



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE
INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Víctor Manuel Rivera Esteban

Asesorado por el Ing. Jorge Luis Briones Tello

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE
INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VÍCTOR MANUEL RIVERA ESTEBAN
ASESORADO POR EL ING. JORGE LUIS BRIONES TELLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic Garcia
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Avila
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de febrero de 2012.


Víctor Manuel Rivera Esteban

Guatemala, Julio 2015

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Jefe del Departamento de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle que como asesor del estudiante: **Victor Manuel Rivera Esteban, Carne No. 2001-17478**, procedí a revisar el Trabajo de Graduación, cuyo título es: **PROGRAMACION, PLANIFICACION Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA.**

En virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitando darle el tramite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.



Ing. Jorge Luis Briones Tello
Colegiado No. 4312





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
06 de octubre de 2015

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Víctor Manuel Rivera Esteban, quien contó con la asesoría del Ing. Jorge Luis Briones Tello.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

Ing. Guillermo Francisco Melini Saiguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Luis Briones Tello y del Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Víctor Manuel Rivera Esteban, titulado **PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2015

/bbdeb.

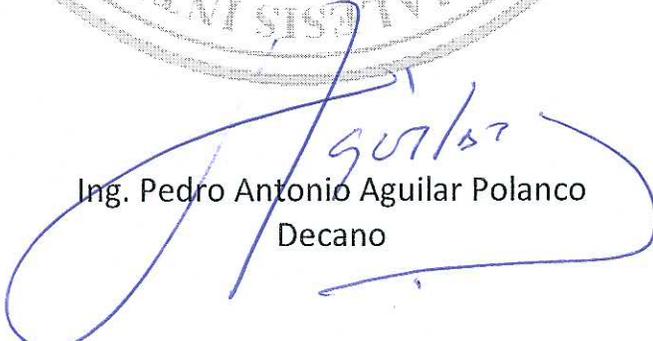
Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Víctor Manuel Rivera Esteban**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Emma Oralia Esteban Hernández y Víctor Antonio Rivera Tello, gracias por hacer de mí un hombre de bien.
Mi hermano	Carlos Alberto Rivera Esteban, por estar conmigo.
Mi esposa	Isis Daleth Rodriguez Guzmán de Rivera, por apoyarme siempre.
Mi hija	Arlyn Nicole, por ser un ángel en mi vida.
Mi familia	Por tener siempre su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme el deseo de estudiar y culminar esta carrera; voy a ejercer con los valores que encierra la ética profesional.
Facultad de Ingeniería	Con gratitud por la formación académica.
Banco Industrial	Por la oportunidad que me brindaron en cada momento para que este sueño se hiciera realidad.
Mis amigos	Por darme su apoyo y muestras de afecto.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	1
1.1. Antecedentes históricos de las técnicas de planeación.....	1
1.2. Definición de un proyecto de construcción	3
1.3. Necesidad de planear y controlar un proyecto	4
1.4. La administración de proyectos en la construcción	7
1.4.1. Planeación.....	8
1.4.2. Programación	8
1.4.3. Organización.....	9
1.4.4. Controles	9
1.5. Administrador de proyectos	10
1.6. Ingeniero residente	11
2. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	13
2.1. Por qué planificar un proyecto de construcción	13
2.2. Planificación estratégica	15
2.3. Planificación táctica	15
2.4. Planificación operativa.....	15
3. PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS Y TÉCNICAS DE LA PLANIFICACIÓN	17

3.1.	Definición de actividades.....	18
3.2.	Secuencia de actividades.....	18
3.3.	Duración de actividades	21
3.4.	Técnicas de programación	25
3.4.1.	Diagrama de barras o de Gantt.....	25
3.4.2.	Curvas de producción acumulada	26
3.4.3.	Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method)	27
3.4.3.1.	Diagrama de flechas	28
3.4.3.2.	Redes de precedencia	34
3.4.4.	Adelanto y demora de actividades	34
3.4.5.	Pert (Program Evaluation Review Technique).....	38
4.	CONTROLES PARA PROYECTO Y ANÁLISIS DE RECURSOS	41
4.1.	Asignación de mano de obra.....	41
4.2.	Asignación de volúmenes	42
4.3.	Control del proyecto	43
4.3.1.	Control de personal	43
4.3.2.	Control de planilla.....	44
4.3.3.	Control de pedidos de material.....	44
4.3.4.	Control de egreso de material en obra	45
4.3.5.	Planilla de pago de subcontratistas.....	46
4.3.6.	Control de caja chica.....	46
5.	ANÁLISIS DE LOS RECURSOS Y FLUJO DE EFECTIVO	47
5.1.	Costos de un proyecto	47
5.1.1.	Costos planeados para mano de obra	48
5.1.2.	Costos planeados para el equipo	48
5.1.3.	Pagos planeados por mano de obra	48
5.1.4.	Pagos planeados para el equipo	49
5.2.	Tasas de aprovechamiento de recursos	50

CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Curva de producción acumulada.....	27
2.	Dependencia directa	28
3.	Dependencia múltiple.....	29
4.	Dependencia compartida	29
5.	Tiempo próximo de inicio (TPI)	31
6.	Control general del personal	43
7.	Control de planilla.....	44
8.	Control de pedido de material	45
9.	Control de egreso de material en obra	45
10.	Pago de subcontratistas.....	46
11.	Control de caja chica.....	46

TABLAS

I.	Definición de actividades.....	18
II.	Secuencia de actividades.....	19
III.	Duración de actividades	22

GLOSARIO

Actividad	Conjunto de operaciones propias de un proyecto.
Cadena	Conjunto de eventos enlazados.
Diagrama	Dibujo geométrico que representa gráficamente las variaciones de un evento.
FT	Flotante total de la actividad en estudio
Método	Modo de hacer una proceso con orden bajo ciertos principios.
PERT	Program Evaluation Review Technique
Planificación	Establecer un plan con vistas al futuro.
Predecesora	Etapas que antecede en el tiempo.
Proyecto	Conjunto de documentos explicativos y planos, con indicaciones de costos, que se hace previamente a la construcción de una obra.
Tarea	Trabajo en un tiempo limitado.
Técnica	Conjunto de procedimientos propios de un proyecto.

TPI	Tiempo próximo de inicio de la actividad sucesora.
TPT	Tiempo próximo de terminación de la actividad que precede.
TRI	Tiempo remoto de inicio
TRT	Tiempo remoto de terminación

RESUMEN

El presente trabajo de graduación pretende establecer la importancia y las ventajas que tiene realizar una planeación, y sobre todo una programación a corto plazo de un proyecto de construcción. Esto se va lograr aplicando técnicas de planificación y programación, así también controles que ayude a optimizar uso de recursos humano y de maquinaria. Con base en esto se realizan dos análisis, uno de lo que hubiera sucedido de hacerse con planeación y otro de lo que realmente ocurrió y luego se realiza la comparación de los resultados.

Al hacer la comparación junto con lo desarrollado en los diferentes capítulos, se logra el objetivo de establecer la importancia de la planeación y programación a corto plazo, en un proyecto. Cuando se presenta el camino crítico o ruta crítica, es donde el profesional de ingeniería tiene que poner toda la atención posible a las actividades involucradas en este recorrido, para evitar que puedan ocasionarle atrasos en la ejecución total del proyecto, que al final represente impacto en los resultados económicos esperados.

El enfoque de la planificación y programación está orientada a presentarlas haciendo uso de los métodos más comunes, ambos analizan el comportamiento de las actividades en el tiempo y presentan resultados muy similares o parecidos.

OBJETIVOS

General

Brindar las herramientas de planificación, programación y control necesarias en la realización de obras de infraestructura civil.

Específicos

1. Disminuir los tiempos de holgura del recurso humano y maquinaria.
2. Reducir el nivel de riesgo económico en la ejecución de obras de infraestructura.
3. Optimizar los recursos materiales y humanos del contratista y ejecutor.

INTRODUCCIÓN

La construcción es una industria altamente sensible a la situación financiera del país. Es importante mencionar que una crisis económica golpea directa o indirectamente a los sectores del ramo de la construcción. En situaciones económicas existe una alta competitividad en el mercado, además que los recursos económicos generalmente son limitados, sobre todo si se trata de la inversión gubernamental. Es por esto que se requiere de un máximo aprovechamiento de los recursos a manera de obtener la mayor utilidad posible de cada proyecto.

Guatemala está situado en una zona geográfica de alto riesgo, ya sea por efectos sísmicos o de precipitaciones pluviales prolongadas, las cuales saturan el suelo y por ende deteriora con facilidad las obras de infraestructura. Por lo expuesto es conveniente e indispensable, realizar planificaciones que velen para que se cumplan las fases de operación.

A partir de 1950, la industrialización ha venido desarrollando grandes procesos. El hombre se traslada de un trabajo artesanal a la automatización en un intervalo de tiempo bastante corto, nuevas técnicas de planificación y control tuvieron un rápido desenvolvimiento. Actualmente, la invención de una herramienta enriquece menos, a una nación, que el invento de un método de organización que permita la forma eficiente de utilizar esa herramienta.

Una de las más útiles es la que se conoce como técnica del camino crítico. Esta técnica, indiscutible como instrumento de dirección, ha sido empleada en una gama enorme de proyectos de construcción. Se ha comprobado que su

empleo adecuado reduce la duración y el costo de los proyectos en un 20 %. En virtud, se vuelve imperativo que el ingeniero tenga la responsabilidad de elaboración y control de programas y puedan apreciar las posibilidades ofrecidas por la técnica del camino crítico.

Microsoft Project es una poderosa aplicación de gestión de proyectos. Puede usarse para planificar y programar información de proyectos para su gestión. También para presentar información de proyectos a los demás, pues, permite dar seguimiento constante al proyecto en gestión.

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes históricos de las técnicas de planeación

En 1956 Morgan Walter de la compañía Du Pont, y James E. Nelly del grupo de planeación de la construcción interna de Rémington Rand, crearon una nueva técnica de planeación y calendarización de la construcción. La finalidad era mejorar la utilidad de la computadora Univac, de esta manera se creó un método racional, secuencial y simple, que podía ser interpretado por una computadora.

Esta técnica fue llamada primero el Método de Walter-Kelly, y posteriormente se le llamó el Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method). En 1957 la oficina de artillería de la marina de los Estados Unidos desarrolló el programa Polaris, el cual consistió en 60, 000 operaciones y 3, 800 contratistas. Para coordinar e integrar este programa se desarrolló una técnica llamada Program Evaluation Review Technique (Pert). Tanto la Ruta Crítica como el PERT han sido ampliamente usados en la industria de la construcción y se ha extendido a casi todo el mundo.

Se ha continuado con investigaciones en búsqueda de mejores métodos o técnicas de planeación. Se tiene como resultado ciertos sistemas de control de recursos, o creación de modelos para analizar el funcionamiento de un proceso constructivo. Sin embargo, la base sigue siendo la Ruta Crítica y el Pert complementados con dichos sistemas y modelos.

Existen proyectos de tal complejidad que no basta con que el ingeniero responsable de la obra tenga en su mente todos los procesos constructivos necesarios para la realización del mismo. Es necesario plasmarlo sobre papel, y aplicar ciertas técnicas para llevar a cabo una planeación adecuada, así como para comunicarse con las demás partes involucradas en el proyecto. Ante esta necesidad surge la aplicación del diagrama de barras, el cual es una herramienta muy simple, pero que permite administrar la obra y llevar un control sobre la misma.

Esta herramienta solo registra aspectos generales del proyecto, debido a que resulta impráctico el registro de cada una de las actividades específicas en el diagrama de barras. Se agrupan diversas actividades en otras más generales que engloban procedimientos completos, estas actividades generales son las que se grafican en dicho diagrama.

Los primeros diagramas de barras no establecían una relación entre actividades, e incluso se basaba en una simple secuencia escalonada, no dejaba claro qué actividades podían traslaparse. Posteriormente estos diagramas se modificaron permitiendo el traslape de actividades, y señalando una relación entre una actividad y otra, lo que permitía un mejor control de las diversas actividades en proceso. Esto también le permitía al ingeniero optimizar procesos constructivos o resolver problemas de manera más rápida.

De cualquier forma no es suficiente esta herramienta para establecer interrelaciones adecuadas entre una actividad y otra. No es tan fácil optimizar procesos constructivos, y lo más importante es que permite conocer si las actividades son las más importantes o las más críticas del proyecto.

Es por esas limitaciones que en la investigación de técnicas y métodos de construcción continua diversos ingenieros desarrollan, de acuerdo a su propio criterio, la programación lineal, simulaciones, diagramas de tiempo y espacio, el método de la línea de balance.

1.2. Definición de un proyecto de construcción

Es una infraestructura necesaria para satisfacer una necesidad pública o privada que necesita ser creada. Este proyecto consta de diferentes etapas de desarrollo. En la primera instancia se tiene el estudio preliminar, para delimitar la necesidad existente, y la factibilidad del mismo. Posteriormente se procede a elaborar un diseño preliminar, con el cual se puede saber, de manera más clara, el costo de la obra. Para finalizar, el proyecto terminado se integra de planos así como una descripción por escrito de las especificaciones técnicas generales y especiales todo esto junto con un programa detallado de la obra.

Los proyectos de cualquier magnitud se integran de la misma manera, desde una pequeña obra hasta una megaobra. De igual forma todos los proyectos de construcción se pueden y deben planear aplicando las técnicas de planeación más comunes como lo son la Ruta Crítica, el diagrama de barras, el diagrama de tiempo y espacio, el Pert y la línea de balance. Dependiendo del tipo y tamaño del proyecto será la conveniencia de utilizar una u otra técnica o varias de estas.

Para administrar un proyecto es necesario saber la tipología y el tamaño del mismo. Sino se tiene idea clara del tamaño real del proyecto, no es posible elaborar un presupuesto acertado, ni mucho menos una calendarización del mismo. Normalmente esta delimitación de alcance o tamaño es elaborado por

los diseñadores, quienes realizan un presupuesto preliminar base para el cliente.

Son las empresas constructoras y específicamente los administradores de obras, quienes elaboran una calendarización y planeación precisa del proyecto, con base en los planos y especificaciones elaborados por los diseñadores. En muchos de los casos, el tipo de proyecto dictaminará el método de planeación a usarse, así como su nivel de detalles.

1.3. Necesidad de planear y controlar un proyecto

Un proyecto de construcción involucra el uso de diferentes materiales, según el tipo de recursos humanos, con variación de especialidades y de equipo principalmente. Por ello, es necesario contar con un plan de la obra para establecer una buena comunicación con los diversos recursos humanos, debido a que cada quien tiene diversas perspectivas y formas de pensar en relación al mismo proyecto. También las formas de hacer las cosas y se necesita contar con herramientas que logren transmitir efectivamente lo que se pretende hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo y sobre todo la necesidad de terminarlo, dentro de un tiempo establecido, en la documentación correspondiente.

Es decir, cada quien planea a su estilo y según la magnitud del proyecto. En ciertos proyectos de construcción se requieren materiales poco comerciales, los cuales deben ser pedidos con anticipación e incluso puede ser que algunos necesiten someterse a pruebas de calidad antes de ser utilizados.

Esto se aplica para materiales, piezas estructurales, piezas de concreto, vigas de acero, tuberías, cables, especificaciones para la instalación de algún equipo especial, entre otras. Estas deben ser pedidas con anticipación y

someterse a ciertas pruebas, para considerar según sus requerimientos al momento de la ejecución.

Muchas veces tanto los materiales como las piezas estructurales deben ser transportados desde el banco de extracción o lugar de fabricación, según sea el caso. Se debe contemplar, por lo tanto, el tiempo de traslado y las posibles demoras.

Si no se cuenta con una adecuada planeación de la obra, puede haber retrasos en la llegada del material, de las piezas prefabricadas, teniendo material almacenado por mucho tiempo de forma innecesaria. Esto último implica un aumento en los costos, debido a que si el material no está bien almacenado o está a la intemperie pierde sus propiedades físicas. En el caso de los materiales de agregados finos pueden haber pérdidas que ocasionan gastos de recursos no necesarios, afectando el flujo de efectivo del proyecto, de igual forma sucede en la mano de obra calificada.

Conforme pasa el tiempo, los costos de mano de obra, y los precios de los materiales y equipo se elevan. En la mayoría de las veces, la ganancia en una obra consiste en el máximo aprovechamiento de los recursos con la finalidad de minimizar costos. Con una buena planeación de la obra se logra determinar, en primera instancia, el equipo más adecuado en cuanto a operación y costo.

De la misma forma se mejoran los procesos constructivos, que combinado con el equipo y la herramienta adecuadas, minimizan la cantidad de la mano de obra a utilizarse. Esto se trata de contratar mano de obra necesaria para cada etapa del proyecto, de tal manera que se eviten tiempos de holgura o que se subutilice mano de obra especializada. Incremente los costos en trabajos de una complejidad relativamente menor.

En los proyectos de gran magnitud, como edificios corporativos, carreteras de primer orden o proyectos de inversiones grandes, se requiere de financiamiento externo. Para conseguir este financiamiento las instituciones financieras piden no solo especificaciones técnicas sino también calendarización de la obra. Además de las estimaciones confiables para hacer un análisis de la viabilidad del proyecto y otorgar o denegar el crédito solicitado.

Hacer una buena planeación permite prever ciertos sucesos desfavorables como lo son los fenómenos naturales que están fuera del control del contratista. Es necesario conocer la situación climática del lugar para planear y organizar la obra. De esta manera, la lluvia u otros eventos climáticos no interrumpen la construcción, si se cuenta con una planeación adecuada de la obra. También se pueden hacer correcciones por los diferentes imprevistos que pueden presentarse, por condiciones del terreno, diferentes a las reportadas por los estudios de suelo, puede que algún trabajador abandone repentinamente la obra o que exista cualquier otro tipo de situación que afecte o interrumpa el avance de ella.

La planeación en la obra debe ser continua, procurando resolver los problemas ocasionados por situaciones imprevistas. Así como mejorar u optimizar cada etapa del proyecto conforme se va avanzando en su realización, una buena planeación, ayuda a identificar riesgos potenciales.

Existen razones que implican la necesidad de planear un proyecto. A continuación se resumen las razones más importantes a considerar, que hacen necesaria una planeación efectiva:

- Tener una comunicación efectiva entre las diferentes partes que estén involucradas en la ejecución del proyecto.

- Someter a pruebas de laboratorio los materiales y las piezas prefabricadas con la anticipación adecuada, denominado con la administración de la calidad.
- Tener un control aceptable sobre el proyecto tanto en tiempo, costo y recursos.
- Optimizar recursos de mano de obra, materiales y de equipo.

1.4. La administración de proyectos en la construcción

Consiste en administrar en forma efectiva, tiempo, personas, materiales, dinero y equipo, así como elaborar una calendarización completa para finalizar el proyecto en tiempo y costo, aunado a lo anterior, establecer un método para el control del proyecto.

El trabajo del administrador general es gerenciar la construcción que implica, en primera instancia la administración del recurso humano. Una de sus funciones primordiales es coordinar a las diferentes partes involucradas en el proyecto, así como delegar responsabilidades a las mismas. El administrador general no se involucra con actividades detalladas, por el contrario, se enfoca en los objetivos generales del proyecto que se pretenden alcanzar.

Debe tratarse de una persona con la capacidad de resolver los problemas que surjan durante el desarrollo de la obra. Debe ser un líder que guíe en forma efectiva a todos los trabajadores a su cargo, y que cuente con una actitud positiva y proactiva. El administrador debe elaborar principalmente un plan en el cual basarse para organizar y optimizar el proyecto, el nivel de planeación dependerá de los distintos niveles de administración que se trate. En este caso,

el administrador general está encargado de la planeación a largo plazo y a un nivel gerencial.

En general la administración de proyectos consiste en cuatro funciones básicas:

- Planeación
- Programación
- Organización
- Control

1.4.1. Planeación

Consiste en elaborar una especie de estrategia general para la realización del proyecto. Se construye con base en actividades generales de la obra, con la finalidad de estimar los tiempos de realización de cada una, así como las posibles limitaciones o imprevistos que pudieran surgir. Este plan servirá de guía para el desarrollo general del proyecto. En ciertas circunstancias se recomienda planear lo planeado. Existen tres tipos de planeación en función de sus objetivos: a largo, mediano y corto plazo.

1.4.2. Programación

Es la elaboración de un plan más detallado, en el que se integran las diferentes actividades específicas del proyecto. Estas actividades se ordenan de manera sistemática, y se le asigna una duración y una fecha de inicio y terminación. También se establecen relaciones entre las diferentes actividades, y las posibles restricciones existentes entre unas y otras.

1.4.3. Organización

Basado en la programación, se trata de organizar todos los recursos requeridos para cada proceso o actividad. Estos recursos pueden ser materiales, herramientas, mano de obra o equipo. Consiste también en la selección de personal adecuado para la realización de trabajos específicos, así como la asignación de labores a los diferentes trabajadores, de acuerdo a los requerimientos de la programación de obra.

1.4.4. Controles

Es una de las etapas más difíciles de la administración de proyectos. Consiste en elaborar un sistema de control que le permita al administrador medir, reportar, y prevenir posibles variaciones en el tiempo o costo de la obra. Debido a esto, se dice que el control y planeación van de la mano.

La planeación es un proceso continuo, debido a que conforme se mantiene el control de la obra, es probable que se requiera de modificaciones en la programación. Esto para cumplir con lo establecido en el plan general, estando al tanto de la situación de la obra, sus avances y posibles anomalías, para resolver los problemas y desviaciones a tiempo.

La administración de proyectos en la construcción varía dependiendo de la persona encargada de realizar dicha acción. Si se trata del cliente, este realizará una planeación general, cuya escala de tiempo sea en meses o semanas. Esto le permitirá estimar el costo total de la obra, así como los diferentes flujos de efectivo que se requieran. Por otro lado, los encargados del diseño del proyecto se preocupan por planear el proceso de diseño.

Necesitan establecer la secuencia de actividades a realizar, como investigaciones, estudios del terreno, cálculos, elaboración de planos, aprobación de los mismos, preparación de documentos de especificaciones técnicas y de instalaciones, entre otras. Las actividades deben ser planeadas para evitar pérdida de tiempo o retrasos, así como posibles omisiones. En última instancia está el contratista, quien elabora una planeación detallada, donde normalmente la escala de tiempo utilizada sea diaria. Esta puede ser mayor o menor según se requiera, para organizar sus recursos, y controlar en forma efectiva todo el desarrollo de la obra.

1.5. Administrador de proyectos

Es aquel que trabaja para el cliente o dueño del proyecto a realizarse. Este administrador puede ser un empleado directo del mismo cliente, consultor externo o cualquier persona experta contratada específicamente para eso. Se encargará de coordinar el desarrollo completo del mismo desde sus estudios preliminares, hasta su construcción. Él funge principalmente como el representante del dueño y trabaja en forma conjunta con los diseñadores y con los administradores de la construcción. Su responsabilidad, no solo se enfoca a la etapa constructiva, sino que requiere de un enfoque multidisciplinario en toda la realización del proyecto.

Estudios de factibilidad, diseño preliminar, diseño final, presupuestos, contratación de quien realice la obra, compra de terreno, en caso de ser necesario. Además de permisos, licencias y estudio de impacto ambiental son algunas de las múltiples responsabilidades del administrador de proyectos. Debe poseer un alto conocimiento sobre el marco legal en la construcción.

Él es el principal responsable de que el proyecto sea completado en el tiempo y el costo estimados. Por lo tanto, está involucrado de forma importante en la etapa constructiva, aplicando efectivos mecanismos de control. Esto para garantizar un buen desarrollo de la obra y evitar retrasos o sobrecostos, o bien la suspensión del proyecto.

1.6. Ingeniero residente

Es el encargado únicamente de la etapa constructiva del proyecto. Él ya cuenta con las licencias y permisos, y se basa en el diseño ya elaborado previamente para llevar a cabo la construcción o infraestructura de que se trate. Generalmente trabaja para la empresa constructora encargada de la obra; no obstante, también es el responsable de reportar avances y reportar, en general, la situación actual de la obra al administrador de proyectos.

Se coordina con los supervisores de la obra para manejar los diferentes recursos, y basado en su experiencia, obtiene ideas para optimizar los tiempos y los costos. Es el encargado de proveer los materiales, la herramienta y el equipo necesarios. Mantiene un control riguroso de todos los avances de la obra, así como de los diferentes recursos involucrados. Elabora una programación detallada de la obra basada en el plan general.

Esta programación detallada suele ser en semanas y su escala de tiempo puede ser un día o medios días. Esto le servirá para llevar un mejor control de la obra durante su desarrollo y optimizar el aprovechamiento de los materiales, del equipo y de la gente. También permite organizar a los diferentes recursos con la finalidad de evitar tiempos perdidos, retrasos y omisiones de ciertas actividades importantes.

2. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

2.1. Por qué planificar un proyecto de construcción

La construcción de proyectos de infraestructura tiene la singular particularidad de involucrar distintas empresas subcontratadas, con las cuales se tiene que manejar una buena comunicación. En las dos vías se sincroniza de la mejor manera, ya que cada persona tiene diferentes perspectivas, formas y gustos de ver las cosas. Es también importante que los tiempos se manejen bien entre todos los involucrados en el proyecto de construcción, ya que muchos subcontratistas dependen de que se termine el trabajo de otros para empezar a trabajar. Por ello debe existir un incumplimiento con las fechas de entrega se pueda provocar un atraso en la entrega del proyecto.

Por esta y otras razones se debe tener una persona que se encargue de sincronizar a todos los subcontratistas y de especificarle a cada uno lo requerido y lo esperado de ellos. Así de cómo deben hacer los trabajos para no tener problemas en la ejecución del proyecto. Los materiales que se usan en la construcción son insumos que se tienen que tomar en cuenta en la planificación, ya que estos son esenciales para trabajar.

Se debe programar para que estén en obra cuando se necesiten en las cantidades necesarias. Para esto se deben de medir los tiempos de pedidos, fabricación y traslado de los materiales e insumos a la obra para saber en qué fecha se deben solicitar al proveedor. Además, se debe mantener un inventario completo de los materiales que existen en obra y compararlo con las cantidades pendientes de pedir.

Estos controles son importantes llevarlos al día para no acumular trabajos e información que posteriormente detenga la ejecución. Se tiene que tener en cuenta que hay materiales que se fabrican cuando se realiza el pedido o que pueden ser importados. Esto puede perjudicar a la obra si no se compran con anticipación, ya que no estarían cuando se necesitan instalar. Es importante estar enterado de todas las variaciones en los precios de los materiales, para saber cuándo se debe comprar algún material, que esté en riesgo de sufrir un alza significativa de precio en el mercado, ya que esto perjudicaría directamente el presupuesto del proyecto.

En caso de que el proyecto este financiado por bancos o entidades internacionales, se requiere presentar especificaciones técnicas, planos y programa de trabajo de la obra. Con se hacen valuaciones de la obra periódicamente, para observar si el avance del proyecto corresponde al planteado en el programa de trabajos.

Los planes deberán ser expresados de forma que sean entendidos por todo el personal de la empresa en términos nominales, cuantitativos y gráficos. La planificación es el sistema más eficaz para comparar la realidad alcanzada, con la estimada anteriormente. Si es necesario, se emiten acciones para corregir, según las expectativas de la empresa.

Dentro del proceso de planificación existen tres tipos diferenciados de acciones:

- Planificación estratégica
- Planificación táctica
- Planificación operativa

2.2. Planificación estratégica

Fija la misión, visión, valores, estrategia y políticas de la organización en general.

2.3. Planificación táctica

Incluye la ejecución del plan estratégico, la fijación de objetivos específicos para cada área, para cada unidad y cada empleado. Los pasos necesarios para cumplir o exceder los objetivos, la creación de un calendario de control, el desarrollo de un presupuesto y la evaluación del rendimiento.

2.4. Planificación operativa

Implica decidir sobre cómo se utilizarán los recursos financieros, humanos y materiales. Esto para garantizar la entrega de los servicios con la mayor eficiencia posible.

Es importante por tres motivos:

- Traduce el futuro a presente, al ofrecer un mapa detallado de cómo llegar de un punto a otro del proceso.
- Permite clarificar que es lo que hay que hacer y en algunos casos como debe hacerse.
- Permite clarificar las prioridades organizativas de la unidad de trabajo, por medio del establecimiento de calendarios y puntos de referencia.

3. PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS Y TÉCNICAS DE LA PLANIFICACIÓN

Para ejecutar es necesario elaborar un plan para programar y controlar toda la obra. Partiendo de aquí se puede entender como planear la formulación de un curso de acción que sirva de guía para la realización del proyecto. El gerente del proyecto debe elaborar un plan de trabajo escrito en el que se identifique el trabajo que necesita hacerse, quién va a hacerlo, cuándo debe hacerse y cómo debe hacerse y bajo qué costos.

Además, es necesario conocer las condiciones de las vías de comunicación. Estas son: las condiciones climáticas, los posibles centros de obtención de materiales, la mejor forma de obtener la mano de obra, los medios de transporte presentes en el lugar entre otros factores. Los recursos y factores externos del proyecto.

Es importante determinar, en este plan, los eventos relevantes, así como las posibles restricciones y limitaciones que pudieran presentarse durante el desarrollo del proyecto. Esto que si se tiene perfectamente identificado, el gerente del proyecto podrá tomar las decisiones a tiempo y solucionar en forma óptima los problemas que se susciten. Además de identificar los procesos constructivos de difícil ejecución.

Tanto la planeación como la programación de una obra se realizan antes de comenzar el proyecto. Estas son herramientas importantes para controlar el mismo.

3.1. Definición de actividades

Es el conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa o subprograma de operaciones. Consiste en la ejecución de ciertos procesos o tareas. Esto mediante la utilización de los recursos humanos, materiales, técnicos y financieros asignados a la actividad con un costo determinado. Quedando a cargo de una entidad administrativa de nivel intermedio o bajo. La actividad es la acción presupuestaria de mínimo nivel e indivisible a los propósitos de la asignación formal de recursos.

Tabla I. **Definición de actividades**

Programa de trabajo
Trabajo de gabinete
Trabajos preliminares
Cimentación
Levantado
Losa
Instalaciones
Acabados

Fuente: elaboración propia.

3.2. Secuencia de actividades

La secuencia permite organizar las actividades en forma progresiva, ganando en complejidad a medida que los proyectos avancen. Se tiene en cuenta el proceso que deberá seguirse para llegar al fin deseado. Para elaborar la secuencia es necesario estudiar a detalle en qué consiste cada una de las

actividades. Esto para considerar la mayor cantidad posible de especificaciones que las integran y plantear algo lógico, realizable y que permita terminar el proyecto en buen tiempo.

Tabla II. **Secuencia de actividades**

PROGRAMA DE TRABAJO
Trabajo de gabinete
• Anteproyecto
• Fase de diseño
• Elaboración de planos
• Financiamiento
• Tramite de licencias
• Contratación de personal
Preliminares
• Limpieza y chapeo
• Nivelación del terreno
• Instalaciones provisionales
• Puentes y trazo
• Fundición de tacos
Primer Nivel
• Cimentación
• Excavación de cimiento
• Armado y colocación de cimiento corrido
• Armado y colocación de columnas y pines
• Fundición de cimiento corrido

Continuación de la tabla II.

Levantado
<ul style="list-style-type: none"> • Armado de solera de humedad, solera intermedia y solera de corona
<ul style="list-style-type: none"> • Levantado bajo nivel de piso y fundición de pines
<ul style="list-style-type: none"> • Fundición de solera de humedad
<ul style="list-style-type: none"> • Levantado a solera intermedia
<ul style="list-style-type: none"> • Fundición de solera intermedia
<ul style="list-style-type: none"> • Levantando a solera de corona
<ul style="list-style-type: none"> • Formaletas y fundición de columnas
Vigas
<ul style="list-style-type: none"> • Entarimado de vigas
<ul style="list-style-type: none"> • Armado de vigas primera losa
Losa
<ul style="list-style-type: none"> • Entarimado de losa
<ul style="list-style-type: none"> • Armado de losa tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Fundición de losa
<ul style="list-style-type: none"> • Fraguado de losa
<ul style="list-style-type: none"> • Desentarimado de vigas y losa
Instalaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Eléctricas <ul style="list-style-type: none"> ○ Instalaciones en piso ○ Instalaciones en pared ○ Instalaciones en losa ○ Fuerza, iluminación y especiales

Continuación de la tabla II.

• Hidráulicas
○ De agua pluvial
○ Instalación a conexiones de drenajes
○ De agua municipal
○ Pañuelos en losa
Acabados
• Instalación de piso
• Repello y cernido
• Instalación de ventanas
• Instalación de puertas

Fuente: elaboración propia.

3.3. Duración de actividades

Es el proceso que consiste en establecer, aproximadamente, la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados. El tiempo estimado de la duración utiliza información sobre el alcance del trabajo, los tipos de recursos necesarios, las cantidades estimadas y sus calendarios de estimación.

El proceso de estimación en la duración de las actividades requiere la cantidad de esfuerzo y trabajo requerido y de recursos para completar la actividad.

Existe un software de gestión de proyectos que pueden utilizarse para este fin. En él se identifica el personal disponible, asignan las tareas, establece la lógica y la secuencia de las actividades que se ejecutarán.

Para estimar la duración de cada una de las actividades se puede recurrir al personal de campo, así como a los registros que se tengan de proyectos anteriores. En mucho influye la experiencia que tenga el gerente de proyectos a la hora de asignar las duraciones de cada actividad.

Tabla III. **Duración de actividades**

Actividad	Duración
PROGRAMA DE TRABAJO	153.5 días
Trabajo de gabinete	65 días
• Anteproyecto	15 días
• Fase de diseño	20 días
• Elaboración de planos	10 días
• Financiamiento	15 días
• Tramite de licencias	15 días
• Contratación de personal	15 días
Preliminares	88.5 días
• Limpieza y chapeo	3 días
• Nivelación del terreno	3 días
• Instalaciones provisionales	2 días
• Puentes y trazo	1.5 días
• Fundición de tacos	1.5 días

Continuación de la tabla III.

Primer Nivel	81 días
• Cimentación	12 días
• Excavación de cimiento	7 días
• Armado y colocación de cimiento corrido	2 días
• Armado y colocación de columnas y pines	3 días
• Fundición de cimiento corrido	2 días
Levantado	7 días
• Armado de solera de humedad, solera intermedia y solera de corona	1 día
• Levantado bajo nivel de piso y fundición de pines	1 día
• Fundición de solera de humedad	1 día
• Levantado a solera intermedia	1 día
• Fundición de solera intermedia	1 día
• Levantando a solera de corona	1 día
• Formaletas y fundición de columnas	1 día
Vigas	9 días
• Entarimado de vigas	4 días
• Armado de viga primera losa	5 días
Losa	45 días
• Entarimado de losa	7 días

Continuación de la tabla III.

• Armado de losa tradicional	6 días
• Fundición de losa	1 día
• Fraguado de losa	28 días
• Desentramado de vigas y losa	3 días
Instalaciones	2 días
• Eléctricas	2 días
○ Instalaciones en piso	2 días
○ Instalaciones en pared	2 días
○ Instalaciones en losa	2 días
• Hidráulicas	1 día
○ De agua pluvial	1 día
○ Instalación a conexiones de drenajes	1 día
○ De agua municipal	1 día
○ Pañuelos en losa	1 día
Acabados	7 días
• Instalación de piso	3 días
• Repello y cernido	3 días
• Instalación de ventanas	1 día
• Instalación de puertas	1 día

Fuente: elaboración propia.

3.4. Técnicas de programación

Existen diversos tipos de técnicas de programación, unas son muy sencillas en su elaboración y fáciles de interpretar. Sin embargo tiene ciertas limitaciones, otras son bastante útiles pero complejas en su elaboración.

Las técnicas más comúnmente usadas en la programación de una obra son:

- Diagrama de barras o método de Gantt
- Curvas de producción acumulada
- Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method, CPM)
- Red de precedencias
- PERT (Program Evaluation Review Technique)
- Diagrama de tiempo y espacio

3.4.1. Diagrama de barras o de Gantt

Este diagrama proviene de Henry L. Gantt, un pionero en la aplicación del método científico en la producción industrial. Este es un método gráfico y muy fácil de entender. El concepto básico del diagrama de barras es la representación de una actividad en forma de barra cuya longitud representa la duración estimada de dicha actividad. Esta misma barra puede usarse también para graficar el avance real de la actividad a través del tiempo.

De esta manera, el diagrama de barras funciona como un modelo de planeación y de control al mismo tiempo. La longitud de la barra tiene por lo tanto dos diferentes significados, una es la duración estimada de la actividad y por otro lado, el progreso real de la actividad. Como en toda técnica de

programación los diagramas de barras son desarrollados descomponiendo el trabajo en diversos factores.

En la elaboración de un diagrama de barras se coloca, en la columna uno, el nombre de la actividad. En la siguiente columna se coloca la duración de cada actividad, normalmente en días. La parte sombreada de las barras representan el progreso del proyecto. Si se pueden relacionar las actividades con flechas, no se logra apreciar la ruta crítica, ni se puede percibir de manera precisa una secuencia lógica del grupo de actividades. Por otro lado, es posible indicar en un diagrama de barras, la productividad de cada una de las actividades.

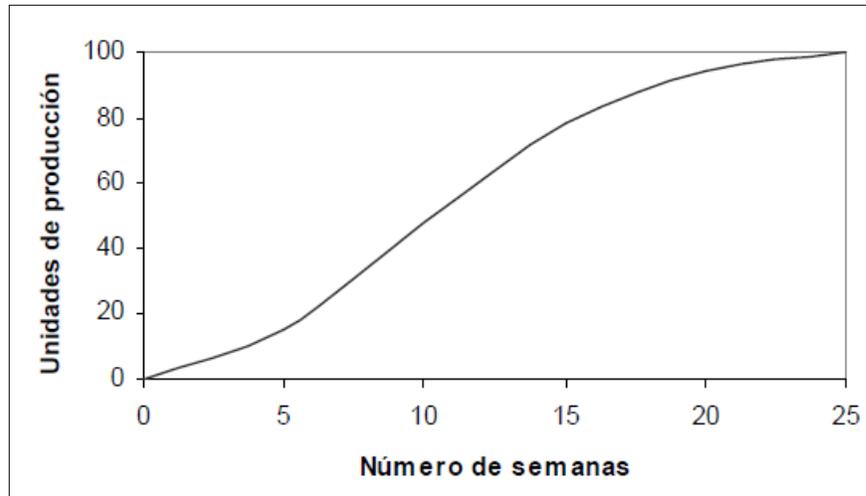
(Ver anexos)

3.4.2. Curvas de producción acumulada

Para determinar la tasa de producción o la velocidad del avance del proyecto se elabora una curva de producción. Esta curva representa el avance acumulado del proyecto a través del tiempo, relaciona unidades de producción en el eje “y” contra unidades de tiempo en el eje “x”.

La pendiente de la curva relaciona el incremento en unidades de producción en la ordenada, con el incremento del tiempo en la abscisa; por lo tanto la pendiente de la curva representa el número de unidad producidas en un incremento de tiempo.

Figura 1. **Curva de producción acumulada**



Fuente: elaboración propia.

3.4.3. **Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method)**

Existen dos tipos de redes dentro del método de la ruta crítica:

- Diagrama de flechas
- Redes de precedencia

Tanto el diagrama de flechas como las redes de precedencia sirven para determinar la ruta crítica de un proyecto. Dado que cada tipo de red se calcula de manera diferente.

(Ver anexos)

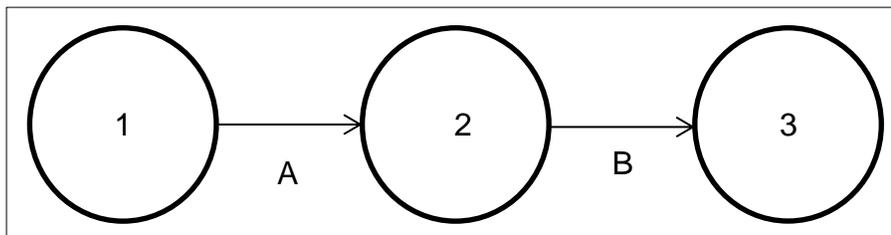
3.4.3.1. Diagrama de flechas

Este método consiste en elaborar una red o diagrama, en el que se muestran todas las actividades pertenecientes a la elaboración de un proyecto. Dicha red muestra una secuencia lógica en la que debe realizarse, y se especifica la interdependencia entre una actividad y otra. En este tipo de red, las actividades se representan mediante flechas, mientras que la unión entre una actividad y otra se representa con la ayuda de nodos.

Antes de elaborar una red es necesario establecer una secuencia general para la realización. Una vez conocida la secuencia se procede a dividir en distintas actividades o tareas. Por último, se estima una duración para cada actividad o tarea.

Para elaborar la red se necesita conocer todas las relaciones que existen entre una actividad y otra, se pueden tener diferentes tipos de relaciones: Dependencia directa, compartida, múltiple y efecto de cruz.

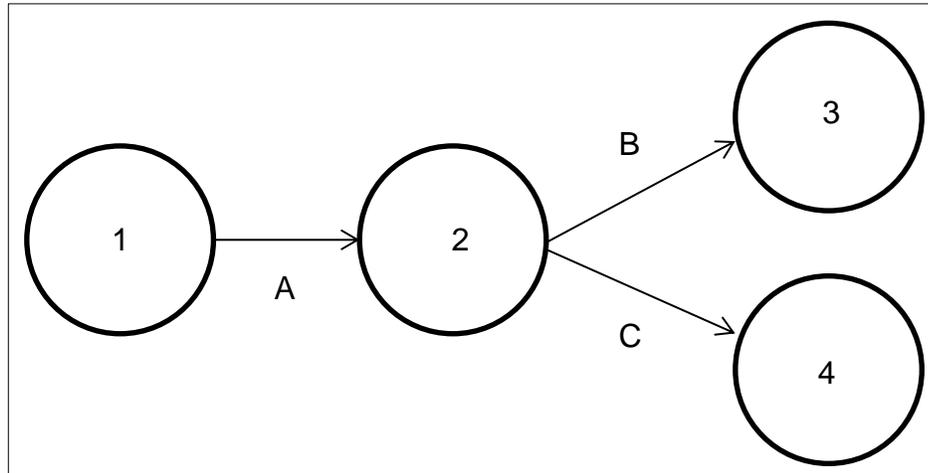
Figura 2. **Dependencia directa**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3, la actividad 3 depende de la realización de la actividad 2. La actividad 2 es el predecesor de la 3 y la actividad 2 es el sucesor de 1.

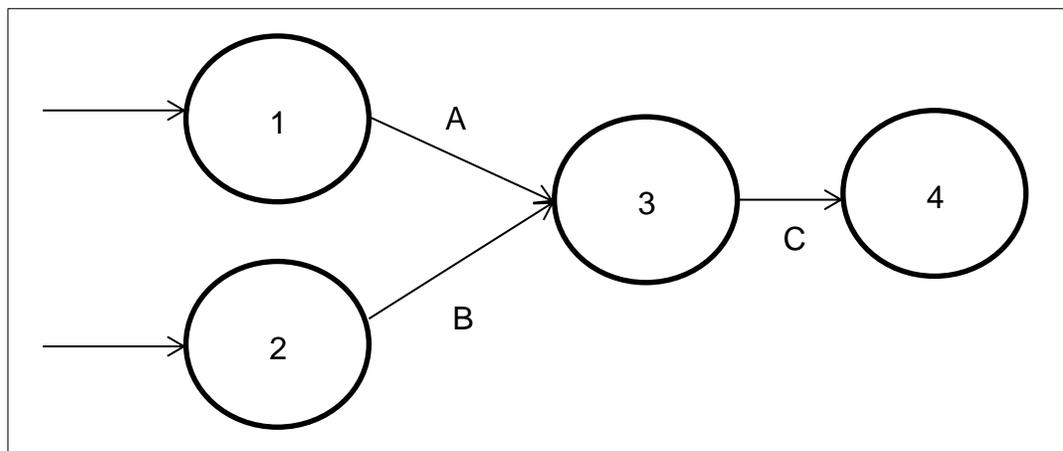
Figura 3. **Dependencia múltiple**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 4, la actividad 3 depende tanto de la realización de 1, como de la realización de 2. Una actividad puede depender de la realización de más de dos actividades. La actividad 1 y 2 son los predecesores de 3 y 4, la actividad 3 y 4 es sucesor de 1 y 2.

Figura 4. **Dependencia compartida**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, la actividad 3 depende tanto de la realización de 1 y 2. Una actividad puede depender de la realización de más de dos actividades. La actividad 1 y 2 son los predecesores y deben finalizarse antes de iniciar la etapa 3 y 4, la actividad 4 es sucesor de 1 y 2 en conjunto y 3.

A la hora de elaborar la red se pueden presentar algunos problemas al intentar expresar la relación entre unas actividades y otras. Puede suceder que dos actividades provengan y confluyan hacia un mismo nodo, por lo tanto a la hora de elaborar el diagrama es necesario agregar un tercer nodo y se hace uno de actividades ficticias.

Este tipo de actividades ficticias carecen de duración y se representa mediante líneas punteadas. En este caso es necesario usar la actividad ficticia debido a que pueden surgir problemas a la hora de calcular los tiempos próximos de inicio y terminación, así como los tiempos remotos de inicio y terminación de las actividades.

Para saber cuál es la ruta crítica es necesario calcular los tiempos próximos de inicio TPI, así como los tiempos remotos de inicio, TRI. También es necesario calcular los tiempos flotantes, es decir, el tiempo en el que se puede retrasar una actividad sin afectar la duración total del proyecto.

Para calcular estos tiempos se procede con un cálculo hacia adelante, y otro hacia atrás. Haciendo el cálculo hacia adelante se determinan los tiempos próximos de inicio y hacia atrás se determinan los tiempos remotos de inicio de cada actividad.

La ecuación que se utiliza en el cálculo de los TPI es la siguiente:

$$TPI_j = \max [TPI_i + d_{ij}]$$

Donde

TPI: tiempo próximo de inicio de la actividad sucesora.

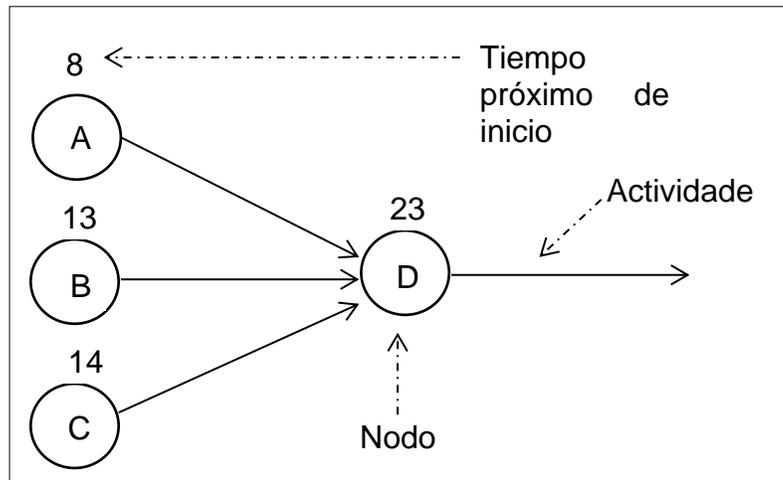
j: nodo que indica el final de la actividad predecesora y el inicio de la actividad sucesora.

i: nodo que indica el inicio de la actividad predecesora.

d: duración de la actividad predecesora.

Se tienen tres actividades A, B y C que confluyen a una cuarta actividad D, esta actividad tendrá un TPI igual al mayor de la suma de los TPI de las otras actividades, con la duración de dichas actividades.

Figura 5. **Tiempo próximo de inicio (TPI)**



Fuente: elaboración propia.

Actividad A: TPI = 8, duración = 7 días

Actividad B: TPI = 13, duración = 10 días

Actividad C: TPI = 14, duración = 5 días

Por lo tanto el TPI de la actividad D será igual a 23, puesto que es el mayor valor de los tres posibles.

Los tiempos próximos de inicio (TPI) de una actividad es el tiempo próximo de terminación (TPT) de la actividad que la precede.

La ecuación que se utiliza para los TRI es la siguiente:

$$TRI_i = \min[TRI_j - d_{ij}]$$

Donde

TPI: tiempo próximo de inicio de la actividad sucesora.

j: nodo que indica el final de la actividad predecesora y el inicio de la actividad sucesora.

i: nodo que indica el inicio de la actividad predecesora.

d: duración de la actividad predecesora.

Para determinar la de la ruta crítica

Una vez que se tienen los TPI, TRI, y la consecuencia de los TPT y TRT de todas las actividades se puede determinar la ruta crítica por medio de los tiempos flotantes, así como la duración total del proyecto que será el TRT de la última actividad. Dentro de los tiempos flotantes existe el flotante total y el flotante libre.

El flotante total es la cantidad total de tiempo que una actividad puede retrasarse, sin causar ningún retraso en la duración total del proyecto. Este retraso puede afectar alguna de las actividades que le siguen, pero sin afectar la duración el proyecto. Mientras que el flotante libre es la cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse, sin efecto a las actividades que la suceden.

La ecuación para calcular el flotante total es la siguiente¹:

$$FT_i = TRT_i - (TPI_i + d_i)$$

Donde

FT: flotante total de la actividad en estudio.

TRT: tiempo remoto de terminación.

Se debe tomar en cuenta que los TRT de la actividad en estudio son los TRI de la actividad anterior.

Para determinar el flotante libre se tiene:

$$FL_i = TPT_i - (TPI_i + d_i)$$

Donde

FL: flotante libre de la actividad en estudio.

TPT: tiempo próximo de terminación.

Para saber cuál es la ruta crítica basta con encontrar aquellas actividades en las que los TPT y los TRT son iguales. Estos darían, a la hora de realizar todos los cálculos, que el flotante total de cada actividad es igual a cero. El conjunto de actividades críticas determina la ruta crítica del proyecto.

¹ WOODHEAD & Antill. *Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción*. p. 34.

Es importante encontrar esta ruta crítica pues es donde el gerente del proyecto debe prestar mayor atención, el control en cuanto a tiempo de estas actividades es determinante, puesto que si se atrasa una de estas actividades, se retrasa todo el proyecto, incidiendo en mayores gastos para el contratista.

3.4.3.2. Redes de precedencia

En un proyecto puede haber actividades que no necesariamente deben empezar hasta que termine la actividad que le precede. Estas pueden empezar mientras que la antecesora está todavía en ejecución, o hay actividades que pueden realizarse al mismo tiempo.

El método del diagrama de flechas complica bastante este tipo de esquemas, y no permite establecer las relaciones especiales que puede haber entre una actividad y otra. Para resolver estas limitantes se utilizan las redes de precedencia, en donde al contrario de los diagramas de flecha, las actividades se representan en los nodos, y las flechas sirven únicamente para conectar las actividades. Por ello, se especifican el tipo de relación entre una y otra.

Los nodos son representados con rectángulos, con espacios a la izquierda y a la derecha indican los TPI, TPT, TRI y TRT para cada actividad.

3.4.4. Adelanto y demora de actividades

Este tipo de diagrama es muy explícito. En una red de precedencia las flechas no solo indican la secuencia de las actividades, sino los tiempos de adelanto y demora para la iniciación y terminación de cada actividad.

Una de las ventajas de esta técnica es que se establecen relaciones especiales entre todas las actividades. Las relaciones entre estas actividades se muestran a base de flechas, como se mencionó anteriormente. La red procede de izquierda a derecha y las relaciones pueden ser inicio-inicio, término-término, término-inicio e inicio-término.

Este tipo de diagrama es muy explícito. En una red de precedencia las flechas no solo indican la secuencia de las actividades, sino también indican los tiempos de adelanto y demora para el inicio y término de cada actividad.

Cuando la actividad i precede a la actividad j ²:

TT_{ij} = tiempo de demora para una relación término-término. La actividad que sucede se concluye después de la culminación de la actividad que la precede.

II_{ij} = tiempo de adelanto para una relación inicio-inicio. La actividad que sucede puede comenzar este tiempo después de haber comenzado la actividad que la precede. No es necesario que la actividad i concluya para que la actividad j pueda comenzar.

TI_{ij} = tiempo de demora para una relación término-inicio. La actividad que sucede empieza esta cantidad de tiempo, después de la culminación de la actividad que la precede.

² AHUJA. *Project Management Techniques in Planning and Controlling Construction Projects*. p. 43.

IT_{ij} = tiempo de adelanto para una relación inicio-término. La actividad que precede puede comenzar esta cantidad de tiempo antes de que culmine la actividad que la sucede.

- Cálculo de tiempo de actividad y los tiempos flotantes: dentro de las actividades se tienen los tiempos próximos de inicio (TPI), tiempo próximo de terminación (TPT), tiempo remoto de inicio (TRI) y tiempo remoto de terminación (TRT)³. También se tiene lo conocido como tiempo flotante total y tiempo flotante libre. El tiempo flotante total afecta a toda la red y el libre afecta solo a las actividades que le siguen a esa actividad. Para calcular estos tiempos en el método de precedencias se consideran las siguientes ecuaciones⁴.

Término-inicio

$$TPI_B = TPT_A - \text{tiempo de demora de AB}$$

$$TRT_A = TRI_B - \text{tiempo de demora de AB}$$

$$FT = TRT - TPT$$

$$FL_A = TPI_A - \text{tiempo de demora de AB} - TPT_A$$

Inicio-inicio

$$TPI_B = TPT_A - \text{tiempo de avance de AB}$$

$$TRT_A = TRI_B - \text{tiempo de avance de AB}$$

$$FT = TRT - TPT$$

$$FL_A = TPI_A - \text{tiempo de avance de TPI}_A$$

³ WOODHEAD & Antill. *Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción*. p. 44.

⁴ LENDZION, Charles. *Apuntes de Project Management*. p. 75.

Término-término

$$TPT_B = TPT_A + \text{tiempo de demora de AB}$$

$$TRT_A = TRT_B - \text{tiempo de demora de AB}$$

$$FT = TRT - TPT$$

$$FL_A = TPT_A - \text{tiempo de demora de TPT}_A$$

Donde

FL_A : es el flotante libre de la actividad A

FT: es el flotante total de las actividades

Para calcular estos tiempos se procede de la siguiente manera: hacia delante se calculan los TPI y TPT de forma similar a como se explicó en el método de la Ruta Crítica. Es necesario recordar que estos tiempos se calculan tomando los valores máximos calculados de las actividades que preceden a la actividad en estudio.

Hacia atrás se calculan los TRI y TRT, tal como se explicó en el método de la Ruta Crítica. Al contrario de cuando es hacia delante, se toman los valores mínimos de los valores calculados de las actividades que suceden a la actividad en estudio.

Si en una actividad no está restringido el tiempo de inicio y en el tiempo de terminación por alguna flecha quiere decir que se puede iniciar o terminar en cualquier momento. Esto siempre y cuando se cumplan las condiciones determinadas por las flechas. De la misma forma que en el diagrama de flechas, se debe determinar cuál es la ruta crítica, las cuáles serán aquellas que tengan un TPI y un TRI iguales, o su flotante total sea igual a cero.

3.4.5. Pert (Program Evaluation Review Technique)

Esta técnica ha demostrado ser una herramienta efectiva en el diseño, desarrollo y defensa de proyectos. Esto tiene ciertas ventajas sobre el diagrama de flechas y las redes de precedencia, cuando el logro de los objetivos del proyecto es relativamente incierto. Las actividades en una red tipo Pert son expresadas por eventos. Las flechas indican la dirección de la secuencia de las operaciones y el tiempo para realizar la actividad.

Pert permite un cálculo probabilístico de la duración de las actividades implementando tres posibles duraciones:

- Duración óptima
- Duración media
- Duración pesimista

Estas duraciones son duraciones probables, con base en los registros de proyectos similares realizados con anterioridad. De ellos se tienen distintos tiempos de duración dependiendo de si las circunstancias fueron favorables o no.

Para elaborar la red se toma la media, de estos tres valores, utilizando la siguiente fórmula:

$$t_e = \frac{d_o + 4d_m + d_p2}{6}$$

Donde:

t_e = duración media para la elaboración de la red

d_o = duración óptima

d_m = duración media

d_{p2} = duración pesimista

Esta técnica permite calcular la probabilidad de que se concluya el proyecto en el tiempo estimado por el cliente. Es decir, si el cliente estimó que se pueda concluir el proyecto en un total de seis semanas, el contratista puede calcular la probabilidad de que ese proyecto en efecto esté terminado, en ese periodo de tiempo.

4. CONTROLES PARA PROYECTO Y ANÁLISIS DE RECURSOS

Para efectos de realizar el análisis del uso de los recursos de la mano de obra, equipo en el proyecto, se elaboró una programación a corto plazo del mismo. Para la elaboración de la programación a corto plazo se utilizaron las actividades de la ruta crítica.

Este es el argumento básico para el desarrollo del presente trabajo de graduación, básicamente se define como la técnica para encontrar errores de planeación referentes a una mala administración de tiempo. Esto debido a que la mayoría de los proyectos tiene pérdidas o sufren una disminución en ganancias debido a no concluir los trabajos de la obra en el tiempo estipulado.

Partiendo de esta hipótesis las actividades que deben analizarse son las pertenecientes a la ruta crítica, ya que son las que tiene una incidencia directa en la duración total del proyecto. La programación a corto plazo implica una revisión semanal detallada, en donde se calculan como primer paso, volúmenes estimados de avance por actividad, número de recursos de mano de obra. Con estos datos se pueden calcular entonces los costos planeados para los pagos de mano de obra y equipo.

4.1. Asignación de mano de obra

Para obtener la cantidad de la mano de obra que se necesitaría para diversas actividades, como por ejemplo el levantado de muros, teniendo en

cuenta que el tiempo que se tiene es de 29 días y que un albañil es capaz de colocar entre 100 a 120 unidades/día ⁵.

Utilizando la fórmula básica de rendimiento: cantidad de recurso/tiempo, en este caso se tiene el tiempo y el rendimiento.

Cantidad de recurso= rendimiento * tiempo

4.2. Asignación de volúmenes

Para un análisis más detallado se realizan los cálculos y las consideraciones por cada medio día de trabajo. Esto es porque en un mismo día, un mismo grupo de trabajo puede realizar dos actividades, o puede darse el caso de que una actividad cuya duración sea de varios días, termine a media tarde del lunes, y pueden iniciar con otra actividad diferente. Por esta razón la asignación de recursos es por cada medio día y la asignación de volumen de avance de cada actividad se calcula por cada medio día.

La asignación de los recursos por cada medio día es directa, de acuerdo a las actividades que inicien y terminen en el día de acuerdo al calendario. Para asignar los volúmenes de avance por actividad, se dividió el volumen total de la actividad, ya sea el planeado o el actual. Según sea el caso, la duración total en días, está dividido entre dos, para considerar los medio días.

De esta forma si una actividad empieza en la semana uno y termina hasta la semana siguiente, se puede calcular de manera aproximada el volumen de avance por semana para esta actividad.

⁵ WILLIAM, Nery. *Presupuesto de Construcción*. p. 52.

4.3. Control del proyecto

Esto sirve para llevar el control en obra de cada uno de los renglones de trabajos, se le asigna a un encargado dependiendo el área de trabajo.

4.3.1. Control de personal

Son todos los todos los datos generales del personal al momento de ser contratado.

Figura 6. Control de generales del personal

Datos generales del personal			
Control de personal		No.	
	Proyecto		
	Ubicación		
	Responsable		
	Periodo		
Nombre			
Cargo			
Dirección			
DPI			
Lugar de nacimiento			
Fecha de nacimiento			
Estado civil			
Número de afiliación del IGSS			
Nombre de conyugue			
Número de teléfono			
Fecha de contratación		Fecha de retiro	
Motivo del retiro			
Firma del trabajador		Firma del Jefe	

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Control de planilla

Sirve para llevar el control de los pagos en obra y dejar constancia de pago a los empleados.

Figura 7. Detalle de control de planilla

							Devengado			
Número.	Código de empleado	Nombre	Salario diario	Valor de la hora extra	Días trabajados	Horas extras trabajadas	Ordinario	Horas extras	Séptimos y asuetos	Total devengado

Deducciones							
IGSS	Otras deducciones	Total de deducciones	Vacaciones y aguinaldo	Bonificaciones de incentivo	Líquido a recibir	Firma	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Control de pedidos de material

Sirve para llevar el control de los materiales que se solicitan y así tener referencia del inventario.

Figura 8. **Control de pedido de material**

CONTROL DE PEDIDO DE MATERIAL				
PROYECTO:				
Fecha:				
Código de Material	Material	Cantidad	Fecha de ingreso	Precio

Fuente: elaboración propia.

4.3.4. **Control de egreso de material en obra**

Se utiliza en obra, con el fin de tener un control del material que sale de bodega. Para así saber qué tipo de material fue el que salió de la bodega, quién lo solicitó y el área que lo utilizará y así llevar el control sobre la cantidad de material que se está empleando en cada una de las actividades de la obra.

Figura 9. **Control de egreso de material en obra**

CONTROL DE EGRESO DE MATERIAL EN OBRA					
PROYECTO:					
UBICACIÓN:					
REPOSABLE:					
Fecha:					
Número de vale	Material	Cantidad	Fecha de ingreso	Actividad	Observaciones

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Planilla de pago de subcontratistas

Aquí se lleva el del monto acordado con los subcontratistas y la cantidad que se les ha abonado en el tiempo que dure el proyecto.

Figura 10. Pago de subcontratistas

PAGO A SUBCONTRATISTAS					
PROYECTO:					
UBICACIÓN:					
REPOSABLE:					
Fecha:					
Código de subcontratista	Nombre	Número de factura	Descripción	TOTAL	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

4.3.6. Control de caja chica

Este control sirve para manejar caja chica y mantener la obra. Describe quiénes son los proveedores, en qué se gastó, fecha y forma de pago.

Figura 11. Control de caja chica

DETALLE DE CAJA CHICA							
PROYECTO:				UBICACIÓN:			
REPOSABLE:				FECHA:			
Proveedor	Descripción	Código	Fecha	No. de Cheque	Ingreso	Egreso	Saldo

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS Y FLUJO DE EFECTIVO

Como parte complementaria al análisis del proyecto, se presenta en este capítulo el flujo de efectivo del proyecto, tanto ingresos como egresos, a lo largo de toda la duración de la obra.

5.1. Costos de un proyecto

En el caso de la industria de la construcción, es necesario analizar el costo del proyecto, sobre todo en el caso de proyectos grandes. De esa manera se generan registros históricos de los proyectos realizados y se puede determinar, si en un futuro conviene o no, volver a realizar cierto proyecto.

El esquema de pagos especificado en el contrato influye mucho, a ningún contratista le conviene comenzar la obra con recursos propios y tampoco tener un financiamiento externo. Esto si el cliente decide dejar a medias el proyecto o en el caso del gobierno que termina su periodo, esta deuda podría llevar a la quiebra.

Es por eso que se puede hacer un análisis de la forma más conveniente para pagar un proyecto. De esta manera que el contratista tenga una recuperación de efectivo.

Una forma de realizar este análisis es aplicando uno de los criterio para la evaluación del proyecto de inversión conocido como tasa interna de retorno o

tasa interna de rendimiento (TIR). Conociendo la TIR de diferentes esquemas de pago es posible escoger el más conveniente para el contratista.

5.1.1. Costos planeados para mano de obra

Para el cálculo de los costos planeados de la mano de obra se multiplica el costo/unidad para mano de obra por el número de días trabajados en la semana. Esto es para cada trabajador. La unidad es la jornada laboral, por lo que costo/unidad representa el salario diario de cada trabajador.

Se utiliza el concepto de costos planeados para referirse a los gastos reales que se van a tener. El concepto de pagos planeados se refiere a los ingresos que se pueden presupuestar para esa semana de acuerdo al volumen producido por actividad únicamente, sin contemplar materiales.

5.1.2. Costos planeados para el equipo

El cálculo de los costos planeados por el equipo se realiza de manera similar al de los recursos. Se toma como pago/unidad el costo por hora de la renta del equipo multiplicado por 8 horas que tiene una jornada laboral.

5.1.3. Pagos planeados por mano de obra

Para los pagos de mano de obra se multiplica el precio/unidad de mano de obra para cada actividad, por el volumen producido de dicha actividad durante la semana. Posteriormente se suman los pagos planeados para cada actividad para obtener el pago planeado de la semana, los volúmenes se calculan sumando el volumen de producción de cada actividad en una semana.

El costo de la mano de obra se tomó de los análisis de precios unitarios de cada actividad, aplicando un porcentaje de factor de sobre costo. Hay ciertas actividades que están integradas por diferentes conceptos, y la unidad de volumen de cada concepto es diferente. Por ello, se toma por separado el costo/unidad de mano de obra de acuerdo a cada concepto que las integra.

Por el contrario, existen actividades que están integradas por diferentes conceptos, y por tanto el precio/unidad de mano de obra es diferente. Sin embargo, la unidad de volumen es la misma y la realización de cada actividad se considera como una sola, sin importar los conceptos que las integran. Esto lleva a manejar un solo volumen, y por lo tanto, también es necesario integrar un solo precio/unidad de mano de obra.

Existen actividades en las que de acuerdo a la forma en que la empresa integró el precio unitario, se considera el precio de la mano de obra incluido en el precio del concreto utilizado. Esto es porque el contratista calcula el precio unitario para la elaboración de un metro cúbico (m^3) de concreto, considerando los costos de materiales, mano de obra para su elaboración y mezcladora.

5.1.4. Pagos planeados para el equipo

El cálculo de los pagos planeados para el equipo se hace de manera similar que la mano de obra, multiplicando el pago/unidad de equipo para cierta actividad, por el volumen producido. La suma de los pagos planeados de equipo de todas las actividades de la semana da el pago planeado de equipo semanal.

Los costos planeados totales serán la suma de los costos planeados de mano de obra y los costos planeados de equipo en la semana, igual los pagos

planeados totales serán la suma de los pagos planeados para mano de obra y los pagos planeados para equipo.

5.2. Tasas de aprovechamiento de recursos

Todos los cálculos anteriores son con la intención de sacar las tasas de aprovechamiento de los recursos por semana. Estas tasas indican si hubo un buen o mal uso de la mano de obra, o del equipo y en qué porcentaje.

Para el progreso planeado de la mano de obra, se divide el costo planeado entre el pago planeado de mano de obra por semana. Esto dará un número decimal, que indica el aprovechamiento de la mano de obra en la semana, si el número es mayor a la unidad significa que se está teniendo un mal uso de la mano de obra, debido a que son mayores los gastos que los pagos presupuestados para la semana. Por lo contrario, si es un número menor a la unidad, significa que hay un buen uso de la mano de obra, ya que se está teniendo gastos menores que los pagos presupuestados para la semana. El aprovechamiento óptimo es cuando se tiene una tasa igual a la unidad.

Para el progreso planeado de equipo, la metodología y el significado de las cifras es similar al progreso planeado de mano de obra.

El progreso planeado total será la división entre los costos planeados totales y los pagos planeados totales. Esto indicará, en forma general, que tan buena o mala planeación se tiene para esa semana, si el valor es mayor a la unidad, indica que se está haciendo una mala planeación, ya que es más lo gastado que lo cobrado. Si en el caso opuesto, se tiene un valor menor a la unidad, quiere decir que se está haciendo una buena planeación, ya que se obtiene ganancias en esa semana.

Las tasas de aprovechamiento están calculadas para cada semana, tanto en la parte planeada como en la parte de realización actual. Es importante comentar que no es posible tener en la planeación, una programación a corto plazo con tasas de aprovechamiento menores a la unidad en todas las semanas, pero es importante procurar mantener tasas favorables en la mayoría de las semanas. Procurar, también, que las tasas desfavorables sean pequeñas, como 1,2, evitando que sobrepase esta cifra.

CONCLUSIONES

1. No es suficiente la planeación del proyecto procurándolo finalizar en el tiempo estimado. Es necesario también hacer una programación a corto plazo para tener una buena administración de la mano de obra y del equipo.
2. Al elaborar una programación a corto plazo, el contratista no solo puede mejorar la administración de sus recursos, también le permite resolver de una mejor manera los problemas que surjan en la ejecución.
3. La metodología que se utilizó en el proyecto se puede usar en proyectos distintos, pero se tiene que tener en cuenta que no es la única manera de planificar y controlar un proyecto, ya que existen programas que son específicamente para esto.
4. En la realización de la planificación de un proyecto se aprendió a tener una base para iniciar la planificación. Esto crea un camino que sirve para disminuir la incertidumbre que se tiene del proyecto. El saber qué pasos seguir, los tiempos del proyecto y las limitaciones que se tienen en el transcurso del proyecto en su ejecución.

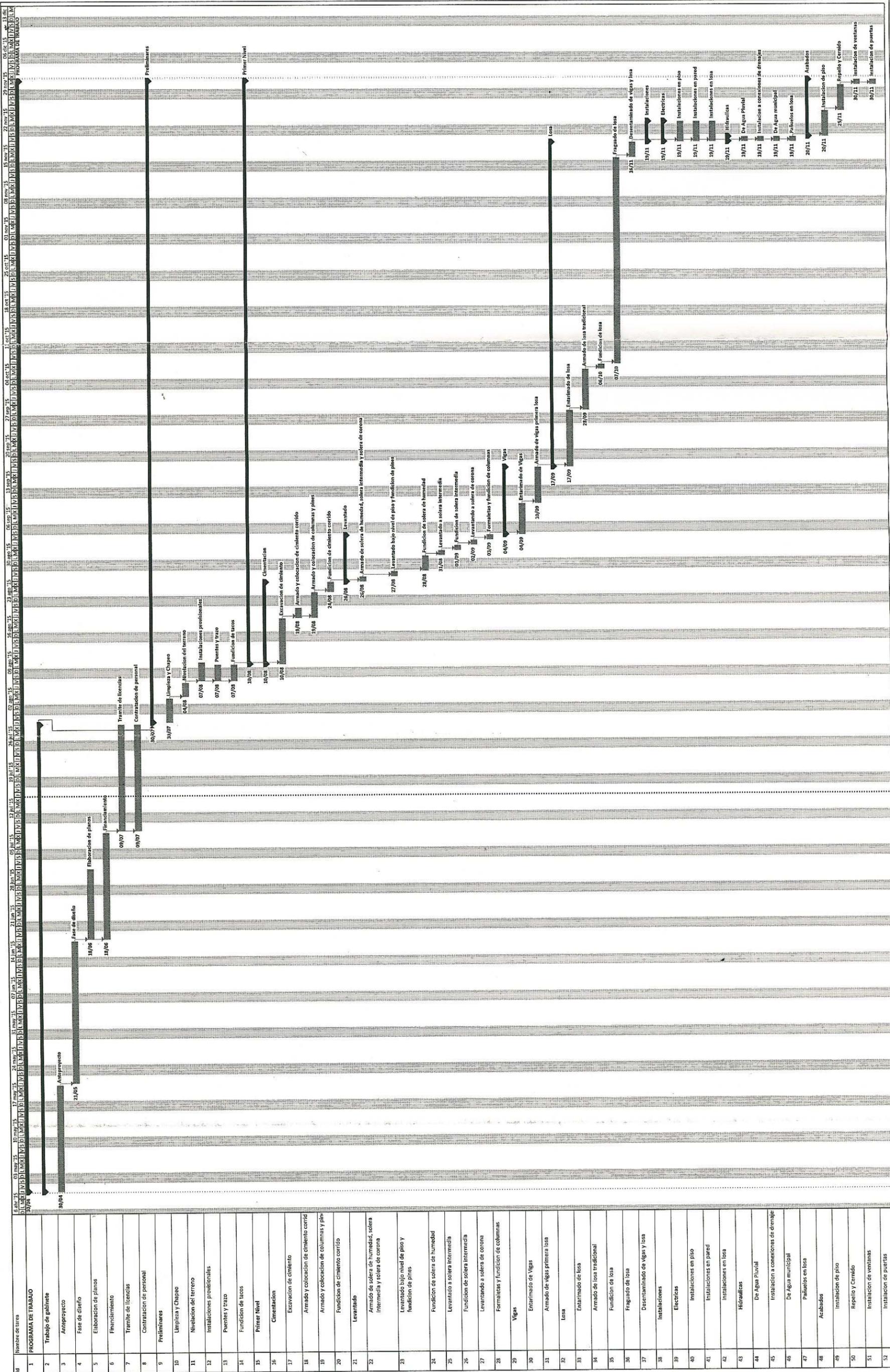
RECOMENDACIONES

1. Todo profesional debe capacitarse en el manejo de software que ayudan a planificar, programar y controlar los procesos.
2. Es importante que en el desarrollo de la obra, se dé seguimiento de los procesos constructivos, se lleve a cabo cada cierto periodo de tiempo, debido a las variantes del mercado local e internacional.
3. Elaborar un plan a corto plazo o especificarlo, pues se puede mejorar la administración de los recursos que se tiene. Además se puede resolver de una mejor manera los problemas que surjan en la marcha, ya que se disminuye la incertidumbre.
4. Es importante que en todo tipo de proyecto de construcción se cuente con el personal necesario para llevar un control del mismo, ya que de no ser así, esto podría causar que los trabajadores tengan múltiples tareas durante la obra, complicando el manejo de la bodega, el control de los suministros, el tema del personal, el uso de la maquinaria y herramienta, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. BURBANO RUIZ, Jorge. *Presupuesto: enfoque moderno de planeación y control de recursos*. Colombia: McGraw Hill, 1995. 210 p.
2. REYES PONCE, Agustín. *Planeación*. México: Limusa Noriega, 1996. 180 p.
3. RODRÍGUEZ PAZ, Hugo Waldemar. *Planificación y programación de un proyecto de vivienda de dos niveles en un sector residencias, utilizando técnicas CPM y programa de computación Microsoft Project*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2001. 90 p.
4. SUÁREZ SALAZAR, Juan Carlos. *Costo y tiempo en edificación*. México: Limusa, 2002. 320 p.

ANEXOS



Id	Nombre de tarea	Inicio	Fin
1	PROGRAMA DE TRABAJO	06/06/15	05/01/15
2	Trabajo de gabinete	06/06/15	05/01/15
3	Anteproyecto	21/05/15	21/05/15
4	Fase de diseño	18/06/15	18/06/15
5	Elaboración de planos	09/07/15	09/07/15
6	Financiamiento	09/07/15	09/07/15
7	Trámite de licencias	09/07/15	09/07/15
8	Contratación de personal	09/07/15	09/07/15
9	Preliminares	09/07/15	09/07/15
10	Limpieza y Chapeo	04/08/15	04/08/15
11	Nivelación del terreno	07/08/15	07/08/15
12	Instalaciones provisionales	07/08/15	07/08/15
13	Puentes y trazo	07/08/15	07/08/15
14	Fundición de pilas	30/08/15	30/08/15
15	Primer Nivel	30/08/15	30/08/15
16	Cimentación	10/09/15	10/09/15
17	Excavación de cimiento	10/09/15	10/09/15
18	Armado y colocación de cimiento corrido	19/09/15	19/09/15
19	Armado y colocación de columnas y pilas	19/09/15	19/09/15
20	Fundición de cimiento corrido	24/09/15	24/09/15
21	Levantado	26/09/15	26/09/15
22	Armado de solera de humedad, solera intermedia y solera de corona	26/09/15	26/09/15
23	Levantado bajo nivel de piso y fundición de pilas	27/09/15	27/09/15
24	Fundición de solera de humedad	27/09/15	27/09/15
25	Levantado a solera intermedia	31/09/15	31/09/15
26	Fundición de solera intermedia	02/10/15	02/10/15
27	Levantado a solera de corona	02/10/15	02/10/15
28	Formaletes y fundición de columnas	09/10/15	09/10/15
29	Vigas	04/09/15	04/09/15
30	Enarriado de Vigas	30/09/15	30/09/15
31	Armado de vigas primera losa	17/09/15	17/09/15
32	Losa	17/09/15	17/09/15
33	Enarriado de losa	06/10/15	06/10/15
34	Armado de losa tradicional	07/10/15	07/10/15
35	Fundición de losa	07/10/15	07/10/15
36	Fraguado de losa	16/11/15	16/11/15
37	Desarriado de vigas y losa	19/11/15	19/11/15
38	Instalaciones	19/11/15	19/11/15
39	Eléctricas	19/11/15	19/11/15
40	Instalaciones en piso	19/11/15	19/11/15
41	Instalaciones en pared	19/11/15	19/11/15
42	Instalaciones en losa	19/11/15	19/11/15
43	Hidráulicas	19/11/15	19/11/15
44	De Agua Pluvial	19/11/15	19/11/15
45	Instalación a conexiones de drenaje	19/11/15	19/11/15
46	De Agua municipal	19/11/15	19/11/15
47	Pañuelos en losa	19/11/15	19/11/15
48	Acabados	20/11/15	20/11/15
49	Instalación de piso	20/11/15	20/11/15
50	Repello y Cerrido	20/11/15	20/11/15
51	Instalación de ventanas	20/11/15	20/11/15
52	Instalación de puertas	20/11/15	20/11/15

