccion/>
- ASSOCIATION OF EQUIPMENT MANUFACTURERS, AEM. (2020). *The Latin American Outlook: Robust Expansion on the Horizon?* Consultado el 02 de junio de 2023, desde <https://www.aem.org/news/the-latin-american-outlook-robust-expansion-on-the-horizon>
- AUDITORIA SUPERIOR DE LA FEDERACIÓN (s.f.). *Informe Especial. Problemática general en materia de obra pública y servicios relacionados con las mismas 2011-2016*. https://www.asf.gob.mx/uploads/256_Informes_Especiales/Informe_Especial_Obra_publica.pdf
- CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (2023). *Tabulador de Servicios Profesionales*. Consultado el 22 de mayo de 2023, desde <https://www.cmic.org.mx/aplicacionesCMIC/ventas/tabuladorAranceles/web/index.cfm?fuseaction=acceso>
- CORONA SUÁREZ, G. A.; ABREU GRACIA, F. E.; y ARCUDIA ABAD, C. E. (2011). La constructabilidad en el diseño de proyectos de edificación de la ciudad de Mérida. *Compilación de artículos de investigación*, 269-283. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño. Consultado el 02 de julio de 2023, desde http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/8157/La_constructabilidad_en_el_diseno_2011.pdf
- DE VILLAMOR, L. (s/f). *El sector de la construcción en México en cifras*. h2gconsulting.com; consultado el 15 de mayo de 2023, desde <https://h2gconsulting.com/how2go-mexico/el-sector-de-la-construccion-en-mexico-en-cifras/>
- DELOITTE. (2021). *GPoC 2020. Global Powers of Construction*. Consultado el 01 de julio de 2023 desde <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-eri-gpoc-2020-borrador.pdf>
- FISCH, G. G. (1961). Line-Staff is Obsolete. *Harvard Business Review* (39) 5, 67.
- GADDIS, P. O. (1959). The Project Manager. *Harvard Business Review* (37) 3, 89.
- HEIZER, J. y RENDER, B. (2004). *Principios de administración de operaciones*. 5a. edición. Pearson.
- INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFÍA Y ESTADÍSTICA (INEGI). (2022). *Encuesta Nacional de Empresas Constructoras 2021, Datos al mes de diciembre*. Consultado el 23 de mayo de 2023, desde <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/648>
- (s.f.). UMA. ECONOMÍA Y SECTORES PRODUCTIVOS. Consultado el 30 de agosto de 2023, desde <https://www.inegi.org.mx/temas/uma/>
- LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS. (20 de mayo de 2005). Consultado el 19 de abril de 2023, desde https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/56_200521.pdf
- PENN STATE (s.f.). *BIM Uses*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://bim.psu.edu/uses/>
- PORRAS, MORALES, F. J. (junio, 2021). *El ABC de la Gerencia de Proyectos aplicada a la Arquitectura*. [Documento].
- PwC MÉXICO. (2013). *Tendencias en proyectos de construcción en México*. Consultado el 7 de agosto de 2023, desde <https://studylib.es/doc/5061306/tendencias-en-proyectos-de-construccion-en-mexico>
- QUIJANO VALDEZ, J. (2012). *Análisis de los procesos y administración de los productos arquitectónicos. Tomo I*. UNAM. Consultado el 10 de junio de 2023, desde <https://repositorio.fa.unam.mx/handle/123456789/19060>
- REGLAMENTO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS (24 de febrero de 2023). Consultado el 19 de abril de 2023, desde https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LOPSRM.pdf
- REVISTA OBRAS (2013, diciembre). *Construcción e inversiones. Los nuevos destinos*. Diciembre, 2012, No. 492. Grupo Expansión.
- SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO, SHCP. (2019). *Estrategia para la Implementación del Modelado de Información de la Construcción (MIC) en México*. Consultado el 10 de abril de 2023, desde https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/473961/Plan_estrategico_MIC.PDF



Bibliografía

Blog

- KRAMER, N. (5 de agosto de 2020). *La industrialización en la construcción gana un 40% en productividad utilizando metodología BIM*. Autodesk Latam. <https://blogs.autodesk.com/latam/2020/08/05/la-industrializacion-en-la-construccion-gana-un-40-en-productividad-utilizando-metodologia-bim/>
- TREJO PERAZA, H. M. (9 de noviembre de 2021). *BIM: La construcción inteligente de edificaciones*. BIM Central. <https://bimcentral.com.mx/bim-la-construccion-inteligente-de-edificaciones/>
- ZAPATA, A. L. (27 de agosto de 2021). *Autodesk muestra la relevancia e impacto de la metodología BIM en Colombia y México*. Autodesk Latam. <https://blogs.autodesk.com/latam/2021/08/27/autodesk-muestra-la-relevancia-e-impacto-de-la-metodologia-bim-en-colombia-y-mexico/>

Informe técnico

- GOBIERNO DE ESPAÑA. Plataforma de Contratación del Servicio Público. (s/f). *BEP Plan de Ejecución BIM 4.0*. Consultado el 7 de agosto de 2023 desde, https://contrataciondeestado.es/wps/wcm/connect/bo11b057-f9af-46f9-8aad-8099eoadfde4/DOC20220215140054C19+ANEXO+IX+BEP+4__0.pdf?MOD=AJPERES
- LACAZE, L. (2021). *Encuesta BIM América Latina y El Caribe 2020*. https://publications.iadb.org/es/encuesta-bim-america-latina-y-el-caribe-2020?gclid=EAlalQobChMlitC2y-3LgAMVYC-tBh1gKgzqEAAYASAAEgLXqvD_BwE
- NAVA DÍAZ, J. L. (2019). *Marco Legal para una Gerencia de Proyectos de Infraestructura*. https://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/conf-marcolegalgca.proys.cicm22.10.pdf
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2018). *ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*
- POO RUBIO, A. (2005). *La Gerencia de Proyectos y la Administración de Proyectos*. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/269>
- PWC (abril de 2023). *Correcting the course of capital projects. Plan ahead to avoid time and cost overruns down the road*.

Libros impresos

- AUTODESK (s.f.). *Libro de Ejercicios para Implementar proyectos piloto de BIM*. Autodesk.
- DÍAZ INFANTE DE LA MORA, L. A. (2018). *Curso de Edificación* (3.ª ed.). Trillas.
- MATTOS, A. D., y González Fernández de Valderrama, F. (2014). *Métodos de Planificación y Control de obras*. Reverté.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Global Estándar. (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos y el Estándar para la Dirección de los Proyectos* (7.ª ed.). Project Management Institute.
- QUIJANO VALDEZ, J. (2012). *Análisis de los procesos y administración de los productos arquitectónicos* (1.ª ed.) Tomo II Coordinación. Universidad Nacional Autónoma de México.
- (2012). *Análisis de los procesos y administración de los productos arquitectónicos* (1.ª ed.) Tomo III Construcción. Universidad Nacional Autónoma de México.
- THE COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM AT THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. (2011). *Project Execution Planning Guide versión 2.1*. Consultado desde, www.bim.psu.edu

Páginas Web

- AIRTABLE (s.f.). *Tarjetas por Uso BIM*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://airtable.com/shrG6EbkrvOdW6aLy/tblTTjhTHYWvcxrD>
- ALMEIDA DEL SAVIO, A., SUESCA S., O. F., ISORÉ GUTIERREZ, F. A. (13 de junio de 2022). *Productividad en la industria de la construcción*. https://www.conexig.com/es/productividad_industria_construccion/
- AMBRIZ AVELAR, R. (agosto 13 de 2008). *La gestión del valor ganado y su aplicación*. <https://www.pmi.org/learning/library/es-las-mejores-practicas-de-gestion-del-valor-ganado-7045#>
- ARREOLA, J. (17 de agosto de 2018). *La productividad en la construcción, muy baja*. <https://www.forbes.com.mx/la-productividad-en-la-construccion-muy-baja/>
- ASANA. (14 de octubre de 2021). *El diagrama de PERT: qué es y cómo crearlo (incluye ejemplos)* <https://asana.com/es/resources/pert-chart>

- AUTODESK (25 de noviembre de 2020). *BIM y el Gemelo Digital: el futuro de las Infraestructuras*. <https://www.autodeskjournal.com/bim-gemelo-digital-futuro-infraestructuras/>
- (s.f.). *Diseño y construcción con BIM. Modelado de información para la construcción*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://www.autodesk.mx/solutions/bim>
- AUTODESK BIM 360. (s.f.). *Status Codes*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde https://help.autodesk.com/view/BIM360D/ENU/?guid=Status_Codes
- BIBLUS. (marzo 18 de 2020). *BIM en el mundo: el Building Information Modeling está revolucionando el sector AEC*. <https://biblus.accasoft.com/es/bim-en-el-mundo-el-building-information-modeling-sector-aec/>
- (8 de octubre 2019). *De 0 a 3 ¿Qué son los niveles de madurez BIM?* <https://biblus.accasoft.com/es/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/>
- BIM CA. (11 de febrero de 2020). *Tabla de Usos BIM*. <https://www.bim-ca.com/bimpills/tablausosbim>
- (4 de febrero de 2020). *Tabla periódica del BIM-v1*. <https://www.bim-ca.com/bimpills/tablapericabimuno>
- BIM FORUM. (June 28, 2022). *Level of Development Specification*. <https://bimforum.org/resource/level-of-development-specification/>
- BIM IMPLANTACIÓN EN ESPAÑA. (s/a). (mayo, 2018). *Guía transversal. Guía para la elaboración del Plan de Ejecución BIM*. Consultado desde, <https://www.udocz.com/apuntes/377324/guia-elaboracion-plan-de-ejecucion-bim-esbim>
- BUILDINGSMART SPAIN. (s.f.). *¿Qué es BIM?* Consultado el 2 de agosto de 2023, desde <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- CAL Y MAYOR. (s.f.). *Beneficios de la metodología BIM en proyectos de Infraestructura*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde https://www.calymayor.com.mx/casos_exito/metodologia_BIM.html
- EDITECA. (s.f.). *Gemelo Digital: Construcciones del futuro y la metodología BIM*. Consultado el 2 de agosto de 2023, desde <https://editeca.com/gemelo-digital-construcciones-del-futuro-metodologia-bim/>
- (s.f.). *Guía práctica gratuita para redactar un buen BEP*. Consultado el 7 de agosto de 2023, de <https://bimexpertprogram.editeca.com/wp-content/uploads/2020/09/Guia-Redactar-BEP.pdf>
- ESDIMA (s.f.). *Ventajas y desventajas de trabajar con BIM*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://esdima.com/ventajas-del-bim/>
- EQUIPO BIMND. (13 de septiembre de 2019). *¿Qué tipos de software BIM existen en el mercado?* <https://www.bimnd.es/tipo-software-bim-en-cada-fase/>
- ESARTE ESEVERRI, A. (7 de diciembre de 2018). *BEP o Plan de Ejecución BIM (Qué es)* <https://www.espaciobim.com/bep>
- (30 de mayo de 2019). *Implantación BIM, ¿Qué es una implantación BIM?* <https://www.espaciobim.com/implantacion-bim>
- (20 de junio de 2019). *Interoperabilidad, ¿Qué es la interoperabilidad (en un entorno BIM)?* <https://www.espaciobim.com/interoperabilidad>
- (16 de noviembre de 2017). *Usos BIM (Qué son) más objetivos BIM*. <https://www.espaciobim.com/usos-bim>
- FUNDACIÓN FIC. (14 de agosto de 2019). *Retos BIM en Obra Pública*. https://issuu.com/lidiamro/docs/17_imss
- GONZÁLEZ HIJAS, A. (s.f.). *Project management, certificados y cursos*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://www.dynami-cgc.es/project-management-certificacion-pmp-pmi/>
- IDESIE BUSINESS & TECH SCHOOL. (15 de abril de 2021). *Adopción del BIM en el mundo*. <https://idesie.com/blog/2021/04/15/adopcion-del-bim-en-el-mundo/>
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CASTILLA Y LEÓN. (2016). *BIM en 8 puntos. Todo lo que necesitas conocer sobre BIM (2.1 Difusión)*. Editado por www.esbim.es Consultado desde, <http://www.iccl.es/noticia/bim-en-8-puntos-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-bim>
- KAYZEN BIM. (s.f.). *¿Qué es el BIM?* Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://www.kaizenai.com/bim/que-es-el-bim/>
- PLAN RADAR. (septiembre 26 de 2022). *Diagramas de Gantt para proyectos de construcción*. <https://www.planradar.com/es/diagrama-gantt-construccion/#:~:text=¿Qué%20es%20un%20diagrama%20de,las%20areas%20que%20deben%20realizarse.>
- PENN STATE UNIVERSITY. (s.f.). *BIM Uses*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://bim.psu.edu/uses/>
- PEÑAS ALCÁNTARA, A. (15 de mayo de 2017). *BIM Execution Plan* https://issuu.com/alcantaraalfonso/docs/caso_pr_ctico_bep
- QUINTANA, L. (20 de marzo de 2022). *El reto de la implementación BIM en una organización*. <https://www.inesa-tech.com/blog/reto-implementacion-bim-organizacion/>
- REDACCIÓN WIGGOT (15 de octubre de 2021). *¿Quién creó BIM? Las mentes detrás del concepto*. <https://wiggot.com/archivos/sistema-bim-como-funciona-para-que-sirve/>

- RIVEROS, A. (16 de febrero de 2021). *Metodología BIM y qué aporta a la gestión de proyectos*. <https://www.ealde.es/metodologia-bim/>
- RODRÍGUEZ, M. (2022). *El futuro de la gestión de proyectos*. <https://www.pwc.com/ia/es/publicaciones/perspectivas-pwc/El-futuro-de-la-gestion-de-proyectos.html>
- SÁNCHEZ ORTEGA, A. (22 de junio de 2017). *Madurez en entorno BIM: Level 0/1/2/3*. <https://www.espaciobim.com/madurez-bim-level-0-1-2-3>
- SANTAMARIA, L. (s.f.). ¿Qué es IFC? Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://especialista3d.com/navisworks-2/ifc/>
- SERRANO, O. (14 de agosto de 2021). *Rumbo al 2026, adopción de BIM en México*. <https://especificarmag.com.mx/rumbo-al-2026-adopcion-de-bim-en-mexico/>
- SISTERNES GARCÍA, A. (13 de julio de 2020). ¿Diseño BIM en 7 dimensiones? <https://retokommerling.com/diseño-bim-7-dimensiones/>
- STEPANETS, A. (diciembre 8 de 2022). *Cómo ayuda el método de la ruta crítica en la administración de proyectos*. <https://blog.gantt-pro.com/es/metodo-de-la-ruta-critica-en-la-administracion-de-proyectos/#definicion-ruta-critica>
- THE NBS. (s.f.). *The Periodic Table of BIM*. Consultado el 3 de agosto de 2023, desde <https://www.thenbs.com/periodic-table-of-bim>
- ZOROQUIAIN LÓPEZ, A. (17 de mayo de 2023). *ISO 19650 Parte 1 y 2 ¿Qué es la ISO 19650?* <https://www.espaciobim.com/iso-19650>

Revistas

- MORALES CORNEJO, L. (2021). *Uso de tecnologías disruptivas con BIM (Building Information Modeling)*. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34, especial. ALTAE. Diciembre 2021. Pág. 106-113.
- BIM EXCELLENCE. (s.f.). *Matriz de madurez BIM*. www.bimexcellence.org

Tesis o trabajos de investigación

- ALANIS MIRANDA, J. (2018). *Proceso de Administración de Proyectos; Integración Building Information Modeling, Project Manager, México 2018* (Tesina de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional). Repositorio institucional del Instituto Politécnico Nacional. <https://tesis.ipn.mx/jspui/handle/123456789/25523>
- APAZA VISCARRA, J. A. (2016). *Aplicación de metodología BIM para mejorar la Gestión de Proyectos de Edificaciones en Tacna* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2816>
- ARELLANO ZAUCO, J. A. (2015). *Métodos de Administración y Control de obra*. (Tesina de Especialidad, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7314/TESINA.pdf?sequence=1>
- ARGUELLO CASTILLO, M. A. (2019). *Plan de adopción BIM en un Proyecto de Edificación* (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/plan-de-adopcion-bim-en-un-proyecto-de-edificacion-3470294?c=EbnP8P&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_1&as=1

- CUSIRIMAY CENTENO, E. B. (2022). *Implementación de la metodología BIM en el proyecto de infraestructura pública: instalación del Centro Rural de Formación en Alternancia Agoiganaera Maganero de la Comunidad de Shima, Distrito de Echarate, La Convención-Cusco* (Tesis de Licenciatura, Universidad Continental). Repositorio institucional de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11788>
- MELÉNDEZ ALCARAZ, Y. (2013). *Aplicación de las Tecnologías de Modelos de Información (BIM) a la ejecución de un proyecto de edificación* (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/aplicacion-de-las-tecnologias-de-modelos-de-informacion-bim-a-la-ejecucion-de-un-proyecto-de-edificacion-419450?c=VvrMl7&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_o&as=0
- OCAMPO HERNÁNDEZ, D. A. (2019). *Metodologías de Gestión de Proyectos* (Tesis de Maestría, Universidad EAFIT). Repositorio institucional de la Universidad EAFIT. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/14312/DavidAndres_OcampoHernandez_2019.pdf
- PÉREZ CARREÓN, I. A. (2019). *Utilización de la metodología BIM para la gestión de proyectos complejos en México y en el extranjero* (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/handle/132.248.52.100/17051>
- PORRAS MORALES, F. J. (2015). *Administración y Gerencia de Proyectos en Empresas de Arquitectura* (Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2015/junio/0730384/0730384.pdf>
- RIAÑO NOSSA, N. D. (2021). *Estudio comparativo de metodologías tradicionales y ágiles aplicadas en la gestión de proyectos* (Tesis de Especialidad, Universidad Pontificia Bolivariana). Repositorio institucional de la Universidad Pontificia Bolivariana. [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9611/223_1%20\(1\).pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9611/223_1%20(1).pdf?sequence=1)
- ROBLES ACOSTA, J. A. (2021). *Aplicación de la Gerencia de Proyectos para el Plan de implementación BIM para la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad* (Tesina de Especialidad, Universidad Nacional Autónoma de México). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.9.195/ptd2021/septiembre/0814633/Index.html>
- RUEDA CALLEJAS, A. (2018). *Implementación del sistema BIM en una empresa constructora* (Tesina de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional). Repositorio institucional del Instituto Politécnico Nacional. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/25440/1/IMPLEMENTACION%20DE%20SISTEMA%20BIM%20EN%20UNA%20EMPRESA%20CONSTRUCTORAf.pdf>

VALENZUELA CAMACHO, S. L. (2018). *Uso de las herramientas de Lean Construction: Last Planner y Análisis estructurado, para el cumplimiento de fechas de término en la construcción* (Tesis de Maestría, Universidad Iberoamericana). Repositorio institucional de la Universidad Iberoamericana. <https://ri.ibero.mx/handle/ibero/2316>

Videos

- BIM MIND MAP. (30 de agosto de 2020). *BEP, Cómo crear un Plan de Ejecución BIM muy fácil* (Video). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ePqzVYMJNtQ>
- IAGUA. (17 de diciembre de 2020). *Soluciones de Autodesk para la implementación de BIM y tecnología de gemelo digital* (Video). YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=3dE_11jQoHs





Esta TESIS titulada,
Aplicación de la Gerencia de Proyectos y Metodología BIM
en los procesos de planificación, seguimiento y control en proyectos de carácter público,
fue escrita por Oscar Alberto Romero Rosales
para obtener el grado de Maestro en Ingeniería
con Especialidad en Administración de la Construcción,
por parte de la Universidad Iberoamericana.
Este libro fue impreso en la CDMX
en algún momento del año 2024.

