

Técnicas de programación de obra y su importancia en las obras civiles

Gustavo prado cepeda



Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Director

MSc (c). Víctor Hugo Verjel Tarazona

Diciembre 2024

Técnicas de programación de obra y su importancia en las obras civiles

Gustavo prado cepeda

Trabajo de Monografía presentada como requisito para optar al título de:

INGENIERO CIVIL.



Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Director

MSc (c). Víctor Hugo verjel Tarazona

Diciembre 2024

DEDICATORIA

A Dios, en primer lugar, por salvaguardarme e iluminarme, brindarme fortaleza y conocimiento. Durante toda la travesía.

Gracias papa por creer en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, en primer lugar, por salvaguardarme e iluminarme, brindarme fortaleza y sabiduría a lo largo de todo el recorrido.

A mis padres por su constante respaldo.

A mi mentor MSc Víctor Hugo Verjel Tarazona, por su paciencia, por su hospitalidad y respaldo para que este trabajo sea factible.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	9
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCION	13
1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL	15
1.1 Breve reseña histórica de las técnicas de programación en obras.....	15
1.1.1 Planificación	16
1.1.2 Seguimiento y control:.....	16
1.1.3 Evaluación y mejora continua:	16
1.2 Técnicas de programación en obras civiles	16
1.2.1 Diagrama de barras	17
1.2.2 Curvas de producción acumuladas	18
1.2.3 CPM.....	19
2. MARCO LEGAL (NORMATIVIDAD)	22
2.1 Normativa en Colombia para proyectos civiles.....	22
3.METODOS DE REDES (TECNICAS)	24
3.1 Métodos de ordenamiento.....	24
3.1.1 Programación PERT (Program Evaluation and Review Technique).....	25
3.1.2 Método LPU	25
3.1.3 Método fondhal.....	26
3.1.4 Método KMPA	26

3.1.5 Metodo Roy	26
4. IMPORTANCIA DE LA PROGRAMACIÓN EN OBRAS CIVILES	28
4.1 Mejora en la Eficiencia y Productividad.....	28
4.2 Control de Costos.....	28
5. EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN.....	30
5.1 BIM CON IA en la Programación de Obras	30
5.1.2 la industrialización de pilotes en puentes aplicando tecnología BIM.....	31
5.2 Power BI	32
5.3 Técnicas de compresión de cronograma: Fast Tracking y Crashing	34
5.3.1 Fast Tracking	34
5.3.2. Crashing	35
6. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA LA PROGRAMACIÓN	37
6.1 softwares digitales para proyectos de construcción actualmente.....	37
6.1.1 núcleo profesional (Procore).....	37
6.1.2 Autodesk BIM 360.....	38
6.1.3 Plan Cuadrícula.....	42
6.1.4 Alambre de campo (Fieldwire)	46
6.1.5 Aplicación de bim 4d con autodesk navisworks manage + microsoft excel ..	46
7.COMPARACIÓN DE TECNICAS DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS	48
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS METODOS (TECNICAS)	51
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFIA	54

Lista de Figuras

Ilustración 1 Esquema de un proyecto civil.....	17
Ilustración 2 Esquemmatización de una curva "s"	18
Ilustración 3 Ejemplo "s"	19
Ilustración 5 Curvas	20
Ilustración 6 Pert.....	25
Ilustración 7 Método ROY	27
Ilustración 8 Costos	29
Ilustración 9 Proceso de Industrialización de Pilotes para puente.....	32
Ilustración 10 Ilustración Obras Primera Línea Metro de Bogota-PLMBT1.	33
Ilustración 11 Crashing vs Fast Tracking	35
Ilustración 12 Esquema procore	38
Ilustración 13 BIM.....	39
Ilustración 14 Modelo 360.....	41
Ilustración 15 Diseño BIM 360	42
Ilustración 16 Esquema de un grupo de familias en Revit.	43
Ilustración 17 Esquema de un ejemplo de planimetría Revit	44
Ilustración 18 Funciones de Projectwise	45
Ilustración 19 Esquema de FIELDWIRE	46
Ilustración 20 Comparación de programación de obras	48
Ilustración 21 Programación comprimida por Crashing.....	49

Ilustración 22 Programación comprimida por Fast Tracking	50
--	----

GLOSARIO

Ruta crítica: es una ilustración gráfica que se emplea para determinar las actividades que deben finalizarse en el plazo establecido para que el proyecto esté finalizado en la fecha de finalización.(Castaño et al., 2009)

Automatización: La automatización ha generado un significativo efecto en el sector de la construcción, en cuanto a la disminución de gastos y el incremento de la productividad.(*Automatización en la construcción*, 2023)

Análisis de redes: tener la capacidad de establecer el plan de desembolsos, supervisar la ejecución del proyecto, estimar el costo del financiamiento, entre otros factores.(Hernández, 2022)

Programación: es un asunto esencial para conseguir que la obra se concluya en los tiempos y costos fijados. Se trata de vincular los recursos a sus funciones correspondientes y observar cómo se organizan en el conjunto de la obra. (Yepes, 2022)

Redes: Una red empleada para ilustrar un proyecto se conoce como red de proyecto; esta se compone de un número determinado de nodos (usualmente representados como diminutos círculos o rectángulos) y arcos (usualmente representados como flechas) que vinculan dos nodos distintos.(Frederick s. hillier, 2024)

Cpm: el CPM se desarrolló para manejar proyectos repetitivos o similares.(Jacintha, 2023)

Gestión de proyectos: permite que el proyectista obtenga la habilidad de aplicarlo no solo a un problema real o una necesidad, sino también a cualquier evento que requiera ser planificado.(Patiño O., 2010)

RESUMEN

El desarrollo de esta monografía compilatoria se fundamentó en el análisis de diversas fuentes documentales, como textos académicos, publicaciones de especialidad y recursos en línea relacionados con el campo de estudio. El objetivo principal de esta revisión bibliográfica fue establecer la estructura teórica de la monografía, cuyo principal objetivo es proporcionar un resumen histórico breve sobre las Técnicas de programación de obra y su relevancia en las construcciones civiles.

Conforme aumenta la complejidad de un proyecto específico y se busca optimizar y mejorar su desarrollo, se intensifica la importancia de tener una adecuada planificación y un control eficaz sobre las diversas actividades que conforman la obra. Sin estos métodos, el proceso de construcción se desplazaría sin un rumbo definido y, posiblemente, el presupuesto inicial no cubriría todos los gastos que la obra necesita para su adecuada realización.

Palabras clave: Técnicas, Cpm, Ruta crítica,

ABSTRACT

The development of this compilation monograph was based on the analysis of various documentary sources, such as academic texts, specialized publications and online resources related to the field of study. The main objective of this bibliographic review was to establish the theoretical structure of the monograph, whose main objective is to provide a brief historical summary of the scheduling techniques and their relevance in civil constructions.

As the complexity of a specific project increases and its development is sought to be optimized and improved, the importance of having adequate planning and effective control over the various activities that make up the work intensifies. Without these methods, the construction process would move without a defined course and, possibly, the initial budget would not cover all the expenses that the work needs for its adequate realization.

Key words: Techniques, Cpm, Critical path,

INTRODUCCION

La construcción de cualquier proyecto civil, ya sea un inmueble, una infraestructura de carreteras o una obra de infraestructura hidráulica, es un proceso complicado que incluye diversas variables (como el tiempo, las demoras en el proyecto) y etapas. Para garantizar un proyecto que se desarrolle de manera eficiente, respetando el presupuesto y el tiempo establecido, la programación se considera una herramienta crucial en precisión y descubriendo diversas rutas para proporcionar una solución.

Los Sistemas Informáticos para la Programación actuales son muy beneficiosos y un gran soporte para este extenso ámbito. Las construcciones hidráulicas son un área de gran importancia en la ingeniería civil, enfocada en el diseño, edificación y administración de estructuras y sistemas vinculados al agua. Estas construcciones abarcan desde infraestructuras para el abastecimiento y tratamiento del agua potable hasta sistemas de drenaje y control de inundaciones, recopilando la relevancia y variedad de las obras hidráulicas, así como su rol esencial en el progreso y la sostenibilidad de las sociedades contemporáneas.

El propósito de esta monografía es investigar, examinar, a partir de fundamentos teóricos y bibliográficos, del tema las Técnicas de programación de obra y su importancia en las obras civiles, para esto se procedió dividir en siete capítulos donde en el primer capítulo esta todo lo referente a antecedentes y registros históricos del tema , el segundo capítulo normatividad para la ejecución de proyectos civiles , el tercer capítulo técnicas de programación , cuarto capítulo importancia de la programación en obras civiles , quinto evolución de las técnicas de programación , sexto capítulo herramientas informáticas para

la programación y por último la comparación de las metodologías de programación de obras .

1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL

Las técnicas de programación de obras civiles han experimentado una evolución

Como en la automatización, tiempo y rendimiento. considerable con el paso del tiempo, motivada por la necesidad de maximizar recursos, disminuir gastos y satisfacer plazos cada vez más rigurosos.

1.1 Breve reseña histórica de las técnicas de programación en obras

Existen proyectos de tal complejidad como un embalse, una represa, que no basta con que el ingeniero responsable de la obra los tenga en la mente, por eso es necesario plasmarlo, donde cada detalle se especifique con mayor precisión en cada fase que se mantenga control. Ante esta necesidad de la ingeniería se desarrollaron diferentes técnicas que con similitud no se sabe bien el inicio, pero son tan solidas que aun con el avance se mantiene el mismo esquema como lo es el diagrama de barras, como todo en la vida nace de la necesidad y de las limitaciones que presenta esta no fue la excepción para que un grupo de ingenieros desarrollaran una programación lineal, simulaciones que abarcaban todas las experiencias de sus ingenios en obras.

Método del camino crítico (CPM): Desarrollado en la década de 1956, el CPM permite identificar las actividades críticas de un proyecto, es decir, aquellas que si se retrasan provocarán un retraso en todo el proyecto.

En 1957, el grupo de artillería de la marina de los estados unidos crea la Técnica de evaluación y revisión de programas (PERT): Similar al CPM, pero incorpora el concepto de probabilidad en la duración de las actividades, lo que lo hace más adecuado para proyectos con alta incertidumbre.

1.1.1 Planificación: En esta etapa se establecen todas las actividades necesarias para llevar a cabo la obra, se establecen los plazos y se distribuyen los recursos necesarios para su ejecución. Además, se elabora un presupuesto detallado y se establecen los indicadores para medir el progreso y la victoria del proyecto

1.1.2 Seguimiento y control: En esta etapa se realiza un seguimiento constante de todas las actividades y recursos, con el fin de garantizar que se están cumpliendo los plazos y presupuestos establecidos. Además, se identifican y solucionan los problemas que puedan surgir durante la ejecución de la obra.

1.1.3 Evaluación y mejora continua: En esta etapa se evalúa el éxito del proyecto y se establecen las áreas en las que se pueden aplicar mejoras para futuros proyectos. Si

En las últimas décadas, se han creado nuevas técnicas de planificación, todas derivadas de las previas y siempre buscando alcanzar una mayor adaptabilidad en la representación del plan de ejecución de un proyecto. los procedimientos más relevantes incorporados a los convencionales (*PLANIFICACION Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN*, s. f.)

1.2 Técnicas de programación en obras civiles

Existen diversos tipos de técnicas de programación, unas son muy sencillas en su elaboración y fáciles de interpretar, pero tienen ciertas limitaciones. otras son muy útiles pero con un grado de complejidad en su elaboración

Las técnicas mas comunes en el campo de la ingeniería civil para su programación de obras son:

⇒ Diagrama de barras

⇒ Curvas de producción acumuladas

⇒ Método de la ruta crítica (Critical path Method, CPM)

⇒ Red de precedencias

⇒ PERT (Program Evaluation Review Technique)

⇒ Diagramas de tiempo y espacio

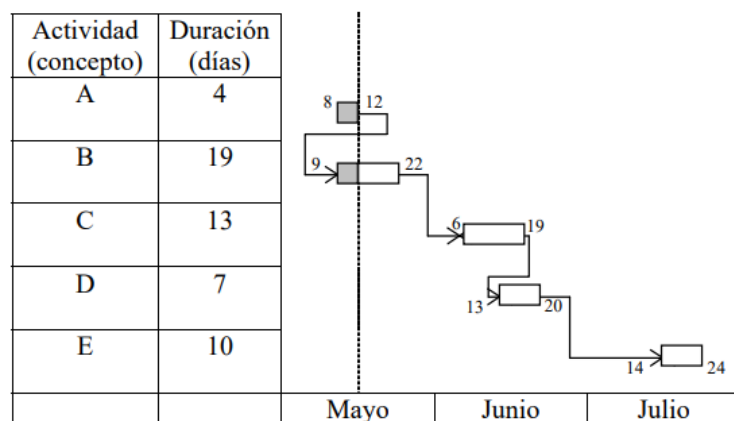
1.2.1 Diagrama de barras

Al igual que en cualquier método de programación, los diagramas de barras se elaboran dividiendo el trabajo en varios elementos.

En la creación de un esquema de barras, en la columna inicial se ubica el nombre de la actividad, mientras que en la columna subsiguiente se ubica la duración de cada actividad, usualmente en días.

Ilustración 1 Esquema de un proyecto civil

Diagrama de barras de una escala de tiempo, se aprecia un ejemplo de construcción por el autor Domínguez.



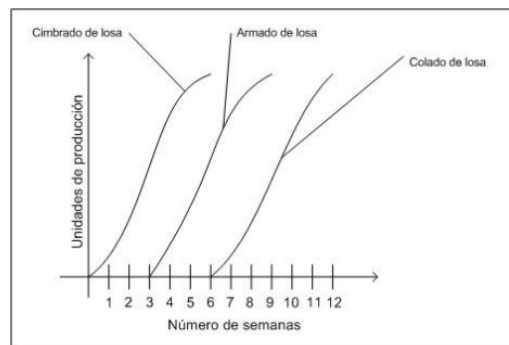
Fuente : tomada del autor (Domínguez González, 2004)

Sin embargo, es una herramienta muy clásica y básica que no permite apreciar ni un mínimo detalle la rapidez o retraso general que se llega a presentar en campo de la construcción.

1.2.2 Curvas de producción acumuladas

Este método asocia la pendiente de la curva, vinculando el aumento en las unidades producidas en la ordenada con el aumento del tiempo en la abscisa. Por ende, la pendiente de la curva simboliza la cantidad de unidades generadas en un periodo de tiempo mayor.

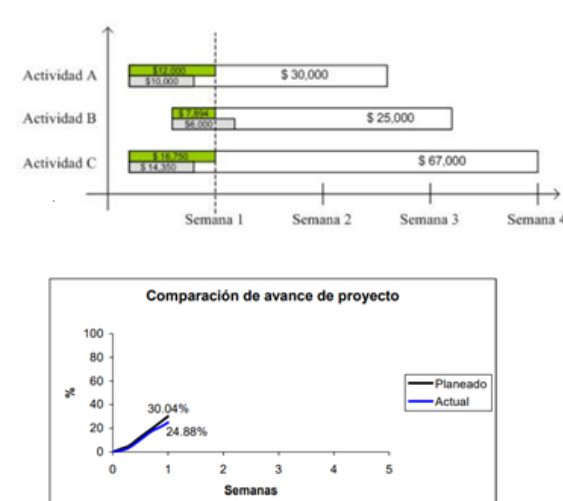
Ilustración 2 Esquematización de una curva "s"



Fuente : Tomada de una parte de seccion del libro (Domínguez González, 2004)

Un ejemplo del autor gonzalez sobre la curva "s" donde aprecia 3 actividades (A,B,C) recurrentes en un proyecto dejando graficamente el avance planeado vs avance real .

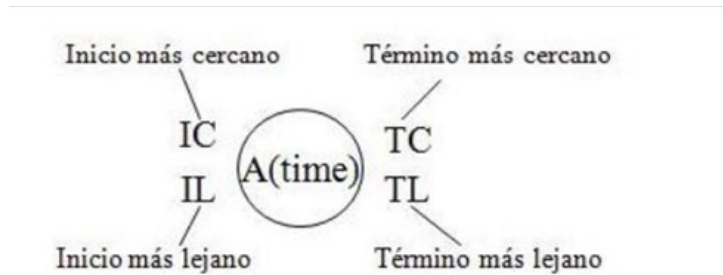
Ilustración 3 Ejemplo "s"



Fuente : tomada de (Gonzalez, 2004)

1.2.3 CPM

En esencia, el CPM opera a través de tres elementos esenciales: tareas, tiempos y relaciones. Las tareas son las medidas individuales necesarias para concluir el proyecto en su totalidad. Las longitudes representan el tiempo requerido para concluir cada trabajo. Las dependencias describen las relaciones secuenciales entre las actividades. (Moya & Diaz, 2015)



Fuente:(Moya & Diaz, 2015)

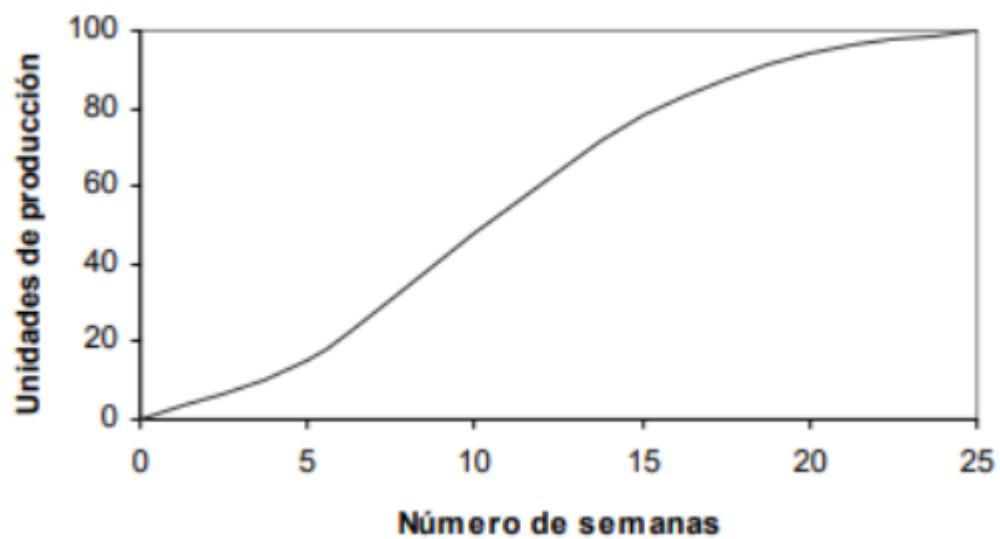
Curva de producción acumulada

La curva 'S' es una "visualización gráfica de costos acumulados, horas de trabajo, porcentaje de trabajo u otras cantidades, trazadas en función del tiempo.

Usualmente, al comienzo del proyecto se observa un progreso bastante pausado, sin embargo, cuando el proyecto alcanza su mitad, se puede notar un avance más acelerado. Sin embargo, al concluir el proyecto, nuevamente se experimenta un avance pausado debido al proceso de edificación, con el que finalmente se consigue una gráfica de producción acumulada en términos S.

Como es bien sabido, la curva S puede utilizarse para un conjunto de actividades o para el proyecto en su totalidad, proporcionando una perspectiva para contrastar el progreso real de la obra con el avance previsto inicialmente, permitiéndonos determinar si el proyecto avanza correctamente o está en etapas de retraso.

Ilustración 4 Curvas



Fuente : (Gonzalez, 2004)

2. MARCO LEGAL (NORMATIVIDAD)

2.1 Normativa en Colombia para proyectos civiles

En Colombia, las regulaciones para la programación, organización y supervisión de la infraestructura civil de proyectos de hidráulicas están estructuradas en un conjunto de leyes, decretos, resoluciones y manuales técnicos.

Ley 99 1993: Normativa Nacional de Recursos Hídricos. Esta normativa define los fundamentos y principios generales de distribución de recursos acuáticos en Colombia, incluyendo la planificación, edificación y funcionamiento de infraestructura hidráulica..
(*Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública*, s. f.)

Decreto 3820 de 2010: Normativa Específica de la Ley 99 de 1993. Este decreto abarca los elementos administrativos y técnicos de la Ley 99 de 1993, abarcando la determinación de las autoridades pertinentes, los procesos para obtener autorizaciones y certificaciones, y las regulaciones para la edificación y funcionamiento de obras de hidráulica. ((*Decreto 3820 de 2008 - Gestor Normativo*, s. f.)

Resolución 907 de 2014: Esta resolución define los principios de responsabilidad para la creación de planes departamentales enfocados en la administración del riesgo de inundaciones. Esta resolución establece las directrices para la elaboración de planes de prevención de inundaciones en el departamento. (*RESOLUCION-907-2019.pdf*, s. f.)

Manual de Diseño de Obras Hidráulicas: Este manual proporciona lineamientos técnicos para el diseño de obras hidráulicas, incluyendo presas, canales, tuberías, estructuras de control de inundaciones y sistemas de drenaje. (*Criterios de Diseño de Obras*

Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico | Drupal, s. f.)

3.METODOS DE REDES (TECNICAS)

Durante la elaboración de los programas de gestión, se incluyó el enfoque de la ruta crítica para su planificación y gestión. Este consiste principalmente en la planificación, programación y control de un proyecto o proceso. Esto se traduce en un esquema o red, donde se detallan las fases del proyecto y su relación..*(Manual De Programación Y Control De Programa De Obras Julio Sanchez | Anon, s. f.)*

3.1 Métodos de ordenamiento

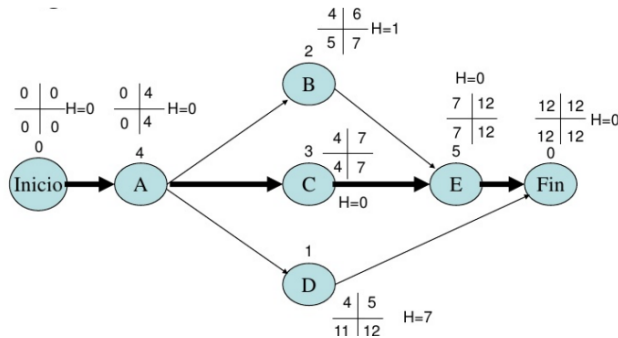
Una programación se refiere a la organización de tareas de un proyecto a través de una representación gráfica, también conocida como GRAFO.

Para llevar a cabo una programación, hallamos diversos métodos de organización:

- ⇒ Método Pert
- ⇒ Método CPM
- ⇒ Método LPU
- ⇒ Método FONDHAL
- ⇒ Método KMPA
- ⇒ Método Roy

3.1.1 Programación PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Ilustración 5 Pert



Fuente:(Moya & Diaz, 2015)

El enfoque PERT (Técnicas de Evaluación y Revisión de Proyectos), es un algoritmo fundamentado en la teoría de redes, creado para simplificar la organización de proyectos. El producto final de la implementación de este algoritmo será un calendario para el proyecto, donde se podrá determinar su duración total y la categorización de las tareas en función de su importancia.(PERT - Técnica de evaluación y revisión de proyectos » Ingeniería, s. f.)

3.1.2 Método LPU

Línea unión punto o círculo y línea de unión (Lineal point unión), que se diferencia del CPM en su representación gráfica y en ciertas normas para la realización de sus cálculos. Asimismo, opera con rendimientos previamente establecidos y no experimenta

problemas en la ejecución de los traslados, pero se enfrenta al desafío de la relación de enlaces.

3.1.3 Método fondhal

Este procedimiento es una alteración del método LPU, de ahí que se le llame fondhal modificado, ya que soluciona los problemas de enlaces que presenta el método previo. tiene un enorme beneficio dado que cuenta con la adaptabilidad requerida que se adecúa a las condiciones del programa. En el procedimiento, se reúnen en el punto central toda la información vinculada a la red.

3.1.4 Método KMPA

Como el método previo, este supone una relación diferente de enlaces. Es un sistema alemán, que se utiliza y complementa los métodos LPU y FONDHAL, siendo más completo que los anteriores en sus diferentes conexiones.

3.1.5 Método Roy

El método Roy surge en 1960 basándose en las investigaciones de Bernard Roy. Esta metodología muestra diferencias significativas respecto a PERT y CPM. En el desarrollo de un proyecto de producción en masa, los ritmos laborales, la secuencia de producción y los procesos suelen ser constantes, como por ejemplo: las líneas de montaje de determinadas industrias.

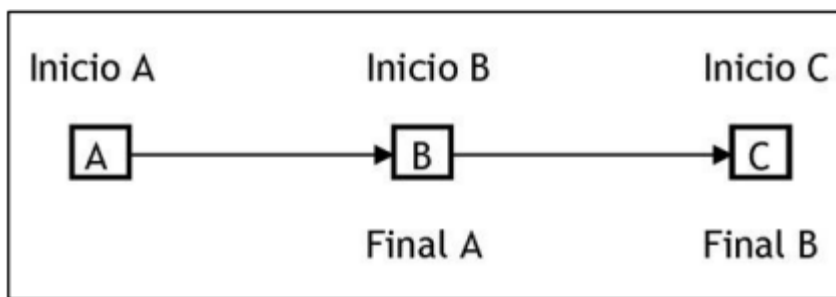
En proyectos de producción por encargo, como la construcción, se presentan diversas secuencias temporales que pueden estar interconectadas. Para modelos de esta naturaleza, se puede emplear el procedimiento Roy.

Por lo tanto, uno de los beneficios de este procedimiento es que permite fusionar las prelaciónes previamente mencionadas para crear nuevas conexiones entre actividades.

Para la elaboración del grafo, es necesario determinar las tareas del proyecto.

Además, es necesario incluir dos actividades: inicio y final. Los arcos iniciales surgen del primero y el segundo es el que recibe los arcos finales.

Ilustración 6 Método ROY



Fuente: (1 Método de Roy | PDF | Teoría de grafos | Vértice (teoría de grafos), s. f.)

4. IMPORTANCIA DE LA PROGRAMACIÓN EN OBRAS CIVILES

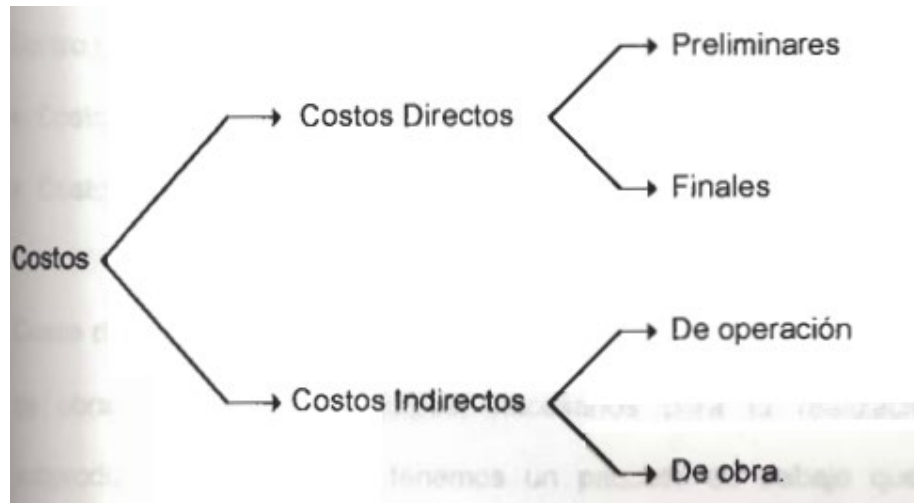
4.1 Mejora en la Eficiencia y Productividad

En el ámbito de la construcción, se puede describir la eficiencia como la habilidad de llevar a cabo y finalizar una obra, empleando recursos y tiempos limitados, asegurando simultáneamente elevados grados de rentabilidad, productividad y calidad.(Santoro, 2024)

4.2 Control de Costos

Los métodos de ordenamiento siempre han sido tomados en cuenta, como sistemas con metodologías centradas en el tiempo. Como instrumentos de planificación, resultan beneficiosos para calcular la duración de los proyectos; como métodos de programación, nos brindan los recursos para la creación de redes y la estimación de las actividades, incluyendo los costos asociados a estas. como mecanismo de control, facilita la comprobación de los tiempos establecidos, contrastándolos con los efectivos.

Tomamos en cuenta la relación entre costos y tiempo, no solo para determinar las duraciones de las actividades, sino que también sean componentes de los cálculos para optimizar los costos del proyecto, tanto en la planificación del proyecto como en su supervisión, considerando que la gestión de los costos es tan relevante como la gestión de los tiempos.

Ilustración 7 Costos

Fuente:(*Manual De Programación Y Control De Programa De Obras Julio Sanchez*

| *Anon*, s. f.)

5. EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN.

La gestión de obras civiles ha experimentado una transformación significativa desde los métodos tradicionales hasta las herramientas tecnológicas más avanzadas de la actualidad. Este cambio ha sido impulsado por la necesidad de optimizar recursos, aumentar la eficiencia y cumplir con las demandas en aumento de la industria de la construcción.

La robótica es una de las tendencias en la automatización de la construcción. Los robots poseen la habilidad de llevar a cabo tareas que serían riesgosas o difíciles para los trabajadores humanos, como la construcción de vigas o el manejo de materiales de alta densidad. Los robots también poseen la habilidad de trabajar las 24 horas del día, lo que acelera el proceso de construcción y reduce los costos. (*Automatización en la construcción*, 2023).

En el futuro, la programación de obras civiles será cada vez más automatizada, inteligente y colaborativa. Los profesionales de la construcción trabajarán en estrecha colaboración con sistemas de IA para tomar decisiones más informadas y optimizar los proyectos.

5.1 BIM CON IA en la Programación de Obras

la Inteligencia Artificial está desempeñando un papel crucial en la transformación de la planificación de obras. Su capacidad para optimizar proyectos, predecir problemas, gestionar recursos y reducir riesgos está revolucionando la industria de la construcción. A medida que la tecnología continúa avanzando, podemos esperar ver una mayor integración

de la IA en todos los aspectos de la construcción, lo que conducirá a proyectos más eficientes y exitosos en el futuro.

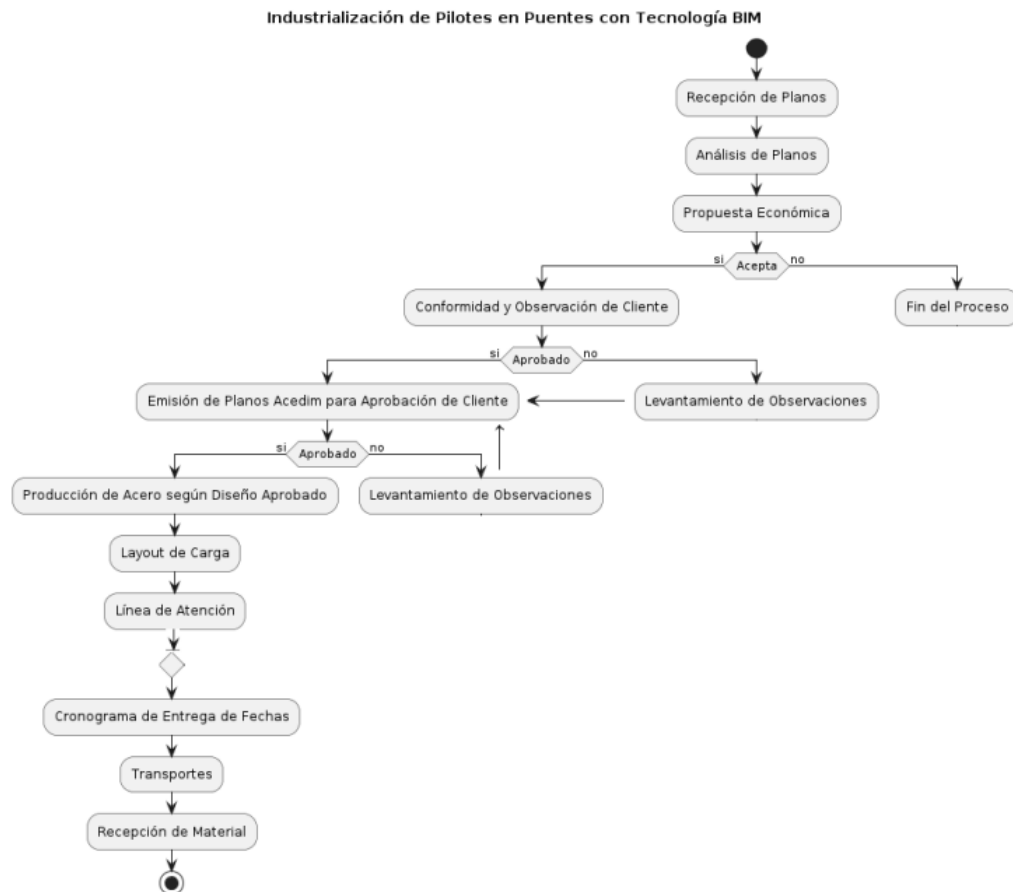
5.1.2 la industrialización de pilotes en puentes aplicando tecnología BIM

Según la autora (Dueñas & Sofia, s. f.) Con el avance tecnológico y como hoy en día se implementa la metodología BIM, con la aplicación de la tecnología BIM y sus herramientas tecnológicas, se ha descrito que los procesos de diseño y desarrollo de planos para presentación es más fluido y rápido, ya que se puede visualizar de mejor los aceros corrugados que se van a instalar, aquello hace que los errores de diseño disminuyan, se ahorra tiempo en realizar planos de presentación en cantidad y menor tiempo; la compatibilización e interoperabilidad con otras especialidades se visualiza de mejor manera y en caso de consultas, se resuelven de mejor manera.

Además, con la industrialización del acero y prearmado de estructuras, especialmente en pilotes en puentes, se ha comprobado que, al solicitar este servicio, se reducen las actividades de habilitación e instalación de acero corrugado, también se reduce el número de personas en la cuadrilla y sobre todo se reduce el tiempo de instalación y puesta en obra. Todo lo mencionado logra un ahorro económico significativo.

En la siguiente figura se va a mostrar de manera resumida el procedimiento de la industrialización de Pilotes

Ilustración 8 Proceso de Industrialización de Pilotes para puente



Fuente : tomada de (Dueñas & Sofía, s. f.)

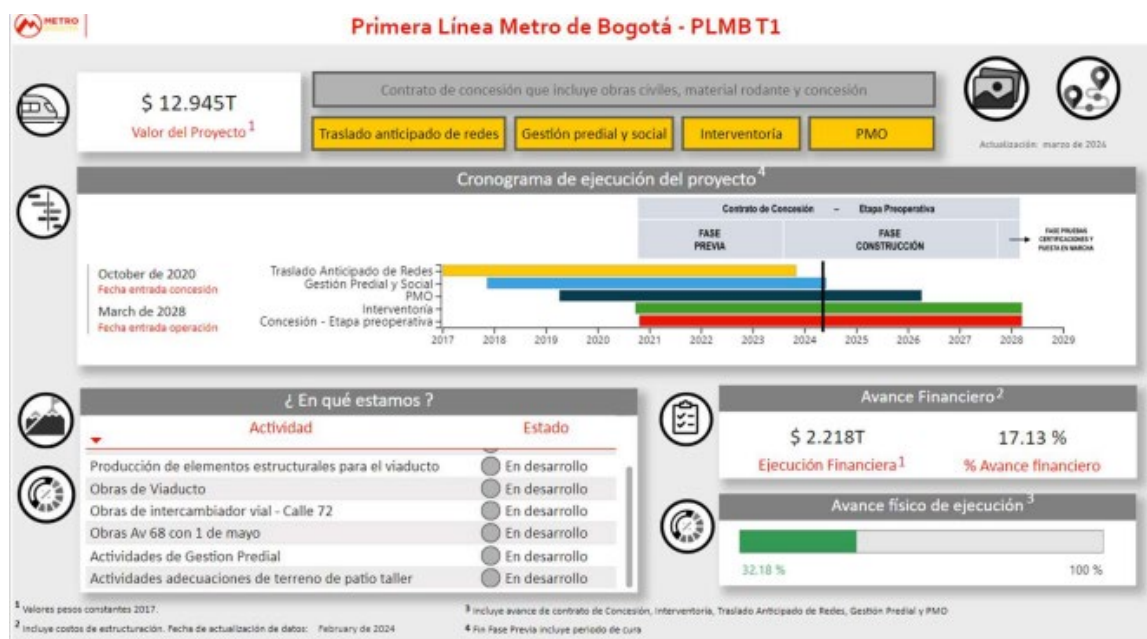
5.2 Power BI

Según el autor (Fernández, 2023), Power BI es una plataforma de Business Intelligence desarrollada por Microsoft que permite a los usuarios analizar, visualizar y compartir datos en tiempo real. Ofrece una amplia gama de herramientas y funcionalidades, como la posibilidad de conectar diferentes fuentes de datos, crear informes interactivos y generar visualizaciones impactantes.

Adicionalmente, la analítica de datos propicia el rastreo de anomalías, riesgos o desviaciones anticipadamente, contribuyendo así a la prevención de contratiempos y a la reducción de costes inherentes.

En Colombia, este tipo de herramienta se está usando para el proyecto de la primera línea del metro de Bogotá, el cual muestra el estado del proyecto en cuanto a avance físico y financiero, junto con el estado de actividades. A continuación, se muestra la siguiente ilustración de ejemplo:

Ilustración 9 Ilustración Obras Primera Línea Metro de Bogota-PLMBT1.



Fuente : (Fernández, 2023)

Por tanto, la implementación de Power BI y la analítica de datos emerge como una vía significativa para el mejoramiento de la productividad administrativa, favoreciendo la toma de decisiones perspicaces y efectivas con una inversión asequible.

5.3 Técnicas de compresión de cronograma: Fast Tracking y Crashing

A menudo, los proyectos requieren ser concluidos antes de la fecha fijada. se requiere reducir el calendario. Por ende, es necesario disminuir el calendario. Algunas situaciones pueden ser: cuando el cliente se presenta: requiere que se finalice antes, cuando hubo retrasos debido al clima adverso, la reputación de la compañía sufrió perjuicios y penalizaciones por demoras. Sin embargo, existen métodos para su compresión. programa de trabajo.

5.3.1 Fast Tracking

Esta metodología permite ejecutar tareas simultáneamente, aunque estas siguen una secuencia dentro del camino crítico, es decir, las que presentan holgura nula. De esta manera, se logra posponer la finalización del proyecto. Sin embargo, las actividades fuera del camino crítico no deben ser ignoradas, ya que una reducción en el tiempo en el camino crítico podría causar que las actividades de holguras positivas disminuyan y se incorporen a un nuevo camino crítico. (*Project 2080 Planificación y Control de Proyectos*, 2024)

De acuerdo con el escritor Sandoval, el uso de este método no conlleva un incremento en los costos, pero sí un aumento en el riesgo. Normalmente se logra que al implementar el Fast Tracking a una actividad que ya ha alcanzado el 66% de su desarrollo, el aumento del

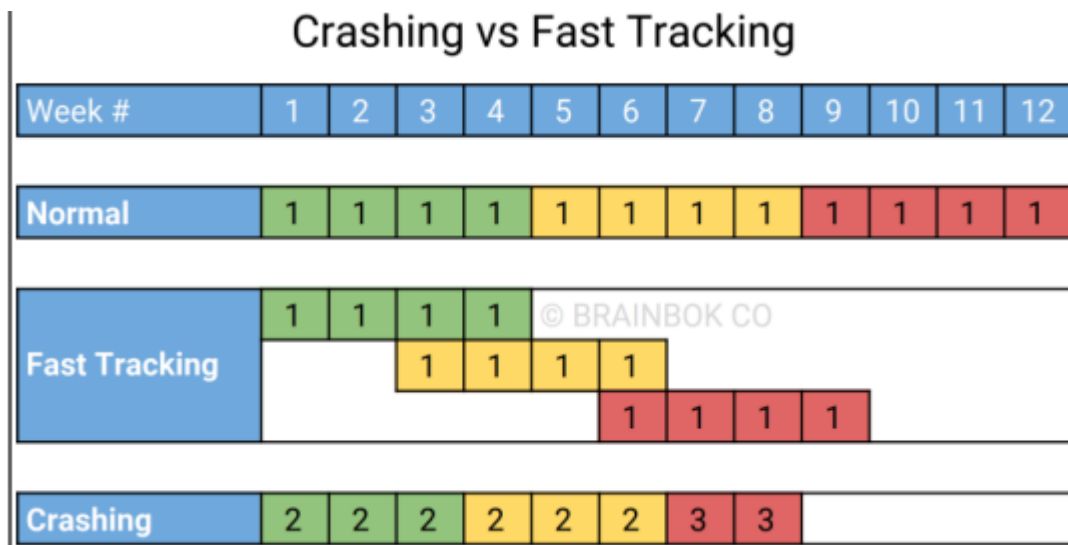
riesgo no es excesivo y se situará dentro de los límites tolerables. Por otro lado, un uso excesivo del Fast Tracking puede generar riesgos considerables como trabajos duplicados.

5.3.2. *Crashing*

Esta metodología facilita la incorporación de nuevos recursos a las tareas del proyecto con el objetivo de optimizar las actividades del mismo.

incrementar las ganancias y reducir los plazos. Concretamente, se refiere a las actividades ubicadas en la ruta crítica, ya que estas establecen el tiempo del proyecto. No obstante, al igual que el seguimiento rápido, no se deben pasar por alto las actividades fuera del camino crítico. Dado que estas podrían entrar en un nuevo camino crítico al reducir sus holguras.

Ilustración 10 Crashing vs Fast Tracking



Fuente:(*ALVA SANDOVAL_CALLE HUAMAN_DE LA CRUZ SALOM_VASQUEZ QUISPE_UCHASARA
FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf*, s. f.)

6. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA LA PROGRAMACIÓN

6.1 softwares digitales para proyectos de construcción actualmente

- ⇒ núcleo profesional (procore)
- ⇒ Autodesk BIM 360 (BIM)
- ⇒ Plan Cuadrícula (Revit)
- ⇒ alambre de campo (Fieldwire)
- ⇒ tendencias del constructor

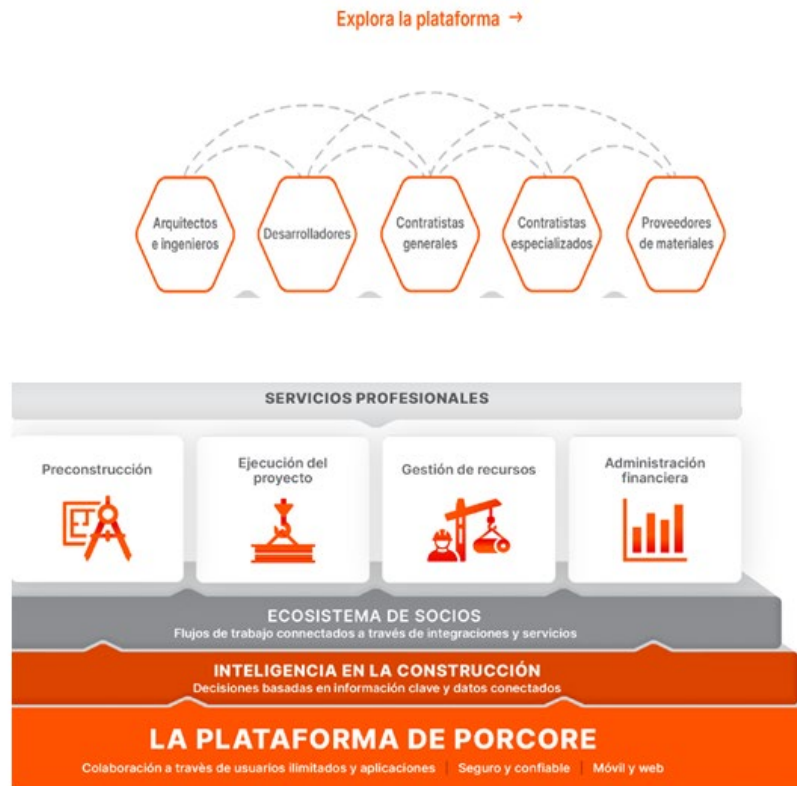
6.1.1 núcleo profesional (Procore)

Procore es uno de los programas de administración de proyectos de edificación más reconocidos y el favorito para la mayoría de los proyectos en la nube. La plataforma de Procore es sencilla de manejar y es el instrumento ideal para gestionar proyectos desde los primeros pasos de su planificación hasta su culminación. *(5 herramientas de software digital para proyectos de construcción exitosos, 2023)*

El software proporciona un acceso inmediato a los miembros y recursos del proyecto, tales como los principales dueños y contratistas, en un tablero central. Procore es ideal para contratistas que requieren herramientas a medida.

Procore unifica todos tus dispositivos, programas e información en una única plataforma, asegurando que todos los integrantes de tu proyecto dispongan de lo que requieren.

Ilustración 11 Esquema procore



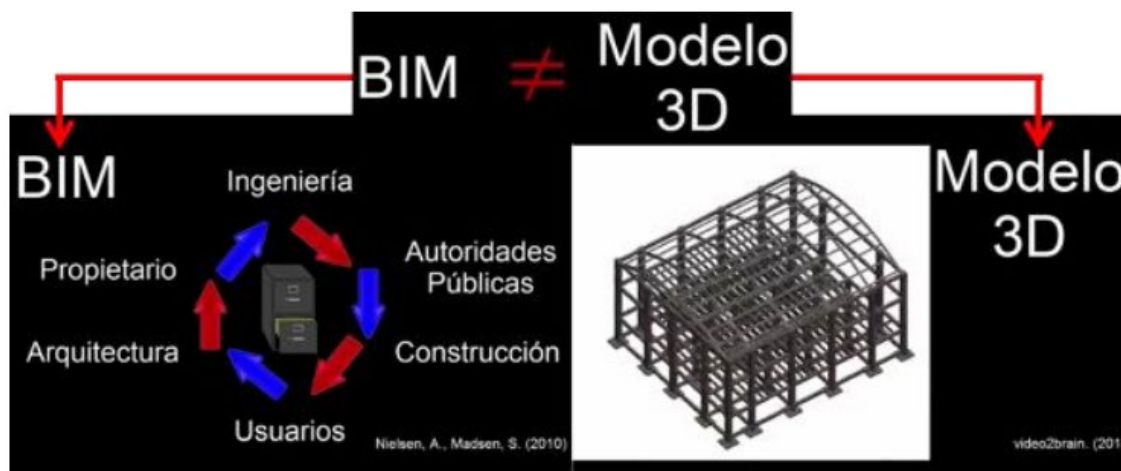
Fuente : (*procore*, 2024)

6.1.2 Autodesk BIM 360

BIM se refiere a la modelación de información de construcción (Building Information Modeling). Se trata de un proceso inteligente fundamentado en modelos tridimensionales que proporciona a los profesionales en los campos de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) la información y las herramientas necesarias para optimizar las etapas de planificación, diseño, construcción y gestión de edificaciones e infraestructuras. La

metodología BIM en el ámbito de la construcción se refiere a la implementación de modelos digitales tridimensionales a lo largo del proceso constructivo. (*What Is BIM in Construction?*, 2023)

Ilustración 12 BIM



Fuente: (Villamil & Salazar, 2015)

El Building Information Modeling, comúnmente conocido como BIM, ha sido empleado de manera extensa en los campos de la arquitectura y la ingeniería a lo largo de más de dos décadas. Sin embargo, es importante destacar que su aplicación en el ámbito de la construcción ha comenzado a cobrar fuerza y a incrementarse notablemente solo en los últimos cinco años. El software de colaboración basado en la metodología Building Information Modeling (BIM) ha evolucionado para hacer mucho más accesibles las ventajas que esta técnica ofrece en el ámbito de la construcción. Ahora, permite que todos los miembros del equipo del proyecto tengan acceso a los modelos de forma coordinada y organizada. Esto no solo acelera el proceso de revisiones, sino que también contribuye

significativamente a la detección y resolución de conflictos antes de que se conviertan en problemas mayores en el desarrollo del proyecto. (*What Is BIM in Construction?*, 2023)-

El uso de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el ámbito de la construcción facilita que los contratistas generales, subcontratistas y propietarios puedan comprender y interpretar de manera más efectiva la intención detrás de los planos bidimensionales, así como otros aspectos complementarios.

De los beneficios de BIM en la construcción incluyen:

- ⇒ Mejor colaboración y comunicación
- ⇒ Estimación de costos basada en modelos
- ⇒ Visualización de proyectos
- ⇒ Detección de conflictos
- ⇒ Costo reducido
- ⇒ Riesgo mitigado
- ⇒ Programación mejorada
- ⇒ Aumento de la productividad
- ⇒ Prefabricados más fáciles y precisos
- ⇒ Sitios más seguros
- ⇒ Entregas más fluidas

BIM 360 integra datos de modelado de información de construcción (BIM) y modelos tridimensionales dentro de los procesos de gestión de proyectos de construcción, asegurando que todos los participantes dispongan de las versiones más recientes de los planos y actualizaciones. Esta plataforma facilita el intercambio de información y la

notificación oportuna a las partes pertinentes en caso de que se identifiquen conflictos, problemas o se lleven a cabo órdenes de cambio.

En el campo, los trabajadores utilizan dispositivos móviles para acceder a modelos 3D mientras trabajan. Esto les permite visualizar el producto terminado mientras están de pie en su ubicación final y ver cómo interactúa con las condiciones actuales. También les permite a los trabajadores profundizar para visualizar detalles en contexto, de modo que puedan ver cómo se debe colocar una tubería para dejar espacio para otros componentes.

Ilustración 13 Modelo 360



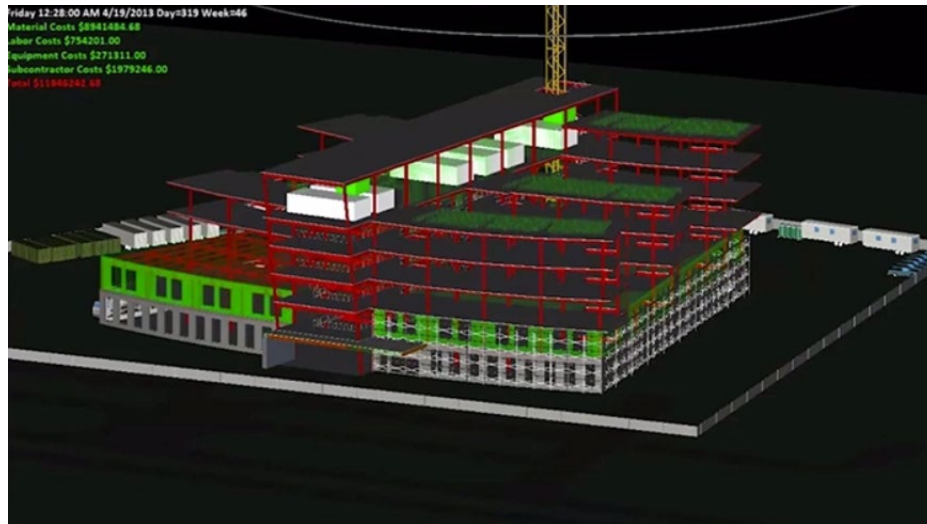
Si bien BIM suele asociarse con modelos 3D, muchas empresas ahora utilizan modelos 4D, 5D y 6D para gestionar datos importantes que impactan el cronograma y el presupuesto.

4D muestra cómo se desarrollará el proyecto de forma secuencial, incluida información como los plazos de entrega y cuánto tiempo se espera que duren las

instalaciones. Esto ayuda a detectar problemas de programación con anticipación y a mejorar la previsibilidad y el rendimiento del cronograma.

5D muestra cómo los costos afectan el proyecto a lo largo del tiempo. Esto ayuda a los equipos a diseñar y presupuestar, así como a administrar los costos a lo largo del tiempo durante el proyecto.

Ilustración 14 Diseño BIM 360



6.1.3 Plan Cuadrícula

Como bien se conoce en el mundo de la construcción para toda obra exitosa va de la mano de una buena planificación y control. Que mejor que aprovechar las nuevas novedades que nos trae el mundo moderno de hoy en día, como lo son Las cuadrículas, que son una división del espacio en elementos más pequeños, sirven como referencia para ubicar elementos constructivos y definir las secuencias de trabajo. Entre ellas encontramos diferentes softwares que busca un mejor rendimiento, como lo son algunas, Revit, Bentley

ProjectWise, y entre otras, en este caso vamos a recopilar sobre Revit siendo esta una de las novedades de este tiempo.

6.1.3.1 Revit

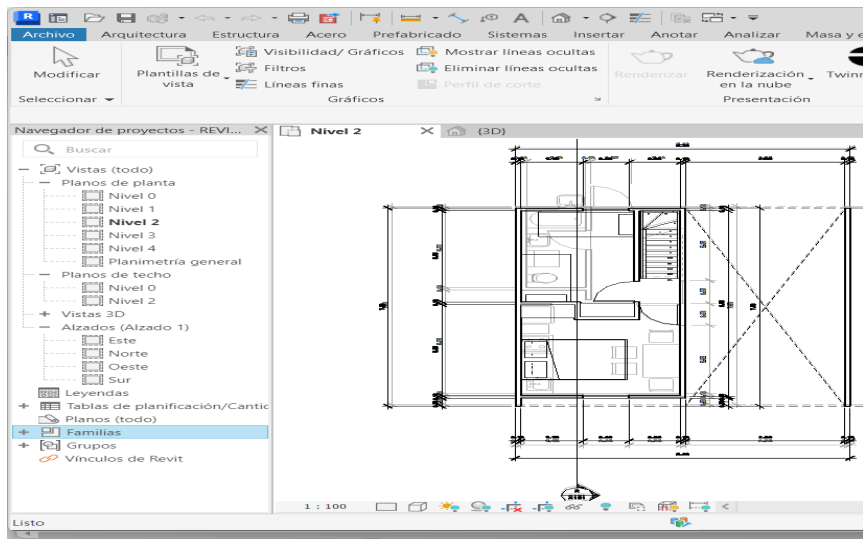
Con base a que BIM es la metodología detrás del programa Revit que sigue actualmente siendo una gran novedad en pequeñas constructoras como grandes, pero la gran pregunta que nos hacemos que es en realidad Revit en el campo.

Según (*Revit de Autodesk, 2021*) permite realizar trabajos de diseño previo, modelado paramétrico y planificación mediante tablas.

Está basado en objetos inteligentes en 3 dimensiones; de manera que, gracias a su potente motor de cambios paramétricos, cualquier cambio en una vista se coordina automáticamente y se traslada al resto de representaciones del modelo.

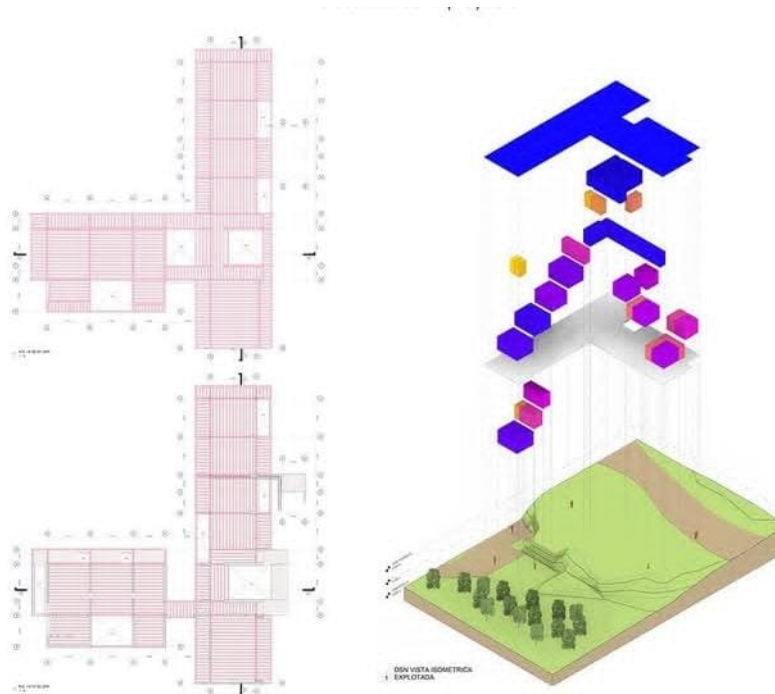
Lo que quiere decir es con Revit, no solo dibujas, sino que construye virtualmente en 3D, basando en las condicionales que lo maneje, ejemplo elementos como muros, ventanas, puertas, donde se conocen como el grupo de familias .

Ilustración 15 Esquema de un grupo de familias en Revit.



Fuente : propia

Ilustración 16 Esquema de un ejemplo de planimetría Revit



Fuente: GRID STUDIO

6.1.3.2 Bentley ProjectWise

ProjectWise, utilizando tecnología de iTwin, ofrece una base firme para impulsar a WSP hacia la implementación digital. El progreso de ProjectWise hacia flujos de trabajo enfocados en datos que facilitan la realización de validaciones civiles sofisticadas está asistiendo a WSP en la obtención de más negocios y la entrega de proyectos de mayor calidad. **Thomas Coleman, WSP**

Ilustración 17 Funciones de Projectwise

Funciones del software ProjectWise	Gestione	Ingeniero	Valide
Documentos: Almacene documentos con control de versión, atribución y registros de auditoría, imprima/plotee archivos CAD y documentos	☑	☑	☑
Visualización: Participe en flujos de trabajo híbridos (documento/BIM/gemelo digital), visualice documentos, paneles e iTwins, revise/apruebe problemas, revise y acceda a contenido de PW Design Integration	☑	☑	☑
Correspondencia: Entregables, gestión de transmisiones, solicitudes de información y correspondencia general	☑	☑	☑
Integración de diseño: servicios de integración de aplicación de diseño conectada a CAD, WIP de ingeniería impulsado por reglas empresariales, escritorio de ingeniería PW	—	☑	☑
Diseño de gemelo digital: Cree problemas con marcas de PDF o 3D, inicie flujos de trabajo basados en formularios, acceso al catálogo de centro de componentes	—	☑	☑
Validación de gemelo digital: Cree revisiones de diseño multidisciplinarias y federadas, comprobación de datos BIM, detección de incompatibilidades, comparación de versiones, visualización de datos y herramientas civiles avanzadas	—	—	☑
Perspectivas: Comprenda la información del proyecto y el portafolio, paneles de autor	—	—	☑

Fuente :(Heather, 2022)

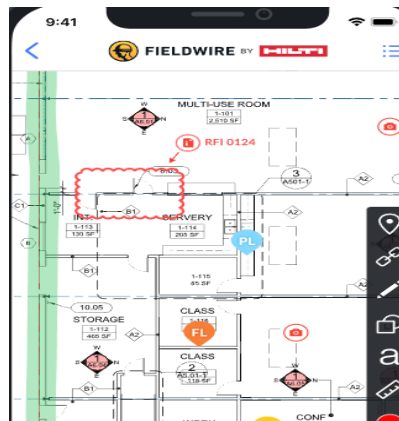
Es una plataforma colaborativa que permite gestionar la información de los proyectos de construcción.

6.1.4 Alambre de campo (Fieldwire)

Fieldwire es una de las mejores soluciones de administración de campo para la coordinación en el terreno. Las actividades se organizan por proyecto o convenio para que los ingenieros, supervisores y contratistas puedan monitorear las cargas laborales y perfeccionar los horarios con un máximo de dos o tres semanas de antelación.

Las características destacadas de Fieldwire abarcan la gestión de planes, instrumentos de colaboración, gestión de contratistas, gestión de despacho y documentos, reportes de incidentes, monitorización de problemas, mensajería instantánea y uso compartido sencillo de documentos y fotografías.

Ilustración 18 Esquema de FIELDWIRE



Fuente: (Software para la construcción y gestión de proyectos | Fieldwire by Hilti, s. f.)

6.1.5 Aplicación de bim 4d con autodesk navisworks manage + microsoft excel

Navisworks Manage es una aplicación de software desarrollada por Autodesk que se utiliza ampliamente en las industrias de la construcción y la arquitectura para la coordinación, simulación y análisis 3D de proyectos de construcción e infraestructura. (Camacho, 2023)

Excel se utiliza en el contexto de Modelado de Información de la Construcción (BIM) de varias maneras. Aunque Excel no es una aplicación de modelado BIM en sí misma, es una herramienta ampliamente utilizada para realizar tareas de administración, análisis de datos y gestión de información en proyectos de construcción BIM.

La integración de Navisworks y Excel para la gestión de problemas y conflictos te permite centralizar y rastrear eficazmente los desafíos que surgen durante un proyecto de construcción. Esto ayuda a garantizar que los problemas se aborden de manera oportuna, se resuelvan de manera eficiente y se mantenga una comunicación transparente entre los miembros del equipo.

7.COMPARACIÓN DE TECNICAS DE PROGRAMACIÓN DE OBRAS

La compilación de esta monografía me permite explorar las técnicas vigentes y contemporáneas en la elaboración de proyectos civiles, basándome en criterios, amplitud, recursos, herramientas y progreso.

Ilustración 19 Comparación de programación de obras

METODOLOGÍAS	ALCANCE	RECURSOS	HERRAMIENTAS	EVOLUCIÓN
PERT	Todo tipo de proyectos en especial para proyectos nuevos o aquellos en los que desee eliminar rutinas de trabajo	Listado de todas las actividades y una estimación de tiempo por cada una de ellas, con grafico de nudos	Microsoft Project, EDRAW MAX, etc	Es mejor aplicable debido a la evolución de los software
Ruta crítica	Aplicable a todo tipo de proyectos, sobre todo es utilizado en la construcción	Listado de todas las actividades y una estimación de tiempo por cada una de ellas, con diagrama de redes	Microsoft Project y Excel	Es un metodo muy utilizado, pero tambien es muy antiguo
LBMS	Proyectos con varios sectores y/o operaciones repetitivas como construcción de carreteras, desarrollos habitacionales, puentes, entre otros.	Diagrama lógico de actividades, horas hombre, buffers, rendimientos, cuadrillas	Excel, VICO Office y TILOS	Es aplicable en la actualidad pero no ha evolucionado mucho tecnológicamente.
CCPM	Aplicable a todo tipo de proyectos donde se requiera la planificación y programación de actividades	Listado de todas las actividades y la identificación de la ruta crítica	Microsoft Project y Excel	Es un metodo utilizado recientemente y es aplicable a la gestion de proyectos
Técnicas de compresión de cronograma: Fast Tracking y Crashing	Proyectos en los que se necesita disminuir el plazo para ser finalizados.	Actividades de la ruta crítica, duración de actividades, holgura de actividades fuera de la RC, recursos externos y costos	Microsoft Project	Muy utilizado en la actualidad
Curva de producción acumulada	Aplicable para proyectos que cuenten con el uso de otra metodologia y cuenten con un diagrama de barras	Cronograma vigente, tiempo y producción realizada	Excel	Actualmente utilizado, mas no hubo un cambio en la tecnologia a emplear
Diagramación de Precedencias	Se usa en la planificación, implementación y monitoreo de proyectos, particularmente de proyectos a gran escala	Se debe identificar las actividades individuales de un proyecto y conocer cuales de estas se realizan conjuntamente	Microsoft Project y Excel	Es muy utilizado actualmente debido a la sencillez en la elaboración del diagrama
Método de Roy	Todo tipo de proyectos: construcción, industrial, softwares, etc.	Listado de todas las actividades y una estimación de tiempo por cada una de ellas. Conocimiento de las secuencias de actividades	MS Visio, Lucidchart, notas adhesivas, etc	Su aplicación es mejor en proyectos con actividades interrelacionadas: construcción

Fuente:(ALVA SANDOVAL_CALLE HUAMAN_DE LA CRUZ SALOM_VASQUEZ QUISPE_UCHASARA

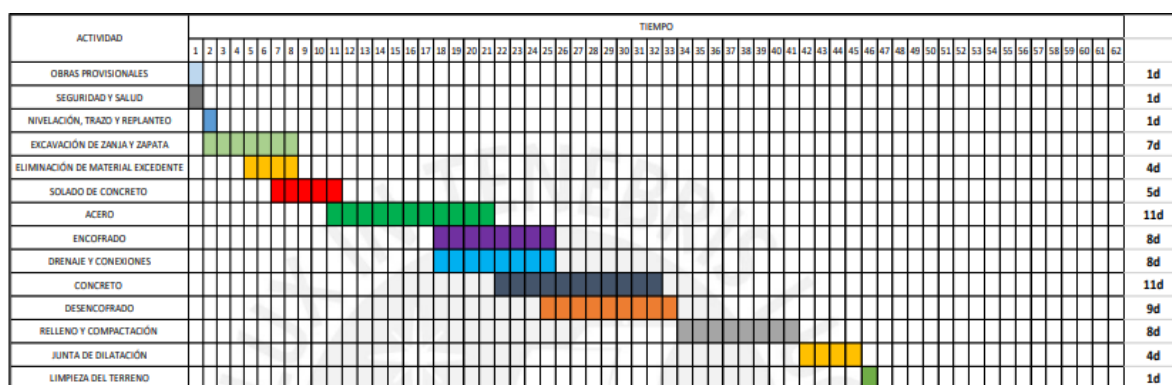
FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf, s. f.)

Crashing

Se disminuyen los tiempos de las partidas al incrementar los recursos, como áreas de trabajo, maquinaria, trabajadores, horas extra y premios económicos a los participantes.

empleados. A continuación, se presenta una de las alternativas de la aplicación para el desbloqueo.

Ilustración 20 Programación comprimida por Crashing



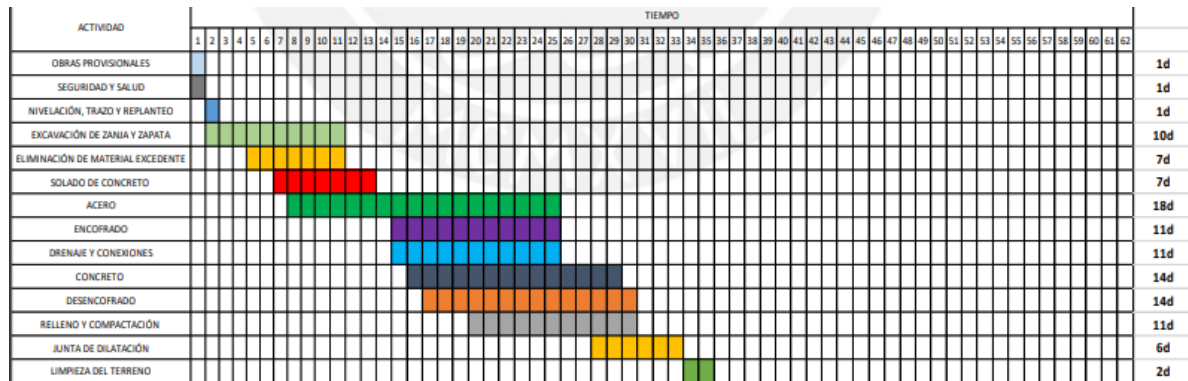
Fuente: Tomado de la tesis de (ALVA SANDOVAL_CALLE HUAMAN_DE LA CRUZ SALOM_VASQUEZ QUISPE_UCHASARA

FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf, s. f.)

Fast Tracking

Para el desarrollo del seguimiento rápido, las actividades se mueven hacia la izquierda con el objetivo de encontrar una programación apropiada para llevar a cabo trabajos simultáneos sin descuidar la programación. etapa de construcción. En otras palabras, la programación renovada debe estar en sintonía con el proyecto.

Ilustración 21 Programación comprimida por Fast Tracking



Fuente: Tomado de la tesis de (ALVA SANDOVAL_CALLE HUAMAN_DE LA CRUZ SALOM_VASQUEZ QUISPE_UCHASARA

FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf, s. f.)

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS METODOS (TECNICAS)

Las técnicas de programación de obras civiles ha emergido en la ingeniería civil, transformando la forma en que se recopilan y utilizan los datos como (la programación, planificación y control) de los proyectos de infraestructura. Comparando diferentes métodos y estudios presentados en el documento, se pueden identificar tendencias y beneficios significativos como el rendimiento del tiempo y buscando siempre el éxito, partiendo desde el primer método como lo es el Diagrama de Gantt donde prácticamente es una Representación gráfica de las actividades a lo largo del tiempo que se busca en la culminación del proyecto ,una de las ventajas es que es muy simple de entender, pero dificulta a la vez visualizar relaciones complejas entre actividades , el método del camino critico Identifica la secuencia de actividades que determina la duración total del proyecto. Pero a la vez requiere una estimación precisa de los tiempos de las actividades , aunque el pert es similar al CPM , difiere en que este considera la incertidumbre en las duraciones de las actividades , es excelente para megaproyectos con alta incertidumbre , pero con una complejidad en los cálculos , línea de balance representa la producción acumulada en el tiempo , útil para proyectos con recursos limitados , pero con un grado de dificultad para aplicar en proyectos de gran escala , por ultimo nos encontramos con lo mas novedoso actualmente con la metodología que integra y acapara todo en estos tiempos BIM (Building Information Modeling) + IA, Modelos 3D detallados que permiten simular la construcción y optimizar la programación, una de las grandes ventajas es que nos da una mayor precisión , detención temprana de incertidumbres y optimización de recursos .

de acuerdo ala investigación recopilativa que se obtuvo, la elección mas optima actualmente es la metodologia BIM bien sabiendo que integra todas las técnicas , tanto que se esta incursionado con la inteligencia artificial , como hito el Excel también esta integrado a esta metodología.

CONCLUSIONES

Las técnicas de programación existen desde la antigüedad llegan hacer tan básicas a complejas que han revolucionado la forma de ver los rendimientos de obras óptimos más acertados . Las cuales poseen unas características que las hacen únicas, como son: fast tracking y crashing.

Las herramientas de programación laboral son indispensables para garantizar el triunfo de cualquier inversión de edificación. Estas técnicas, al facilitar una organización meticulosa, una coordinación eficaz y un control estricto, ayudan a incrementar la productividad, disminuir gastos y elevar la calidad del trabajo.

La automatización y el avance tecnológico están revolucionando el sector de la edificación. Las tendencias actuales como la robótica, la impresión en 3D y la inteligencia artificial están incrementando la eficiencia, la seguridad y la calidad de los trabajos en el sector de la construcción. Las ventajas de la automatización en el sector de la construcción son notables y están conduciendo a un incremento en la productividad y disminución de gastos.

BIBLIOGRAFIA

1. *1 Metodo de Roy | PDF | Teoría de grafos | Vértice (teoría de grafos)*. (s. f.).
Recuperado 26 de noviembre de 2024, de
<https://es.scribd.com/document/413317232/245937381-1-Metodo-de-Roy>
2. *5 herramientas de software digital para proyectos de construcción exitosos*.
(2023, febrero 27). <https://industrysurfer.com/blog-industrial/construccion/5-herramientas-de-software-digital-para-proyectos-de-construccion-exitosos/>
3. *ALVA SANDOVAL_CALLE HUAMAN_DE LA CRUZ SALOM_VASQUEZ
QUISPE_UCHASARA
FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf*. (s. f.).
Recuperado 26 de noviembre de 2024, de
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18326/ALVA%20SANDOVAL_CALLE%20HUAMAN_DE%20LA%20CRUZ%20SALOM_VASQUEZ%20QUISPE_UCHASARA%20FLORES_COMPARACION_CONCEPTUAL_ESTANDARES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Asana. (s. f.). *Introducción al mundo de las soluciones de gestión de proyectos [2024]*. Asana. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de
<https://asana.com/es/resources/best-project-management-software>
5. *Automatización en la construcción: Cómo la tecnología transforma el futuro del sector*. (2023, abril 21). <https://mcad.co/automatizacion-construccion-tecnologia-transforma-futuro-sector/>

6. Camacho, M. M. (2023). CASO DE ESTUDIO: APLICACIÓN DE BIM 4D CON AUTODESK NAVISWORKS MANAGE + MICROSOFT EXCEL EN UNA PLANIFICACIÓN DE OBRA.: CASE STUDY: APPLICATION OF 4D BIM WITH AUTODESK NAVISWORKS MANAGE + MICROSOFT EXCEL IN ONE WORK PLANNING. *Journal Bim & Construction Management*, 5(5), Article 5. <https://journalbim.org/index.php/jb/article/view/42>
7. Castaño, L. E. A., Lopera, J. J. O., & Gómez, J. E. Q. (2009). *CONTROL DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO EN EDIFICACIONES CON AYUDA DE MICROSOFT PROJECT 2007*.
8. *Criterios de Diseño de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hidrico | Drupal*. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.ana.gob.pe/normatividad/criterios-de-diseno-de-obras-hidraulicas-para-la-formulacion-de-proyectos-0>
9. Datos, E. D. (2009, marzo 24). Sistemas de Software 2: Técnicas de Descomposición. *Sistemas de Software 2*. <https://larass2.blogspot.com/2009/03/tecnicas-de-descomposicion.html>
10. *Decreto 3820 de 2008—Gestor Normativo*. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=33208>
11. *Directiva Marco del Agua*. (s. f.). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado 19 de noviembre de 2024, de

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua.html>

12. Domínguez González, A. S. (2004). *MÉTODOS Y TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS*.

https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/dominguez_g_as/

13. Dueñas, C., & Sofia, R. (s. f.). *INFORME DE SIMILITUD*.

14. Fernández, M. A. R. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE MEDICIÓN Y CONTROL CON POWER BI EN OBRAS CIVILES*.

15. frederick s. hillier. (2024). *Gestión de Proyectos con PERT/CPM*.

https://highereducation.com/sites/6071512921/student_view0/capitulos_adicionales.html

16. Gonzales, R. (2024). *CPM PERT*.

https://www.academia.edu/8980556/CPM_PERT

17. Gonzalez, A. S. D. (2004, enero 9). *Programacion, Planeacion y control de una obra*. https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/dominguez_g_as/

18. Heather. (2022, noviembre 15). *ProjectWise | Bentley Systems | Empresa de software de ingeniería de infraestructura*. [https://es-](https://es-la.bentley.com/software/projectwise/)

[la.bentley.com/software/projectwise/](https://es-la.bentley.com/software/projectwise/)

19. Hernández, J. M. C. (2022, enero 18). *Redes de proyectos con PDM. Ingeniería Civil y Administrativa*. <https://ingenieriaconsultoria.com/redes-de-proyectos-con-pdm/>

20. Jacintha. (2023, febrero 9). Técnica de evaluación y revisión de programas (PERT)—Definición y explicación. *TechEdu*. <https://techlib.net/techedu/tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-programas-pert/>
21. *LEC PROD 0020 2014.pdf*. (s. f.). Recuperado 30 de noviembre de 2024, de <https://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/11506/920/LEC%20PROD%200020%202014.pdf?sequence=1>
22. *Ley 99 de 1993—Gestor Normativo—Función Pública*. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
23. *Manual De Programación Y Control De Programa De Obras Julio Sanchez* | Anon. (s. f.). uDocz. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de <https://www.udocz.com/apuntes/19563/manual-de-programaci-n-y-control-de-programa-de-obras---julio-sanchez-3>
24. Moya, D. A. P., & Diaz, J. E. (2015). *LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DENTRO DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE LA ADMINISTRACIÓN Y PROGRAMACIÓN (PROYECTO TORRES DE LA 26-BOGOTÁ)*.
25. Olmedo, J. (2023). *Planeación, programación y control de obras de construcción. Cuarta edición*.
26. Patiño O., L. M. (2010). Manual de Gestión de Proyectos. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 27(3), 1. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.4787>
27. *PERT - Técnica de evaluación y revisión de proyectos » Ingeniería*. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/pertecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>

28. *PLANIFICACION Y CONTROL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN*. (s. f.).

Recuperado 17 de junio de 2024, de

<https://www.elconstructorcivil.com/2013/05/planificacion-y-control-de-proyectos-de.html>

29. *Procore*. (2024). Procore. <https://www.procore.com/que-es-procore>

30. *Project 2080 Planificación y Control de Proyectos*. (2024).

<https://project2080.com/>

31. *RESOLUCION-907-2019.pdf*. (s. f.). Recuperado 19 de noviembre de 2024, de

<https://www.cra.gov.co/sites/default/files/marco-legal/2020-01/RESOLUCION-907-2019.pdf>

32. *Revit de Autodesk*. (2021, julio). NTI. [https://www.nti-](https://www.nti-group.com/es/blog/es/revit-que-es-novedades-autodesk/)

[group.com/es/blog/es/revit-que-es-novedades-autodesk/](https://www.nti-group.com/es/blog/es/revit-que-es-novedades-autodesk/)

33. Santoro, M. (2024, enero 19). Eficiencia en la obra: 6 estrategias para mejorarla.

BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/eficiencia-en-la-obra/>

34. *Servicio de normalización técnica | ICONTEC*. (s. f.). Recuperado 19 de

noviembre de 2024, de <https://www.icontec.org/normalizacion/>

35. *Software para la construcción y gestión de proyectos | Fieldwire by Hilti*. (s. f.).

Recuperado 11 de diciembre de 2024, de <https://www.fieldwire.com/es/>

36. Toro Noya, D. A. (2020). *Gestión de riesgos en proyectos de ingeniería civil*.

<http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36832>

37. Villamil, A., & Salazar, H. (2015). *DESARROLLO DE UN APLICATIVO WEB DIDÁCTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS BIM EN CLASES DE DISEÑO EN CONCRETO Y PROGRAMACIÓN DE OBRAS Y PRESUPUESTO*.
38. *What Is BIM in Construction?* (2023, julio 26).
<https://construction.autodesk.com/resources/autodesk-bim-360/what-is-bim-in-construction-everything-you-need-to-know/>
39. Yepes, V. (2022, julio 1). *Programación de obras – El blog de Victor Yepes*.
<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/programacion-de-obras/>