

PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS PARA EL ÉXITO EN UN
PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA CIVIL

DIPLOMADO EN OBRAS HIDRAULICAS

MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADO POR:

ADRIANA YURLEY MONCADA LEAL

1.094.275.607

TUTOR

Msc. VICTOR HUGO VERJEL TARAZONA

INGENIERO CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

JULIO, 2023

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	6
1. Programación, planificación y control de obras en proyecto de infraestructura civil	7
2.1 Definición de proyecto.....	16
2.2 Fases de un proyecto	17
2.3 Programación	18
2.4 Planificación	22
2.4.1 Diagrama de barras	23
2.4.2 Camino crítico.....	24
2.4.3 Análisis de valor ganado (EVA)	25
2.4.4 Método de la cadena crítica	27
2.5 Control	31
2.6 Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos	34
2.7 Marco legal	43
Conclusiones	46
Referencias bibliográficas.....	49

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1 Ficha para el registro bibliográfico	¡Error! Marcador no definido.
--	-------------------------------

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Guía de fundamentos en la Dirección de Proyectos PMBOK.....	7
Figura 2 Gestión de los costos del proyecto	8
Figura 3 Causas principales de los retrasos en las obras en Perú	10
Figura 4 Riesgos identificados.....	11
Figura 5 Principales factores que ocasionan retrasos en obras civiles.....	13
Figura 6 Flujograma del proceso de control y seguimiento.....	15
Figura 7 La guía del PMBOK.....	17
Figura 8 Diagrama de barras.....	24
Figura 9 Camino crítico	25
Figura 10 Análisis de valor ganado (EVA).....	26
Figura 11 Cadena crítica	28
Figura 12 Diagrama de Gantt.....	34
Figura 13 Diagrama PERT.....	35
Figura 14 Ejemplo de matriz RAM	37
Figura 15 Matriz FODA.....	38
Figura 16 Matriz de riesgos sector de la construcción.....	39
Figura 17 Análisis de Modo y Efectos de Falla	41

Figura 18 Ejemplo análisis costo-beneficio 42

Figura 19 Análisis de ciclo de vida..... 43

Introducción

El presente documento aborda la importancia de la programación, planificación y control de obras para alcanzar el éxito en un proyecto de infraestructura civil. Siendo la ingeniería civil una profesión que se refiere a esta temática para alcanzar el éxito en los proyectos.

Para cumplir este objetivo, se muestra el proceso de una revisión sistemática de los elementos clave que intervienen en la planificación y el control de obras, se reconocen las metodologías y herramientas utilizadas, y se evalúan la efectividad de los enfoques de programación, planificación y control de obras en proyectos de infraestructura civil en Colombia a través de una investigación cualitativa, no experimental y de corte transversal, por medio de una revisión sistemática en dos bases de datos públicas como Redalyc y Google Académico, en el que se abordaron proyectos realizados en Colombia entre 2018 y 2022. Con esta investigación se espera contribuir al desarrollo y la eficiencia de los proyectos de infraestructura civil en el país.

1. Programación, planificación y control de obras en proyecto de infraestructura civil

Dentro de las investigaciones relacionadas con el tema de investigación se encontró el denominado como “Planificación y control de una construcción civil basado en el enfoque del PMBOK”, elaborado por Hidalgo y Ocampo (2020) para la Universidad Técnica de Ambato.

El objeto de este estudio consistió en crear una guía modelo para la planificación y control de proyectos de construcción civil basada en el enfoque del PMBOK. Para tal fin, se empleó una metodología técnica establecida por la Guía de Fundamentos en la Dirección de Proyectos PMBOK, la cual comprende cinco etapas y diez áreas de gestión de conocimientos.

Figura 1

Guía de fundamentos en la Dirección de Proyectos PMBOK



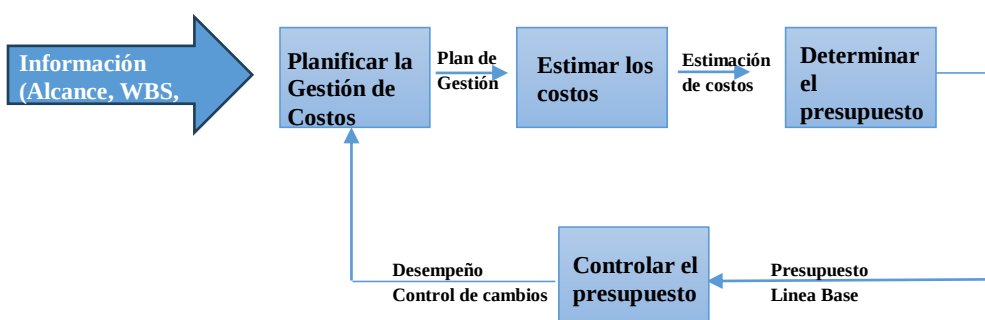
Nota: Elaborado por Ocampo (2020)

De estas últimas, se seleccionaron las áreas de Planificación y Control, así como las de Adquisición, Tiempo y Costo para su implementación en un proyecto vial. Para evitar la existencia de prórrogas en el plazo de entrega, se crearon formatos que permitieron al contratista

llevar a cabo una adecuada planificación de las actividades y el control de los recursos necesarios, incluyendo equipo, material y costos. Cabe destacar que todo el proceso de seguimiento al cronograma de trabajo se realizó luego del correspondiente análisis y asignación de recursos a cada actividad con el uso de un software de administración de proyectos.

El siguiente fue el desarrollado por Tucto (2021), denominado “Programación y control de costos aplicando la metodología de gestión de valor ganado en Obras de Ingeniería Civil en las ciudades de Lima y Pucallpa – 2021” para la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL). En ese estudio empleó un diseño cuasi experimental y una serie de propuestas basadas en el método de gestión del valor ganado (EVM) para determinar si mejoraría los costos y el plazo de obras civiles en ejecución. La muestra incluyó tres obras: mejora de calles urbanas y un centro comercial en Pucallpa, así como un complejo de departamentos en Lima.

Figura 2
Gestión de los costos del proyecto



Nota: Elaborado por Project Management Institute, (2017, pág. 101), citado por Tucto (2021, p. 37).

Para el análisis se utilizaron herramientas tales como el Sistema de Gestión de Valor Ganado ANSI /EIA 748C, recomendaciones de control de costos y plazos y una escala de

estimación y semáforo, empleando la segunda edición del Estándar de Práctica de Gestión de Valor Ganado de la Asociación de Gestión de Proyectos.

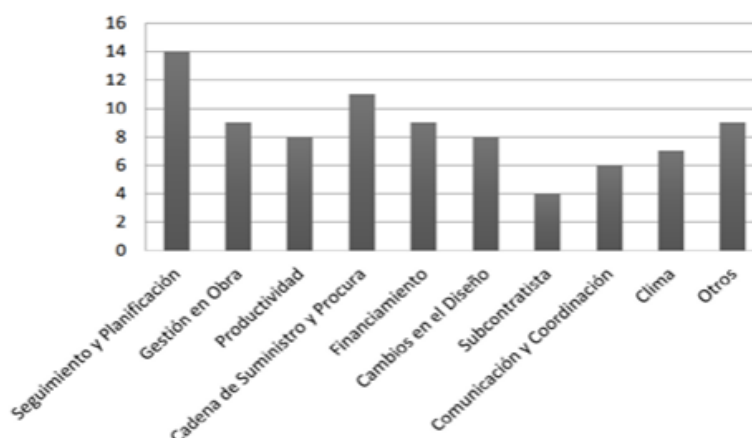
Los resultados mostraron que la implementación de recomendaciones de control utilizando métodos de gestión del valor ganado permitió mejorar el costo y plazo de ejecución de las obras civiles. En particular, los tres proyectos bajo evaluación mostraron inicialmente un bajo desempeño en costo y plazo, pero tras la aplicación de la propuesta y el método EVM, se logró una mejora en ambos aspectos. Adicionalmente, se realizaron recomendaciones para mejorar la herramienta de control del proyecto, con el objetivo de optimizar el tiempo de detección de costos y cumplimiento de plazos, y lograr objetivos dentro de la línea base prevista.

De igual manera, Casimiro y Muñoz (2022), realizaron la “Guía de gestión de proyectos de obras civiles medianos para reducir los desfases entre la programación y la ejecución de obra” en la Universidad Ricardo Palma del Perú. Este se llevó a cabo mediante un enfoque documental y cualitativo, ya que se recopiló información de variables e información contenida en el expediente técnico.

El objetivo principal fue proponer una guía de gestión de proyectos de obras civiles medianos del programa social “Lurawi Perú” para reducir los desfases entre la programación y la ejecución de la obra, basados en lineamientos del PMBOK.

Figura 3

Causas principales de los retrasos en las obras en Perú



Nota: Elaborado por Herrera, y Jurado, (2019), citado por Casimiro y Muñoz (2022).

Se identificó que la entidad ejecutora presentaba problemas en las etapas de planificación, programación, supervisión y control que ocasionaban desfases entre lo programado y ejecutado, afectando así a la población.

En consecuencia, se concluyó que la aplicación de la guía propuesta, que se basa en la correcta gestión de la planificación, programación, control y supervisión, permitiría alcanzar las metas del proyecto y reducir los desfases entre lo programado y lo ejecutado.

En el ámbito nacional se halló el denominado “Gestión del cronograma y proyectos viales” un ensayo elaborado por Poveda (2020) para la Universidad Nueva Granada. El texto presenta cómo ciertos elementos del plan de gestión del cronograma, bajo la metodología PMI, pueden afectar proyectos viales; estos elementos incluyen indicadores de desempeño, la comunicación establecida durante la planificación, la frecuencia y contenido de los informes, y la opinión de expertos, entre otros.

El ensayo argumenta que establecer correctamente estos factores en la etapa de planificación de un proyecto es fundamental para su éxito, y en el caso específico de proyectos viales, pueden influir en el desarrollo económico y social de las comunidades cercanas al lugar donde se ejecutan estos proyectos.

El siguiente es el trabajo investigativo llamado “Gestión de riesgos para empresas pymes de ingeniería que ejecutan obras de infraestructura”, de Cárdenas et al (2020). En él se expone que la infraestructura es crucial para el desarrollo de una nación, dado que representa la inversión más significativa en activos productivos. Tiene como objetivo desarrollar una guía de planificación para la gestión de riesgos en proyectos de infraestructura en Colombia. Se mencionan las posibles consecuencias más graves que pueden afectar a compañías PYME de ingeniería que trabajan en proyectos de infraestructura, debido a la falta de gestión de riesgos en la fase de planificación.

Figura 4
Riesgos identificados

Variables: Tipo de riesgos identificados en el desarrollo de infraestructura.			
Riesgos	Código (Valores)	Frecuencia	Porcentajes
Riesgos Técnicos.	1	6	15%
Riesgos Financieros.	2	7	18%
Riesgos Tiempo (Programación).	3	7	18%
Riesgos Políticos, Legales- Contractuales.	4	4	10%
Todas las anteriores.	5	16	40%

Fuente: Cárdenas et al. (2020)

Dentro de los riesgos identificados en ese proyecto se encontró los técnicos con el 15%, los riesgos financieros con el 18%, los riesgos de tiempo (programación) con 18 %, y por último, los riesgos políticos, legales y contractuales con el 10%.

Otro proyecto de investigación corresponde a “Conocimiento normativo de los maestros de obra, control de recursos y presupuesto de obra en las construcciones”, elaborado por Ortiz (2021). En él se aborda la importancia de la administración de procesos constructivos en proyectos de construcción, lo cual implica la aplicación de métodos técnicos en todas las fases del proyecto, incluyendo la planificación, programación, implementación, dirección y control de horas, con el objetivo de garantizar un proceso organizado y técnico que permita una mayor competitividad en cuanto a costo, tiempo y calidad. Sin embargo, se han observado constantes incumplimientos en los tres factores mencionados, lo cual ha llevado a retrasos en la entrega de obras.

Para mitigar estos inconvenientes, es fundamental realizar un adecuado monitoreo y control de costos y tiempo, lo que permite tomar decisiones a tiempo y ejecutar el proyecto cercano a los objetivos planeados. El monitoreo y control son esenciales en la ejecución del presupuesto y el pronóstico de un proyecto para poder alcanzar los objetivos establecidos.

En Bucaramanga, se encontró el proyecto de investigación publicado por Gordo et al (2017), denominado “Factores que ocasionan retrasos en obras civiles en Empresas Públicas de Neiva” para la Universidad Santo Tomás. En ese se plantea que la realización de contratos de obras civiles conlleva una serie de requisitos y procedimientos, que dan lugar a obligaciones tanto para el contratista como para el contratante y el interventor, responsable de asegurar que las obras se finalicen en los plazos estipulados en el contrato.

Figura 5

Principales factores que ocasionan retrasos en obras civiles



Nota: Elaborado por Gordo et al (2017)

Por tanto, la ejecución de estos contratos tiene un gran impacto en el sector público y privado. Y una planificación, ejecución y cumplimiento adecuados de las normas permiten una utilización eficiente de los recursos, permitiendo que todas las partes asuman sus responsabilidades con honestidad y transparencia.

Sin embargo, en algunos contratos, la ejecución puede presentar inconvenientes relacionados con factores sociales, ambientales, culturales, de planificación u otros factores externos, lo que puede provocar retrasos en las obras, incumpliendo los plazos acordados.

Por tanto, esa investigación pretende analizar los distintos factores que pueden causar retrasos en las obras civiles públicas en la ciudad de Neiva a fin de buscar soluciones viables que permitan reducir estos inconvenientes.

El informe “Apoyo técnico de programación y presupuestos para proyectos de infraestructura de la empresa Bramal, Ingeniería y Construcción Ltda”, desarrollado por Ardila

(2019), es un documento que presenta las labores realizadas en esa empresa durante la construcción del proyecto "habilitación de baños y ejecución de la escalera de emergencia de los locales 111 y 309 del Centro Comercial Costanera Arica", con el objetivo de aplicar conocimientos en Ingeniería Civil para la elaboración del presupuesto de obra, cubicación, programación, control y seguimiento de los avances de obra. Se utilizan los programas Presto y Excel para realizar estas tareas.

El análisis de los avances permite identificar un atraso del 20,85% en la quinta semana de la obra, lo que llevó a buscar soluciones y tomar medidas para solucionar el problema y reforzar un adelanto significativo para la sexta semana. Se destaca la importancia de la correcta programación y cálculos en la ejecución de proyectos de construcción, ya que un error puede tener un impacto negativo en la solidez e imagen corporativa de la empresa, incluso en proyectos pequeños.

Asimismo, enfatiza la importancia de comprender los términos y normas técnicas utilizados en un área específica, ya que pueden variar de una cultura a otra. En este caso particular, la practicante debió familiarizarse con estos términos para adaptarse efectivamente a la región y cumplir con las normas técnicas requeridas para el desarrollo de la obra.

Figura 6

Flujograma del proceso de control y seguimiento



Nota: Elaborado por Ardila (2019).

Por último, “Control y revisión de planos, cantidades de obra y seguimiento a la programación del proyecto de regulación del embalse de Bucaramanga”, presentado por Chacón (2020). En él se describe el proceso que transcurrió en la empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. en el que se realizó el seguimiento a los planos y a los diseños de la construcción de la línea de aducción (Sector Shalom-Bosconia) y la finalización de la construcción de la planta de tratamiento de agua potable Los Angelinos.

En ese proyecto se plantea que para una satisfactoria finalización de esos procesos se depende de una correcta planeación determinada por los planes de acción y el cumplimiento de

las etapas para satisfacer o alcanzar los objetivos de calidad, costos, tiempo y rendimiento técnico. Para esto desarrollaron un cronograma de actividades, el plan de aseguramiento de calidad, la gestión de compras y contratos, el plan de manejo ambiental y el plan de administración de riesgos.

Dentro de las conclusiones se determinó la importancia del control de la programación del proyecto para verificar que todas las actividades fueron ejecutadas y lograr el resultado oportuno en cuanto a los tiempos y plazos de ejecución y entrega de las obras.

2.1 Definición de proyecto

Un proyecto es una actividad temporal llevada a cabo por individuos con el propósito de cumplir un objetivo específico, estos pueden ser interdisciplinarios y se caracterizan por tener un inicio y un fin determinados, además de un grado variable de incertidumbre según el entorno en el que se desarrollen. (Sáenz, 2012)

Según el Project Management Institute (PMI), un proyecto es una iniciativa única y temporal que busca crear un producto o servicio singular, incluso si esto no guarda relación directa con la misión general de la organización que lo lleva a cabo. Desde este punto de vista, los objetivos de la gestión de proyectos de ingeniería civil incluyen el cumplimiento de los mismos dentro de los límites de tiempo, costo, calidad, alcance y riesgo.

Las organizaciones pueden iniciar proyectos para aprovechar oportunidades de negocio y optimizar recursos, especialmente aquellos de índole financiera. Asimismo, las administraciones públicas pueden iniciar proyectos financiados con recursos públicos en respuesta a las necesidades de la población y como medio para transferir recursos económicos.

Estos proyectos pueden surgir por necesidades específicas o como parte de proyectos de inversión a gran escala que contribuyan al desarrollo de un país.

Por su parte, Heerkens (2002) afirma que se trata de un esfuerzo planificado para realizar un trabajo específico y único, con inicio y fin definidos, y que consume recursos, como dinero, tiempo o esfuerzo humano y que los objetivos de la gestión de proyectos en ingeniería civil incluyen la satisfacción de los interesados, el control de los recursos y el logro de los objetivos del proyecto.

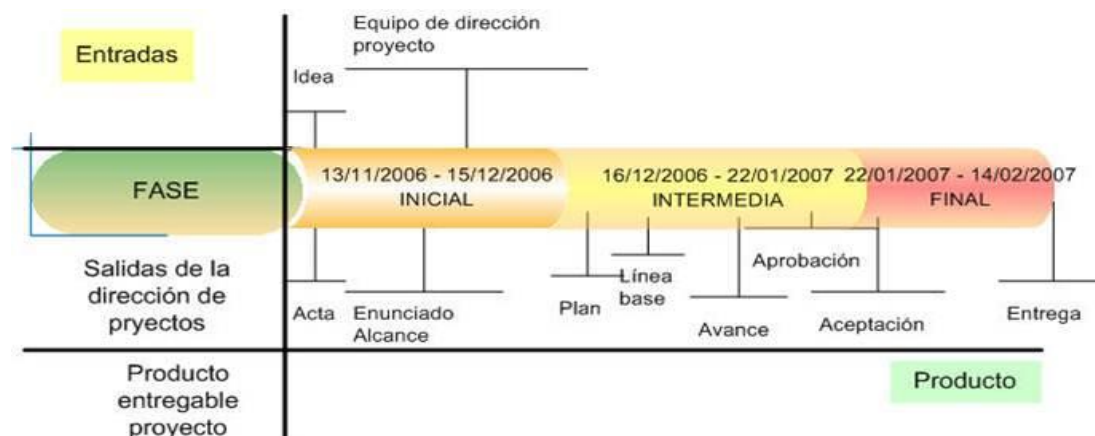
En este sentido, Rossmanith y Ferrer (2016), manifiestan que un proyecto de ingeniería civil es una combinación específica y única de recursos (humanos, técnicos, financieros, materiales) que se coordina durante un período determinado para lograr un resultado definido y acordado, en el que los objetivos incluyen garantizar un diseño óptimo, planificar y gestionar el proceso constructivo, y cumplir con los estándares de calidad y seguridad.

2.2 Fases de un proyecto

El Project Management Institute (PMI) describe las fases del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil en su Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK).

Estas fases son las siguientes:

Figura 7
La guía del PMBOK



Fuente: formulación de proyectos urbanos PMIPE (2013)

-Inicio (Identificación del proyecto): Esta fase implica la definición y autorización del proyecto, la identificación de los interesados, la elaboración del acta de constitución del proyecto y la definición de los objetivos y requerimientos preliminares.

-Planificación: En esta fase se realiza la elaboración del plan del proyecto en detalle, incluyendo el alcance, cronograma, presupuesto, recursos necesarios, entre otros aspectos. También se identifican y gestionan los riesgos del proyecto.

-Ejecución: En esta fase se lleva a cabo la implementación del plan del proyecto, incluyendo la adquisición de recursos, la construcción, el control de calidad, entre otros aspectos.

-Monitoreo y control: Esta fase implica el seguimiento del progreso del proyecto, la identificación de desviaciones respecto al plan y la implementación de acciones correctivas para corregirlas.

-Cierre: En esta fase se realizan las actividades necesarias para finalizar el proyecto, incluyendo la aceptación del entregable por parte del cliente, la desmovilización de los recursos y la documentación de los resultados.

Es importante mencionar que estas fases no están necesariamente aisladas entre sí y pueden solaparse en algunos casos, y que el enfoque específico del proyecto en cuestión puede requerir la inclusión de fases adicionales o la eliminación de algunas de ellas.

2.3 Programación

Los antiguos griegos empleaban la palabra "programa" para referirse al orden del día, es decir, a las actividades previstas (Ardila, 2022). Por lo tanto, programar significa establecer el orden de las actividades del proyecto detallando los recursos que intervengan con detalle, lo que dejamos reflejado utilizando una herramienta de programación, como el diagrama de Gantt, para su posterior control durante la gestión de proyectos y de la obra.

Por tanto, la programación dentro de un proyecto de ingeniería civil se refiere a la planificación y gestión del tiempo y de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. De acuerdo con Mattos y Valderrama (2014), la técnica PERT/CPM permite crear cronogramas con múltiples actividades interdependientes y con el nivel de detalle necesario, dependiendo del grado de especificidad establecido por el encargado de planificar (p.45). Este cronograma global es utilizado para supervisar y dirigir el progreso de las distintas unidades de construcción y orientar las tareas diarias de ejecución.

De acuerdo con el artículo "Programación temporal y control de avance de obras de construcción" (Peña et. al, 2005), la programación es definida como "el proceso de establecer las fechas de inicio y finalización de las actividades necesarias para completar una obra de construcción" (p.46). Además, se afirma que es una herramienta muy importante en la planificación de una obra de construcción ya que permite ver el proyecto en su conjunto y no solamente en términos de actividades individuales.

Gracias a ella, se pueden identificar los posibles problemas y encontrar soluciones alternativas antes de que estos afecten el progreso de la obra, lo que ayuda a administrar mejor los recursos y evitar retrasos. También, proporciona un cronograma de trabajo que sirve como referencia para el control del avance de la obra y que debe ser actualizado y ajustado de manera constante para adaptarse a las condiciones específicas del proyecto (Peña et al, 2005, p.50).

Por su parte, Wilde y Florenza (2015), afirman que se trata de la planificación minuciosa y secuencial de todas las actividades necesarias para su ejecución, considerando su interdependencia y los recursos disponibles. Con ella se establece cómo se llevará a cabo la obra, se asignan los recursos necesarios para cada tarea, se determina la duración y fechas de inicio y finalización de cada actividad, el tiempo total que se requiere para la construcción, las tareas

críticas y las que pueden tener flexibilidad en el tiempo (p.2). Todo esto apunta a la racionalización de la construcción, a optimizar el proceso constructivo y, por lo tanto, a mejorar la calidad del producto final.

Una obra sin programar puede incurrir en retrasos y ser más costosa, debido a la falta de sospecha en su desarrollo y la presencia de recursos ociosos. Por otro lado, desarrollar una programación permite organizar eficientemente la obra y contar con ventajas financieras al reducir el tiempo de inmovilización de la inversión (Wilde y Florenza, 2015, p.2).

Schneider y Preiser (1997) definen la programación en el ámbito de las obras civiles como "el proceso de determinación de las necesidades y requerimientos globales del proyecto y su descomposición en elementos más manejables". Esto implica que la programación consiste en definir requisitos y especificaciones generales del proyecto de construcción civil y luego desglosarlas en tareas y actividades más específicas y concretas que sean factibles de implementar.

Asimismo, O'Brien (2010) señala que la programación establece el alcance, la secuencia y el calendario de ejecución de las distintas tareas requeridas para completar el proyecto de construcción". Es decir que define el ámbito, el orden y el cronograma de ejecución de las diferentes actividades necesarias para finalizar el proyecto de construcción civil. Mientras que Jara (2004) propone que esta busca establecer una secuencia lógica entre las distintas actividades, en base a criterios funcionales y temporales, para cumplir los objetivos propuestos.

Por su parte Hamed et al (2018), señalan la importancia del uso de herramientas tecnológicas avanzadas en el proceso de planificación y programación, como pueden ser los sistemas de información geográfica, la modelización de información de construcción (BIM) y los sistemas de visualización en 3D. Asimismo, se presentan diferentes métodos y técnicas para la

gestión de proyectos de construcción, y destacan algunos desafíos actuales en la implementación de tecnologías avanzadas en la planificación y programación de proyectos de construcción.

Según Mattos y Valderrama (2014), existen varios niveles de programación, debido a que la planificación de un proyecto de construcción puede ser compleja y abarcar largos periodos de tiempo, por lo que un cronograma general no es la herramienta adecuada para la comunicación diaria del equipo de ejecución.

Se requiere entonces de una programación específica de las actividades que se llevarán a cabo semanal o quincenalmente, dado que es una herramienta de comunicación entre los equipos de planificación y producción y debe ser cumplida rigurosamente.

De acuerdo con Habit (2023), la programación de obra nos establece un marco con base en la metodología de secuencias, tiempos e interrelaciones, para desarrollar todas las actividades de la etapa de construcción, ya que coordina la intervención de contratistas y grupos de trabajo para integrar todas las actividades que realizarán.

Además, puede indicar las responsabilidades de los contratistas y grupos de trabajo involucrados en la ejecución del proyecto, y los recursos humanos, económicos, materiales, equipos y herramientas requeridos para cumplir las metas establecidas. También orienta el proceso de planificación y contratación de cada actividad según la secuencia de intervención. (Habit, 2023, párr. 2) Es decir que, a través de la programación, los trabajadores pueden desarrollar sus tareas en una secuencia coherente con la planificación general de la obra, con sentido del tiempo y una visión global del proyecto.

De acuerdo con Mattos y Valderrama (2014), también es conocida como "plan maestro", que es un nivel de detalle general que es adecuado para los niveles altos de dirección y contiene pocos elementos organizados por meses. Su objetivo es visualizar de forma sintética las etapas

de la obra y destacar los hitos más importantes mientras proporciona una identificación preliminar de los recursos. Para un edificio, por ejemplo, este tipo de programación generaría un cronograma que mostraría solo capítulos, paquetes o contratos. Por tanto, es el primer nivel de detalle de la planificación y tiene como función principal proporcionar una visión general de la obra.

Por último, en los proyectos de obras civiles se habla sobre la planeación y ejecución, para ese proceso es importante la planificación de cada una de las actividades y la programación de las mismas, para poder cumplir con los objetivos y metas establecidas (Osorio y Tovar, 2020)

2.4 Planificación

La planificación en la construcción de obras civiles es un proceso crucial para garantizar el éxito de un proyecto. Según diferentes autores, puede ser definida como un proceso que implica la identificación de los objetivos del proyecto, la definición de las tareas necesarias para alcanzar esos objetivos, la asignación de recursos necesarios para realizar esas tareas y la programación temporal de las tareas.

Según González-Martínez y Fernández-Jiménez (2015), esta se lleva a cabo a través de diferentes etapas, que incluyen la definición de objetivos, análisis de riesgos, identificación de recursos, programación de tareas y definición del presupuesto. En contraste, Cordero y Sánchez (2015) afirman que también debe incluir la previsión de posibles obstáculos y la definición de las estrategias necesarias para superarlos.

La etapa de definición de objetivos implica establecer de manera clara y detallada los objetivos a alcanzar con el proyecto. El análisis de riesgos, por su parte, consiste en identificar los posibles riesgos que pueden afectar al proyecto y evaluar su impacto en caso de ocurrencia. Mientras que, la identificación de recursos implica identificar los recursos necesarios para llevar

a cabo el proyecto y establecer los plazos para conseguirlos y la programación de tareas implica establecer un plan de acción para cumplir con los objetivos del proyecto, indicando qué tareas se realizarán, cuándo y quién las llevará a cabo.

Por último, la definición del presupuesto se refiere a la estimación de los costos que implicará el proyecto y la definición del presupuesto disponible para llevarlo a cabo. Todas estas etapas son cruciales para asegurar el éxito del proyecto y deben ser desarrolladas de forma cuidadosa para garantizar que se cumplan los objetivos establecidos en el plan.

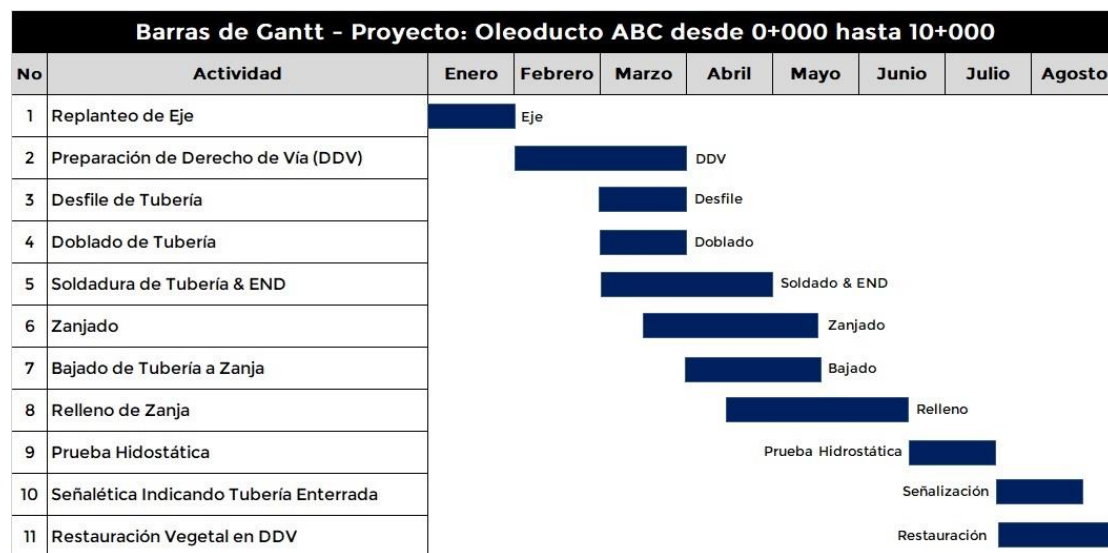
De acuerdo con Mattos y Valderrama (2014), la planificación es un proceso que contempla la definición de los objetivos, la formulación de las estrategias necesarias para alcanzarlos, la descripción de las acciones y tareas que se deben realizar y el tiempo y los recursos necesarios para llevarlas a cabo de manera eficiente.

Además, busca anticipar posibles problemas y establecer una estructura de control para medir el progreso y corregir desviaciones en caso de ser necesario. Este autor propone distintos métodos de planificación para proyectos de construcción. Algunos de estos métodos son:

2.4.1 Diagrama de barras

utilización de una gráfica para representar el tiempo que se necesita para completar cada tarea del proyecto. Se trata de un método visual para representar el tiempo que se necesita para completar cada tarea o actividad de un proyecto. (Mattos y Valderrama, 2014)

Figura 8
Diagrama de barras



Fuente: https://www.cabezasasociados.com/images/Barras_Gantt.jpg

En este diagrama, cada tarea se asigna a una barra horizontal y la longitud de la barra representa la duración de la tarea (Mattos y Valderrama, 2014). Los diagramas de barras también se pueden utilizar para representar la relación entre las tareas y establecer una secuencia de trabajo. Además, el libro menciona que los diagramas de barras son útiles para identificar posibles conflictos en la programación del proyecto y para establecer un control sobre el progreso del mismo

2.4.2 Camino crítico

Es una técnica de planificación que identifica la secuencia de tareas más larga y crucial para el proyecto y establece un tiempo límite para su finalización. Esta técnica permite determinar la duración total del proyecto y la fecha esperada de finalización. Además, el autor menciona que el camino crítico es útil para identificar qué tareas tienen un mayor impacto en el calendario y para establecer prioridades en la asignación de recursos. También es importante

destacar que cualquier retraso en una tarea que forme parte del camino crítico afectará directamente a la duración total del proyecto (Mattos y Valderrama, 2014).

Figura 9
Camino crítico



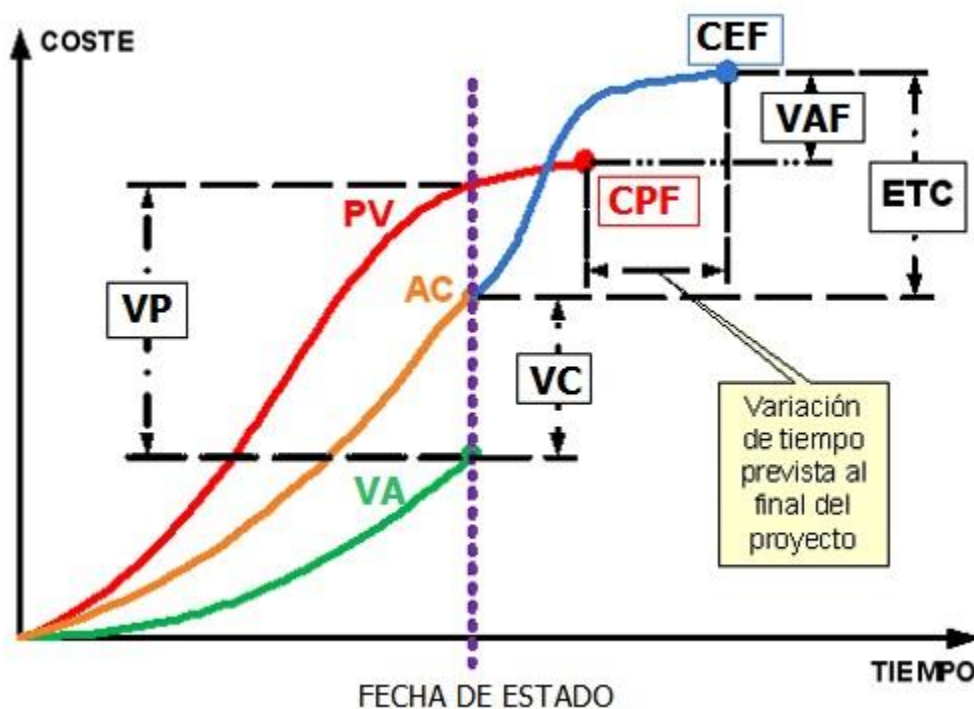
Fuente: <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>

2.4.3 Análisis de valor ganado (EVA)

Es una herramienta de gestión de proyectos que mide el progreso y el rendimiento del proyecto en términos de costos y cronograma.

Permite a los gerentes de proyectos comparar el valor real del trabajo realizado con el valor planificado y el costo presupuestado del trabajo para identificar cualquier variación y tomar medidas correctivas.

Figura 10
Análisis de valor ganado (EVA)



Fuente: Yepes (2008). ¿Sirve la técnica del análisis del valor ganado (EVM)?

Estas variaciones se definen tres variables básicas (utilizando la nomenclatura propuesta por el Project Management Institute):

Coste presupuestado del trabajo planificado (PV).

Coste presupuestado del trabajo realizado (EV) o valor ganado.

Coste real del trabajo realizado (AC).

PV representa el coste previsto originalmente contra el cual se mide el rendimiento real. Desde el punto de vista del contrato, PV es el presupuesto contratado menos el beneficio previsto por la empresa. Para un período determinado, PV se determina sumando los costes de cada una de las tareas finalizadas y de la parte proporcional de las tareas en curso.

Usando las definiciones anteriores pueden obtenerse las siguientes variaciones (en las que los valores negativos indican un exceso sobre lo previsto):

$$CV \text{ (variación del coste)} = EV - AC$$

$$SV \text{ (variación del tiempo)} = EV - PV$$

Ambas pueden transformarse en porcentajes:

$$CVP \text{ (variación del coste)} = (EV - AC) / EV$$

$$SVP \text{ (variación del tiempo)} = (EV - PV) / PV$$

Y también en índices:

$$CPI \text{ (índice de coste consumido)} = EV / AC$$

$$SPI \text{ (índice de tiempo consumido)} = EV / PV$$

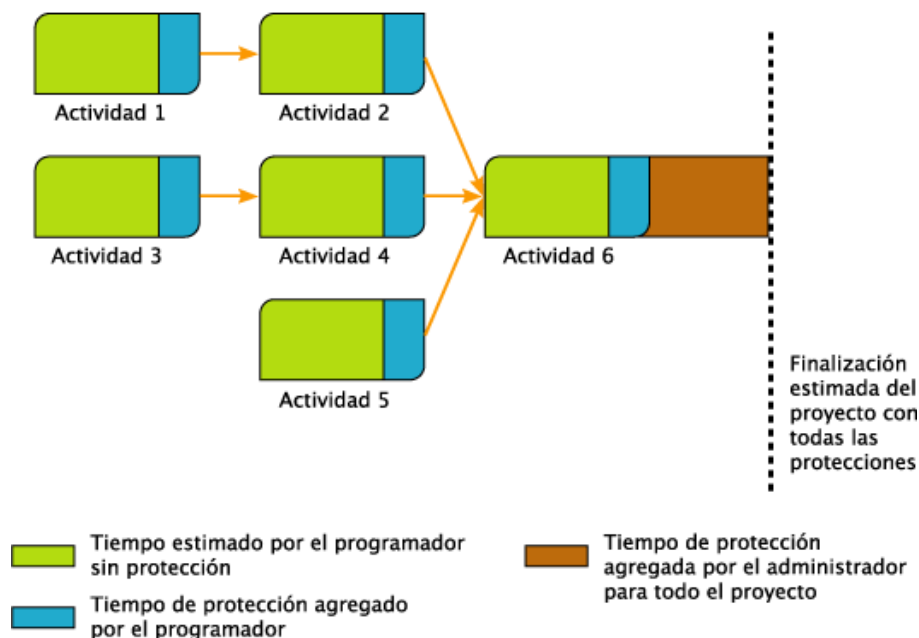
Si los índices son iguales a la unidad, el rendimiento es el previsto. Si son superiores a la unidad, el rendimiento es superior al planeado. Finalmente, si son inferiores a la unidad, su rendimiento es inferior al previsto. Estos índices se utilizan normalmente para predecir tendencias y llevar a cabo acciones correctivas, si fuese necesario.

2.4.4 Método de la cadena crítica

Es un procedimiento analítico de gestión de proyectos basado en la identificación de los mecanismos que permiten gestionar los recursos y reducir las incertidumbres en la planificación.

Esta técnica se enfoca en la gestión de las limitaciones o cuellos de botella del proyecto y utiliza un enfoque de gestión basado en el tiempo de duración del proyecto en lugar de la duración de las tareas.

Figura 11
Cadena crítica



Fuente: <https://sg.com.mx/content/view/532>

Además, Mattos y Valderrama, (2014), mencionan que la técnica de la Cadena Crítica es útil para planificar y controlar proyectos con una alta incertidumbre y complejidad, ya que ayuda a identificar y reducir los riesgos y a optimizar la asignación de recursos para maximizar la eficiencia del proyecto.

Por su parte, Ochoa y Alvarado (2021) asegura que en la planificación de proyectos es fundamental conocer e identificar los posibles riesgos. Esto permitirá una mejor visualización y un reconocimiento más eficiente de los riesgos presentes. Con esta información, se pueden diseñar metodologías ágiles y sencillas de mitigación. Dentro de los riesgos más comunes están

los riesgos por causas físicas, los riesgos por causas naturales, los riesgos por causas de diseño, por causas económicas y los riesgos por causas sociales. Por consiguiente, es importante establecer planes para riesgos establecidos como amenazas, con el fin de minimizarlos y mitigarlos, y planes para los riesgos establecidos como oportunidades, cuyo objetivo es aumentar el riesgo y obtener un mayor beneficio (p.10).

Asimismo, la planificación consiste en establecer los objetivos de la organización y definir una estrategia general para lograrlos, a través de planes minuciosos que integren y coordinen el trabajo de la organización. Según Robbins y Coulter (2005, p.158), esta se enfoca tanto en los fines (qué hay que hacer) como en los medios (cómo hay que hacerlo). Por otra parte, Iribarren (2013, p.145) destaca la importancia de tomarse el tiempo suficiente en la fase de planificación, ya que un trabajo bien dirigido desde el inicio tendrá menores costos y mayores probabilidades de éxito.

De otro lado, la administración se caracteriza como un acto de coordinación humana, tanto individual como grupal, para alcanzar objetivos. Hernández (2012) sostiene que la estrategia para alcanzar metas debe basarse en procesos y previsiones racionales y objetivas, optimizadas por herramientas de pronóstico.

En la industria de la construcción civil, se hace una distinción entre los parámetros de gestión y los modelos de planificación. En cuanto a la Planificación Táctica, esta se enfoca en las políticas organizacionales y productivas a medio plazo (nivel táctico), mientras que la Planificación Operacional, que se lleva a cabo a través de Órdenes de Compra, de Producción y de Servicios a Terceros, se centra en acciones de corto plazo (nivel operacional). (Ichihara, 1998)

En cualquier tipo de planificación en construcción de obras civiles, se deben considerar los recursos disponibles. Cuando el recurso es limitado en cantidad, pero puede ser reutilizado en

periodos diferentes, se lo llama recurso renovable (por ejemplo, la mano de obra). En cambio, cuando el recurso es limitado y no puede ser reutilizado en periodos posteriores, se lo llama recurso no renovable (por ejemplo, los materiales). Por lo tanto, se pueden identificar cuatro tipos básicos de recursos (Ichihara, 1998).

Entre ellos se encuentran los materiales, pues al construir edificios, son necesarios, son bien definidos y no cambian debido a alteraciones en los plazos o periodos de actividades. Sus cantidades y costos son fijos y no varían según el tiempo de ejecución (Ichihara, 1998). La fluctuación de estos recursos suele ocurrir debido a problemas de desperdicio o falta de calidad durante la adquisición, transporte, preparación y aplicación.

Otro son los recursos humanos, considerados como los componentes más complejos de cualquier actividad y su gestión implica tener en cuenta diversos factores tales como la legislación, la ética, la ergonomía, la psicología y la instrucción, entre otros (Caldas, 1990). Por tanto, se debe planificar cuidadosamente los empleados necesarios para la obra, evitando sobrecarga de trabajo y distribuyendo los perfiles de búsqueda de trabajo de manera uniforme y durante la planificación, es importante considerar la densidad de trabajadores y su rotación, repetición y productividad.

También es importante, los equipamientos y las herramientas, ya que las necesidades para los diferentes trabajos dependen del tipo de trabajo a realizar, tecnología disponible, volumen de trabajo, plazo contractual y condiciones físicas del lugar (Cruz – Machado & Rosa, 2007).

Por último, las instalaciones, que son generalmente locales donde se realizan actividades de preparación, verificación o adquisición. En cuanto a los costos, no hay variación significativa con respecto al tipo de actividad, pero cambian en función del tiempo.

2.5 Control

El control en la gestión de proyectos es un proceso mediante el cual se comparan los resultados reales obtenidos con los planificados y se toman las medidas necesarias para corregir desviaciones y ajustar el plan a la nueva realidad del proyecto (Mattos y Valderrama, 2014). Por lo cual se considera como un proceso esencial para asegurar el éxito de un proyecto de construcción.

Pérez y Silva (2012) definen el control de la construcción como el proceso de supervisar y gestionar los procesos de construcción para asegurarse de que se cumplan las especificaciones técnicas y los plazos establecidos. En otras palabras, el control se enfoca en vigilar la ejecución de los procesos de construcción para asegurar que se cumplan los estándares de calidad y los plazos previstos en la planificación inicial del proyecto. Esta definición destaca la importancia del monitoreo constante en la construcción de obras civiles, para garantizar que se alcancen los objetivos del proyecto de manera efectiva y eficiente.

El control en la construcción de obras civiles implica verificar y hacer un seguimiento constante del progreso del proyecto para garantizar que se cumplan los objetivos establecidos en la planificación inicial. González-Martín y Fernández-Jiménez (2015) definen el control como un proceso de monitoreo y regulación que se lleva a cabo de manera continua en un proyecto de construcción. El objetivo es asegurar que el proyecto se desarrolle de manera eficiente y se cumplan las metas y objetivos trazados en la fase de planificación.

Este se enfoca en mantener el proyecto dentro del presupuesto y el cronograma definidos, asegurándose de que se alcancen los objetivos del proyecto con la calidad prevista. Mattos y Valderrama (2014) también mencionan que el control tiene como objetivo principal el mantenimiento del equilibrio entre el alcance, el tiempo, el costo y la calidad del proyecto.

Es importante tener en cuenta que los mecanismos específicos de control pueden variar según las características y necesidades de cada proyecto. Sin embargo, en general, los mecanismos de control en la gestión de proyectos pueden incluir:

- Monitorización del progreso del proyecto
- Comparación de los resultados reales con los planificados
- Identificación de posibles desviaciones y problemas
- Evaluación y análisis de la causa raíz de los problemas
- Toma de medidas correctivas y preventivas
- Comunicación efectiva con todos los miembros del equipo del proyecto
- Mantenimiento de registros y documentación actualizados.

Respecto a esto, Cortés (2021) asegura que el buen ejercicio del control en un proyecto de construcción depende de un plan fundamentado en la filosofía del control que está compuesta por características tales como la efectividad, la eficiencia, la ambición, el enfoque sistemático y el flujo oportuno de información.

Además, el control debe ser visto como una inversión que ayuda a detectar problemas o desviaciones del plan inicial, para tomar medidas de corrección y proyectar los resultados en lo planeado inicialmente. Esto implica que, mantener el control sobre el proyecto también es importante para conservar el equilibrio entre el tiempo, el costo, la calidad y el alcance del proyecto, para alcanzar los objetivos del proyecto de forma efectiva y eficiente.

De igual manera, Cortés (2021), manifiesta que las estrategias para el control de obra incluyen el control ideal, que involucra la monitorización constante y en tiempo real del proyecto; el control permanente, que requiere un equipo comprometido y presenten en todo

momento; y el control previo, que implica comparar la información de los cotizantes con el presupuesto del proyecto antes de incurrir en gastos (p.67).

Por su parte, Cordero y Sánchez (2015) describen que el control en la construcción de obras civiles se enfoca en monitorear el desarrollo del proyecto para detectar posibles desvíos y tomar medidas necesarias para corregirlos. En otras palabras, se refiere a la supervisión y vigilancia constante de la evolución del proyecto para detectar cualquier desviación respecto a la planificación inicial. De modo que, el objetivo principal del control es asegurar que el proyecto se desarrolle de manera eficiente y se ajuste a los tiempos y costos establecidos, en caso contrario se implementarán las medidas necesarias para corregirlos. Esta definición destaca la importancia del monitoreo riguroso en la construcción de obras civiles y en la toma de decisiones oportunas para mantener el buen rumbo del proyecto.

Lo anterior implica que, el control de proyectos, desde una perspectiva operativa, se enfoca en establecer sistemas adecuados de medición y supervisión para garantizar que se logren los objetivos y resultados establecidos en los proyectos (Hernández, 2007).

El control de obras es entonces una actividad integral que implica la administración de los recursos financieros, humanos y materiales para cumplir con los objetivos y resultados previstos en el proyecto (VQ Ingeniería, 2022), cuyo propósito principal es asegurarse de que todos los procesos y actividades necesarias para llevar a cabo el proyecto se realicen correctamente.

El control de calidad en la construcción ha evolucionado a lo largo del tiempo para incluir la planificación y el control de calidad en todas las fases del proyecto, y ya no solo se limita a la vigilancia en obra o a la realización de algunos ensayos. Además, el control de obras permite asegurar que se cumplan los requisitos de calidad, plazos y precios establecidos para el proyecto, así como supervisar los permisos y licencias necesarios para legalizar los procesos de obra

(García, 2006). También ayuda a verificar que los edificios se construyan de acuerdo con las normas de construcción y a proteger a las personas de los constructores y de las prácticas inseguras.

La planificación detallada y realista y el control de gestión constante y riguroso son fundamentales para lograr el éxito en un proyecto de construcción de obra pública (Cesa, 2010). Finalmente, la aplicación de técnicas de control de calidad es esencial para mejorar la producción de la industria de la infraestructura, ya que permite identificar y corregir los errores y defectos en la construcción de obras civiles.

2.6 Herramientas y técnicas para la gestión de proyectos

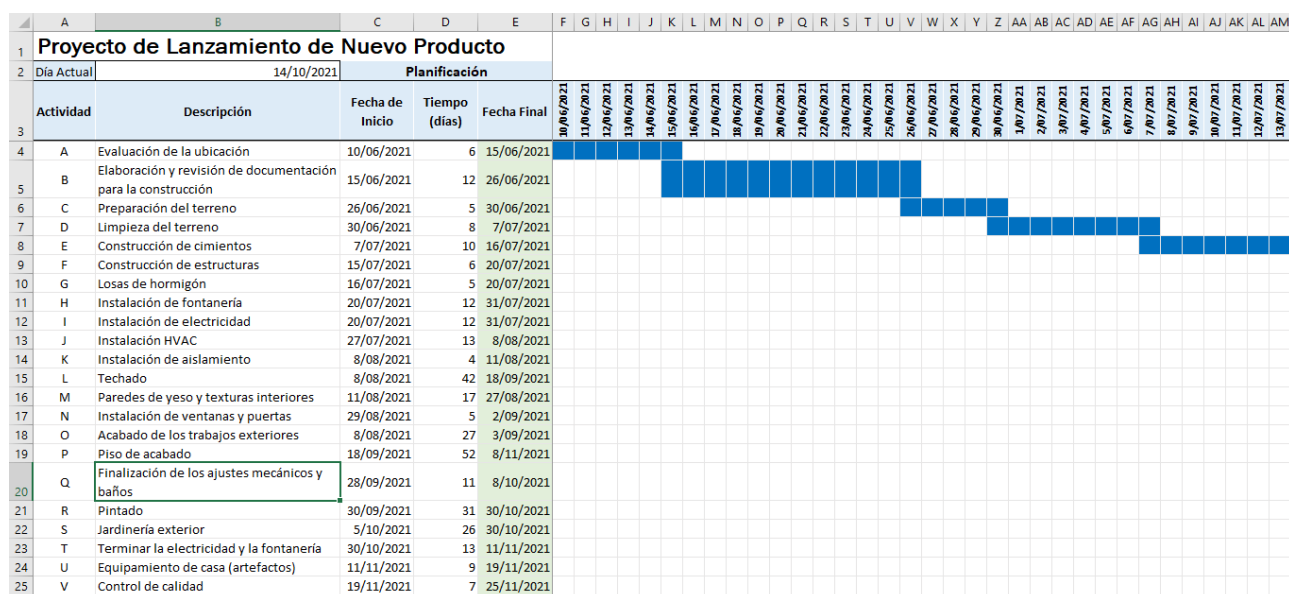
Existen diversas herramientas y técnicas para la gestión de proyectos, entre las que se encuentran:

-El diagrama de Gantt: El desarrollo del diagrama de Gantt se debe al ingeniero estadounidense Henry Laurence Gantt a principios del siglo XX (Pérez, 2021), y desde entonces ha sido ampliamente utilizado en la gestión de proyectos.

Es una herramienta de gestión de proyectos que desglosa el proyecto en tareas y las muestra en un diagrama de barras en un eje temporal. Según diversos autores, el diagrama de Gantt es útil en proyectos donde es importante visualizar la secuencia de tareas y su duración (Meardon, 2023), permitiendo identificar qué tareas pueden ser realizadas en paralelo y cuáles dependen de otras.

Figura 12

Diagrama de Gantt



Nota: Tomado de <https://www.plandemejora.com/ejemplos-de-diagrama-de-gantt/>

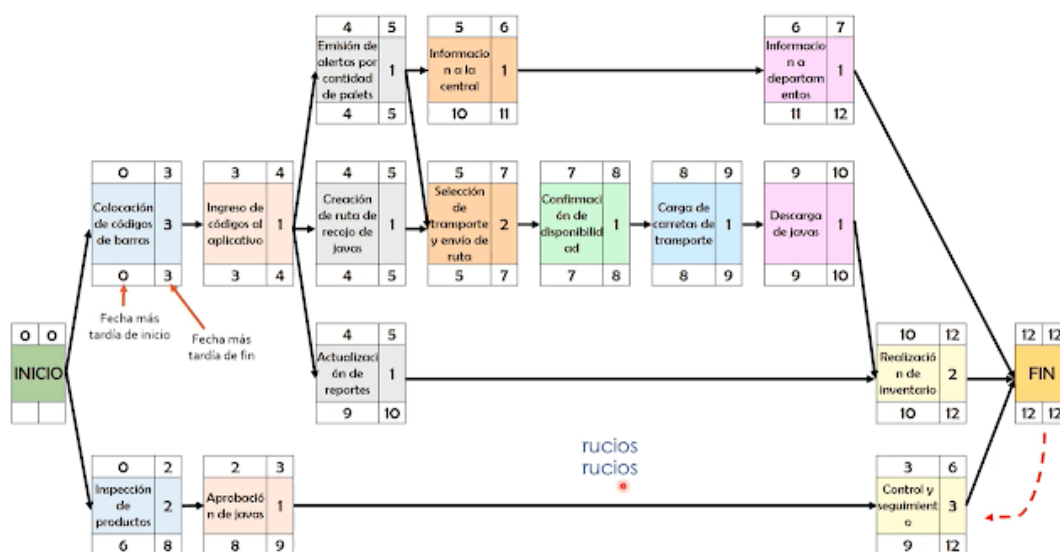
Además, el diagrama de Gantt también permite identificar el camino crítico del proyecto (Monday, 2021), que es la secuencia de tareas que determina la duración total del proyecto, y planificar adecuadamente los recursos necesarios para cada tarea.

-El Program Evaluation Review Technique (PERT): Es una técnica para la planificación y control de proyectos que se utiliza para identificar las tareas necesarias para completar un proyecto (Perissé, 2021), la secuencia en que deben realizarse y el tiempo y recursos necesarios para completar cada tarea.

Esta técnica de gestión de proyectos es útil en proyectos complejos y de alta incertidumbre (Structuralia, 2020), ya que permite identificar los caminos críticos y los puntos de riesgo del proyecto para poder gestionarlos adecuadamente.

Figura 13

Diagrama PERT



Nota: Ejemplo de Diagrama PERT. Fuente: rafaeltrucios.blogspot.com

Entre las características del PERT se encuentran:

Desglose de tareas: Esta técnica descompone el proyecto en tareas más pequeñas y manejables.

Identificación de caminos críticos: Permite identificar las tareas más críticas y de mayor riesgo en el proyecto, lo que permite enfocar los recursos en aquellas que son más importantes.

Estimación de tiempos y recursos: Utiliza técnicas estadísticas para estimar el tiempo y los recursos requeridos para cada tarea y para el proyecto en su conjunto.

Visualización de tareas: Permite visualizar las tareas del proyecto en un diagrama de red, que también puede ser utilizado para identificar las secuencias críticas de tareas.

- **Matriz de Asignación de Responsabilidades (RAM):** Es una herramienta de gestión de proyectos que se utiliza para identificar las distintas tareas y responsabilidades necesarias para la

realización de un proyecto (Da Silva, 2020). Según Marcins (2022), tiene como principales características las siguientes:

Identificación de responsabilidades: Permite identificar quiénes son los responsables de llevar a cabo cada tarea en el proyecto.

Desglose de tareas: Descompone el proyecto en tareas más pequeñas y manejables, lo que permite una mejor comprensión del mismo.

Clarificación de roles: Clarifica los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo de trabajo (Martins, 2022), lo que reduce la probabilidad de confusiones o malentendidos.

Mejora en la toma de decisiones: Mejora la toma de decisiones al permitir identificar rápidamente quiénes son los responsables de cada tarea, lo que facilita la asignación de recursos y la resolución de problemas.

Figura 14
Ejemplo de matriz RAM

Responsabilidades: **P:** Responsable Primario, **S:** Responsable Secundario

Paquete de Trabajo / Actividad		Responsabilidades		
ID	Descripción Paquete de Trabajo o Actividad	Colaborador 1	Colaborador 2	Colaborador 3
1	Paquete de Trabajo / Actividad 1			
2	Paquete de Trabajo / Actividad 2			
3	Paquete de Trabajo / Actividad 3			
4	Paquete de Trabajo / Actividad 4			
5	Paquete de Trabajo / Actividad 5			
6	Paquete de Trabajo / Actividad 6			
7	Paquete de Trabajo / Actividad 7			
8	Paquete de Trabajo / Actividad 8			
9	Paquete de Trabajo / Actividad 9			
10	Paquete de Trabajo / Actividad 10			

Nota: Elaborado por: www.pmoinformatica.com

- El Análisis FODA: es una herramienta de planificación estratégica que se utiliza para evaluar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de una organización o proyecto. Según García y Cano (2013), algunas de las características del Análisis FODA son:

Identificación de factores internos y externos: Identifica tanto los factores internos como los externos que afectan a la organización o proyecto.

Herramienta de autoevaluación: Permite a la organización o proyecto autoevaluarse y detectar sus fortalezas y debilidades, así como las oportunidades y amenazas que se presentan en su entorno.

Visión global: Proporciona una visión global de la situación, permitiendo a la organización o proyecto tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias para su mejora.

Propiedades de diagnóstico: Es una herramienta de diagnóstico que permite identificar los puntos fuertes y débiles de la empresa, así como las oportunidades y amenazas del mercado.

Figura 15

Matriz FODA

	Oportunidades (externas, positivas)	Amenazas (externas, negativas)
Fortalezas (internas, positivas)	Estrategia Fortalezas-Oportunidades ¿Cuál de las fortalezas de la compañía podría usarse para maximizar las oportunidades que has identificado?	Estrategia Fortalezas-Amenazas ¿Cómo podrías usar las fortalezas de la compañía para minimizar las amenazas que has identificado?
Debilidades (internas, negativas)	Estrategia Debilidades-Oportunidades ¿Qué acción(es) podrías tomar para minimizar las debilidades de la compañía utilizando las oportunidades que has identificado?	Estrategia Debilidades-Amenazas ¿Cómo podrías minimizar las debilidades de la compañía para evitar las amenazas que has identificado?

Nota: Tomado de QuestionPro. <https://www.questionpro.com/es/analisis-estrategico.html>

Es importante destacar que el Análisis FODA no es una solución mágica para los problemas de la empresa, sino que es una herramienta de diagnóstico que ayuda a identificar los factores clave a tener en cuenta en el proceso de planificación estratégica.

-Análisis de Riesgos: De acuerdo con Safetyculture (2022), el análisis de riesgos es un método de múltiples fases que se utiliza para reducir el impacto de los riesgos en las operaciones empresariales. Es muy utilizado por los líderes empresariales de distintas áreas para garantizar la protección de todos los aspectos de la empresa contra posibles amenazas (párr. 3). Además, realizar análisis de riesgos de manera regular también ayuda a minimizar la vulnerabilidad de la empresa ante cualquier eventualidad imprevista.

Este se puede aplicar en el ámbito de la construcción (Safetyculture, 2022), por ejemplo, el propietario de una empresa de construcción recibe una propuesta para construir un complejo turístico de lujo. Si bien el proyecto puede tener reputación y prestigio para la empresa, la propietaria se encuentra indecisa debido a que su empresa se especializa en edificios residenciales de gama media. Tomar este proyecto sería una decisión arriesgada y desafiante, por lo que se decide realizar un análisis de riesgo-beneficio junto con su equipo para evaluar si los beneficios que se obtendrían superan los riesgos asociados antes de tomar una decisión definitiva. Es así como puede ser utilizado dentro de ese contexto (párr. 12).

Existen dos enfoques principales para llevar a cabo un análisis de riesgos. El primer enfoque y el más simple de implementar es el análisis de riesgo cualitativo, el cual se enfoca en calificar o puntuar el riesgo basándose en la percepción de la gravedad y probabilidad de sus consecuencias (Safetyculture, 2022, párr. 5).

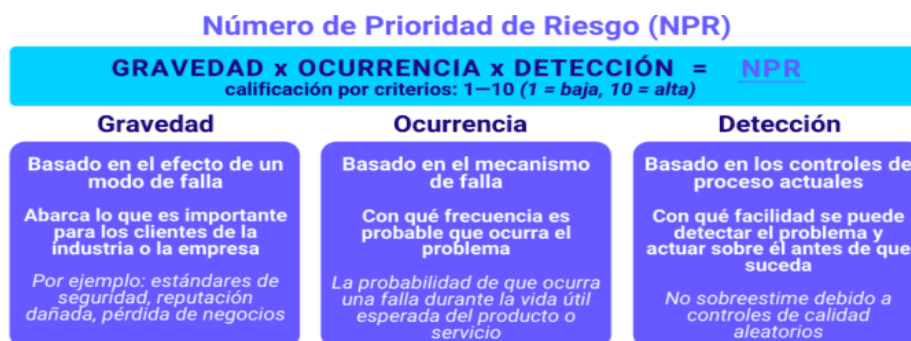
Figura 16

Matriz de riesgos sector de la construcción

MATRIZ DE RIESGOS					
NIVEL DE RIESGO NP=NP* NC		NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)			
		MUY ALTO (MA) ENTRE 40 - 24	ALTO (A) ENTRE 20 - 10	MEDIO (M) ENTRE 8 - 6	BAJA (B) ENTRE 4 Y 2
NIVEL DE CONSECUENCIAS (NC)	MORTAL O CATASTRÓFICO (M) 100	I 4000-2400 - Condiciones de Seguridad - Eléctrico (alta y baja tensión, estática) - Condiciones de Seguridad - Trabajos en alturas - Condiciones de Seguridad - Espacios confinados (Excavación y Calson) - Condiciones de Seguridad - Accidentes de tránsito	I 2000-1200 - Condiciones de Seguridad - Tecnológico (explosión, fuga, derrame, incendio) - Condiciones de Seguridad - Públicos (robos, atracos, asaltos, atentados, de orden públicos, etc) - Fenómenos naturales - Terremoto - Químico - Material Particulado	I 800-600	II 400-200
	MUY GRAVE (MG) 60	I 2400-1440 - Condiciones de Seguridad - Locativo (sistema y medios de almacenamiento), superficies de trabajo (irregulares, deslizantes, con diferencia del nivel), condiciones de orden y aseo, (caídas de objeto)	I 1200-600 - Condiciones de Seguridad - Mecánico (elementos o partes de máquinas, herramientas, equipos, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos) - Físico - Temperaturas extremas (calor y frío)	II 480-360 - Fenómenos naturales - Sismo	II 240 / III 120 - Biológico - Murde duras
	GRAVE (G) 25	I 1000-600 - Biomecánicos - Esfuerzo - Biomecánicos - Manipulación de cargas - Biomecánicos - Movimiento repetitivo - Biomecánicos - Postura (prolongadas, mantenida, forzada y antigravitacional) - Físico - Ruido (de Impacto, Intermitente, continuo) - Químico - Gases y vapores - Químico - Humos metálicos, no metálicos - Químico - Polvos orgánicos inorgánicos - Químico - Fibras	II 500-250 - Químico - Líquidos (nieblas y rocíos) - Psicosocial - Características del grupo social de trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo). - Psicosocial - Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor). - Psicosocial - Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos) - Psicosocial - Interfase persona - tarea (conocimientos, habilidades en relación con la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización)	II 200-150 - Psicosocial - Condiciones de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc) - Físico - Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	III 100-50 - Fenómenos naturales - Vendaval - Fenómenos naturales - Inundación - Fenómenos naturales - Precipitaciones, (lluvias, granizadas, heladas)
	LEVE (L) 10	II 400-240 - Psicosocial - Gestión Organizacional (estilo de mando, pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios).	II 200 / III 100 - Físico - Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia) - Físico - Presión atmosférica (normal y ajustada) - Físico - Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa) - Físico - Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa) - Físico - Radiaciones no ionizantes (lases, ultravioleta, infrarrojo, radiofrecuencia, microondas)	III 80-50 - Biológico - Virus - Biológico - Bacterias - Biológico - Hongos - Biológico - Rickettsias - Biológico - Parásitos - Biológico - Picaduras - Biológico - Fluidos o excrementos	III 40 / IV 20

Nota: Tomado de Colmena Arl. <https://es.scribd.com/document/424066505/MAttriz-de-peligros-sector-construccion>

El segundo enfoque es el análisis de riesgo cuantitativo, el cual se basa en cálculos que utilizan datos disponibles para determinar el riesgo, por medio del análisis de impacto en el negocio (BIA), el análisis de modos de fallo y efectos (FMEA) y el análisis de riesgos y beneficios.

Figura 17*Análisis de Modo y Efectos de Falla*

Nota: Tomado de SafetyCulture. <https://acortar.link/2cXx9Z>

-Análisis costo-beneficio: Según Jácome y Carvache (2017), citando a Francis (1976), el análisis costo-beneficio es una técnica de toma de decisiones que tiene como finalidad determinar los beneficios que pueden obtenerse de un determinado curso de acción, para luego cuantificarlos en términos financieros o equivalentes y deducir los costos sociales y financieros asociados. De esta manera, se busca evaluar y valorar los resultados del curso de acción en función de su rentabilidad económica.

Por tanto, se trata de una herramienta de gestión que implica la evaluación de los costos y beneficios de un proyecto o actividad para determinar si los beneficios esperados justifican los costos.

En cuanto a sus características, el análisis de costo-beneficio implica la identificación de los costos y beneficios relevantes, la cuantificación de los mismos en términos financieros, y la comparación de los costos y beneficios esperados.

Figura 18*Ejemplo análisis costo-beneficio*

Análisis costo-beneficio							
INVERSIÓN	\$8,665,932						
Tasa	19%						
		0	1	2	3	4	5
ENTRADAS			\$500,084	\$900,151	\$1,080,181	\$1,944,327	\$3,499,788
SALIDAS			\$564,487	\$846,731	\$931,404	\$1,024,544	\$1,126,998
FLUJO NETO		-\$8,665,932	-\$64,403	\$53,421	\$148,778	\$919,783	\$2,372,790

Suma entradas	\$4,133,049.33
Suma salidas	\$2,608,175.67
Costos + inversión	\$11,274,107.67
Costo/Beneficio	0.366596582

Nota: Tomado de: <https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio>

Además, es importante considerar los costos y beneficios a largo plazo, así como los riesgos asociados al proyecto o actividad.

- El Análisis del Ciclo de Vida (ACV): El análisis del ciclo de vida de un proyecto es una herramienta de gestión que permite estudiar los impactos sociales (Quatrics, 2020), ambientales y financieros que un proyecto puede tener a lo largo de todas sus fases, desde su concepción hasta su finalización.

Se trata de un enfoque utilizado para evaluar el impacto total del proyecto y los efectos que este puede tener en la sociedad y el medio ambiente, buscando identificar los impactos más significativos y tratar de minimizarlos.

Figura 19*Análisis de ciclo de vida*

Nota: Tomado de <https://www.ik-ingenieria.com/es/analisis-ciclo-vida-acv>

El análisis del ciclo de vida de un proyecto implica identificar y evaluar los costos y beneficios de cada fase (Metropol, 2019), y determinar su impacto ambiental, económico y social. Asimismo, conlleva los siguientes pasos marcados por las normas ISO 14040 e ISO 14044: Definición de objetivos, alcance del estudio y unidad funcional; elaboración de Inventario de Ciclo de Vida; evaluación del impacto ambiental y redacción del informe de ACV.

2.7 Marco legal

Dentro de las normativas jurídicas contempladas dentro del contexto de la ingeniería civil en Colombia y el sector de la construcción, se encuentran las siguientes:

Ley 80 de 1993

La Ley 80 de 1993 en Colombia regula las normas y principios que rigen los contratos de las entidades estatales, y en términos de la construcción está relacionada con los contratos de obra pública que celebran las entidades estatales para la construcción, mantenimiento y reparación de infraestructuras y edificaciones.

Ley 400 de 1997

El objeto de la Ley 400 de 1997 en Colombia es adoptar normas sobre construcciones sismo resistentes con el objetivo de garantizar la seguridad estructural de las construcciones y minimizar los riesgos ante sismos y terremotos en Colombia

Ley 1077 de 2015

El objeto de la Ley 1077 de 2015 en Colombia es compilar y reglamentar las normas del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, con el fin de lograr en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, coordinar y dirigir las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos relacionados con el sector.

Ley 1796 de 2016

El objeto de esta Ley en Colombia es generar medidas enfocadas a la protección del comprador de vivienda y mejorar las condiciones de seguridad de las construcciones en Colombia, especialmente de viviendas, mediante el fortalecimiento del régimen de responsabilidad de los profesionales que participan en el proceso de construcción y la adopción de normas de construcción sismo-resistente.

La Ley 2020 de 2020

La Ley 2020 de 2020 en Colombia tiene por objeto la creación del Registro Nacional de Obras Civiles Inconclusas en el territorio colombiano y ordenar que en él se incorpore la

identificación de dichas obras, así como la adopción de medidas para su seguimiento y, en su caso, culminación.

Conclusiones

La programación, planificación y control de obras son fundamentales en proyectos de infraestructura civil, ya que permiten a los encargados de estos proyectos optimizar recursos, disminuir costos y anticipar posibles problemas que puedan surgir durante la ejecución de las obras. A través de estos elementos se logra el cumplimiento de los objetivos establecidos para el proyecto. Por lo tanto, resulta imprescindible dedicar el tiempo y recursos necesarios para la correcta implementación de estos elementos en la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura civil.

La revisión sistemática de los trabajos de investigación sobre programación, planificación y control de obras en proyectos de infraestructura civil muestra que hay diversas metodologías y herramientas utilizadas, entre las que se incluyen el Análisis de Componentes Principales, la Planificación Estratégica Participativa con Escenarios Tridimensionales Territoriales, las Técnicas Metaheurísticas de Optimización (GA y PSO) y el Método del Valor Ganado, entre otras. Estas herramientas son valiosas para optimizar los recursos, reducir costos y asegurar la eficiencia en la ejecución de los proyectos de infraestructura civil. Por lo tanto, es fundamental realizar una evaluación detallada de las metodologías y herramientas disponibles para determinar cuáles son las más adecuadas y eficaces para cada proyecto específico.

Además, se identificaron herramientas como modelos probabilísticos, análisis estadístico, evaluación ex-post y técnicas como el procesamiento de imágenes que también se emplean en estos procesos.

La programación es uno de los elementos clave en proyectos de infraestructura civil, ya que permite planificar y controlar las actividades necesarias para la ejecución del proyecto de manera eficiente. Esto incluye establecer un cronograma de actividades, asignar recursos

adecuadamente, anticipar posibles problemas y tomar decisiones oportunas para corregir desviaciones. Sin una buena programación, los proyectos pueden sufrir retrasos, sobrecostos y otros problemas que pueden afectar su éxito.

Por otro lado, la planificación es otro aspecto fundamental en proyectos de infraestructura civil, ya que permite establecer objetivos claros, definir acciones, identificar los recursos necesarios y establecer un cronograma para la ejecución del proyecto. Es importante tener en cuenta aspectos relacionados con la gestión de residuos, riesgos, calidad y ambientales en la planificación para garantizar un desarrollo sostenible del proyecto.

El control es imprescindible para el seguimiento y evaluación de la ejecución del proyecto en términos de tiempos programados y presupuesto de costos. Para ello, se utilizan herramientas como el Método del Valor Ganado, que permite detectar desviaciones en tiempo y costo y tomar medidas correctivas oportunas para evitar retrasos y sobrecostos. En conclusión, la programación, planificación y control se complementan y son esenciales para garantizar el éxito de proyectos de infraestructura civil.

De otro lado, es evidente que, en el pasado, la programación y planificación de proyectos de infraestructura civil se basaban en enfoques manuales y diagramas de Gantt. Asimismo, los cálculos y estimaciones se realizaban a mano, lo que a menudo llevaba a errores y retrasos en la ejecución. Además, la comunicación entre los equipos era limitada, la coordinación de tareas resultaba complicada y el control y seguimiento se basaban en informes periódicos que dificultaban la toma de decisiones inmediatas.

De este modo, con la llegada de las nuevas tecnologías, como el Building Information Modeling (BIM), el proceso de programación, planificación y control de obras experimentó un cambio revolucionario, ya que este permite la creación de modelos digitales tridimensionales que

integran información sobre la geometría, el cronograma, el costo y otros aspectos del proyecto. Esto permite una planificación más precisa y la identificación temprana de posibles conflictos, lo que a su vez reduce los retrabajos y aumenta la eficiencia.

Además, la implementación de drones en la industria de la construcción ha tenido un impacto significativo en la programación, planificación y control de obras. A través de ellos se pueden realizar inspecciones aéreas, mapeo topográfico y seguimiento del progreso de la obra. Esto proporciona datos en tiempo real que permiten una toma de decisiones más ágil y precisa. Por ejemplo, los drones pueden identificar desviaciones respecto al plan original y ayudar a ajustar la programación en consecuencia.

Pensando en el futuro, se espera que la integración de tecnologías siga siendo una tendencia clave en la programación, planificación y control de obras. En este momento, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático podrían utilizarse para predecir retrasos y optimizar los cronogramas en función de datos históricos y en tiempo real. También, la realidad aumentada podría proporcionar información actualizada a los trabajadores en el lugar de la obra, mejorando la eficiencia y reduciendo los errores.

Referencias bibliográficas

- Arango, E; Arango, J. (2013). *Metodología para la planificación y programación de obras civiles en Colombia*. Ingeniería e Investigación, vol. 33, no. 1, pp. 13-19.
- Ardila, I. (2022). Diferencias entre planificación y programación de obra
<https://procedimientoconstructivoardila.com/diferencias-entre-planificacion-y-programacion-de-obra/>
- Ardila, MJ (2019). Apoyo técnico de programación y presupuestos para proyectos de infraestructura de la empresa Bramal, Ingeniería y Construcción Ltda.
<http://hdl.handle.net/20.500.11912/6192>.
- Caldas, C.H. (1990). Manual de planejamento de obras rodoviárias. São Paulo: Editora PINI.
- Cárdenas, AG, Mora, CF & Serna, OA (2020). Gestión de riesgos para empresas pymes de ingeniería que ejecutan obras de infraestructura [Tesis de especialización, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/10216>.
- Casimiro, C; Muñoz, J. (2022). Guía de gestión de proyectos de obras civiles medianos para reducir los desfases entre la programación y la ejecución de obra.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/5806/T030_76718477_T%20CARLOS%20ALEXIS%20CASIMIRO%20ANGULO%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chacón, S. (2020). Control y revisión de planos, cantidades de obra y seguimiento a la programación del proyecto de regulación del embalse de Bucaramanga.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/9552/1730_e_4%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (2011). *Guía introducción a la gestión e infraestructura de un centro cultural comunal*. Gobierno de Chile.

<https://www.cultura.gob.cl/wp-content/uploads/2013/04/guia-para-la-gestion-de-proyectos-culturales.pdf>

Cordero, C. y Sánchez, R. (2015). Metodología de la planificación estratégica en la construcción de obras civiles. *Revista de Ingeniería Civil*, 25(2), 5-14.

Cruz-Machado, Virgilio, & Rosa, Pedro. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. *Información tecnológica*, 18(1), 107-118. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000100015>

Da Silva, D. (2020). *Matriz de roles y responsabilidades: qué es y qué ventajas tiene*. Blog de Zendesk. <https://www.zendesk.com.mx/blog/matriz-de-roles-y-responsabilidades/>

García, M; Cano, M. (2013). El FODA: una técnica para el análisis de problemas en el contexto de la planeación en las organizaciones. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>

González-Martínez, J. y Fernández-Jiménez, L. (2015). *Planificación y Programación de Obras Civiles*. Reverte.

Gordo, E; Barrera, J; Vargas, J. (2017). Factores que ocasionan retrasos en obras civiles en Empresas Públicas de Neiva.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10740/Johana%20Potes-2017.pdf>

Hamed, M., & Fathi, M. R. (2018). Planning and scheduling of construction projects: technological visions. *Smart and Sustainable Built Environment*, 7(3), 253-264.

Heerkens, G. R. (2002). *Gestión de proyectos [Project Management]*. McGraw-Hill.

Hernández, M.J. (2012). *Planificación y control de proyectos de construcción*. Universidad de Oriente, Facultad de Ingeniería, Núcleo de Sucre. Venezuela.

Hidalgo, A; Ocampo, N. (2020). *Planificación y control de una construcción civil basado en el enfoque del PMBOK*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30584/1/Tesis%20I.%20C.%201361%20-%20Ocampo%20Salinas%20Nilson%20Andr%c3%a9s.pdf>

Ichihara, J., “Um Método de Solução Heurístico para a Programação de Edifícios Dotados de Múltiplos Pavimentos-Tipo”, Tese de Doutorado, Univ. Fed. de Santa Catarina, Florianópolis (1998).

Iribarren, O. (2013). *Administración de proyectos de construcción*. México: Limusa.

Jácome, I; Carvache, O. (2017). *Análisis del costo - beneficio una herramienta de gestión*.

Revista CE Contribuciones a la Economía. ISSN: 1696-8360.

<https://www.eumed.net/ce/2017/2/costo->

[beneficio.html#:~:text=Francis%20\(1976\)%20indico%20que%20el,los%20costos%20sociales%20y%20financieros](#)

Machado, R. (2003). A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil (Tese de pós-graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Martins, J. (2022). *Matriz Raci: qué es, cómo crearla con ejemplos y alternativas online*. Asana. <https://asana.com/es/resources/raci-chart>

Mattos, A; Valderrama, F. (2014). *Método de planificación y control de obras*. Manuales universitarios de edificación 4. Editorial reverté. Barcelona. <https://www.rib-software.es/pdf/Usar-Presto/Libro-Metodos-de-planificacion-y-control-de-obras.pdf>

Meardon, E. (2023). *¿Qué son los diagramas de Gantt?* Atlassian. <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>

Metropol (2019). *Análisis de ciclo de vida*. Área Metropolitana del valle de Aburrá. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/analisis-de-ciclo-de-vida.aspx>

Monday, blog (2021). *Lo que siempre quisiste saber sobre los diagramas de Gantt*. Monday.com <https://monday.com/blog/es/gestion-de-proyectos/lo-que-siempre-quisiste-saber-sobre-los-diagramas-de-gantt/>

O'Brien W. (2010). *Construction project management* (2a ed.). Pearson.

Ochoa Cardoso, M.C., Alvarado Campos, M.S., (2021). Planificación de proyectos de ingeniería civil y toma de decisiones bajo incertidumbre. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil. Bogotá D.C.
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39683/AlvaradoCamposMichaelStiven2021.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ortiz, J. (2021). Conocimiento normativo de los maestros de obra, control de recursos y presupuesto de obra en las construcciones. Revista Ingeniería, Matemáticas Y Ciencias De La Información, 8(16), 89-96. Recuperado a partir de
<https://urepublicana.edu.co/ojs/index.php/ingenieria/article/view/683>

Osorio, J & Tovar, W. (2020). Programación, optimización de obra del proyecto “construcción de parques en los municipios de Pitalito y La Plata en el departamento del Huila”.
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/c79a1bb2-b667-4840-824b-4c057e4e7fc8/content>

Peña, D., Reyes, M., & Vega, I. (2005). Programación temporal y control de avance de obras de construcción. Revista de Ingeniería de Construcción, 20(1), 47-59.

Pérez, A. (2021) *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?* OBS Business School.
<https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>

Perissé, M. (2021). PERT: una metodología simplificada.
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/manual_pert/manual_pert.htm

PMI Project Management Institute (s.f.) Definición de proyecto <https://www.pmi.org/america-latina#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20PMI%3F,a%20convertir%20ideas%20en%20realidad.>

Poveda, M. (2020). Gestión del cronograma y proyectos viales. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36851/PovedaCriolloMateoAlejandro2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Robbins, S.P. y Coulter, M. (2005). Administración. México: Pearson-Prentice Hall.

SafetyCulture (2022). Análisis de riesgos: Una guía completa. <https://safetyculture.com/es/temas/analisis-de-riesgos/#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20riesgos%20es,est%C3%A1n%20protegidos%20de%20posibles%20amenazas.>

Schneider, M., & Preiser, W. (1997). Building in performance: evaluation and design for architecture. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408460-5.X5000-X>

Structuralia (2021). Diagrama PERT: Definición, cómo hacerlo y comparativa técnica. <https://blog.structuralia.com/diagrama-pert>

Tucto, A. (2021). Programación y control de costos aplicando la metodología de gestión de valor ganado en Obras de Ingeniería Civil en las ciudades de Lima y Pucallpa – 2021. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/7181/TIC00276T87.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wilde, S. J., Forenza, L. (2017). Programación de obras. Cátedra de la economía de la construcción II. Universidad Nacional de Tucumán.

https://www.academia.edu/32939730/PROGRAMACION_DE_OBRAS