

Introducción a la Gerencia de Proyectos

Conceptos y Aplicación



Nelson Antonio Moreno Monsalve
Luz Marina Sánchez Ayala
José Divitt Velosa García



Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

Moreno Monsalve, Nelson Antonio

Introducción a la gerencia de proyectos: conceptos y aplicación./ Nelson Antonio Moreno Monsalve.

Descripción: 1a edición / Bogotá: Universidad EAN, 2016.

260 páginas

9789587564495 (Impreso 2016)

9789587564501 (Electrónico 2016)

1. Evaluación de proyectos 2. Elaboración de proyectos
3. Administración de proyectos -- Estudio de casos 4. Control de proyectos

I. Sánchez Ayala, Luz Marina II. Velosa García, José Divitt

658.404 CDD23

Edición

Gerencia de Investigaciones

Gerente de Investigaciones

H. Mauricio Diez Silva

Coordinadora de Publicaciones

Laura Cediél Fresneda

Revisor de estilo

Sonia Sánchez Galindo

Diagramación y finalización

Ana Sofía Patiño Peláez

Alvaro Leonel Guerrero Castiblanco

Diseño de carátula

Cesar Augusto Rubiano

Publicado por Ediciones EAN, 2018.

Todos los derechos reservados.

ISBN: 9789587564495

©Universidad EAN, El Nogal: Cl. 79 No. 11 - 45. Bogotá D.C., Colombia, Suramérica, 2018 Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad EAN®

©UNIVERSIDAD EAN: SNIES 2812 | Personería Jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69| Vigilada Mineducación. CON ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD, Res. N° 29499 del Mineducación 29/12/17, vigencia 28/12/21

Producido en Colombia.

Digiprint Editores EU, Bogotá D.C., Colombia, 2018

**INTRODUCCIÓN A LA
GERENCIA DE PROYECTOS**
CONCEPTOS Y APLICACIÓN

NELSON ANTONIO MORENO MONSALVE
LUZ MARINA SÁNCHEZ AYALA
JOSÉ DIVITT VELOSA GARCÍA

TABLA DE CONTENIDO

Prefacio	9
PRIMERA PARTE: INTRODUCCIÓN A LA GERENCIA DE PROYECTOS	11
El sector de la construcción en Colombia	14
Capítulo 1.	
Conceptos generales de la gerencia de proyectos	17
1.1 Introducción	17
1.2 Definición de proyecto	17
1.3 Definición de gerencia de proyectos	20
1.4 La gerencia de proyectos a lo largo de la historia	22
1.5 Tendencias en la gerencia de proyectos	36
El caso de la Constructora El Quijote: primera parte	53
Capítulo 2.	
Estándares para la gerencia de proyectos	59
2.1 Introducción	59
2.2 El Project Management Institute - PMI®	60
2.3 International Project Management Association - IPMA®	65
2.4 Project Management Association of Japan - PMAJ®	68
2.5 Office of Government Commerce United Kingdom - OGC	70
2.6 BS 6079-1:2010 British Standard	72
2.7 ISO 21500: Guidance on Project Management	76
2.8 Comparación de las metodologías	78
El caso de la Constructora El Quijote: segunda parte	80
RESUMEN PRIMERA PARTE	87
SEGUNDA PARTE: LA TRIPLE RESTRICCIÓN EN LA GERENCIA DE PROYECTOS	89
El canal de Panamá	92
Capítulo 3.	
La gestión del alcance	95
3.1 Introducción	95
3.2 Definición del objetivo y alcance	100
3.3 Recopilar los requisitos	101
3.4 Crear la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)	104
3.5 Acta de constitución del proyecto	105
El caso de la Constructora El Quijote: tercera parte	112

Capítulo 4.	
La gestión del tiempo	119
4.1 Introducción	119
4.2 Gestión del tiempo	121
4.3 Definición de las actividades y la estructura del proyecto	123
4.4 Tareas y paquetes de trabajo	124
4.5 Estimar duración de las actividades y el proyecto.	127
4.6 Program Evaluation and Review Technique (PERT)	133
4.7 Secuenciar las actividades	137
4.8 Definir las relaciones de precedencia	138
4.9 Determinar red del proyecto	140
4.10 Ruta crítica	141
4.11 Especificar diagrama de Gantt	142
4.12 Calendarizar	143
4.13 Establecer el equipo del proyecto	144
4.14 Asignación de recursos, carga de trabajo y rendimientos	146
4.15 Ajustes y cambios en el cronograma inicial	147
4.16 Supervisión y control del cronograma	150
El Caso de la Constructora El Quijote: cuarta parte	156
Capítulo 5.	
La gestión del costo	163
5.1 Introducción	163
5.2 Gestión de costos del proyecto	164
5.3 Inversión inicial	165
5.4 Costos de operación	175
5.5 Técnicas de estimación de costos	182
El caso de la Constructora El Quijote: quinta parte	186
RESUMEN SEGUNDA PARTE	193
TERCERA PARTE:	
CAJA DE HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS	195
El Empire State	198
Capítulo 6.	
Aplicación de herramientas informáticas para la gestión de proyectos	201
6.1 Introducción	201
6.2 Ejercicio de aplicación Constructora El Quijote	202
6.3 Método del valor ganado	232
El Caso de la Constructora El Quijote: sexta parte	244

RESUMEN TERCERA PARTE	255
7. REFERENCIAS	257
8. BIBLIOGRAFÍA	260

PREFACIO

Día tras día la gestión de proyectos se ha ido convirtiendo en uno de los modelos más importantes para la dirección empresarial. La competitividad de los mercados, la necesidad de resultados claros y contundentes, y la búsqueda de alternativas de diferenciación, han hecho que las empresas adopten este tipo de herramientas para aprovechar las oportunidades que el entorno ofrece.

La gestión de proyectos propone la integración del talento humano con otra serie de recursos disímiles unos de los otros, esto hace que dirigir un proyecto no sea una tarea fácil, por el contrario, reta a los líderes a utilizar todas sus habilidades de dirección en pro de lograr el alcance planeado, en el plazo programado y con los recursos asignados.

Este libro se constituye en un punto de partida para aquellas personas que inician el desafiante camino de la gestión de proyectos. El objetivo de la obra es proveerle al lector los conceptos básicos necesarios para comprender esta disciplina y poderla aplicar en la gestión de proyectos en diferentes campos de acción, enfocándose en la obtención de resultados a partir del concepto de la triple restricción.

El libro ha sido dividido en tres partes. La primera parte denominada «Introducción a la gerencia de proyectos», presenta los conceptos básicos, la historia, las metodologías actuales y las tendencias modernas en dirección de proyectos.

En la segunda parte, titulada «La triple restricción en la gerencia de proyectos», el lector tendrá tres capítulos que le explican, de forma detallada y práctica, la mejor manera de gestionar las variables clave que afectan el éxito de los proyectos: alcance, tiempo y costo.

Finalmente, en la tercera parte se explora, a partir de un ejercicio práctico y soportados sobre la herramienta informática *MS – Project®*, el proceso de planeación y control de un proyecto. Así mismo, se desarrolla el concepto de valor ganado.

Esperamos que este libro se constituya en un aporte significativo a su formación personal y profesional, como gerente de proyectos, y le brinde las herramientas necesarias para comprender el marco general de esta disciplina.

LOS AUTORES

PRIMERA PARTE

INTRODUCCIÓN A LA GERENCIA DE PROYECTOS



Fuente. Fotografía del centro de Bogotá, archivo Alcaldía Mayor de Bogotá.

El sector de la construcción ha sido por muchos años un gran impulsor de la economía colombiana. En una década, el sector duplicó su tamaño al pasar de un Producto Interno Bruto (PIB) de 13 billones de pesos en 2001 a 27 billones en 2011, según el informe presentado por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), en 2012. Este sector se compone de dos grandes campos: la construcción de vivienda y la construcción de obras civiles. En ellos se agrupan los proyectos de vivienda, vías, caminos, carreteras, acueductos, puertos, represas, hidroeléctricas, entre otros.

El sector de la construcción en Colombia¹

Durante 2013, el sector de la construcción en Colombia creció un 22,8 %. Para 2014 también mostró una tasa de crecimiento positiva, aunque no en la misma proporción, al crecer un 12,6 %, esto contribuyó al crecimiento del PIB nacional, en momentos en que otros sectores mostraron crecimientos negativos. La construcción sigue siendo uno de los sectores estratégicos para el país por su impacto económico y social, la generación de empleo y el encadenamiento con otros sectores de la economía.

El crecimiento de las obras civiles durante 2014 estuvo alrededor del 11,1 %, y el de la vivienda, en 14,2 % (ANIF, 2015). Teniendo en cuenta el impulso que el Gobierno Nacional ha dado a la construcción de vivienda, este se constituye en un sector de enorme importancia para el país. En el primer trimestre de 2015 existían un poco más de 25 millones de metros cuadrados destinados a la construcción de vivienda; de ellos, el 73,5 % presentaban proyectos en estado de construcción, 14,4 % proyectos paralizados, y 12,1 % proyectos que habían sido terminados.

¹ - La siguiente información, fue tomada de la Cámara Colombiana de la Construcción. En su informe «Perspectiva del sector edificador en Colombia 2016».

Durante 2013, estuvieron en proceso de construcción 701.714 viviendas, de las cuales el 35 %, aproximadamente 245.894, eran de interés social, y el 65 %, aproximadamente 455.820, eran de tipo no VIS (Vivienda de Interés Social). Durante 2014 el número de unidades en proceso de construcción fue

de 721.162, cifra que muestra una tendencia a la baja del 32 % en las VIS y un aumento del 68 % en no VIS.

En lo que se refiere a la vivienda tipo no VIS, en 2013, un 92 % de las obras programadas estaban en proceso y el 8 % eran obras paralizadas o inactivas; durante 2014, el porcentaje de obras inactivas era del 10 % y el de obras en proceso del 90 %.

Para 2016, el Gobierno Nacional ha diseñado el plan de austeridad inteligente, el cual pretende incentivar el crecimiento del PIB a partir de políticas públicas enfocadas a los sectores con mayor impacto. Según este marco, el sector de la construcción se constituye en protagónico para el desarrollo del país, a partir del estímulo generado en la industria y posibilidad de generación de empleo.

CAPÍTULO

1

Conceptos generales de la gerencia de proyectos

1.1 Introducción

Los proyectos han tomado gran relevancia en el mundo debido, principalmente, a sus múltiples aplicaciones en los diferentes campos del saber. Por esta razón muchas personas se están interesando en el estudio de esta disciplina. En este capítulo se desarrollan los conceptos de la gestión de proyectos: su definición, su desarrollo histórico y las tendencias que se esperan para su futuro cercano.

1.2 Definición de proyecto

Un proyecto se puede definir como un conjunto de actividades enfocadas a desarrollar un objetivo específico. Varios autores han abordado este concepto incluyendo en sus definiciones las variables inherentes a esta disciplina, como el tiempo, el alcance y los recursos.

El *Project Management Institute* (2012), define un proyecto como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. El enfoque temporal que presenta esta definición, indica que un proyecto tiene un inicio y un fin, enmarcando las actividades en un tiempo de ejecución específico. Así mismo, los proyectos son diferentes uno de otro, independientemente que persigan objetivos similares. Cada proyecto es único, y no pueden existir dos proyectos iguales. Esta afirmación se soporta en la medida en que cada proyecto debe afrontar sus propios retos, asumiendo la adversidad y la diversidad de riesgos que propone el ambiente en el cual se ejecuta.

Partiendo de esta definición, se puede afirmar que un proyecto finaliza cuando se alcanza el objetivo para el cual fue creado o por el contrario, este objetivo es difícil de conseguir y se decide suspenderlo. Cada proyecto tiene su propia personalidad, plantea sus propios retos y por consiguiente, es único en su naturaleza.

Para Clements (2009), un proyecto es un esfuerzo para lograr un objetivo específico por medio de una serie particular de tareas interrelacionadas y la utilización eficaz de recursos.

La interrelación lógica de actividades y la limitación de recursos son otras de las características particulares de los proyectos. Trabajar con esta serie de restricciones hace que la gestión de proyectos requiera un alto grado de creatividad y recursividad por parte de las personas que la aplican.

Por otra parte, Sapag (2007), define un proyecto como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver una necesidad humana.

Los proyectos surgen como respuesta a una necesidad, pueden estar enfocados a darle solución a un problema o permitirle a una organización aprovechar una oportunidad. Un proyecto pretende satisfacer con su resultado a un individuo o a una comunidad. El lanzamiento de un nuevo producto, la ejecución de una estrategia, la implementación de una nueva tecnología, son ejemplo de lo que se puede considerar como un proyecto.

Para Miranda (2004), un proyecto es un conjunto de medios ejecutados de forma coordinada, con el propósito de alcanzar un objetivo fijado de antemano.

Un proyecto exige el trabajo coordinado de sus recursos, los cuales deben estar alineados en procura de alcanzar un objetivo común. La falta de una adecuada dirección puede generar caos e impactar de manera negativa en los resultados finales ocasionando el fracaso del proyecto y la insatisfacción de los *stakeholders*.

Para que un proyecto sea considerado como exitoso las expectativas del cliente deben ser satisfechas por su resultado final. Sin lugar a dudas, los proyectos, dentro de las organizaciones, generan valor en la medida en que estas expectativas se cumplen. Todas las acciones que se emprendan en una organización deben estar orientadas

a generar bienestar a sus clientes. Finalmente, son ellos la razón de ser de toda organización.

Otra de las líneas que define un proyecto exitoso es la que tiene que ver con la gestión del tiempo y del presupuesto definido para su ejecución. Lograr alcanzar el objetivo trazado, en el tiempo previsto y con los recursos asignados hace que se pueda catalogar el proyecto como un esfuerzo consistente de buena calidad.

Para Gray (2010), un proyecto es un esfuerzo complejo, no rutinario, limitado por el tiempo, en donde su presupuesto y recursos son limitados, y se diseña para cumplir las necesidades del cliente.

1.3 Definición de gerencia de proyectos

Pese a que los proyectos han existido desde siempre, su formalización se ha ido afianzando tan solo desde hace unas pocas décadas. En la actualidad, los líderes empresariales identifican en la gerencia de proyectos un estilo de dirección y de organización del trabajo que se constituye en una herramienta efectiva para alcanzar los objetivos trazados y que por su flexibilidad se alinea de forma precisa con la estrategia de las compañías.

La estructura organizacional centrada en proyectos ha evolucionado, más cuando los líderes entendieron la necesidad de sus empleados de comunicarse y de desarrollar trabajos bajo el esquema colaborativo, lo que permitió integrar las

diferentes áreas empresariales, y en algunos casos, sectores económicos con objetivos y expectativas comunes.

Para Kerzner (2003), la disciplina de la gestión de proyectos ha cambiado mucho con respecto a épocas pasadas. Hoy en día, el gerente de proyectos debe centrar su gestión en tratar de generar valor a las compañías, no solamente se debe dedicar a controlar las variables que componen la triple restricción: alcance, tiempo y costos.

Además de ser un excelente administrador de recursos, debe tener la capacidad de comprender la estrategia organizacional. Finalmente, los proyectos deben surgir como una respuesta a las estrategias planteadas. Los planes de acción se hacen realidad gracias a los proyectos.

El término de gerencia de proyectos hace referencia a todas las actividades que se adelantan en la etapa de ejecución del proyecto, que por la magnitud de las inversiones, por la participación de un número creciente de contratistas animados por el cumplimiento de sus respectivos compromisos, por la diversidad y complejidad de las acciones que se realizan y la secuencia de las mismas, determinan la generación permanente de conflictos entre los diferentes actores, lo cual advierte la necesidad de instaurar un modelo gerencial que dirija y coordine la diferentes actividades encaminadas a garantizar la entrega oportuna del proyecto dentro de las especificaciones de alcance, costo y calidad. (Miranda, 2004).

La gerencia de proyectos exige un alto grado de trabajo de parte de un grupo multidisciplinario de profesionales. El líder de proyectos debe contar con un conjunto de habilidades blandas que garanticen una excelente relación humana. El desempeño del equipo de trabajo dependerá, en gran medida, de las habilidades de su líder, quien será el encargado de alinear y motivar a las personas que lo conforman. No se puede dejar de lado la idea de que los proyectos tienen vida propia porque son ejecutados por seres humanos.

El PMI define la gerencia de proyectos como «la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo». Partiendo de esta definición se pueden identificar algunas competencias que trazan el comportamiento del gerente de proyectos: debe ser una persona con liderazgo, capaz de tomar buenas decisiones, enfocado en los resultados y con una gran habilidad técnica que le permite trabajar bajo presión.

1.4 La gerencia de proyectos a lo largo de la historia

El concepto de gestión de proyectos ha venido evolucionando a la par con la historia de la humanidad. Grandes líderes han ido moldeando esta disciplina dependiendo de los retos y de las necesidades del entorno donde se han visto enfrentados. La gestión como disciplina es una de las más antiguas y se transforma a partir de las experiencias y la formalización teórica.

La historia de la humanidad ha estado enmarcada por grandes pensadores, quienes para desarrollar sus ideas se han enfrentado a grandes proyectos.

En el antiguo Egipto los faraones emprendieron el reto de construir las pirámides. Hoy en día, son consideradas como una de las maravillas del mundo antiguo que sorprenden por su majestuosidad, y siempre surgen preguntas de cómo lograron terminar un proyecto de esta magnitud sin contar con herramientas como las que actualmente se poseen. La organización del trabajo, el liderazgo y la perseverancia son la respuesta.

La Gran Muralla China es otro de los grandes proyectos de la humanidad. La dinastía QIN –221-206 a. C.–, emprendió este reto, el cual es también, hoy en día, un ejemplo de esfuerzo y disciplina así como de organización y trabajo en equipo.

La consolidación de la gestión de proyectos, como actualmente se conoce, comenzó a darse a principios de los años 20. La organización del trabajo en forma de proyecto les dio a las empresas la posibilidad de trazarse objetivos claros, operando con recursos limitados. Así mismo, se diseñaron mecanismos de medición y control. La organización del trabajo les dio la posibilidad, a los equipos de proyecto, de comunicarse, enfocándose en objetivos comunes y desplegando al máximo sus capacidades. El talento humano comienza a desempeñar un papel fundamental para hacer realidad el alcance trazado. Pero es a partir de la década de los años 50 del siglo XX, cuando se empieza a desarrollar

una verdadera disciplina en el área de los proyectos, como campo independiente, aunque relacionado, con la gestión empresarial. A continuación se hace un recorrido por los diferentes hitos que han marcado la historia de la gestión de proyectos así como sus protagonistas (Figura 1.1):

- **La administración científica:** en 1911, Frederick Taylor publica los resultados de su estudio titulado *Principios de la Administración Científica*. A partir de la aplicación del razonamiento científico, pudo concluir que el trabajo puede analizarse si se centra en las partes que lo componen, y a partir de los resultados obtenidos, se pueden generar acciones de mejora. A principios del siglo XX, la única manera que se tenía de aumentar la productividad era a partir del esfuerzo de los trabajadores y el aumento de las horas de trabajo. Taylor se enfocó en la mejora de la eficiencia (Ramírez, 2009).
- **El diagrama de Gantt:** durante la Primera Guerra Mundial, Henry Gantt dedicó sus esfuerzos al estudio del orden de las operaciones. El diagrama de Gantt, que resume de manera sencilla una secuencia de actividades a partir de barras de tareas y marcadores de hitos, es una de las herramientas más utilizadas en la actualidad para el control de proyectos y es un mecanismo eficaz para los gerentes que ha perdurado en el tiempo sin presentar ningún cambio por casi 100 años. Uno de sus primeros usos fue en el proyecto de construcción de la represa Hoover, llevado a cabo en 1931 (Gray, 2010).

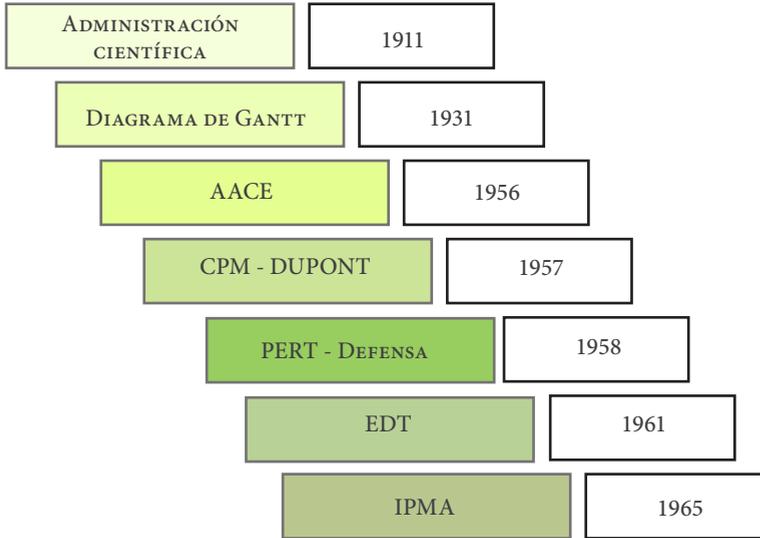
- **La *American Association of Cost Engineers*:** en 1956, los profesionales en gestión de proyectos deciden asociarse al ver la posibilidad de integrar las diferentes disciplinas, como planeación, calendarización y control de costos de tal manera que forman la AACE. En 2006, esta asociación publica el primer proceso integrado de gestión de portafolio, programas y proyectos en el documento titulado «**Marco de gestión de costo total**» (Burbano, 2011).
- **El método de ruta crítica (CPM):** una de las empresas con mayor historia a nivel mundial, *Dupont Corporation*, reconocida por sus rigurosos procesos en investigación y desarrollo, y por su alto grado de innovación, creó en 1957, el modelo CPM. Esta es una técnica que a partir del análisis de la secuencia de actividades, permite predecir la duración total de un proyecto enmarcándolo dentro de un calendario. Esta herramienta fue tan exitosa que hoy en día es una de las más utilizadas en programación y control de proyectos (Miranda, 2000).
- **La técnica de revisión y evaluación de programas (PERT):** muchos de los grandes avances en temas de tecnología y modelos de control provienen de la industria militar. En 1958, la Oficina de Proyectos Especiales de la Armada del Departamento de Defensa de Estados Unidos desarrolló el modelo PERT como parte del proyecto de Polaris, durante la Guerra Fría. El modelo PERT está enfocado a identificar el tiempo optimista, pesimista, esperado

y más probable de duración de las actividades que componen un proyecto (Medellín, 2006).

- **La estructura de desglose de trabajo (EDT):** una de las herramientas más poderosas con las que cuenta hoy en día un gerente de proyectos es la EDT. En 1961, como complemento del modelo PERT, fue creado este nuevo modelo. El Departamento de Defensa de Estados Unidos lo hizo público al finalizar el proyecto Polaris. El objetivo principal de la EDT es representar, a partir de una estructura de árbol jerárquico, los entregables que deben ser completados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, así como los paquetes de trabajo requeridos para hacer realidad estos entregables (Sapag, 2007).
- **International Project Management Association (IPMA):** en 1965, se funda la primera asociación dedicada a la gestión de proyectos: *International Project Management Association*. Comenzó en Viena como una iniciativa para generar redes de trabajo y compartir experiencias en torno a la disciplina de la gestión de proyectos. Registrada en Zúrich, Suiza, y en Nijkerk, Holanda, IPMA es una confederación que comprende más de 50 asociaciones nacionales de gestión de proyectos. Cuenta con más 40 mil miembros en todos los continentes, en su mayoría localizados en Europa (IPMA, 2010).
- **Project Management Institute (PMI®):** es una organización americana de carácter internacional, que

asocia a los profesionales en gerencia de proyectos; tiene presencia en 185 países y su oficina central está ubicada en Filadelfia, Estados Unidos (PMI, 2012).

Figura 1.1 Evolución histórica de los proyectos, 1911-1965.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

- **PROMPT II:** es un método creado por la empresa *Sympact System Ltda.* y fue adoptado por la Agencia Central de Informática y Telecomunicaciones del Reino Unido en 1979, con el propósito de generar directrices para el flujo de fases de un proyecto de *software*, posteriormente se desarrollaría PRINCE II (Murray, 2009).
- **PMBOK:** es el conjunto de conocimientos del *Project Management Institute*, y fue publicado por primera vez en 1987; en 1996 se lanza la primera versión que se actualiza cada cuatro años. Se han lanzado

cinco versiones, la quinta a comienzos de 2013 e incluye diez áreas del conocimiento en gestión: de la integración, del alcance, del tiempo, de los costos, de la calidad, de los recursos humanos, de las comunicaciones, de los riesgos, de las adquisiciones y de los interesados (PMI, 2012).

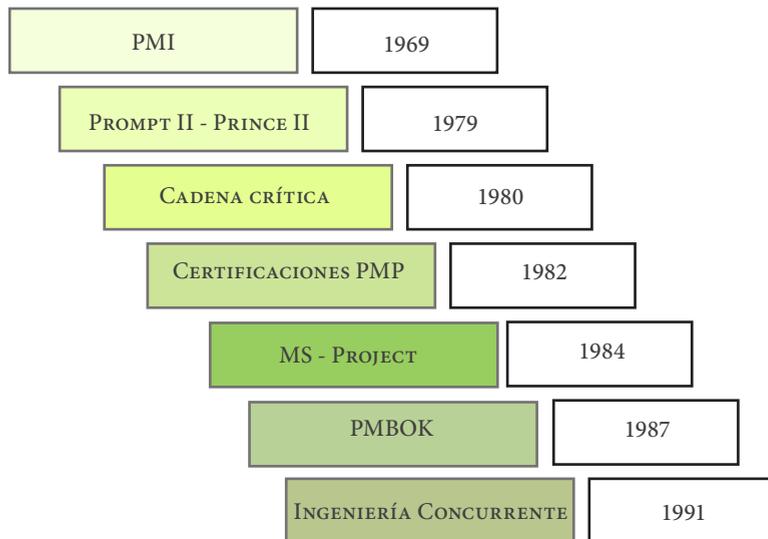
- **EVA:** el valor económico agregado, por sus siglas en inglés *Economic Value Added*, se calcula como la diferencia entre la utilidad operacional y el costo financiero de poseer los activos empleados en la generación de dichas utilidades. Aunque el concepto existe desde el siglo XIX, se popularizó hacia 1991 cuando la compañía consultora *Stern Stewart & Co.*, lo estableció como marca registrada y desarrolló una metodología específica para su uso (Burbano, 2011).
- **MS - Project:** es un *software* para la gestión de proyectos que surgió en 1984, desarrollado por una empresa que trabajaba para Microsoft y que adquirió todos los derechos para desarrollar la versión dos, en 1985. A partir de ese momento han existido muchas versiones, la última de 2013 (Chatfield, 2013).
- **Ingeniería concurrente:** es un enfoque sistemático para el diseño integrado de productos y sus procesos relacionados, incluyendo la fabricación y el apoyo. Este enfoque tiene la intención de hacer que el desarrollador, desde el comienzo, tenga en cuenta los elementos del ciclo de vida del producto,

desde el concepto hasta su eliminación y reciclaje, incluyendo los requisitos de calidad, costo, cronograma y usuario (Albin & Crefeld, 1994). Esto permite disminuir el tiempo y el costo del proyecto además mejorar su calidad. El término de ingeniería concurrente (IC), se establece en la empresa Nissan en 1987, aunque se usaba desde 30 años antes, inclusive muchas empresas estaban trabajando con diferentes conceptos relacionados y de forma un poco dispersa, antes de acuñarse el término específico de IC, su aplicación en los proyectos es de uso más reciente (Barba, 2000).

- **Cadena crítica:** en 1982, aparece la Teoría de las restricciones (*Theory of Constraints* – TOC –) propuesta por Eliyahu Goldratt. En ella se establece que la capacidad de un sistema está limitada por una serie de restricciones o cuellos de botella que pueden ser físicas o de políticas. Esta teoría, que inicialmente se utiliza en manufactura, se empieza a usar también en los proyectos con el nombre de **Gestión de proyectos por cadena crítica – Critical Chain Project Management (CCPM)** – o simplemente *Cadena Crítica*, y se basa en el siguiente proceso:
i) La subordinación a los recursos críticos del proyecto; ii) El uso de las dependencias de los recursos –no siempre implícitos– iii) No se busca una solución óptima; iv) La inserción de **buffers** – amortiguadores–(McMullen, 1998).

- Profesionalización:** hacia la década de los 80 se observa la necesidad de certificar tanto los conocimientos como la experiencia en gestión de proyectos, y es en ese momento cuando el Project Management Institute (PMI®), decide crear la certificación en gestión de proyectos PMP®. En este momento existen seis tipos de certificación, que deben ser renovadas periódicamente. Otras instituciones, como IPMA, PMAJ, OGC², también ofrecen certificaciones en proyectos. Posteriormente, las instituciones de educación superior, deciden ofrecer títulos profesionales de educación formal en el campo de la Gerencia de proyectos (PMI, 2012).

Figura 1.2 Evolución histórica de los proyectos 1969-1991.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

² Para más detalles ver el capítulo 2.

- **Inicios de los 90:** mientras que la década de los 80 fue la calidad, y la década del 90 era todo acerca de la globalización y los efectos del medio que influenciaban el éxito o el fracaso de los proyectos, la década de 2000, hasta hoy, están a punto de velocidad y del conocimiento. Algunos de los elementos que se desarrollaron o llegaron a su máximo esplendor en la década de los 90 fueron: i) gestión del riesgo; ii) externalidades y medio donde se desarrollan los proyectos; iii) aseguramiento total de la calidad – TQM; iv) cierre y calendario – Ruta crítica/MS Project / Ingeniería concurrente–; v) consolidación de filosofías; vi) fin de las tecnologías básicas y blandas; vii) recurso humano –profesionalización en proyectos– (Klastorin, 2005).

A principios de los 90 se observa la consolidación de diferentes filosofías en torno a los elementos fundamentales de proyectos, entre ellos, la gestión del riesgo, los conceptos de calidad, las herramientas tecnológicas básicas y las competencias de los profesionales del área. En 1989 sale a la luz la primera versión de *Projects In Controlled Environments (PRINCE 2)*, como una primera aproximación a una metodología aplicada a la gestión de proyectos del gobierno británico basado en PROMPTII, pero muchos la consideraron muy compleja para proyectos de poca envergadura.

Simultáneamente, la técnica de valor ganado – ***Earned Value Management*** EV–, es involucrada en las herramientas de gestión de proyectos e incluida en PMBOK® de 1998, aunque desde el principio del siglo muchas empresas ya conocían de su potencial en el seguimiento a proyectos, solamente desde esa fecha se empezó a utilizar sistemáticamente y hoy presenta cambios.

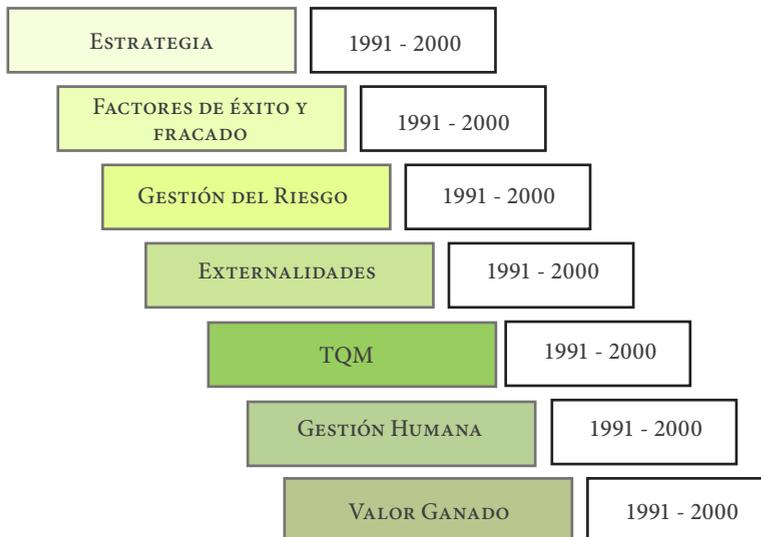
En la búsqueda de tener mayor información de las diferentes metodologías y su impacto en los proyectos, en 1998 sale la primera edición de CHAOS. En el reporte se establecen algunos indicadores para garantizar la calidad de los proyectos IT y minimizar el riesgo de fracaso. A finales de los 90 se especializan las actividades relacionadas con el uso de herramientas básicas, entre ellas CPM o la Administración de la ruta crítica; en 1997 pasa a convertirse en metodologías aplicadas a la producción (Medellín, 2006).

En esta década se inicia un proceso de consolidación de los diferentes estándares, cuando algunas entidades comienzan procesos de estandarización, es así como en 1998 tanto la IEEE como la ANSI adoptan el estándar PMBOK®.

Uno de los grandes aportes de estas dos décadas, es el desarrollo de la tecnología básica para la gestión de proyecto como *software* especializado que va creciendo en la medida que se desarrollan

las máquinas y los sistemas de cómputo. *Microsoft Project MS Project*® nace a mediados de los años 80 luego de que Microsoft comprara la empresa diseñadora de la primera versión para DOS. Solamente hasta 1990 se lanza al mercado la primera versión para Windows, que se ha seguido actualizando cada vez que sale al mercado un nuevo paquete de Office. Igualmente, Primavera®, es comercializado al inicio por la empresa fundadora, Primavera Systems, Inc. y luego es comprada por otras como *software* de manejo de portafolio de mercados hasta que finalmente en 2008 es adquirida por *Oracle Corporation* (Toro, López, 2012 (Figura 1.3).

Figura 1.3 Evolución histórica de los proyectos 1991-2000.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

- **Consolidación de herramientas al principio del siglo XXI:** las características de los primeros años de este siglo enfocan la gestión de proyectos en temas que brindan a la organización puntos de fortalecimiento en su estrategia empresarial, ya sea de flexibilidad, velocidad, costos o diferenciación. Entre estos elementos se destacan: i) garantía / gobierno empresarial; ii) beneficios y valor; iii) rendimiento de la gestión; iv) organización –comentarios / resúmenes–; v) gestión del conocimiento / aprendizaje de la organización (PMO).

A principios de este siglo, la cantidad de información y el vínculo entre las diferentes áreas e interés en la gestión de proyectos ha llevado a mejorar la documentación y procesos que garanticen la calidad y las buenas prácticas. Particularmente, instituciones certificadoras actualizan sus estándares, y es así como PMI® lanza su cuarta edición del PMBOK®, donde se evidenciaba un reemplazo del plan maestro que se retomó en la quinta edición lanzada al inicio de 2013, donde adicionalmente se incorporó Gestión de los interesados del proyecto. Este tema refleja la tendencia a involucrarse más con los entes que afectan el proyecto.

Con este mismo principio se afianza otra tendencia de manejo de organización que es el trabajo por procesos, la ISO, con lo cual el Modelo de organización y gestión se internacionaliza; herramientas como el *Balanced Scorecard*, traducido al español como Cuadro de mando integral, indicadores de gestión, sistemas integrados de calidad y normativas de estandarización, se imponen en las empresas y por consiguiente, en los proyectos. Esto refleja el intento de las organizaciones para poder visualizar y controlar el negocio de una forma más ágil.

Las organizaciones, como parte de su necesidad de garantizar la calidad tanto de los productos entregados como el mismo desarrollo del proyecto, han establecido un grupo de certificaciones que evalúan determinadas áreas y procedimientos, lo que ha llevado a certificar a su personal para garantizar las competencias necesarias de desempeño.

Varios modelos de organización evolucionaron durante este periodo, pero todos ellos comparten una estructura común. El proyecto está dirigido por un director de proyecto, que reúne un equipo y garantiza la integración y la comunicación del flujo de trabajo horizontalmente a través de diferentes departamentos. Esto ha hecho que la información y el conocimiento lleven a que se incremente su valor y por consiguiente, una gestión que permee todos los niveles de la organización, por lo que el tema de gestión del conocimiento se ha convertido en un campo de gran interés para los estudiosos de los proyectos.

También se busca que los proyectos en los que se involucran las organizaciones les generen el máximo beneficio y por tanto, los proyectos se conviertan en un instrumento para la creación de valor en las organizaciones y deben estar alineados con las políticas y el gobierno corporativo, por lo que ha surgido un nuevo campo de estudio en el tema de los proyectos denominado gobernabilidad, que busca que la alta dirección adquiera información oportuna y confiable sobre las inversiones realizadas en las empresas a través de sus proyectos, programas y portafolios (Figura 1.4).

Figura 1.4 Evolución histórica de los proyectos 2000-2014.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

1.5 Tendencias en la gerencia de proyectos

El campo de los proyectos se ve influenciado por los desarrollos que se lleven a cabo en el entorno mundial, nacional o regional, puesto que todos los campos del conocimiento generan proyectos. Desde esta perspectiva, las tendencias en estos entornos permiten prever el tipo de proyectos que se podrían desarrollar en el futuro y los campos de estudio en donde se debe concentrar la gestión de proyectos.

En este apartado se realiza una revisión de las tendencias a nivel general que pueden influenciar el campo del conocimiento, dividido en tres grupos: las tendencias globales, que permiten establecer hacia dónde va el mundo

y qué tipos de proyectos se desarrollarán en el futuro; las tendencias organizacionales, teniendo en cuenta que los proyectos se desarrollan en las empresas es importante conocer sus características, lo que permite determinar en qué forma se ejecutarán los proyectos en las empresas; finalmente, las tendencias en el talento humano como pilar fundamental para el logro de proyectos exitosos.

1.5.1 Tendencias globales

En este momento se están generando una serie de tendencias globales que afectan en forma sustancial los proyectos que se están desarrollando en el mundo. Desde estas tendencias se plantea una fuente importante para la generación de proyectos, muchos de ellos innovadores o de tamaños y complejidades más grandes para resolver los problemas que se plantean hoy en día en la humanidad. Dentro de las tendencias más importantes en el mundo se encuentran las siguientes:

- **Reparación del medio ambiente:** este es uno de los grandes retos del siglo XXI, por tanto, surgirán gran cantidad de proyectos en el tema de la prevención de los impactos y la recuperación del medio ambiente, principalmente con lo que tiene que ver con biocombustibles, tecnologías de producción limpias, ecodiseño, edificios verdes, búsqueda de nuevas fuentes de agua y grandes proyectos de recuperación de fuentes hídricas y bosques (UNESCO, 2009).

- **Gobierno en línea:** muchos de los trámites que los ciudadanos deben hacer en las entidades gubernamentales, sean de orden nacional o regional, se realizarán vía Internet, y se espera que en un futuro próximo la totalidad de estos trámites se adelanten por este medio, lo que significa que para el futuro los gobiernos de los países emprendan grandes proyectos de desarrollo en este tema.
- **Envejecimiento de la población:** al iniciar el siglo XX, la esperanza de vida promedio de la población mundial era de 29 años. En 2010 este número había aumentado hasta los 69 años, y se espera que para 2050 la esperanza de vida haya aumentado hasta los 76 años y que al finalizar el siglo XXI este dato se encuentre alrededor de los 89 años para los países desarrollados y los 81 países en vías desarrollo (Organización Mundial de la Salud, OMS, 2013). Con estos antecedentes, uno de los grandes retos es el de generar desarrollos en todos los aspectos: salud, recreación, y bienestar en general para las personas mayores, lo que significa la construcción de hospitales, obras de infraestructura turística y recreacional.
- **Ciudades más grandes:** en este momento se estima que aproximadamente el 40% de la población mundial vive en las ciudades, y para 2050 se espera que este porcentaje aumente hasta un 70%. Esto significa, para el mundo, la concepción de nuevos modelos de ciudad y con ello, grandes proyectos

de infraestructura, tendencia al crecimiento vertical, construcciones ambientalmente sostenibles –uso de energías alternativas, producción de oxígeno y optimización en el uso de agua–, proyectos de transporte y movilidad en las ciudades (World Bank; International Monetary Fund, 2013).

- **Escasez de petróleo y energía:** la economía mundial y su movimiento dependen del petróleo, pero las reservas son limitadas, y en cambio, la demanda continúa en aumento debido principalmente al crecimiento de algunas economías, especialmente la de China y los países emergentes. Esta situación lleva a pensar en una inminente escasez de petróleo y por tanto, en la búsqueda de nuevas fuentes de energía (Agencia Internacional de Energía, 2014).
- **Escasez del agua:** de acuerdo con la declaración de Bonn sobre la seguridad global del agua (2013), en muy poco tiempo, una o dos generaciones, la humanidad se verá abocada a una fuerte escasez de agua potable, particularmente por el uso que se le está dando actualmente. Esta situación hace que sea necesario pensar en por lo menos tres opciones: la primera, la búsqueda de fuentes alternativas de agua; la segunda, encontrar fuentes de potabilización del agua; y la tercera, la optimización de los recursos actuales (*Global Water System Project*, 2013).

Esa preocupación llevó al *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2010) y 29 empresas líderes en el mundo, a plantear la Visión 2050 con el propósito de evaluar propuestas para un mundo sostenible. Dentro de los planteamientos de esta visión se encuentran nueve aspectos y cada uno de ellos evidencian una serie de proyectos que se pueden desarrollar para lograr el objetivo general. Los nueve campos de trabajo son los siguientes:

- **Valores de las personas:** se plantea un cambio en la mentalidad de las personas que lleven a la toma de conciencia sobre el cuidado planetario, pero este cambio debe estar acompañado de una serie de incentivos que lo faciliten.
- **Desarrollo humano:** en este campo se plantean una serie de retos importantes: el primero de ellos es el acceso a los servicios básicos para toda la población; el segundo es la mejora de las oportunidades para la población que envejece; y el tercero está relacionado con la gestión urbana integral.
- **Economía:** desde esta perspectiva se plantea que las empresas deben generar procesos de liderazgo local y global, establecer modelos financieros de largo plazo y crear mecanismos para la difusión de las diferentes tecnologías desarrolladas en el mundo.
- **Agricultura:** en este sentido, y teniendo en cuenta la importancia del abastecimiento de alimentos en el mundo, se requiere la formación de los agricultores

para mejorar los rendimientos, usar mejor el agua, generar investigación y desarrollo que permita nuevos cultivos: productos y procesos.

- **Bosques:** para el tema relacionado con los bosques se buscan dos objetivos muy importantes: el primero es reducir los niveles de carbono, y el segundo, buscar mejoras en el rendimiento a través del control de la demanda de los productos cuya materia prima principal es la madera, posiblemente mediante la transición hacia otro tipo de materiales, ya que se estima que el consumo de madera puede duplicarse hacia 2050 con el consecuente impacto.
- **Energía y electricidad:** dentro de este campo se establecen dos acciones importantes: la primera es la gestión de los gases de efecto invernadero; y la otra es hacer viables las energías renovables desde la obtención, principalmente desde el costo para poder masificar otros tipos de energía diferentes a las tradicionales.
- **Edificios:** el sector de la construcción debe estar concentrado hacia la eficiencia energética a través de la construcción de edificios inteligentes que optimicen el uso de la energía y de otros recursos como el agua, además de edificios verdes que contribuyan al mejoramiento del medio ambiente.

- **Movilidad:** es uno de los cambios más importantes en lo que se refiere a los sistemas masivos de transporte, haciendo una transición de los combustibles tradicionales a los biocombustibles; también se deben buscar soluciones para el transporte urbano a partir de sistemas integrales, uniendo la planificación de los sistemas urbanos con los rurales y a su vez, unificándolos con otros medios como el férreo y el aéreo.
- **Materiales:** búsqueda de nuevas alternativas de materiales, para concentrarse en los biodegradables y en la reutilización de los demás, así como la optimización en los costos y el uso de los recursos para su obtención.

1.5.2 Tendencias organizacionales

Muchos proyectos se desarrollan dentro de las organizaciones y las tendencias que en ellas ocurren afectan la forma como se llevan a cabo, puesto que las características propias de las organizaciones transfieren esas características a la manera como gestionan y orientan los proyectos. Tendencias como la globalización, la virtualización y la internacionalización han impactado la forma como se desarrollan los proyectos. Hoy, más que nunca, es factible desarrollar proyectos con personas ubicadas en diferentes lugares del mundo, de múltiples culturas y que se comunican en idiomas distintos.

A pesar de que es casi imposible determinar todos los factores que influyen directamente en las empresas, existen cuatro aspectos que configuran sus características: la estructura, la gestión de los procesos, la forma como genera valor y la relación con el entorno (Klein & Kozlowski, 2000).

A. Estructura: las empresas actuales han hecho grandes transformaciones en su estructura, pasando de ser funcionales a planas, dinámicas y distribuidas. Sobresalen estructuras horizontales, organizadas en redes, dinámicas y virtuales, acordes con la sociedad actual. Las organizaciones modernas han desarrollado sistemas de control y de gestión para manejar sus procesos y estrategia.

Debido al alcance que se le ha dado a la tecnología, las personas pueden hacer teletrabajo realizando sus labores sin necesariamente estar de forma presencial. En las organizaciones modernas se brinda una mayor flexibilidad. Los superiores consultan más a los trabajadores de niveles inferiores, el salario y la responsabilidad están más ligados a la antigüedad y se evalúa el rendimiento de los grupos en general y no tanto individualmente. Las tres características que más están marcando la estructura de las organizaciones modernas son las siguientes:

B. Plana: esto se refiere a menos niveles burocráticos. Los trabajadores son facultados para tomar decisiones de forma autónoma, siguiendo los lineamientos establecidos por el modelo de Gestión total de calidad. Existen menos diferencias en la responsabilidad entre

los diferentes niveles de dirección. La necesidad de la velocidad en los procesos, como el caso de justo a tiempo, hace necesario capacitar a los empleados en procesos de toma de decisiones y a volverse multifuncionales, lo que significa que se necesitan menos administradores. Cambios en la tecnología de la información significa menos necesidad de las funciones de comunicación y de control de los mandos medios.

C. Conectada: las organizaciones necesitan estar más conectadas con sus *stakeholders* –grupos interesados–. Alianzas estratégicas, socios, agremiaciones y entidades gubernamentales han fomentado relaciones perdurables con sus proveedores, socios y clientes. Pero para mantener estas relaciones se han diseñado diferentes sistemas y procedimientos apoyados en las nuevas tecnologías de la información, algunos de ellos son CRM, ERP, *Supply Chain Management*³. Esto se ve reflejado, sobre todo, en el trabajo en grupo, la relación cliente empresa, las actividades distribuidas que cambian rápidamente las necesidades del cliente y las ofertas de la competencia.

D. Outsourcing: como medio fundamental para reducir costos, buscar procesos especializados y de alta calidad, y dar flexibilidad en la realización de actividades nucleares, las organizaciones han subcontratado muchos de los procesos que son de apoyo a su labor principal. Esto también va encadenado a reducción de personal como estrategia conjunta para mejorar sus procesos.

³ *Customer Relationship Management (CRM):*
Gestión de las Relaciones con los Clientes.

Enterprise Resourcing Planning (ERP):
Planeación de Recursos Empresariales.

Supply Chain Management: Cadena de Suministro.

E. Gestión de procesos: ya que ha venido cambiando la forma como las organizaciones han enfocado su estrategia funcional a la de gestión de sus procesos, se han desarrollado diversas tácticas y acciones para adaptarse a los cambios de las organizaciones, en donde el cliente es el centro de su actividad y hay un enfoque de racionalidad hacia la efectividad y la eficiencia.

Ya sea desde las agremiaciones o el Estado o desde la misma empresa que requiere de sistemas estructurados de gestión, se han desarrollado diferentes propuestas, entre ellas se pueden mencionar: normas ISO⁴, ITIL⁵, PMI⁶, CMMI⁷, Seis Sigma⁸, TPM⁹, TOC¹⁰, entre muchas otras que se han diseñado para áreas específicas.

El reconocimiento de los procesos de negocio ha hecho reducciones significativas en tiempo, recursos y dinero para la realización de sus procesos mientras provee alta calidad y mayor satisfacción entre clientes y empleados. Los clientes ahora son más demandantes en calidad y en su satisfacción, ellos no toleran baja calidad o mal servicio, y por ello los mecanismos de mejoramiento son necesarios.

F. Generación de valor: las estrategias se han encaminado a incrementar el valor de las empresas y han identificado en ellas diversas formas de valor basadas en los recursos y en la misión de su negocio. El conocimiento, el *good wil*, la relación con sus clientes, la infraestructura, su poder de negociación y sus recursos humanos y económicos, son algunos ejemplos donde las empresas han obtenido

⁴ International Organization for Standardization (ISO): organismo encargado de promover el desarrollo de las normas internacionales.

⁵ Information Technology Infrastructure Library (ITIL): conjunto de prácticas para el desarrollo de proyectos en el campo de las tecnologías de la información y la comunicación.

⁶ Project Management Institute (PMI): organismo que agrupa profesionales en gestión de proyectos y genera estándares para la práctica de esta disciplina.

⁷ Capability Maturity Model Integration (CMMI): técnica de mejoramiento para los procesos de desarrollo de software.

⁸ Seis Sigma: metodología para mejoramiento de procesos cuyo objetivo es llegar a un nivel de 3,4 defectos por cada millón.

⁹ Total Productive Maintenance (TPM): filosofía de producción enfocada a la eliminación de pérdidas de la empresa originadas en errores de la producción, debido a problemas con los equipos.

¹⁰ Theory of Constraints (TOC): teoría de mejoramiento del flujo de la producción, basada en el concepto de cuellos de botella.

su valor empresarial. Sin embargo, para mantenerse e incrementar el valor han tenido que proponer diferentes tipos de estrategias, entre ellas: la flexibilidad y adaptabilidad a los mercados y clientes; la asimilación de tecnología de la información; y el fomento de la economía y de la distribución del conocimiento.

El EVA¹¹, como un indicador de acumulación de valor económico, se queda corto para evaluar el desempeño en todos los campos que pueden generar un aumento en la competitividad de una empresa y no necesariamente basados en el componente económico, en el que los mercados emergentes han aumentado su poder global, demostrando que la transformación es la clave en la recuperación, mejorando los lazos del gobierno con el sector privado y fomentando la innovación y la tecnología.

G. Relación con el entorno: es indudable que una de las grandes tendencias que ha revolucionado las organizaciones ha sido la globalización. Ventas, fabricación, distribución e investigación son ahora involucradas en un concepto transnacional. La definición de aldea global de McLuhan¹², conllevó a un mercado laboral cada vez más extendido y a clientes con diversas necesidades, creación de leyes y organismos de control y formación de nuevos servicios de apoyo como el transporte eficiente.

¹¹ Valor Económico Agregado, herramienta para toma de decisiones financieras.

¹² Se atribuye a Herbert Marshall MacLuhan el término de aldea global, para referirse a la interconexión de las personas de todo el mundo a través de la tecnología informática.

H. La globalización pensada como estrategia: reduce costos de manufactura, mejora de la calidad del transporte y de la comunicación internacional, y sobrelleva la búsqueda de mercados no saturados.

El impacto ambiental de la industrialización y de efectos sobre el medio ambiente de una sociedad consumista, ha hecho que muchas empresas piensen en convertirse en empresas verdes o al menos sus productos o servicios, respetando el medio ambiente e incorporando tecnologías limpias como una ventaja competitiva. Indicadores como la huella hídrica¹³ o la huella de CO₂¹⁴, son ahora incorporados como mecanismos para regular el impacto ambiental y métodos que valor empresarial.

1.5.3 Tendencias en talento humano

Sin lugar a dudas, el talento humano constituye uno de los principales recursos para garantizar el éxito de los proyectos y el crecimiento de las organizaciones. Contar con un equipo de trabajo especializado, creativo y enfocado a los resultados es una de las principales ventajas competitivas que puede llegar a tener una empresa.

Hoy en día es discutible la necesidad de alinear los grupos de trabajo con los objetivos planteados en el plan estratégico de la organización. La principal tendencia es la de contratar profesionales especializados y capacitados que sean capaces de entender la estrategia de la empresa, se sientan comprometidos con ella y estén en capacidad de hacerla realidad. Las personas se contratan en un rol de consultor

¹³ Huella hídrica: es el volumen de agua usado por una empresa para producir un bien o servicio, o por un individuo o comunidad para su subsistencia.

¹⁴ Huella de carbono (CO₂): cantidad de gases de efecto invernadero generados por una empresa para producir un bien o servicio o por un individuo o comunidad para su subsistencia.

interno, más que como colaboradores, pretendiendo recibir un servicio de primer nivel que ayude a la empresa a crecer, generando valor e impacto en el mercado objetivo.

A la luz de la gerencia de proyectos, se puede encontrar que no es nada diferente a la del enfoque empresarial, más cuando los proyectos se conciben para darle vida a las estrategias organizacionales. Un proyecto requiere personas capaces y comprometidas, que vean oportunidades para hacer crecer las organizaciones con sus resultados. No se puede pretender que un proyecto no tenga objetivos claros y enmarcados en el tiempo, características propias de los planes de acción.

Dentro de las tendencias en el tema relacionado con las personas en la gestión de proyectos se encuentran las siguientes:

- **Alineación entre personal y organización:** en general, las personas que participen en el desarrollo de los proyectos deben tener una alineación clara con las organizaciones, lo que permite su constante crecimiento.
- **Estructura organizacional:** se encuentra que la flexibilidad es quizás la principal característica. Como se explicó anteriormente, una estructura flexible permite organizar los esquemas de trabajo y el uso adecuado de los recursos humanos con el fin de mejorar la competitividad. Los cambios permanentes de la economía obligan a las empresas

a estar en constante evolución entendiendo la importancia del recurso humano; por consiguiente, su transformación debe ser adecuada. La gerencia de proyectos brinda una estructura que se enfoca en la consecución de resultados; permitiendo la flexibilización de los procesos.

- **El empoderamiento del individuo:** el alto grado de compromiso para con los objetivos trazados permite mejorar la toma de decisiones en los proyectos. Descentralizar el liderazgo y mejorar la comunicación hace que las decisiones que afectan el proyecto fluyan de manera ágil, mejorando así los tiempos de respuesta y por consiguiente, la calidad. Para lograr este escenario optimista, es necesario que los equipos de trabajo cuenten con un líder capaz de motivar y llevar a las personas a alcanzar una visión. Con esto no se quiere decir que el proyecto no requiera un gerente, por el contrario, es de suma importancia contar con un líder experimentado y capaz, pues su nuevo rol estará orientado a sacar lo mejor de su equipo de trabajo a partir de la motivación y el empoderamiento.
- **La generación de espacios donde se pueda gestar una cultura participativa:** la esencia de los proyectos está enmarcada por la generación de conocimiento y la multiculturalidad. Valorar las ideas de los demás hace que se fortalezca el trabajo en equipo y aumenten las sinergias entre los grupos de trabajo. Los procesos de transferencia de conocimiento y de

solución de problemas parten de la socialización de las experiencias, pues no podemos olvidar, que en este campo, una de las capacidades más valoradas es precisamente el número de participaciones en proyectos.

- **Motivación del equipo de trabajo:** a partir del reconocimiento por el logro de resultados se puede también aumentar el compromiso. Los modelos represivos de gestión pasan hoy a un segundo plano, la tendencia humanista centrada en el bienestar del individuo crea una estrecha relación gana-gana entre los integrantes del proyecto, beneficiando de esta forma la calidad de los productos entregados. Una persona motivada aumenta su productividad y el grado de compromiso, por lo que en general se pueden esperar mejores resultados.
- **Capacitación:** el tiempo y el esfuerzo dedicado a capacitar y desarrollar un equipo de trabajo capaz y competitivo, es bastante alto; por ello, las empresas se han dado a la tarea de valorar su capital más importante: las personas. La correcta administración del personal es, hoy en día, una de las tareas decisivas del crecimiento empresarial, por consiguiente, se constituye en un reto y muchas veces en un cambio de mentalidad. No se puede dejar de lado las curvas de aprendizaje, pues lograr el alto desempeño es, finalmente, una gran inversión y como tal hay que cuidarla. Para una empresa resulta bastante costoso prescindir de un colaborador. En los proyectos, a

pesar de su característica de temporalidad, hoy en día se busca trabajar con equipos permanentes y estables en su estructura.

- **Comportamiento organizacional:** cada persona es un fenómeno sujeto a la influencia de muchas variables, entre ellas, las diferencias en cuanto a aptitudes y patrones de comportamiento que, en las empresas en general y, en los proyectos en particular, son muy diversos. Si las organizaciones se componen de personas, el análisis de estas constituye el elemento básico para su estudio.
- **Formación por competencias:** en la gestión de proyectos también se debe velar por la calidad del producto a partir de la estimulación de las capacidades y competencias del talento humano involucrado. La capacitación permanente y la adopción de buenas prácticas de trabajo garantizan, sin duda, la calidad del producto final. Es conveniente incluir dentro del presupuesto del proyecto un rubro dedicado a la capacitación y actualización del personal. En ocasiones, a pesar de tener la capacidad de adquirir el conocimiento, no es fácil encontrarlo o integrarlo al proyecto, por consiguiente, se hace necesario capacitar alguna de las personas que conforma el equipo.
- **Trabajo colaborativo:** el desarrollo de las tecnologías de la información marca una nueva pauta para la gestión de proyectos. El trabajo colaborativo soportado por medio de las redes virtuales hace

que se puedan desarrollar los productos de manera conjunta en diferentes países. Hoy en día es común encontrar varias empresas trabajando en equipo, cada una desarrollando un insumo para obtener un producto en común. La especialización del trabajo hace que las diferentes partes se dediquen a su experticia, para que posteriormente se puedan integrar en un único resultado.

- **Capacidad de liderazgo gerencial:** los gerentes de proyecto deben estar en capacidad de liderar grupos multidisciplinarios, de utilizar técnicas y conceptos de administración de personal para mejorar la productividad y el desempeño en el trabajo, con el fin de impactar de manera positiva en el comportamiento de las personas, permitiendo así que los objetivos del proyecto se cumplan. Más que un gerente represivo se necesita es un líder motivador.

El caso de la Constructora El Quijote

Primera parte: definición del proyecto



El inicio de la constructora

Justamente cuando llegaba el hombre a la Luna el 20 de julio de 1969, Alonso Quijada de Salazar al ver esta gran hazaña lograda por los sueños de muchos hombres, y cansado de trabajar en una empresa cementera tradicional y anquilosada en máquinas ruidosas y muy contaminantes, tomó la decisión de emprender un proyecto de vida: formar una empresa que hiciera realidad muchos de los sueños de los colombianos de esa época: tener casa propia.

Inicialmente, utilizó un terreno que la familia tenía en las laderas de los cerros del norte de Bogotá; se loteó y con el pago de parte de estos se construyó un grupo de casas. Sin embargo, este tipo de estrategias tenían que ser muy bien planeadas para no quedarse ilíquidos o endeudarse más de

lo que pudiera producir este negocio. En esa época, y para ayudar en el diseño de la estrategia empresarial, Quijada conoció a su principal socio, Santiago Choan Pantoja Zamora, apodado Sancho Panza, un financiero muy conocedor del sector inmobiliario.

El condominio Dulcinea, su primer proyecto

Este primer proyecto inició muy lento y con poca rentabilidad, sin embargo, a principios de los años 70 tuvo un dinamismo excepcional. Se consolidaba el UPAC como un sistema de valor constante para ahorros y préstamos de vivienda, que hizo que se dinamizara el sector y el flujo de caja del proyecto. Particularmente, el proyecto del condominio Dulcinea fue un compendio de buenas prácticas que muchas veces se trataron de implementar en nuevos proyectos de forma infructuosa. Otro elemento de esta época de oro, fue la estrecha relación con nuevas corporaciones de ahorro que apalancaban nuevos proyectos, consolidando a El Quijote como una constructora exitosa

Los gigantes de la apertura económica

Gracias a las buenas experiencias de proyecto del condominio Dulcinea y muchas obras urbanísticas de los 80, la empresa se logró organizar en dos portafolios: el dedicado a soluciones de vivienda, y el destinado a las obras civiles. Ambos portafolios lograron su esplendor a finales de esta misma década. Con la visión técnica de Santiago se organizó una primera estrategia

de proyectos, una combinación de la estructura de PMBOK® sobre algunos numerales de la primera edición publicada en 1987 y algunos de los siete principios de PRINCE que se estaban implementando en el Reino Unido, y que llegaron a la dirección de la empresa gracias a un proveedor de maquinaria pesada.

Sin embargo, los días de advenimiento y crecimiento se vieron interrumpidos por la crisis económica que se generó debido a la apertura económica y la crisis financiera al finalizar la década de los 90. En 1998, la crisis de la banca se profundizó, las corporaciones de ahorro presentaron dificultades y muchas de ellas cerraron sus operaciones, una de las CAV más importantes del país fue intervenida; esta entidad, que había nacido con el sistema UPAC en 1972, agrupaba a muchos de los contratistas que fueron fuertemente golpeados económicamente.

Aunque el tener una estructura para la gestión de proyectos le fue muy útil a la Constructora El Quijote, organizarse y soportar las dificultades económicas no fue fácil, muchos de los proyectos quedaron inconclusos. Entraron al país empresas extranjeras de construcción de gran tamaño que hicieron replantear la estrategia que tenía esta empresa.

La Ínsula Barataria

Aunque la constructora no cerró ninguna de las dos líneas de negocio, la de obra civil quedó casi estancada. Pero el futuro de la línea de vivienda tendría buenas noticias: la aprobación

de una nueva ley de vivienda a finales de los 90 buscó corregir lo causado por el UPAC. La creación de estímulos, tanto a compradores como a constructores y la modificación del esquema de financiamiento, permitió alcanzar niveles de desarrollo por encima de lo esperado, pues en 2000 se logró 12,57 % de crecimiento en las licencias de construcción.

Para principios del nuevo siglo aparece en el país una tendencia de construcción de centros comerciales que haría que muchas de las empresas constructoras se aliaran para poder responder con proyectos de inversión más grande que su capacidad de endeudamiento. La Constructora El Quijote, junto con un importante aliado, fueron encargados de la construcción de uno de los mayores centros comerciales de Bogotá en un sector alejado del centro pero con un gran potencial de urbanización; este se llamaría Ínsula Barataria, y para conseguir recursos optaron por cotizar en el mercado bursátil y vender acciones.

Al principio el proyecto marchó muy bien, sin embargo, la crisis financiera de 2008 originada en Estados Unidos hizo retroceder tanto el proyecto como la constructora hasta quedar estancada por más de cinco años; afortunadamente algunas obras civiles de infraestructura, en consorcio con su antiguo aliado de maquinaria pesada de Inglaterra, salvaron de la iliquidez a la empresa.

La asesora Sierra Moreno

Una serie de eventos hicieron que la Constructora pudiera recuperarse rápidamente: la creación del subsidio a la tasa de

los créditos hipotecarios en 2009, los estímulos del gobierno para la vivienda de interés social y las políticas de creación de infraestructura que apoyaran los sectores estratégicos del país, lograron propiciar un aumento importante en el sector de la construcción.

Nuevamente la Constructora empezó a crecer, y con la experiencia del pasado, la junta decidió contratar a la asesora Sierra Moreno para que les ayudara a consolidar un esquema de gestión de proyectos que blindara a la organización de los problemas que en el pasado casi la hicieron cerrar. Para ello, la asesora Sierra Moreno realizó un análisis interno y externo, y estudió entre las metodologías de gestión de proyectos, cuál sería la más pertinente para la empresa, su futuro y el del país.

Preguntas de discusión

- ¿Cuáles son las características de Ínsula Barataria que hacen que se enmarque bajo un esquema de proyecto?
- ¿Considera que esta empresa debe adoptar un modelo de gestión de proyectos para su funcionamiento?
- ¿Cuáles tendencias globales, organizacionales y de talento humano, bajo el enfoque de gerencia de proyectos, han afectado a la Constructora El Quijote?

CAPÍTULO

2

**Estándares para la
gerencia de proyectos**

2.1 Introducción

Los proyectos que se desarrollan en el mundo, cada día son más complejos, y durante su planeación y ejecución se presentan situaciones que generan aprendizajes para futuros proyectos, enriqueciendo el cuerpo del conocimiento.

Como se describió en la evolución histórica, se han venido creando instituciones encargadas de agrupar a los profesionales de este campo en diferentes lugares del mundo, lo que ha permitido crear metodologías y procedimientos formativos que han mejorado los procesos alrededor de la práctica de la gerencia de proyectos. En este capítulo se describen algunas de las instituciones que se han destacado en este tema y los estándares y certificaciones que ellos proponen.

2.2 El Project Management Institute (PMI®)

El PMI® es una organización norteamericana de carácter internacional, que asocia a los profesionales en gerencia de proyectos. Tiene presencia en 185 países y su oficina central está ubicada en Filadelfia, Estados Unidos. Ha definido su estándar para la gestión de proyectos en el ***Project Management Body Of Knowledge*** (PMBOK®).

El PMBOK® describe los procesos, las normas, los métodos y las prácticas para la dirección de proyectos. El contenido de esta norma evolucionó a partir de las buenas prácticas reconocidas por profesionales dedicados a la dirección de proyectos, quienes contribuyeron a su desarrollo (PMI®, 2012).

La finalidad principal de la Guía PMBOK® es identificar los fundamentos de la dirección de proyectos que han sido reconocidos como buenas prácticas proporcionando una descripción general de ellos. Estos conocimientos y prácticas, en su mayoría, son aplicables a todo tipo de proyecto y existe un amplio consenso sobre su valor y utilidad. Una buena práctica existe gracias al reconocimiento otorgado por una comunidad cuando lleva una metodología al contexto real. Las metodologías sirven como punto de referencia y no quiere decir que los conocimientos que en ellas se describen deban aplicarse siempre al pie de la letra, pues el líder del proyecto es el responsable de determinar lo que es más apropiado.

La guía PMBOK® está dividida en 12 capítulos, distribuidos en tres secciones. La primera sección presenta el marco de referencia para la gestión de proyectos. En ella se contemplan los fundamentos de la gestión de proyectos y los conceptos relacionados con el ciclo de vida de los proyectos y las estructuras organizacionales que propician el trabajo en proyectos.

En la segunda sección se definen los cinco grupos de procesos para la dirección de proyectos como eje central de la metodología PMBOK®. Se describen de manera detallada las actividades para realizar en las diferentes etapas de inicio, planeación, ejecución, control y cierre.

Al grupo de iniciación pertenecen aquellos procesos que se ejecutan para darle vida a un proyecto o a una nueva fase de uno ya existente. Por otra parte, los procesos de planificación son los que se enfocan en la definición del alcance del proyecto y en la definición de las acciones necesarias para lograr los objetivos establecidos.

Así mismo, el grupo de procesos de ejecución está enfocado en garantizar la ejecución del trabajo de acuerdo con lo planeado, garantizando los objetivos trazados. Los procesos de seguimiento y control permiten medir el desempeño del proyecto con el fin de iniciar acciones preventivas o correctivas de lo planeado. Por su parte, los procesos de cierre pretenden garantizar la liquidación formal de todas las etapas del proyecto posterior a su finalización.

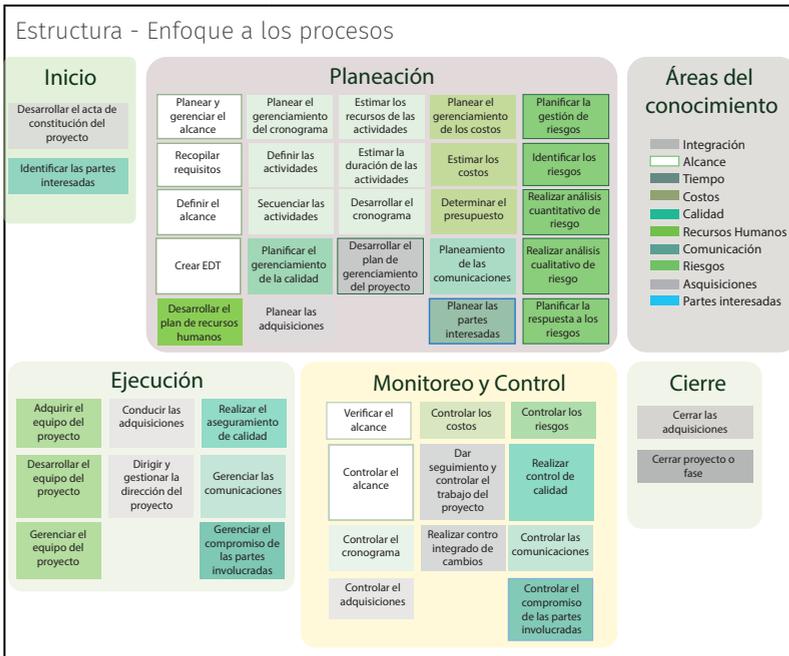
Finalmente, en la tercera sección se abordan las diez áreas de conocimiento para la dirección de proyectos, las

cuales guardan relación directa con los cinco grupos de procesos descritos en la sección dos. Con estas áreas de conocimiento se ha querido abarcar todos los elementos que forman parte de un proyecto, tratando de facilitarle al líder del mismo las actividades de planeación, seguimiento y control. Las diez áreas de conocimiento son: gestión de la integración, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión del costo, gestión de la calidad, gestión de los recursos humanos, gestión de las comunicaciones, gestión del riesgo, gestión de las adquisiciones y gestión de *stakeholders*.

El PMBOK® propone una correspondencia entre los grupos de procesos y las áreas de conocimiento, de tal manera que en total se definen 47 procesos para seguir por la dirección de proyectos (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Resumen Estándar PMI®.

NOMBRE	PMBOK®
Institución	PMI® (Project Management Institute)
Guía	PMBOK® - <i>Project Management Body of Knowledge</i> / 5ta. edición
Región conocida de uso	Más implementada de Estados Unidos
Componentes	<p>Áreas del conocimiento [10]: integración, alcance, cronograma, costo, calidad, RRHH, comunicaciones, riesgo, adquisiciones y <i>stakeholders</i>.</p> <p>Grupo de procesos [5]:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iniciación • Planeación • Ejecución • Monitoreo y control • Cierre <p>Procesos [47]</p>



Fuente. Elaboración propia a partir de PMI®, (2012).

Por otra parte, el PMI® ofrece varios tipos de certificaciones con reconocimiento mundial, las cuales dependen del nivel de formación y experiencia del candidato. Estas certificaciones tienen como objetivo garantizar que las personas cuenten con las competencias necesarias para desempeñarse como director de proyecto de manera exitosa, aplicando los conocimientos de dirección de proyectos y soportándose en su experiencia, habilidades y aplicación de las mejores prácticas.

En este momento, el PMI® ofrece cinco certificaciones de dirección de proyectos que son desarrolladas y mantenidas a través de un proceso acreditado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Certificaciones PMI®.

SIGLA	CERTIFICACIÓN	REQUISITOS
CAPM®	Técnico Certificado en Dirección de Proyectos.	Título de secundaria. 1500 horas de trabajo en equipo de proyectos. 23 horas de formación en la metodología de dirección de proyectos. Examen: 150 preguntas - 3 horas.
PMI- RMP®	Profesional en Dirección de Riesgos de PMI®.	Título profesional. 3500 horas de experiencia en dirección de proyectos. 30 horas de formación en la metodología de dirección de proyectos. Examen: 170 preguntas - 3.5 horas.
PMI-SP®	Profesional en Dirección de Tiempos de PMI.	Título profesional. 3500 horas de experiencia en dirección de proyectos. 30 horas de formación en la metodología de dirección de proyectos. Examen: 170 preguntas - 3,5 horas.
PgMP®	Profesional en Dirección de Programas.	Título profesional. 4 años de experiencia en dirección de proyectos. 4 años de experiencia como PgMp. Examen: 170 preguntas - 4 horas.
PMP®	Profesional en Dirección de Proyectos.	Título profesional. 3 años de experiencia en dirección de proyectos. 35 horas de formación en la metodología de dirección de proyectos. Examen 4 horas - 200 preguntas.

Fuente. Project Management Institute (PMI®), (2010).

2.3 International Project Management Association (IPMA®)

IPMA® fue la primera asociación de administración de proyectos en el mundo. Fue fundada en 1965, en Viena, Austria, con el objetivo de crear redes de cooperación y trabajo para compartir información acerca de la gestión de proyectos; fue registrada en Zúrich, Suiza, y en Nijkerk, Holanda. IPMA® es una asociación a nivel mundial que cuenta hoy en día con más de 50 asociaciones nacionales de gestión de proyectos, con más 40 mil miembros en todos los continentes, en su mayoría localizados en Europa.

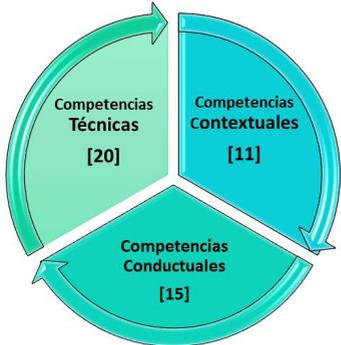
La metodología de gestión de proyectos de IPMA® se basa en la identificación de las competencias necesarias para la dirección de proyectos, a diferencia de la del PMI®, que se soporta en procesos. IPMA® ha publicado su estándar para la gestión de proyectos denominado *International Competence Baseline* (ICB), que se enfoca en distinguir las competencias técnicas, de comportamiento y contextuales (Tabla 2.3).

Al ser una asociación internacional formada por asociaciones nacionales, IPMA® permite adaptar la ICB al contexto y a las particularidades de cada región con el fin de que cada una de estas pueda editar su propia **National Competence Baseline** (NCB).

IPMA®, a través de la NCB 3.0, define competencia como: «las aptitudes, las actitudes y la experiencia necesaria para llevar a cabo una tarea determinada». Esta metodología consta de 46 competencias divididas en tres grandes grupos:

- Competencias técnicas enfocadas a garantizar la calidad del proyecto: 20.
- Competencias de comportamiento enfocadas a garantizar la correcta interacción de las personas y de los equipos de trabajo a lo largo del proyecto estableciendo las relaciones necesarias: 15.
- Finalmente, las competencias contextuales, que hacen referencia al control de las variables del entorno donde se desarrolla el proyecto: 11.

Tabla 2.3 Resumen ICB

NOMBRE	ICB®
Institución	<i>International Project Management Association - IPMA®</i> , 2010
Guía	ICB3 IPMA® Competence Baseline
Región conocida de uso	Más conocido en Europa del oeste sin incluir a Inglaterra.
Componentes	20 elementos de competencia técnica 15 elementos de competencias conductuales 11 elementos de competencias contextuales
Estructura	Enfoque a las competencias. 

Fuente. Elaboración propia a partir de IPMA®, (2010).

Por otra parte, los niveles de certificación ofrecidos por IPMA®, tienen una estructura jerárquica y no presenta tantas especializaciones comparadas con las del PMI®. Así mismo, algunas no necesitan experiencia en dirección de proyectos por lo cual es un poco más sencillo cumplir los requisitos para aplicar a ellas (Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Certificaciones IPMA.

SIGLA	CERTIFICACIÓN	REQUISITOS
Nivel D – TDP	Técnico en dirección de proyectos	Conocimiento en dirección de proyectos; No necesita experiencia; Examen: 3 horas.
Nivel C – PDP	Profesional en dirección de proyectos	Participación en dirección de proyectos no complejos; Experiencia de 3 años; Examen 4 horas; Entrevista: 1 hora.
Nivel B – DP	Director de proyectos	Capacitado para dirigir proyectos complejos; Experiencia de 5 años; 3 años de experiencia dirigiendo proyectos complejos. Referencias de los proyectos en los que ha participado; No requiere examen escrito.
Nivel A – DDP	Director de directores de proyectos	Experiencia: 5 años dirigiendo multiproyectos; Resumen de los portafolios de proyectos que ha dirigido.

Fuente. International Project Management Association (IPMA®), (2010).

2.4 Project Management Association of Japan (PMAJ®)

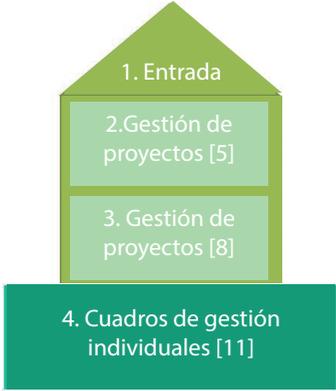
Es una asociación, sin ánimo de lucro, que inició actividades en noviembre de 2005 cuando legalmente se unieron la *Japan Project Management Forum* (JPMF®), y *Project Management Professionals Certification Center* (PMCC).

JPMF nació en 1998 como una división la ***Engineering Advancement Association of Japan (ENNA)***, con el propósito de fomentar la gestión de proyectos en ese país. PMCC es una organización, sin ánimo de lucro, creada en 2002, con fines de certificación de profesionales en el campo de la gestión de proyectos a través de un programa integrado por cuatro niveles: *Program Management Architect* (PMA), *Project Management Registered* (PMR), *Project Management Specialist* (PMS), *Project Management Coordinator* (PMC).

Project & Program Management for Enterprise Innovation (P2M): es la guía que constituye el cuerpo de conocimiento de la PMAJ® y tiene la intención de ampliar el ámbito tradicional de la gestión de proyectos y de las personas que los ejecutan, a un campo más amplio que abarca la alta gerencia de las empresas (Ohara, 2005) (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Resumen PMAJ.

NOMBRE	P2m®
Institución	<i>Project Management Association of Japan</i> (PMAJ)
Guía	<i>Project and Program Management for Enterprise Innovation</i>

Región conocida de uso	Japón
Componentes	Entrada, Gestión de proyectos, Gestión de programas y Gestión del segmento
Estructura	<p>Presta atención a su interpretación e integración.</p> 

Fuente. Elaboración propia a partir de *Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation* (PMAJ), (2005).

El estándar se divide en cuatro partes:

- **Entrada:** en esta sección se describe la relación entre las sociedades modernas y el tema de los proyectos, la historia de los proyectos, el papel y los requisitos para los profesionales de este tipo.
- **Gestión de proyectos:** se encuentra la definición y el marco básico de los proyectos y la gestión de proyectos, así como la gestión de la integración y gestión del segmento.

- **Gestión de programas:** establece el marco básico para la gestión de proyectos y programas, enfocada en la optimización de estos.
- **Gestión del segmento:** interpreta la gestión para campos particulares; se utiliza en las diferentes fases del proyecto en el tiempo, sitio y oportunidad apropiadas para minimizar el riesgo.

2.5 *Office of Government Commerce United Kingdom (OGC).*

Es una organización del Reino Unido que se encarga de mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos de negocio del gobierno. Desde 2010 pertenece al *Efficiency and Reform Group* (ERG) de la Oficina del gabinete. Dentro de sus funciones se encuentra la entrega de proyectos que buscan impactar en forma positiva a aquellos que se desarrollan con recursos del gobierno, principalmente si se tiene en cuenta el volumen de proyectos que se adelantan y la cantidad de recursos invertidos en ellos. Este organismo, además, ofrece una serie de herramientas que contribuyen a la correcta gestión de los proyectos desde lo técnico y lo financiero.

Projects in Controlled Environments (PRINCE2), es el método de gestión de proyectos utilizado por el OGC (OGC, 2007). Se utiliza desde 1989 y originalmente sólo se empleaba para proyectos relacionados con tecnologías de la información y comunicación; posteriormente se adaptó para su uso en todo tipo de proyectos y actualmente se utiliza no sólo en el Reino Unido, en donde está ampliamente difundido tanto en

el sector público como privado, sino en otros países. Usa un sistema de certificación de dos niveles: i) PRINCE2 *Foundation*, ii) PRINCE2® *Practitioner*.

PRINCE2® utiliza siete procesos:

- **Puesta en marcha:** los responsables se reúnen para nombrar un director de proyectos; se describe la necesidad del proyecto y el proceso que se seguirá para su ejecución.
- **Dirección:** se establece la responsabilidad del director del proyecto.
- **Iniciación:** el director del proyecto prepara un documento del inicio del proyecto que es remitido a la junta de dirección del mismo para su aprobación.
- **Control de la etapa:** el proyecto se divide en fases manejables cuyo número depende del tamaño y nivel de riesgo; cada etapa debe contar con planes y debe estar concluida antes de iniciar la siguiente.
- **Gestión de los límites de fases:** la etapa actual se revisa y el proceso para la siguiente etapa se desarrolla. El proyecto sólo puede continuar después de que el Consejo haya aprobado la etapa actual y el plan para la siguiente etapa.
- **Planificación:** esta etapa hace referencia a lo que se hará e incluye la estimación de costos y tiempos, y los demás recursos necesarios, el análisis de riesgos, la planificación de la actividad y racionalización de procesos.

- Gestión de la entrega del proyecto:** asegurar la entrega del proyecto de acuerdo con el calendario. Cierre: después de que el proyecto se completa, el director presenta un informe sobre la evaluación de los resultados del proyecto y este se da por finalizado.

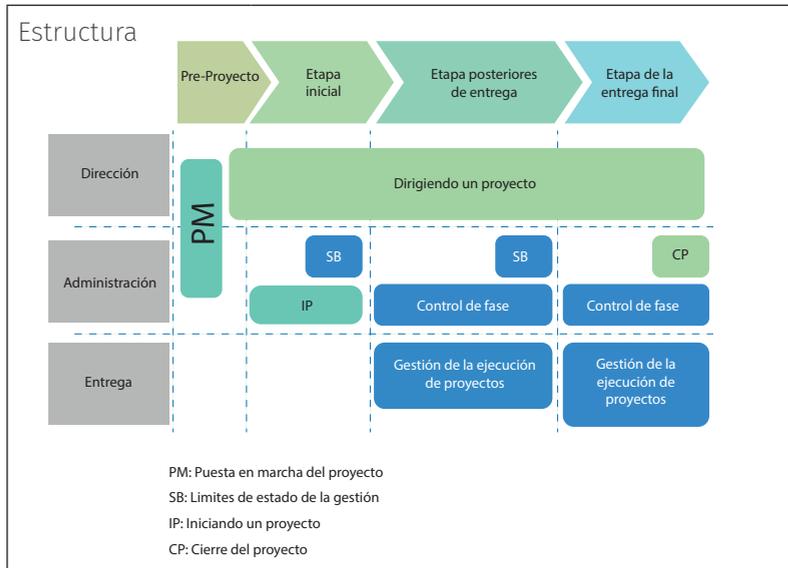
2.6 BS 6079-1:2010 *British Standard*

British Standards Institution, conocida como BSI por sus siglas en inglés, es una multinacional creada para desarrollar normas aplicadas en la estandarización de procesos. Es un organismo colaborador y desde las actividades que desarrolla apoya la ISO, y es también proveedor de estas normas (Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Resumen PRINCE2®.

NOMBRE	PRINCE2®
Institución	Oficina de Comercio del gobierno de Gran Bretaña (OGC).
Guía	<i>Projects IN Controlled Environments (PRINCE)</i> .
Región conocida de uso	Reino Unido, Australia, Holanda, Dinamarca, Canadá. Ruanda, Nigeria, Tanzania.
Componentes	7 temas, 7 principios y 7 procesos

Tabla 2.6 Resumen PRINCE2® (Continuación).



Fuente. Elaboración propia a partir de OGC Gateway™ Review 2: Overview, (2007).

Esta institución británica fue fundada por el Comité de Ingenierías de Normas de Londres –*Engineering Standards Committee of London*–, en 1901. Su labor se ha desarrollado desde las áreas de normalización a otros ámbitos y adoptó el nombre de **British Standards Institution** (BSI), que aprobó la *Royal Charter* en 1929. En la revisión de 1998 de la *Royal Charter*, la BSI comenzó a diversificarse y de este modo se estableció su nombre comercial haciendo referencia a su presencia Internacional: *BSI Group*. Actualmente, BSI se encuentra en Asia, Europa y América.

BS 6079 se publica en cuatro partes: i) guía para la gestión de proyectos; ii) vocabulario de gestión de proyectos; iii) guía para la gestión de riesgos de los proyectos relacionados con la empresa; iv) guía para la gestión de proyectos en el sector de la construcción.

Los elementos que componen el estándar son: planificación, objetivos, beneficios, calendarios, recursos, costos, riesgos, eventos, contratación proveedores, Calidad, **stakeholders** y comunicación.

El BS 6079 añade un proceso de cierre a los procesos fundamentales. Dicho proceso incluye una fase de preparación del cierre, una de cierre formal y una última de cierre y comunicación.

- Grupo del proceso de planificación: se le denomina proceso de inicio. Es el que más a fondo desarrolla el estándar.
- Grupo del proceso de ejecución: se divide en tres partes: estudio de viabilidad, realización y operación.
- Grupo del proceso de seguimiento y control: el director del proyecto debe asegurar que el mismo está bajo control de principio a fin. Esto requiere la presentación de informes eficaces y un flujo de información constante.

Este estándar se centra en el proceso de planificación. Aunque aporta una amplia visión de las tareas necesarias para la ejecución de los proyectos y la secuencia en que deben realizarse, propone pocas herramientas y técnicas que

ayuden en la implementación del modelo (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 Resumen BS6079.

NOMBRE	BS 6079
Institución	<i>British Standards Institution BSI</i>
Guía	BS 6079-1:2010 30 SEPTEMBER 2010
Región conocida de uso	Reino Unido, Asia, Europa y América
Componentes	Cuatro partes
<p>Estructura</p> <p>Enfocado al desarrollo del equipo de trabajo y el ciclo de vida.</p>	

Fuente. Elaboración propia a partir de BS6079-1:2010, (s.f).

2.7 ISO 21500: Guidance on Project Management

Los procesos seleccionados para su uso en un proyecto deben estar alineados en una vista sistémica. Cada fase del ciclo de vida del proyecto tiene entregables. Estas prestaciones se revisan con regularidad durante el proyecto para cumplir con los requisitos del patrocinador, clientes y otras partes interesadas.

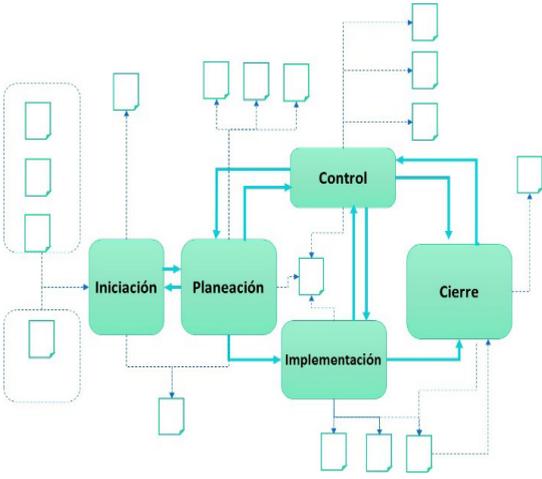
La historia de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), comenzó en 1946 cuando delegados de 25 países se reunieron en el Instituto de Ingenieros Civiles de Londres y decidieron crear una nueva organización internacional «para facilitar la coordinación internacional y la unificación de las normas industriales». En febrero de 1947, la nueva organización ISO, comenzó oficialmente sus operaciones. Desde entonces se han publicado más de 19 000 normas internacionales que abarcan casi todos los aspectos de la tecnología y la fabricación. Actualmente, ISO cuenta con miembros de 164 países y 3335 organismos técnicos para cuidar de la elaboración de normas.

Si bien ya hay alguna normativa específica para algunos de los procesos como la ISO 31000 para gestión de riesgos, y la ISO 10006 para la gestión de la calidad en proyectos, hasta el momento no existía una normativa internacional sobre *Project Management*. En principio no podrá ser utilizada para certificación o servir de marco regulatorio, al contrario de otras, pero sí es una descripción de alto nivel de cómo desarrollar la gestión de proyectos.

La norma se empezó a estructurar en 2007 y culminó con su publicación en septiembre de 2012. Se divide en cuatro partes

fundamentales: alcance, términos y definiciones, conceptos de *Project Management* y procesos en *Project Management*. Contempla diez áreas: integración, partes interesadas, alcance, recursos, tiempo, costos, riesgos, calidad, adquisiciones y comunicación. Se plantean cinco fases o grupos de procesos: iniciación, planeación, implemetación, control y cierre, y se divide en 39 procesos. La última version del PMI®, PMBOK® 5 está alineado con la Norma ISO 21500, como lo menciona la norma en su introducción (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Resumen estándar ISO 21500.

NOMBRE	iso 21500 2013
Institución	<i>International Organization for Standardization – ISO</i>
Guía	ISO 21500 - Septiembre de 2012 <i>Project Management – Guide to Project Management</i>
Región conocida de uso	ISO cuenta con 164 países miembros
Componentes	5 etapas, 39 procesos, 10 áreas
<p>Estructura Enfocado al cumplimiento de la norma principios y directrices</p> 	

Fuente. Elaboración propia a partir de ISO 21500, (2012).

2.8 Comparación de las metodologías (Tabla 2.9).

Tabla 2.9 Resumen de las metodologías para la dirección de proyectos.

Estándar	Asociación	Objetivo o planteamiento	Estructura	Técnica	Enfoque
PMBOK®	PMI® – Project Management Institute 	El uso de unas buenas aplicaciones prácticas puede mejorar las posibilidades de éxito.	Marco conceptual de la dirección de proyectos. Norma de dirección de proyectos. Áreas de conocimiento de la gestión de proyectos.	Muy variadas, siendo las más importantes: * Valor ganado * Software de GP * Proyecciones * Muestreo estadístico	Buenas prácticas
ICB	IPMA® 	Reduce al máximo las actividades con el fin de ser efectiva y eficiente la gestión.	Elementos de competencia: * Técnica * Comportamiento * Contextuales	No define técnicas concretas. Se evalúan las competencias por medio de las certificaciones.	Efectividad
P2M	PMAJ 	Profesionales con misión de rendimiento orientado a la integración que deben poseer capacidad, actitudes y cualidades para integrar el conocimiento y la experiencia de múltiples disciplinas.	[Elementos fundamentales de gestión de programas]: 4 [Gestión integral - Seis funciones de gestión del programa]: 6 [Dominios de gestión de proyectos: 11]	No tienen técnicas específicas.	Ética y el compromiso social

Tabla 2.9 Resumen de las metodologías para la dirección de proyectos (Continuación).

Estándar	Asociación	Objetivo o planteamiento	Estructura	Técnica	Enfoque
PRINCE2®	OGC  Office of Government Commerce	Se centra en el apoyo del ciclo de vida del proyecto. Suministro de actividades para conseguir los resultados sin embargo, no cubre todos los aspectos de la gestión.	Ocho procesos y 45 subprocesos.	<ul style="list-style-type: none"> * Planificación basada en productos. * Aproximación al control de cambios. * Revisión de la calidad 	Ciclo de vida
BS 6079-1:2010	BSI  British Standards	Norma nacional británica - Interrelación entre áreas de conocimiento y actividades de apoyo a la dirección del proyecto.	Áreas: 11 Actividades de apoyo: 50	<ul style="list-style-type: none"> * Planificación * Calendario * Riesgos * Eventos * Calidad * Stakeholders 	Equipo de trabajo.
ISO 21500	ISO 	La norma regula los proyectos para gestionarlos y servir de guía con ayuda de prácticas de sistemas de calidad.	Áreas Grupos de procesos Procesos	La norma no sugiere la aplicación de proyectos, en cambio se centra en garantizar la calidad del proyecto.	Calidad

Fuente. Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica realizada.

El caso de la Constructora El Quijote

Segunda parte: las metodologías para la gestión de proyectos



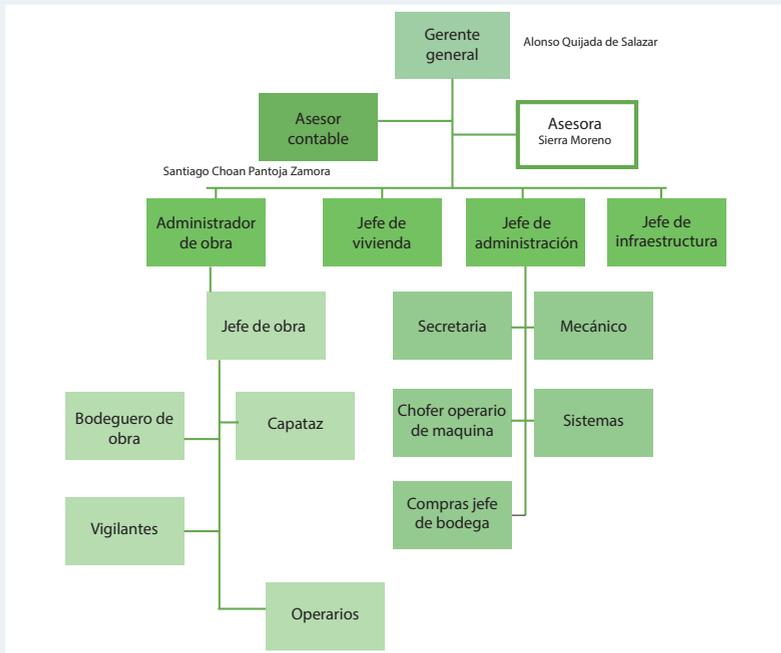
Construyendo una estructura

La Constructora El Quijote empezó a tener buenos resultados y a desarrollar varios proyectos en diversos campos de la construcción de vivienda e infraestructura vial. En un inicio fueron pequeños, pero poco a poco llegó a tener hasta diez proyectos entre grandes y pequeños.

Los problemas de crecer descontroladamente, sin cambiar la estructura de la empresa, se empezaron a ver rápidamente. Las dificultades de cumplir con el tiempo de entrega, la rentabilidad de los negocios y el control de los compromisos, eran cotidianos en la constructora.

La estructura que tenía la constructora estaba diseñada por departamentos.

Figura 2.1 Estructura de la Constructora El Quijote.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

La estructura de portafolios, inicialmente pensada por Alonso y Santiago, en vivienda e infraestructura estaba generando dificultades, y del primer análisis realizado por la empresa consultora Sierra Moreno se llegó a varias conclusiones:

- La dinámica de la organización dependía de los proyectos casi de forma exclusiva. Esto es, que había muchos trabajos y actividades que iban cambiando a medida que se hacían los proyectos y generaban flujos de efectivo muy dinámico.
- Se estaban generando duplicación de funciones, ya que cada proyecto requería un *staff* propio y temporal, que se enmarcaba en un solo proyecto.

- Los recursos, como maquinaria pesada y personal profesional de ciertas actividades especializadas, no podían cumplir en algunos momentos con más de un proyecto, y en otros, estaban ociosos.
- No existían planes de contingencia ni métodos para prevenir ni mitigar los riesgos.
- La comunicación fluía de manera inadecuada, por consiguiente las instrucciones de ejecución presupuestal llegaban tarde y no era factible saber con certeza si se debía ejecutar un pago parcial o total
- Los documentos y las situaciones pasadas de otros proyectos similares no se consultaban y se cometían los mismos errores en cada proyecto.

Basado en ello se pensó en implementar varias estrategias: la primera, dividir la empresa en dos totalmente independientes fundamentadas en los portafolios; la segunda, hacer un *staff* especial para coordinar las actividades con unas atribuciones especiales; y la tercera, cambiar toda la estructura.

Sin embargo, Sancho, que había estudiado un poco más la organización, mencionó la necesidad de tener una metodología de gestión de proyectos y esto debería ser el primer paso para la mejora de la organización. Los objetivos de cada metodología aportarían a la conformación de una nueva estructura para la constructora, por lo que se decide listar los aportes más significativos de cada una (Tabla 2.10):

Tabla 2.10 Aportes significativos para la Constructora.

PMI®	IPMA®	PMAJ	OGC	BSI	ISO
Definir un subconjunto de buenas prácticas comúnmente aceptadas, que bien aplicadas posibilitan el éxito.	Estandarizar y reducir a las tareas básicas necesarias para completar un proyecto de forma eficiente y eficaz.	Directrices en favor de la innovación en la empresa por medio de la gestión de programas y proyectos.	Se centra el establecimiento de ciclo de vida, productos del negocio, suministro de actividades y el establecimiento de una estructura organizativa.	Se centra en la importancia de los proyectos impulsados por necesidades de organización, basándose en equipos multi-funcionales.	Guía de prácticas de sistemas de calidad que pueden mejorar la calidad de la gestión de proyectos.
Buenas prácticas	Efectividad	Ética y el compromiso social.	Ciclo de vida	Equipo de trabajo.	Calidad

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Basado en esta reflexión, lo primero que se debía hacer era llegar a un acuerdo acerca de la metodología que se iba a utilizar. Consideraron que aquella que adoptaran debería tener una serie de principios fundamentales comunes a casi todos los proyectos que estaban desarrollando en ese momento:

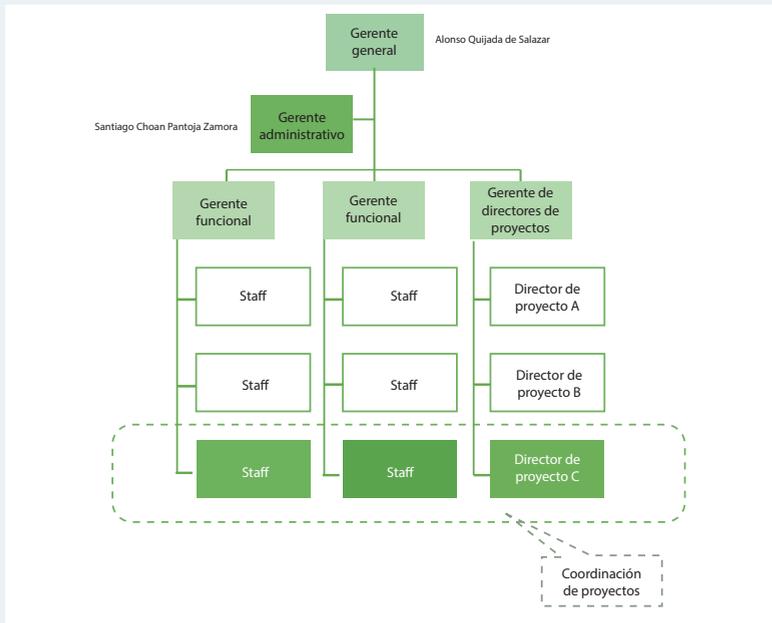
- Alcance de los proyectos, tiempos y costos de estos.
- Calidad y personal.
- Comunicaciones y tecnologías de la información.
- Estrategia y riesgos.
- Valor y evaluación financiera.
- Adquisiciones y conocimiento.
- Relaciones del proyecto.

Luego de un largo debate y de estudiar dónde se aplicaban cada una de las diferentes metodologías, sus ventajas y desventajas, se decidieron por la del PMI®, ya que no solo comprendía los elementos que debería tener para la constructora sino que también existían otras empresas del sector que la utilizaban.

Las primeras actividades organizacionales estaban enfocadas en hacer cambios en la estructura de dirección de la empresa; sin embargo, la implementación requería más detalles.

El siguiente paso sería estructurar un proceso de implementación que lograra el éxito de trabajar con esta filosofía de PMI®, pero que no causará grandes traumatismos. La Constructora consideró que la primera actividad que debían implementar era el cambio de la estructura, pasando de la actual, orientada a funciones, a una mixta dirigida a proyectos, pero que pudiera apoyar los procesos de forma continua (Figura 2.2).

Figura 2.2 Propuesta de estructura para trabajar con proyectos.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Estructura de la Constructora El Quijote

La empresa asesora Sierra Moreno hizo una segunda propuesta la cual se enfocaba en elegir un proyecto nuevo, que iniciara desde cero y que a partir de este se fueran haciendo los ajustes necesarios a la estructura de la organización, implementando paulatinamente la nueva metodología de gestión de proyectos que se eligiera.

El proyecto ÍCARO

El proyecto elegido fue ÍCARO Conjunto Residencial, el cual fue bastante difícil de obtener para la Constructora, por lo cual debería ser un ejemplo de buenas prácticas pues la empresa

arriesgaría muchos recursos en su realización. Desde el inicio se pensó en documentar y utilizar las buenas prácticas del PMBOK®, entre ellas, una correcta definición del alcance, selección idónea del personal y la generación de planes de contingencia y apoyo.

Preguntas de discusión

- ¿Qué elementos clave debería tener en cuenta la empresa para la elección de una metodología de gestión de proyectos?
- ¿Cómo afecta el pasado y el futuro de la empresa en la elección de una metodología para la gestión de proyectos?
- ¿Es una buena decisión implementar en la Constructora El Quijote una estructura mixta en lugar de una sola orientada a proyectos?

RESUMEN PRIMERA PARTE

- Un proyecto se puede definir como un conjunto de actividades enfocadas a desarrollar un objetivo específico.
- Un proyecto finaliza cuando se alcanza el objetivo para el cual fue creado o por el contrario este objetivo no se logra conseguir y se decide suspender el proyecto.
- El PMI® define la dirección de proyectos como «la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo».
- El gerente de proyectos, además de ser un excelente administrador de recursos, debe tener la capacidad de comprender la estrategia organizacional. Los proyectos deben surgir como una respuesta a las estrategias planteadas.
- El concepto de gestión de proyectos ha venido evolucionando a la par con la historia de la humanidad. La gestión como disciplina es una de las más antiguas, transformándose a partir de las experiencias y la formalización teórica; sin embargo, la gerencia de proyectos, como disciplina, ha creado su propio espacio solamente desde mediados del siglo XX.

- Varias teorías han marcado un hito en la historia y evolución de la gerencia de proyectos: la administración científica, el diagrama de GANTT, la *American Association of Cost Engineers*, el método de ruta crítica (CPM), la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT), la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT, PROMPT II), cadena crítica, entre otras.
- El campo de los proyectos se ve influenciado por los desarrollos que se lleven a cabo en el entorno mundial, nacional o regional, puesto que todos los campos del conocimiento generan proyectos. Desde esta perspectiva, las tendencias en estos entornos permiten prever el tipo de proyectos que se podrían desarrollar en el futuro y por tanto, los campos de estudio en donde se debe concentrar la gestión de proyectos.
- Algunas de las instituciones que han propuesto estándares para la gestión de proyectos son: *Project Management Institute (PMI®)*, *International Project Management Association (IPMA®)*, *Project Management Association of Japan (PMAJ)*, *Office of Government Commerce United Kingdom (OGC)*, *BS 6079 -1:2010 British Standard*, *International Organization for Standardization (ISO)*.

SEGUNDA PARTE

LA TRIPLE RESTRICCIÓN EN LA GERENCIA DE PROYECTOS



Fuente. Fotografía del Canal de Panamá, Archivo de Bogotá.

El canal de Panamá

Desde el punto de vista de su impacto es, probablemente, uno de los proyectos más importantes que se ha construido hasta hoy tanto en Latinoamérica como en el mundo; sin embargo, su ejecución fue compleja en todos los aspectos: técnico, político, económico y social, y si se evalúa desde la perspectiva de la eficiencia, también fue un proyecto con muchas falencias.

El canal de Panamá¹⁵

La idea de construir una ruta que uniera los océanos Atlántico y Pacífico surgió a comienzos del siglo XVI, cuando se realizaron las primeras exploraciones del Continente por parte de los españoles, pero la idea se tomó más seriamente a comienzos del siglo XIX cuando se realizaron múltiples estudios; sin embargo, no se siguió adelante por considerarse una empresa muy difícil de emprender. En estudios posteriores realizados a mediados del siglo XIX se determinó que existían tres alternativas para la construcción de un canal: el istmo de Panamá en ese entonces parte de Colombia; Nicaragua o México. Sin embargo, por la cercanía entre los dos océanos la más viable parecía ser Panamá, aunque geográficamente era un terreno muy difícil.

En 1879, Ferdinand de Lesseps el constructor del canal de Suez presentó al Gobierno francés el proyecto para la construcción de un canal en Panamá, el cual se construiría a nivel. Se compró la concesión para la construcción y en 1881 se inició la obra por parte de los franceses, con un estimado de ocho años y 120 millones de dólares, pero al finalizar el plazo estipulado se habían invertido 235 millones de dólares, se habían ejecutado dos quintas partes de la obra y se habían perdido más de 20000 vidas debido a los accidentes, pero principalmente por las enfermedades tropicales, como la malaria y la fiebre amarilla, por lo que la compañía encargada del proyecto finalmente fracasó y la obra fue suspendida.

¹⁵ Para ampliar esta información, consultar Historia documental del canal de Panamá, de Diógenes A. Arosemena G.

Francia continuó con el proyecto que fue retomado cinco años después, en 1894, con un nuevo plan que consistía en construir un canal con esclusas, pero debido a todos los problemas anteriores y a los escasos recursos que tenían en ese momento, en 1898 la compañía decidió cancelar el proyecto o cederlo a otro. Finalmente, lo vendió al mejor postor y en ese momento el país que mostró mayor interés fue Estados Unidos.

En 1904, y tras su independencia de Colombia, Panamá otorgó los derechos de construcción a los Estados Unidos. Entonces, en 1906 se aprobó un canal de esclusas el cual debía ser construido en ocho años, apoyado por 40 000 trabajadores, en su momento cumbre de desarrollo. Finalmente, el 15 de agosto de 1914 se inauguró la obra, con un costo de 375 millones de dólares. El Canal estuvo en manos de los Estados Unidos hasta 1999 cuando luego, pasó a Panamá. En 2010 se inició el proceso de ampliación del mismo.

CAPÍTULO

3

**La gestión
del alcance**

3.1 Introducción

Las restricciones son limitaciones que afectan el desempeño del proyecto. En la actualidad se han identificado tres factores que restringen la gestión de proyectos (Kerzner, 2003), sobre los cuales el profesional en gerencia de proyectos debe enfocar sus esfuerzos para garantizar un resultado exitoso: alcance, tiempo y costo.

El PMI® ha definido dos condiciones que se deben cumplir para asegurar que un proyecto sea de calidad: i) el proyecto debe terminar en el tiempo planeado, con los recursos asignados y con los costos presupuestados.; ii) el resultado final del proyecto debe ser acorde con las especificaciones definidas por los **stakeholders**, de tal manera que se garantice su satisfacción total.

En términos generales estas variables se relacionan de forma directa y un cambio en cualquiera de ellas afectará de manera significativa a las demás y por consiguiente, la calidad del proyecto. Adicional al tiempo y al presupuesto establecido, existen factores importantes que también requieren un control detallado. El gerente del proyecto no puede dejar de lado la formulación clara del alcance, la alineación del proyecto a la estrategia organizacional, y el control de los riesgos que también pueden impactar la calidad del proyecto.

Partiendo de este análisis, un gerente de proyecto puede garantizar la calidad del proyecto a un bajo costo, pero sacrificando la rapidez en la obtención de resultados. En contra de esta posición se puede mejorar el tiempo de ejecución, trabajando a bajo costos, pero la calidad del producto final no sería la mejor. Por lo tanto, su reto es encontrar el balance preciso entre alcance, tiempo y costo de tal forma que permita obtener un resultado de calidad.

Según esta perspectiva, un mayor rendimiento implica una mayor dedicación de recursos—humanos o tecnológicos—, lo que constituye un aumento significativo en los costos para poder garantizar la calidad del proyecto.

Goldratt (1984), habla acerca de la habilidad que se requiere para conducir una organización hacia sus objetivos, dado que existen una serie de factores como variabilidad interna y la incertidumbre externa que afectan la gestión. Estos obstáculos suelen ser fáciles de detectar, pero en muchas ocasiones no es fácil desarrollar un proceso de mitigación a

corto o mediano plazo. Así mismo, existen otros obstáculos con mayor grado de complejidad y su probabilidad de ocurrencia pasa muchas veces desapercibido, pues se trata de los paradigmas, las políticas y los procedimientos que en ocasiones son creados por los mismos grupos de trabajo y generan un impacto importante en la organización.

Goldratt¹⁶, quiso ajustar el modelo de la teoría de las restricciones para que fuera aplicado en el ámbito de la gestión de proyectos, y con base, en esto publicó el *Critical Chain Project Management*, en donde propone un análisis a la limitación de los recursos y la ejecución de las tareas que componen la ruta crítica del proyecto, enfocando las restricciones como un límite con posibilidad de negociación.

En el PMBOK® (2012, p. 26), se definen las restricciones como «el estado, calidad o sentido de estar restringido a un determinado curso de acción o inacción. Una restricción o limitación aplicable, sea interna o externa al proyecto, que afectará el desempeño del proyecto o de un proceso».

Las diferentes metodologías disponibles para la gestión de proyectos proponen incluir en el acta de constitución las restricciones que pueden tener efecto en la ejecución. Es así como se pueden nombrar algunas restricciones de tipo genérico que están presentes en todos los proyectos:

- Fecha esperada de finalización del proyecto.
- Presupuesto máximo asignado al proyecto.
- Cantidad de recursos humanos y técnicos disponibles.
- Entregables esperados – alcance.

¹⁶ Eliyahu Goldratt, creador de la Teoría de las restricciones –Theory of Constraints (TOC)–.

Una de las restricciones más importantes en todo proyecto es el manejo de la satisfacción de los *stakeholders*, la cual está plenamente relacionada con el grado de expectativa que cada uno tenga frente a los resultados finales. Por consiguiente, vale la pena identificarlas de manera individual para saber qué mecanismo utilizar.

En conclusión, es importante saber identificar las restricciones del proyecto, de tal manera que se logren priorizar determinando cuáles son los espacios de negociación, ello permitirá al gerente de proyecto saber cuál de las variables de la triple restricción debe aumentar o disminuir.

En esta segunda parte se estudiará cada uno de los elementos que constituyen la triple restricción en la gerencia de proyectos. A continuación se presenta el triángulo virtuoso en el que se representan las tres variables que enmarcan el éxito de un proyecto (Figura 3.1).

Figura 3.1 La triple restricción.



Fuente. Elaboración propia a partir de lo expuesto por el PMI®.

Gestionar un proyecto requiere grandes esfuerzos que no son fáciles de integrar. Muchos de los proyectos que se emprenden incluyen una diversidad de conocimientos técnicos y de dirección, de diferentes disciplinas lo cual exige organizaciones con estructuras flexibles y de fácil adaptación. Este escenario es complejo, dado que se manejan grandes volúmenes de información y generalmente no existe la costumbre de administrar ese conocimiento de una manera adecuada, lo cual impide capitalizar estas experiencias hacia futuro (Amendola, 2008).

Otro de los grandes retos de los gerentes de proyecto es el proceso de planeación. La estimación de costos y de tiempos es una de las tareas más sensibles; así mismo, definir los entregables y las actividades para desarrollar. El gerente de proyecto debe estar en capacidad de estructurar las fases y de establecer el trabajo para desarrollar.

El primer paso para darle inicio al proyecto es la definición y formalización del alcance. Todas las partes interesadas en el proyecto deben estar de acuerdo en el objetivo que se quiere alcanzar, así como en los entregables que resultan de la ejecución del proyecto. Esto debe quedar contemplado de manera detallada en el acta de definición de constitución del mismo.

La gestión del alcance incorpora los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido para ser finalizado con éxito (PMI®, 2008). El objetivo principal de definir el alcance del proyecto es tener claridad acerca de lo que se le incluye y lo que no, de ahí la

importancia de contar con la experiencia y los conocimientos adecuados para realizar esta tarea con gran precisión, dado que de esto dependen la calidad del resultado final, los recursos y el presupuesto que se asignen.

Una buena gestión del alcance debería desarrollar, por lo menos, las siguientes actividades: recopilar los requisitos, definición de los objetivos y alcance, crear la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), y generar el acta de constitución.

3.2 Definición del objetivo y alcance

El objetivo del proyecto debe responder a una serie de características, como ser medible o cuantificable, y estar enmarcado en el tiempo. Una buena práctica para lograr definir los objetivos del proyecto de manera adecuada es poder llevar una idea general a una o varias ideas particulares y alcanzables.

Por otra parte, la definición del alcance se debe soportar sobre la correcta definición del objetivo del proyecto; el alcance detalla de manera clara su objetivo. Es en esta etapa donde se deben describir uno a uno los requisitos del usuario. Cabe aclarar que el objetivo, así como el alcance, deben quedar perfectamente documentados, de tal manera que las partes involucradas tengan claridad de cuáles serán los entregables del proyecto. En conclusión, el alcance del proyecto describe con detalle cuáles serán los entregables y cuáles sus características.

La correcta definición del alcance se constituye, a futuro, en uno de los factores clave de éxito del proyecto. Una deficiente administración del alcance, representada en la falta de capacidad para especificar lo que se quiere lograr con el proyecto, los productos o servicios que se generarán, así como sus características de aceptación, son la principal razón de desviación en tiempo y costo del proyecto.

Al momento de definir el alcance se debe distinguir entre el alcance del producto y el del proyecto. El primero hace referencia a las características y funciones que definen un producto, servicio o resultado. Por su parte, el alcance del proyecto es el trabajo que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las características y funciones especificadas. En cualquiera de los dos casos, se debe dejar total claridad de los resultados esperados.

3.3 Recopilar los requisitos

En esta etapa se deben definir con claridad y documentar todas las necesidades de los interesados, a fin de cumplir con la mayor precisión los objetivos del proyecto. Cualquier proyecto nace con un propósito específico, es decir, un objetivo, que cuando se logra se considera que el proyecto está terminado. Los beneficios del proyecto son efectos que se consideran favorables para una comunidad, una empresa, un grupo de personas o en general para los *stakeholders*. Estos beneficios pueden obtenerse a lo largo de la ejecución del proyecto o cuando este termina, pero dependen de una correcta documentación de los requisitos. Se debe tener en

cuenta que aunque se hable el mismo idioma es común interpretar cosas distintas, por consiguiente, se debe tener certeza acerca del alcance real del proyecto.

La importancia de definir y gestionar las expectativas del cliente de la mejor manera radica en que a partir de ellas se planificarán los costos, el alcance y el cronograma. Así mismo, en la etapa de planeación, los requisitos constituirán la base de la EDT.

Existen diversas técnicas para recopilar los requisitos del cliente. La más básica y habitual es la de reuniones de trabajo o las entrevistas con los interesados. Este método es una buena manera para comenzar a recopilar información sobre las necesidades del cliente. Aprender a escuchar a las personas y dejar en claro lo que están solicitando, ayudará a lo largo del proyecto a no estar trabajando en algo que el cliente no espera o peor aún, lo que no necesita.

Algunas otras técnicas que se pueden utilizar para facilitar la recopilación de requisitos son:

- Cuestionarios, encuestas y observación. A través de estas se obtiene información de los interesados, ya sea de manera formal o informal. El diseño de las herramientas de recopilación de la información es fundamental para lograr tener éxito en la identificación de necesidades.
- Grupos de opinión. Reunir a los interesados en el proyecto, de todos los niveles, permite que a través de un moderador se pueda obtener información

de distintas fuentes. La experticia del moderador ayudará a mejorar la contundencia de esta técnica.

- Talleres facilitados. Se trata de sesiones en las que los interesados interfuncionales se reúnen para definir los requisitos del producto. Estos talleres proporcionan una definición rápida de los requisitos de funcionalidad y ayudan a conciliar las diferencias entre los interesados.
- Técnicas grupales de creatividad. Existen diversas actividades realizadas en grupo, que ayudan a identificar los requisitos del proyecto o del producto. Dentro de las más utilizadas están la lluvia de ideas, el método Delphi, los mapas conceptuales y los diagramas de afinidad.
- Técnicas grupales de toma de decisiones. Es un proceso de evaluación de múltiples alternativas con relación a un resultado esperado.
- Prototipos. Elaboración de una versión preliminar del producto final para obtener una retroalimentación sobre los requisitos del producto antes de construirlo.

3.4 Crear la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT)

La Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) es la desagregación jerárquica de los entregables del proyecto en pequeños paquetes de actividades definidos para cumplir con los objetivos del proyecto. La EDT se constituye en una herramienta fundamental en la gestión de proyectos al permitir ver la realidad como la descomposición general de un todo. Con base en la teoría general de sistemas, es más sencillo solucionar un problema si se divide en partes que tratándolo de abordar como un todo. Un paquete de trabajo puede ser programado, monitoreado, y controlado, y su costo puede ser estimado con mayor facilidad.

El propósito de la EDT es organizar y definir el alcance total aprobado del proyecto según lo declarado en la documentación vigente. Su forma jerárquica permite una fácil identificación de los elementos finales llamados paquetes de trabajo; se trata de un elemento exhaustivo en cuanto al alcance del proyecto, y sirve como la base para su planificación. Todo trabajo que se vaya a ejecutar en el proyecto debe poder rastrear su origen en una o más entradas de la EDT. Es el proceso que consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de gestionar.

La EDT se constituye en el elemento más importante en la etapa de planeación del proyecto, porque provee un marco de referencia común en el cual se distinguen las

siguientes características:

- El proyecto puede ser descrito como la suma de elementos parciales.
- Permite una base para la planeación.
- Se establecen costos y presupuestos.
- Permite el monitoreo de costos, tiempos y resultados.
- Los objetivos se relacionan con los recursos.
- Se inicia la construcción de la red y el control posterior.
- Se establece el programa y procedimientos de los reportes.
- Se establecen las asignaciones de responsabilidad.

3.5 Acta de constitución del proyecto

El acta de constitución del proyecto es el documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase del mismo. Es emitida por el iniciador o patrocinador del proyecto y le confiere al gerente del proyecto la autoridad para aplicar los recursos de la organización a sus actividades. Dentro de las principales funciones del acta de constitución se encuentran:

- Documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados.
- Establecer una relación de cooperación entre la organización ejecutante y la organización solicitante.

- Registrar la selección y asignación de un director del proyecto tan pronto como sea posible.

Los proyectos se autorizan a partir de la firma del acta por parte del iniciador y en función de las necesidades internas de la empresa o de influencias externas. Así mismo, se debe evaluar y formular previamente el proyecto para garantizar su viabilidad antes de llegar a la reunión inicial. Dentro de la estructura que contempla el acta de constitución se pueden identificar los siguientes elementos (Tabla 3.1):

Tabla 3.1 Ejemplo de descripción de *stakeholders*.

Nombre	Rol	Funciones
María Díaz – CEO Constructora El Quijote	Patrocinador	Tomar decisiones sobre situaciones que puedan alterar el rumbo del proyecto.
Juan Pérez	Gerente de proyecto.	Gestionar los recursos asignados al proyecto.

Fuente. Elaboración propia.

- Nombre del proyecto: se debe identificar el proyecto con un código y un nombre único que permitan su fácil localización. Por ejemplo: PRY 001 – Conjunto residencial ÍCARO.
- Gerente de proyecto: se debe tener claridad de quien va a ser la persona que va a liderar el proyecto, las facultades que se le otorgan y sus responsabilidades. Por ejemplo: Ing. Juan Pérez. Gerente de proyecto.

- **Facultades:** ordenador del gasto, contratación de proveedores, conformación y modificación de equipos de trabajo.
- **Responsabilidades:** cumplir con el alcance, informar cualquier modificación que impacte el alcance, tiempo, costo o calidad.
- **Stakeholders:** se deben numerar los interesados clave del proyecto, es decir, todos los que pueden influir en el éxito o fracaso del mismo.
- **Objetivo del proyecto:** se deben enunciar los objetivos, alineados con uno o más objetivos estratégicos de la organización. Deben ser medibles, alcanzables y acotados en el tiempo.

3.5.1 Ejemplo

Construir un conjunto residencial, en un sector de estrato tres, compuesto por 100 apartamentos, y que sea acorde con las políticas gubernamentales que rigen las viviendas de interés social en Colombia.

- **Declaración global del alcance:** describe las principales actividades del proyecto, de tal manera que hay claridad de los productos y servicios que están incluidos y cuáles no (EDT nivel 2). Esta actividad se completa en la fase de planeación con la definición de los requerimientos y la estructura EDT. Principales entregables.

3.5.2 Ejemplo

- Construir un conjunto residencial compuesto por cinco torres de 20 apartamentos cada una. Los apartamentos deben ser diseñados con construcción tradicional y responder a las normas de sismorresistencia reconocidas mundialmente. Todos los apartamentos tendrán la misma área y distribución: 80 metros cuadrados, tres habitaciones, dos baños, cocina y área social, acorde con los planos.
- Construir 100 parqueaderos subterráneos, uno por apartamento, individuales, sin servidumbre, que permitan el correcto parqueo y movilización de los vehículos de los propietarios.
- Dotar el conjunto residencial de las áreas comunes para el disfrute de los propietarios: zonas verdes, salón social y portería.
- Restricciones del proyecto: describe las limitantes del proyecto. Productos que van a ser utilizados, insumos para adquirir, interfaces con otros proyectos o áreas, presupuesto, especialistas, entre otros. Se enmarca en elementos de funcionalidad, calidad, costo, tiempo y personas (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Ejemplo de restricciones de proyecto.

Elemento	Restricción
Funcionalidad	Área del lote: 4000 metros cuadrados.
Personal	Equipos de trabajo de máximo 20 personas. Se conformarán los equipos que sean necesarios para ejecutar el proyecto.
Costo	Regidos por el presupuesto asignado.

Fuente. Elaboración propia.

- Riesgos asociados al proyecto: identificar los riesgos que pueden impactar el proyecto: mercado, competencia, problemas de tiempo, problemas de usuario, implementación, clima (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Ejemplo de descripción de riesgos.

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Mitigación
No se han tramitado las licencias de construcción respectivas.	20 %	Alto	Se debe iniciar con el trámite de las licencias ante las instituciones respectivas.

Fuente. Elaboración propia.

- Recursos disponibles para el proyecto: describir los recursos con los que la organización cuenta para desarrollar el proyecto (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Ejemplo de descripción de recursos.

Recurso	Descripción	Origen	Dedicación
Un gerente de proyecto.	Profesional en ingeniería civil, con alta experiencia en Gerencia de proyectos.	Contrato externo	Tiempo completo
Cinco maestros de obra.	Técnicos en obra civil.	Contrato externo	Tiempo completo
20 obreros.	Personas con experiencia en obra civil	Contrato externo	Tiempo completo

Fuente. Elaboración propia.

- Presupuesto del proyecto: describir la asignación global presupuestal para cada grupo de recursos del proyecto (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Ejemplo de presupuesto de proyecto.

Recurso	Asignación
Personal	\$ 100 000 000 000
Material	\$ 5 000 000 000
Equipo	\$ 2 000 000 000
Contratos	\$ 3 000 000 000
Total	\$ 110 000 000 000

Fuente. Elaboración propia.

- Cronograma de HITOS: describir los momentos clave para desarrollar el proyecto. Inicio y cierre de fases, reuniones, entrega de informes (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Ejemplo de hitos.

Hito	Fecha programada
Inicio del proyecto	06/01/2020
Fase 2. Preliminares de obra.	05/05/2020
Fase 3. Cimientos.	31/07/2020
Fase 4. Parqueaderos subterráneos.	26/06/2021
Fase 5. Tuberías en general.	03/08/2021

Fuente. Elaboración propia.

El caso de la Constructora El Quijote

Tercera parte: el acta de constitución del proyecto



Después de haber seleccionado el PMBOK® como la metodología más adecuada para gestionar sus proyectos, la Constructora El Quijote inició su aplicación en el proyecto ÍCARO Conjunto residencial. Como gerente de proyecto se asignó al ingeniero Juan Pérez, un profesional con amplia experiencia en obra civil, además de contar con múltiples estudios en esta disciplina, entre ellas una certificación como PMP otorgada por el PMI®.

El primer paso para iniciar el proyecto fue el diseño del acta de constitución. Para esto, Juan Pérez, desarrolló un bosquejo inicial. El CEO de la Constructora El Quijote le solicitó al gerente de proyectos que en la próxima junta general presentara el proyecto y el acta de constitución para dar inicio. A continuación se presenta el borrador del acta diseñada:

PROYECTO ÍCARO CONJUNTO RESIDENCIAL ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO

Ciudad y Fecha: Bogotá, Colombia. octubre 12 de 2019.

Código: PRY 001

1. NOMBRE DEL PROYECTO

ÍCARO Conjunto residencial

2. GERENTE DEL PROYECTO

2.1 Designado
Ingeniero Juan Pérez

3. FACULTADES

- a. Disponer de la cantidad de personas requeridas.
- b. Comprar materiales para la obra.
- c. Otorgar beneficios y bonificaciones.
- d. Tomar decisiones frente a las actividades desarrolladas, que no afecten el alcance del proyecto.

4. RESPONSABILIDADES

- a. Organización del trabajo.
- b. Controlar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y de diseño.
- c. Reclutar personal.
- d. Mantenimiento del personal contratado.
- e. Garantizar la disponibilidad de materiales y de herramienta.

5. STAKEHOLDERS

Nombre	Rol	Descripción
Constructora El Quijote	Patrocinador	Tomar decisiones de diseño y ubicación geográfica de todos los entregables del proyecto; patrocinar económicamente el proyecto.
Juan Pérez.	Gerente de proyecto	Gestionar los recursos y garantizar la calidad del proyecto.

Trabajadores y contratistas que intervienen en el proyecto.	Obreros	Garantizar la calidad del proyecto.
Familias que van a vivir en los apartamentos fabricados.	Asistentes	Inversionistas potenciales en el proyecto que se verán beneficiados con los resultados.

6. OBJETIVO DEL PROYECTO

- Construir un conjunto residencial en un sector de estrato tres.
- Deberá estar compuesto por 100 apartamentos y alinearse con las políticas gubernamentales que rigen las viviendas de interés social en Colombia.

7. DECLARACIÓN GLOBAL DEL ALCANCE

- Construir un conjunto residencial compuesto por cinco torres, de 20 apartamentos por torre. Cada uno de los apartamentos debe ser diseñado en construcción tradicional y debe responder a las normas de sismorresistencia reconocidas mundialmente. Todos los apartamentos tendrán la misma área y distribución: 80 metros cuadrados, tres habitaciones, dos baños, cocina y área social, acorde con los planos.
- Construir 100 parqueaderos subterráneos, uno por apartamento, individuales, sin servidumbre, que permitan el correcto parqueo y movilización de los vehículos de los propietarios.
- Dotar el conjunto residencial de las áreas comunes para el disfrute de los propietarios: zonas verdes, salón social y portería.

8. RESTRICCIONES DEL PROYECTO

Elemento	Restricción
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Área del lote: 4000 metros cuadrados. • Disponibilidad de la materia prima. • Tiempo previsto para el desarrollo del proyecto. • Tecnología disponible. • Distribución según planos.

Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de mano de obra capacitada. • Equipos de trabajo máximo 20 personas. Sin restricción de grupos. • Disponibilidad de los contratistas.
Costo	Regidos por el presupuesto asignado.

9. RIESGOS ASOCIADOS AL PROYECTO			
Riesgo	Probabilidad	Impacto	Mitigación
La selección inadecuada del terreno sobre el cual se va a construir el conjunto puede ocasionar problemas futuros de estructura.	50 %	Alto	Se deben realizar todos los estudios de suelos requeridos para garantizar la firmeza del terreno.
Errores en el diseño pueden ocasionar inconvenientes futuros de sismorresistencia.	20 %	Medio	Garantizar que el diseño cumple con todas las especificaciones técnicas identificadas.

10. RECURSOS DISPONIBLES PARA EL PROYECTO			
Recurso	Descripción	Origen	Dedicación
Recurso humano	Disponibilidad económica para contratar el personal requerido para avanzar con el proyecto.	Constructora El Quijote.	Tiempo completo
Material	Sin restricción, según disponibilidad de los proveedores.	Proveedores a nivel nacional.	N/A

11. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Recurso	Asignación
Personal	\$ 100 000 000 000
Material	\$ 5 000 000 000
Equipo	\$ 2 000 000 000
Contratos	\$ 3 000 000 000
Total	\$ 110 000 000 000

12. CRONOGRAMA DE HITOS

Hito	Fecha programada
Inicio del proyecto	06/01/2020
Fase 2. Preliminares de obra	05/05/2020
Fase 3. Cimientos	31/07/2020
Fase 4. Parqueaderos subterráneos	26/06/2021
Fase 5. Tuberías en general	03/08/2021

CEO Constructora El Quijote

Juan Pérez

AUTORIZA EL PROYECTO**GERENTE DE PROYECTO ASIGNADO**

Preguntas de discusión

- ¿Está de acuerdo con el objetivo y con el alcance propuesto para el proyecto? Explique.
- ¿Se puede complementar el objetivo y el alcance del proyecto propuesto de alguna manera?
- Complete el acta de constitución del proyecto con los elementos que usted considera se deben tener en cuenta en un proyecto de esta naturaleza.

CAPÍTULO

4

La gestión
del tiempo

4.1 Introducción

El manejo del tiempo es fundamental para el éxito de un proyecto. Este, al igual que los costos, son los grados de libertad que el gerente del proyecto utiliza para poder sortear obstáculos a corto plazo. Así mismo, debe identificar cuál es el enfoque del proyecto frente al elemento del tiempo con el fin de analizar decisiones de planeación, es decir, mecanismos de control, inversión en recursos, y advertir tendencias en el comportamiento de su desarrollo.

Existen proyectos claramente enfocados al tiempo; por ejemplo, el montaje de un concierto, la celebración de un momento histórico, las acciones judiciales o donde

la vida esté en riesgo o peligro; en este tipo de proyecto existe un límite de tiempo que no puede ser superado. Por el contrario, hay otros proyectos en los que se establece un objetivo y después se determina cuánto tiempo toma su ejecución; por ejemplo, en la construcción de un edificio, el desarrollo de un *software* o la recuperación de una fuente hídrica el tiempo varía, dependiendo de factores como su prioridad, el presupuesto asignado o las condiciones específicas para su desarrollo.

En muchas de las actividades de un proyecto existe la relación entre costo y tiempo, esto es que se puede acelerar su ejecución aumentando su costo. Esta relación es tan fuerte que se han definido trueques tiempo costo que se establecen desde el inicio del proyecto y se van ajustando en su transcurso, un ejemplo de ello es:

Se está realizando un trabajo de mampostería y lo ejecuta una sola persona con un salario de 10000 pesos diarios y tiene un rendimiento de 100 ladrillos el día. Si queremos acelerar su ejecución, contrataremos un operario adicional que logrará un trabajo conjunto de 200 ladrillos día, pero con un aumento global de 20 mil pesos.

Como se puede percibir, este tipo de ejercicios de manejo del tiempo está inmerso en muchos supuestos: que los recursos tengan una eficiencia igual, que no exista interferencia en un trabajo conjunto, que la relación costo tiempo sea lineal, entre muchos otros.

El gerente y el equipo de dirección del proyecto deben generar estrategias para el manejo de tiempo del mismo. Esto hace que sea un ejercicio juicioso y preciso para que logre ser administrado de la mejor forma, se manejen los imprevistos y también se creen dinámicas sobre su control.

4.2 Gestión del tiempo

El objetivo del manejo del tiempo en proyectos no es siempre y necesariamente hacerlo más rápido o en un tiempo más corto, ya que en el éxito del proyecto entran elementos del contexto que pueden ir en contravía con el objetivo de este. Un ejemplo de esto es el tope de flujos de caja en un periodo de tiempo, el lucro cesante en una inversión, el alto nivel de inventarios y el desfase entre proyectos que generan problemas legales y sociales.

Este capítulo analiza los diferentes momentos del manejo del tiempo, su impacto en el proyecto y la presentación de las herramientas más utilizadas. En primera instancia, la definición de la estructura del proyecto es fundamental ya que, como se explicó en el capítulo sobre el alcance del proyecto, sobre ella se articulan los diferentes componentes: recursos, costos, estructura, riesgos, calendarios, entre otros. Cuando se tenga una propuesta inicial de actividades se realizan los ajustes frente al alcance. Muchas veces esta primera propuesta se presenta a diferentes asesores y conocedores de proyectos similares para afinar la propuesta.

Así, una vez corregidos los problemas y estimados todos los elementos se inicia el proyecto. En su ejecución deben existir diferentes estrategias para facilitar su administración y la toma de decisiones.

Luego de identificar y concretar el objetivo y el alcance del proyecto en etapas previas, el equipo de planeación debe iniciar las actividades de planificación. Una de sus principales acciones es establecer las actividades y su estructura: esta actividad puede tener distintos referentes:

- Referencia con proyectos previos similares al que se desea planear.
- Grupo de expertos y profesionales de cada una de las áreas nucleares.
- Buenas prácticas, normas y procedimientos estandarizados.
- Recomendaciones de las autoridades nacionales o entes sectoriales.
- Puntos de vista de las estrategias de la empresa.
- Solicitud del patrocinador y limitantes.

A continuación se describen cada una de las actividades que el gerente del proyecto debe seguir para administrar el tiempo de este. En primera instancia debe hacer la estimación de los tiempos de cada una de las actividades y posteriormente se deben generar los procesos de seguimiento y control a cada una de las etapas del proyecto.

4.3 Definición de las actividades y la estructura del proyecto

Como se explicó en el capítulo de Gestión del alcance, las actividades del proyecto se organizan en una estructura ramificada donde se desagrega, tanto como sea necesario, el trabajo que se va a desarrollar; esta es una decisión del equipo del proyecto, ya que de allí se desprenden las estrategias de control y seguimiento.

El ejercicio de definición de la EDT o del **Work Breakdown Structure** (WBS, por sus siglas en inglés), inicia dividiendo el proyecto en subproyectos hasta el nivel que se pueda controlar y medir. La EDT se define identificando los subproductos que se han de integrar al producto final.

La EDT se construye como la descripción del plan del proyecto. Las actividades de orden superior inician con un solo numeral identificador pero a medida que se desglosan se asignan más numerales y dígitos. En la estructura de *Microsoft Project*® se visualizan sangrías hacia la derecha cada vez que se agrega una supeditación (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Ejemplo estructura EDT.

EDT	Nombre de la tarea
	Construcción de vivienda
1	1 PRELIMINARES
1.1	1.1 Pedir permisos ante la Curaduría
1.1.1	1.1.1 Construcción
1.1.2	1.1.2 Pedir los servicios de alcantarillado y acueducto
1.1.3	1.1.3 Solicitar la energía
1.2	1.2 Realizar presupuesto
1.2.1	1.2.1 Contratar al coordinador de la construcción

Fuente. Elaboración propia.

4.4 Tareas y paquetes de trabajo

Las primeras asignaciones de la EDT serán los subproductos que componen el proyecto, y las segundas asignaciones deben indicar los sistemas principales que forman este subproducto. Los demás niveles, tercero, cuarto y subsecuentes, reflejarán una descripción más detallada de cada producto, donde el último nivel representará las unidades o paquetes de trabajo básicas (Figuras 4.1).

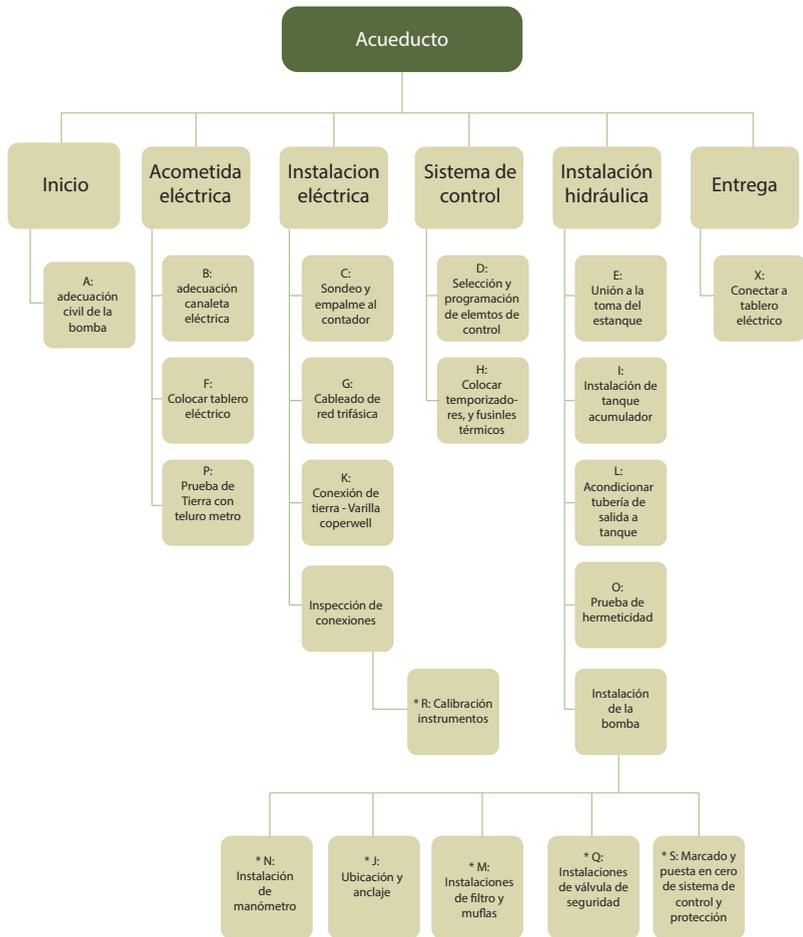
Para determinar las actividades de último nivel, Klastorin (2005) establece algunos factores para definir hasta qué grado de desglose se debe llegar:

- Grupos de empleados y especialistas involucrados –no hacer mezclas en lo posible–.

- Responsabilidad de la administración –sólo una actividad–.
- Facilidad de estimar costos y tiempos –relación con el alcance–.
- Duración y valor monetario –no más de cierto valor–.
- Relación con el ciclo de vida del proyecto –inicio, desarrollo, fin–.

Al describir la estructura EDT se deben caracterizar las actividades en varios aspectos:

- La definición de la tarea de forma clara –usar verbos y sustantivos–.
- El análisis de tiempos para su estimación –método de estimación–.
- Persona que ejecutará la actividad.
- Persona que controlará y supervisará su ejecución –costos y tiempos–.
- Estimación de costos de la tarea.
- Protocolo de control –planilla, lista de chequeo, mediciones, pruebas, etc.–.

Figura 4.1 EDT de cuatro niveles.

Fuente. Velosa y Sánchez, (2014).

A continuación, se presenta un ejemplo de una actividad de la EDT completamente caracterizada, en donde se verifica el estado de una conexión de polo a tierra para un montaje eléctrico especializado (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Ejemplo de elementos de una tarea EDT de último nivel.

Aspecto	Descripción
Nombre de la tarea	2.3 P: Prueba de conexión a puesta a tierra
Estimación de duración	Por descomposición de subtareas
Profesional a cargo	Técnico electricista grado III
Nombre del encargado	Ing. César Benavides
Cargo del supervisor	Control de calidad red eléctrica
Protocolo utilizado	IEEE Std 811983 y ASTM G 5795 a
Costos de la actividad	Mano de obra \$300.000 / h Uso del telurómetro \$60.000/d Pasajes \$ 200.000

Fuente. Elaboración propia.

4.5 Estimar duración de las actividades y el proyecto

Una vez definida la estructura EDT del proyecto y evaluada frente a sus referentes, se estima la duración, inicialmente de las tareas de último nivel. Existen diferentes métodos para realizar esta tarea:

- Juicio de experto: es el más utilizado en los proyectos donde ya se tiene experiencia. En ellos, el líder del proyecto o los consultores recomiendan el tiempo de duración basados en su propio conocimiento.
- *Benchmarking* o análoga: información de proyectos anteriores o buenas prácticas de operación. Este

método requiere conocer las variables externas para determinar la pertinencia de la toma de un tiempo de una actividad de un proyecto similar para el que se está tomando. Las fuentes de información para obtener los tiempos pueden ser:

- a. Tiempos de operación: son tiempos estandarizados que se determinan por medio de parámetros técnicos y de recomendaciones de fabricantes de equipos o por datos técnicos de procesos.
- b. División *–Breakdown structure–*zz: dividir en unidades más elementales y estimarlas de forma individual. Este método minimiza el error de tomar un valor global mayor y ayuda en el establecimiento de los componentes de la actividad así como su proceso (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Ejemplo de subdivisión de una tarea.

Paso	Tarea	Tiempo estimado
1	Perforación de agujeros	00:30:00
2	Instalación de los electrodos	00:45:00
3	Toma de datos	00:30:00
4	Desmante de electrodos	00:30:00

Fuente. Elaboración propia.

- c. Paramétrico: se relaciona con la eficiencia de un recurso y las cantidades a ejecutar. Por ejemplo, si para la realización de una placa de concreto se necesita verter 50 m³, de mezcla, y la capacidad del trompo mezclador es de 5m³ cada 30 minutos, entonces el tiempo que se necesita para la preparación del concreto es:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de mezclado [min]} &= (50 \text{ [m}^3\text{]} / (5 \text{ [m}^3\text{]}) * 30 \text{ min} = 300 \\ &[\text{min}] = 5 \text{ [horas]} \end{aligned}$$

Lo anterior significa que se requiere hacer diez cargas en el trompo mezclador, cada una con duración de 30 minutos, es decir, el resultado son 300 minutos en total, que en horas sería igual a cinco horas.

- d. Por incertidumbre (PERT): este método tiene en cuenta las variaciones propias de una estimación desde la probabilidad. Las estimaciones pueden tener comportamientos de distribución de probabilidad y utilizan parámetros como varianza, desviación estándar y media. Algunos lo conocen como tres puntos, porque utilizan el tiempo más probable, el optimista y el pesimista, para obtener el tiempo esperado. Un poco más adelante se describe detalladamente el método.
- e. Técnica Delphi: se pregunta a varios expertos independientes entre sí y conocedores del proyecto sobre el tiempo probable de las

actividades o del proyecto en general, y se someten a varias rondas para contrastar las respuestas con el fin de obtener un tiempo estimado muy probable.

- f. Cálculo de la cantidad de trabajo: existe una relación entre la disponibilidad de trabajo de los recursos, la duración de las actividades y la cantidad de recursos destinados a la labor. Esta fórmula general relaciona estos tres elementos necesarios para establecer el comportamiento de una actividad, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Trabajo} = \text{Duración [días]} \times \text{Disponibilidad [horas]}$$

La determinación del tipo de tarea definirá cuál de los elementos de la actividad quedará fijo cuando se realizan cambios en ella. Un cambio puede ser aumento de trabajo o adición de recursos. Desde esta perspectiva se establecen tres tipos de tareas:

- a. Trabajo fijo: las actividades donde la labor trabajo por desarrollar se mantiene invariante en el proyecto. En estas actividades los recursos unidades son asignados para completar la labor en un tiempo duración, sin embargo, si se agregan más recursos el tiempo total disminuirá o si se aumenta la duración, el porcentaje de los recursos disminuirá. Algunos ejemplos son los siguientes:

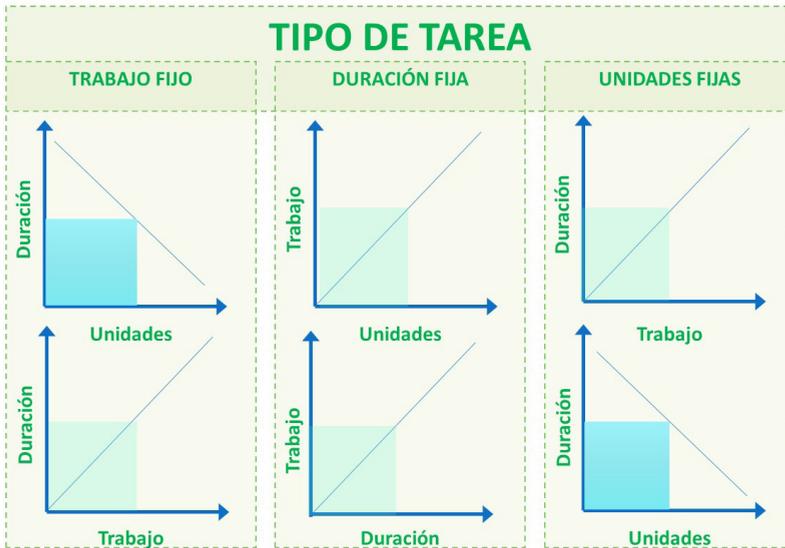
- Mampostería: la cantidad de m², ladrillos y cemento está determinado por el método de fabricación y la cantidad de obra; de no darse un cambio en las cantidades el trabajo deberá permanecer constante.
 - Construcción de código de *software*: líneas de programa. Al determinar cuánto deberá ser la cantidad de lista de códigos, esta última se deberá mantener así se asignen varios programadores.
- b. De unidades o recursos fijos: otro, tipo de tarea son las desarrolladas por un recurso escaso e irremplazable como es el caso de un trabajo especializado. Estas actividades son de unidades o recursos fijos, lo que significa que no se puede aumentar la capacidad del recurso. Algunos ejemplos son los siguientes:
- Trabajo especializado: un técnico electricista especialista en instalaciones.
 - Capacidad de ubicación en campamentos: un número de personas encargadas de una labor especial.
 - Recursos especiales: una máquina montacargas o un horno de cocción único, destinado al proyecto.

- c. De duración fija: esto significa que la duración para hacer la tarea se mantiene fija, independiente de la cantidad de recursos que se asignen a la actividad y de la actividad en sí. Algunos ejemplos de este tipo de actividades son las siguientes:
- Reuniones: una reunión tiene un tiempo fijo indistantemente del número de invitados.
 - Campaña publicitaria: depende de la estrategia propuesta, no de las personas que trabajen en ella.
 - Fraguado de concreto: depende de características fisicoquímicas y ambientales.

A continuación, se muestra cómo se pueden comportar las actividades de acuerdo con el tipo de tarea que se le asigne (Figura 4.2). Esto forma parte de las labores del diseñador para que en la etapa de avance y seguimiento los cambios se comporten de manera correcta.

La estimación para el tipo de actividad será importante al momento de la programación, ya que los parámetros pueden cambiar en el desarrollo del proyecto por lo que es importante interpretar el impacto de estos cambios en la estimación de los tiempos.

Figura 4.2 Tipos de tarea y la relación entre trabajo, duración y recursos.



Fuente. Elaboración propia.

4.6 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

Una de las herramientas más utilizadas para la estimación inicial de tiempo en proyectos es el PERT. Esta herramienta fue diseñada en Estados Unidos para el proyecto Polaris con el fin de desarrollar un programa de misiles balísticos; se utilizó inicialmente en campos militares, pero en muy poco tiempo se incorporó en otros proyectos de diferentes objetivos.

La herramienta se apoya en el manejo de tres tiempos determinados para cada actividad: optimista, pesimista y más probable. Con la ayuda de estos se determina el tiempo esperado, que es el que finalmente se utilizará en

la estimación. Para ello se tienen en cuenta las siguientes ecuaciones:

- Ecuación 1: tiempo esperado

$$TE = \frac{(Tps+4 Tmp+Top)}{6}$$

- Ecuación 2: varianza del proyecto

$$Varianza = \left(\frac{Tps-Top}{6} \right)^2$$

- Nota: la varianza del proyecto = Σ Varianzas de las actividades de ruta crítica
- Ecuación 3: desviación estándar del proyecto

$$Desviación = (Varianza \text{ del proyecto})^{1/2}$$

En donde:

Tps: Tiempo pesimista

Tmp: Tiempo más probable

Top: Tiempo optimista

Adicionalmente, las ecuaciones pueden ser llevadas a aplicaciones de probabilidad para estimar tiempos de finalización. Con ayuda de la ecuación 3 se puede determinar la probabilidad para la terminación de un proyecto. Es de mencionar que los datos tomados deben ser de las actividades de la ruta crítica.

Otro uso que se le ha dado a esta técnica es la estimación de la conclusión del proyecto. Los parámetros de

este ejercicio son tomados en las actividades de la ruta crítica y su valor final determina qué tan probable es la conclusión del proyecto. Esto se estudiará más adelante en en torno la determinación de la ruta crítica y sus usos.

A continuación, se ilustra un ejemplo de una ampliación de una construcción¹⁷ (Tabla 4.4); allí se fijan todas las actividades necesarias para el desarrollo de la obra, y con la ayuda de las columnas a, b y c se puede calcular el tiempo esperado para cada actividad, así como la varianza. De esta forma se calcula el tiempo total de duración del proyecto y su probabilidad de ocurrencia.

¹⁷ Para ampliar esta información, consultar Principios de administración de operaciones, de Haizer y Render, en su ejemplo 6, p. 72.

Tabla 4.4 Ejemplo PERT.

Id	EDT	Nombre tarea	Predecesoras EDT	Tiempo esperado	Duración optimista [a]	Duración pesimista [b]	Duración más probable [c]	Varianza	Tareas críticas
1	A	Construir componentes internos.		2	1	3	2	0.11	Sí
2	B	Modificar pisos y techos.		3	2	4	3	0.11	No
3	C	Construir pila de recolección.	A	2	1	3	2	0.11	Sí
4	D	Vaciar concreto e instalar marco.	A, B	4	2	6	4	0.44	No
5	E	Construir quemador de alta temperatura.	C	4	1	7	4	1.00	Sí
6	F	Instalar sistema de control de contaminación.	C	3	1	9	2	1.78	No
7	G	Instalar dispositivo para aire contaminado.	D, E	5	3	11	4	1.78	Sí
8	H	Inspeccionar y aprobar.	F, G	2	1	3	2	0.11	Sí

Fuente. Elaboración propia.

Varianza del proyecto: 3.111

Desviación estándar: 1.763

Tiempo estimado de terminación: 15 días

Tiempo solicitado de terminación: 16 días

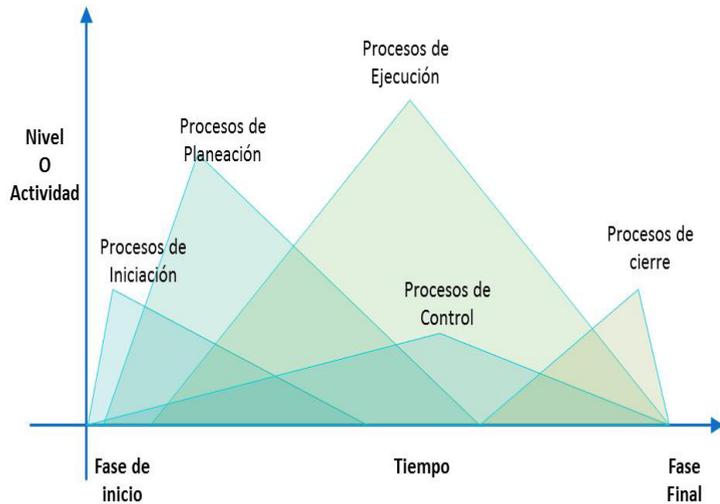
Probabilidad: 71.5 %

4.7 Secuenciar las actividades

El diagrama de precedencia o de red se construye haciendo la vinculación de dependencia entre las actividades. Para construir esta dependencia es necesario establecer el orden de las actividades: de primer nivel, resumen y proyectos vinculados.

Como un ejercicio inicial se puede empezar a trabajar mentalmente hacia atrás, es decir, desde el producto o servicio que se piensa entregar; esto llevará a la declaración de fases o etapas. Las etapas se dividirán, posteriormente, en secuencias lógicas compuestas por actividades.

Muchas veces puede ser tentador seleccionar los grupos de proceso –iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre– como fases, pero es necesario recordar que lo que se espera de la estructura de actividades es determinar una secuencia lógica por lo que los grupos de proceso pueden estar sobrepuestos y no secuenciales (Figura 4.3).

Figura 4.3 Sobreposición de los grupos procesos.

Fuente. Elaboración propia a partir de Toro, (2012).

4.8 Definir las relaciones de precedencia

Hay varias alternativas para determinar la relación que existe entre las actividades de un proyecto, como son:

- **Fin-comienzo:** significa que las actividades sucesoras no se han de iniciar si las predecesoras no se han concluido o que su desarrollo está condicionado al de la predecesora. En la construcción de una casa, el desarrollo de un segundo piso está condicionado al primer piso, y este, a su vez, a los cimientos. La influencia de esta condición hará que los tiempos sean la suma de las actividades.

- Comienzo - comienzo: en este tipo de relación las actividades deben iniciar simultáneamente. Esto es, que las dos están relacionadas en su inicio. Un ejemplo en la construcción son las actividades de instalación de redes eléctricas y verificación de conexiones. El tiempo de esta operación –las dos actividades– será la misma de la actividad más larga.
- Fin - fin: las actividades conectadas fin a fin tienen como característica que la conclusión de estas debe hacerse de forma simultánea; esto es, que el cierre o el fin de las actividades está condicionada entre ellas. Un ejemplo de ello es la extracción de escombros, que debe coincidir con su transporte o retiro de la obra, ya que si no está sincronizada existirá trabajo cesante del conductor o desorden de los escombros. El tiempo de esta operación es igual que el caso anterior.
- Comienzo - fin: este tipo de operación se hace necesaria cuando una actividad no pueda concluir hasta que otra no haya iniciado. En una construcción se presenta en la acometida del gas, que debe ser terminada cuando se inicia el proceso de auditoría de las empresas de servicios. El tiempo total de la operación es la suma de las dos actividades.

Para la relación entre actividades se espera que la condición sea sincronizada; sin embargo, cuando es necesario establecer tiempo de espera o posposición, este tiempo debe ser tratado como parte de la actividad y no como holgura. El

ejemplo en la construcción es el tiempo de fraguado de una placa de concreto que tiene un tiempo determinado, no es posible acelerar ya que debe estar fraguada para continuar con otros procesos. El condicionamiento de la vinculación de actividades predecesoras o sucesoras se torna importante en la determinación de la secuencia de actividades o la lógica del desarrollo del proyecto. Este condicionamiento depende de varios factores: i) de la experiencia del diseñador del proyecto; ii) De las buenas prácticas de la industria; iii) de los requerimientos estatales o entes regulatorios; iv) condicionamientos del cliente; v) limitantes o políticas internas; vi) efectos externos del entorno; y vii) el alcance del proyecto.

4.9 Determinar red del proyecto

Al establecer las precedencias de las actividades, el diseñador del proyecto determina de forma indirecta el diagrama de red del proyecto y su organización. El método más común es el *Critical Path Method* (CPM). Esta metodología se utilizaba para para controlar las actividades de mantenimiento y poder iniciar la producción de manera eficiente. Actualmente, el diagrama de red se ha extendido a varios usos:

- Determinar la ruta crítica.
- Determinar el tiempo total del proyecto.
- Cuantificar las holguras total, libre, independiente y de seguridad.
- Establecer estrategias de trueque tiempo costo.

- Administrar recursos, como mano de obra, costos, máquinas y equipos.

El diagrama puede organizarse de dos formas: las actividades en los nodos o **Activity on Node, (AON)**; o la presentación por arcos o **Activity on Arc (AOA)**. Cada una tiene ventajas y desventajas según su aplicación y uso, pero ha sido más extendida la forma AON, ya que es utilizada por muchas de las aplicaciones computacionales del mercado.

4.10 Ruta crítica

Las actividades presentadas en el diagrama evidencian que existe un camino o ruta que estipula el tiempo total del proyecto y que depende del condicionamiento de las actividades y su duración –tiempo necesario para realizar la tarea–. Para el ejercicio del cálculo, el método se apoya en el concepto de holgura total u holgura crítica¹⁸, ya que las actividades, cuya holgura total sea cero, serán consideradas tareas críticas pues si se retrasan causarían una demora de todo el proyecto.

El uso de la ruta crítica en proyectos establece el tiempo más corto para la realización de actividades; sin embargo, existen otros usos: el establecimiento de la probabilidad de terminar el proyecto del método PERT, los flujos de caja de estas actividades y hasta los planes de riesgos.

El procedimiento de cálculo inicia con la determinación de los tiempos de las actividades, vínculos entre actividades. Se hace el cálculo de las holguras de las diferentes rutas.

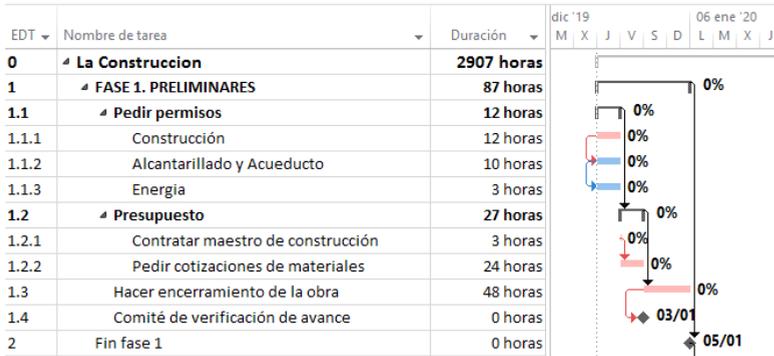
¹⁸ Es el tiempo que se puede atrasar una tarea sin que afecte la duración del proyecto.

Actualmente, muchas de las aplicaciones computacionales de gestión de proyectos establecen las diferentes rutas y sus holguras.

4.11 Especificar diagrama de Gantt

Debido a la influencia que tienen los días feriados en el desarrollo de los proyectos y los periodos no disponibles para el trabajo, se establecen otros tipos de gráficos muy utilizados en la gestión de proyectos. El diagrama de Gantt está compuesto por el listado de las actividades ubicadas sobre un área delimitada por el tiempo del calendario, donde se hace evidente el inicio y el fin de cada actividad por medio de una barra horizontal, (Figura 4.4) Dentro de los usos más comunes de esta herramienta se tiene:

- Determinar cuándo inicia y cuándo termina una actividad o actividad resumen actividad que agrupa más actividades.
- Evidenciar las jornadas de trabajo y festivos.
- Relacionar las actividades desarrolladas y los avances con el método de seguimiento.
- Hacer seguimiento al trabajo realizado.
- Observar las dependencias y las actividades de ruta crítica.
- Observar el impacto de una actividad sobre otras en el desarrollo del proyecto.

Figura 4.4 Un diagrama de Gantt completo.

Fuente: Elaboración propia a partir de MS - Project®.

4.12 Calendarizar

Debido a que el proyecto debe estar sincronizado con los periodos de tiempo laborables y no laborables, es necesario identificar un calendario donde se identifique con claridad estos periodos. Las razones por las cuales se debe establecer los periodos de tiempo laboral son las siguientes:

- Periodos y días festivos de cada país.
- Acceso por periodo de los recursos.
- Intensidad del trabajo: uno, dos o tres turnos.
- Políticas de la empresa por vacaciones y descansos.
- Acontecimientos especiales.

Por la influencia de los días festivos en el tiempo de desarrollo del proyecto, este elemento ha de tenerse en cuenta en su programación¹⁹.

¹⁹ Para Colombia, los días festivos se pueden consultar en <http://www.qppstudio.net/bankholidays2017/colombia.htm>. Estos periodos se verán reflejados en el diagrama de Gantt en un aumento del tiempo del proyecto en días calendario, ya que los días hábiles disponibles son menos por efecto de los festivos.

Los calendarios pueden estar asignados al proyecto, a las actividades y a los recursos, y es responsabilidad del diseñador del proyecto sincronizar y ajustar los calendarios para no tener problemas de retrasos o de periodos de paro por falta de personal o recursos.

4.13 Establecer el equipo del proyecto

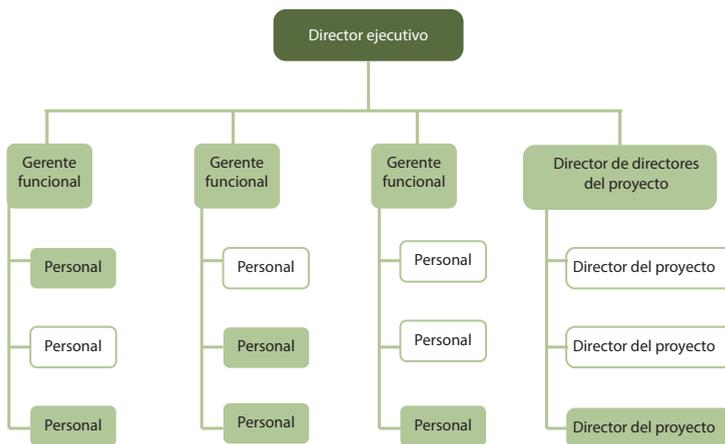
La organización del equipo depende de dos factores principales: el contexto donde operan las organizaciones y el diseño. En general, las organizaciones que ejecutan proyectos pueden ser de tres tipos (Figura 4.5).

- Orientada a proyectos o divisional: la configuración de sus participantes está orientada con independencia. Las organizaciones que trabajan por proyectos deben asumir esta estructura.
- Funcional: cada participante tiene un área y tiene como líder el dueño del área especializada; lo negativo de esta estructura es la tendencia de actuar como una isla.
- Matricial: es una combinación de las dos anteriores. Se conserva la estructura funcional, pero se crean relaciones de estructura propia de proyectos específicos.

Cuando un recurso es asignado a un proyecto es importante determinar cuánto tiempo estará este recurso realizando las labores, es decir, una asignación total o parcial; esto se verá reflejado en el tiempo del proyecto

cuando exista más de un proyecto en la organización donde sea necesario el recurso o porque adicionalmente tenga otras actividades transversales a los proyectos. Si se tiene la estructura organizada por proyectos, este recurso estará bajo el líder específico del proyecto. Si es una organización funcional, el recurso es optimizado y la dirección la hacen personas de gran conocimiento en cada departamento, por ejemplo, ingeniería. En el caso de ser matricial, los objetivos del proyecto están más claros, se alcanza un alto grado de integración y el flujo de información es más efectivo.

Figura 4.5 Diferentes estructuras organizacionales.



Fuente. Elaboración propia a partir de PMBOK® V5.

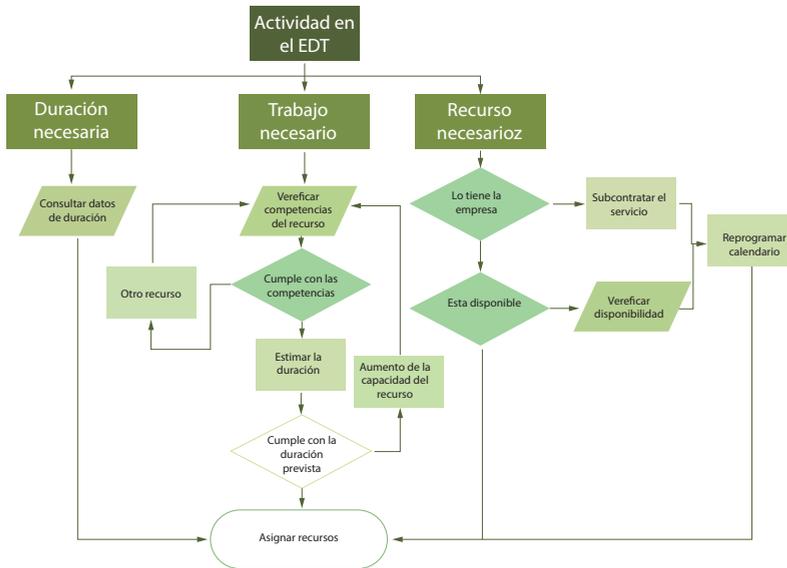
La influencia del equipo del proyecto sobre los tiempos y la programación dependerá del tipo de función que realice el recurso. Al asignar los recursos a las actividades, el tiempo disponible puede afectar su duración; las razones pueden ser:

- Calendarios especiales del recurso –horas extra, cambio de turnos–.

- Cambio en la intensidad y disponibilidad del recurso.
- Rendimiento propio del recurso.
- Cruce con otras actividades donde el recurso tenga actividad.
- Acceso a los recursos.

4.14 Asignación de recursos, carga de trabajo y rendimientos

Al momento de ser asignados los recursos se debe pensar en aquellas actividades donde el recurso realizará algún trabajo directo, esto es, verificar las labores donde este será necesario pues existen perfiles de cargos acordes con las actividades; las cargas de trabajo deben ser equilibradas y la generación de costos asociados pueden influir de forma negativa en el proyecto. Este trabajo debe ser riguroso y metodológico. A continuación, se presenta el diagrama de flujo de un procedimiento básico para la asignación de recursos (Figura 4.6).

Figura 4.6 Proceso de asignación de recursos.

Fuente. Elaboración propia.

4.15 Ajustes y cambios en el cronograma inicial

Los ajustes son necesarios, ya que los *stakeholders* tienen necesidades diferentes con respecto al tiempo y los costos en la ejecución del proyecto, por lo que es necesario encontrar mecanismos de consolidación. Los cambios del proyecto que impactan directamente el cronograma son:

- Cambios en el tiempo o la duración de las actividades, ya sea por efectos de carga de trabajo o factores técnicos.
- Cambios en la disponibilidad de los recursos o de las tareas.

- Cambios por efectos financieros y manejo del dinero.
- Cambios por otros factores –legales, procedimentales, riesgos–.

4.15.1 Ajustes en disponibilidad –calendarios–

No siempre los recursos están disponibles, sea porque no forman parte del proyecto o son recursos externos a este, por consiguiente, el ajuste en la disponibilidad se concentra en:

- Recursos con disponibilidad diferente –cambio en el calendario de los recursos, cambio del recurso o cambio en el calendario de la actividad, aumento de horas extra–.
- Cambio en la actividad –actividades fraccionadas, postergación de actividades, cambio de secuenciación–.
- Pensar en subcontratar.

4.15.2 Ajustes en tiempo

Los cambios en el tiempo de las actividades de un proyecto pueden impactar negativamente en su desarrollo, esto se ve reflejado en el costo de las actividades. Los ajustes en tiempo se concentran en:

- Cambio de la carga de trabajo –reasignando–, aumentando la capacidad de los recursos o buscando tecnologías más eficientes, lo cual tendrá efectos directos en los costos.

- Rediseñando las actividades y su secuenciación verificando el proceso.

4.15.3 Ajustes por costos y financiamiento

El manejo de los costos y el financiamiento del proyecto pueden tener efectos directos sobre el cronograma de los proyectos. Algunas de las decisiones, con respecto al costo, fijadas previamente, como políticas de gasto, endeudamiento y forma de pago, se involucran en la asignación de tiempo.

- Montos máximos de flujo de caja, canje tiempo-costos –flujo de caja–.
- Grado de endeudamiento –esto impactará la rentabilidad del proyecto–.
- Manejo de materiales y proveedores de servicios, políticas de pagos –solicitud de recursos–.
- Costos asociados de inventarios, lucro cesante, tasa de oportunidad.

4.15.4 Otros ajustes

Usualmente, otros tipos de ajustes en el calendario de las actividades dependerán de variables del entorno, que a su vez, dependen del tipo de proyecto que se esté trabajando. Como los proyectos no siempre son impactados de igual forma por el ambiente, es necesario revisar este apartado bajo la luz de los riesgos y efectos del entorno. Entre algunos efectos previstos se pueden mencionar:

- Los legales, normativas del sector, técnicos y de impacto social y ambiental. Un ejemplo son los tiempos en obtener licencias o permisos; estos documentos van acompañados de un estudio o investigación en donde los tiempos se establecen dependiendo de las necesidades específicas y están fuera del control del proyecto mismo.
- Los procedimientos que los *stakeholders* han establecido, hace que pueda ocurrir eventos que afecten el proyecto, como negociaciones con la comunidad o el cumplimiento de ciertos protocolos que no se habían considerado.

4.16 Supervisión y control del cronograma

Luego de hacer los ajustes, que el proyecto haya sido consultado y aprobado por los diferentes *stakeholders*, se emprende su ejecución en sí. En este momento la información generada se almacena y se controla para que la etapa de ejecución y control tenga un referente y le sirva al director del proyecto como un punto de comparación. A esta información, que va desde la mismo EDT hasta las fechas en el calendario, es lo que se le conoce como línea base o actividades previstas.

Una de las labores del director de proyectos es la de hacer los ajustes para que el proyecto sea actual y real, es decir, muy cercano a lo previsto; para ello se han creado diferentes metodologías que permiten generar indicadores, con el fin de visualizar de forma cuantitativa su desarrollo.

4.16.1 Desarrollo del cronograma

A medida que avanza el proyecto, el equipo de seguimiento y control debe actualizar y alimentar los datos que arroje el cumplimiento del proyecto para que sean comparados con la propuesta de planeación. Entre los datos que se deben tener en cuenta están:

- Las fechas de inicio y finales actuales y reales.
- Hitos del proyecto y actividades de ruta crítica.
- Los porcentajes de completados, físico completado y trabajo.
- Comportamiento de las actividades de mayor presupuesto y costo.
- Costos directos e indirectos.
- Cargas de trabajo, capacidades y disponibilidad de recursos.
- Horas extras, administración del trabajo y flujos de caja.

Para cada uno de los diferentes elementos se generan indicadores de control que reflejan, además del comportamiento en la gestión del proyecto, las tendencias y las posibilidades de acción, ajustes y correcciones.

4.16.2 Controlar el cronograma

Ya que el éxito del proyecto en cuestión de tiempos es el de cumplir con el cronograma –tiempo de ejecución y duración de las actividades–, el director del proyecto ha de prestar particular atención a las actividades de la ruta crítica y actividades de costos elevados. Si por alguna razón la ejecución se distancia de la planeación, el director debe realizar diferentes estrategias para encauzar el proyecto; entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- Canje de tiempo vs. costo: más mano de obra a un mayor costo.
- Redistribución de recursos de actividades no críticas.
- Reformular la planeación de las actividades.
- Redistribuir tareas o buscar actividades por *outsourcing*.

Cualquier modificación hecha u observada del proyecto debe ser informada a los interesados y al equipo del proyecto con el fin de evaluar el impacto y presentar las soluciones.

Todas las decisiones tomadas por el director del proyecto deben quedar registradas en el documento de lecciones aprendidas que forma parte de la gestión del conocimiento del mismo. Estas lecciones aprendidas deben servir de herramienta para planear estrategias que ayuden a controlar el proyecto, y además, deben ser compartidas en las reuniones de control que el director realice con su equipo de trabajo.

Otro documento que se debe adelantar es el desarrollo del plan de riesgos, ya que al hacer cambios en el proyecto se pueden generar cambios que representen peligros no previstos desde su inicio.

4.16.3 Órdenes de cambio

Es recomendable, que al menos una vez por semana, se realice una reunión para evaluar y hacer seguimiento y control del cronograma. En estas reuniones se evalúan las situaciones y se plantean escenarios por medio de las propuestas ¿qué pasa sí? Lo anterior, calcular el impacto de las decisiones, pues con esta información se establece un plan de prioridades y se informa a los *stakeholders* por los canales definidos de comunicación.

4.16.4 Métricas de evaluación

Una herramienta que ha tomado fuerza en el control de proyectos es la gestión del valor ganado, la cual se utiliza para darle seguimiento al proyecto. La técnica evalúa, por medio de un grupo de indicadores, lo planeado y lo ejecutado a la fecha de evaluación del proyecto o fecha de estado. Estos indicadores tienen en cuenta los valores causados por los recursos al hacer la actividad y los costos de los recursos. Los indicadores se evalúan en dos dimensiones: los costos y la ejecución de tiempo del cronograma.

Algunos indicadores útiles para el manejo del cronograma son:

- Costo planeado - CPTP: costo presupuestado del trabajo programado; acumulado a la fecha de estado. Contiene los costos de línea base.
- Trabajo ejecutado - CPTR: costo presupuestado del trabajo realizado. Contiene el valor acumulado del porcentaje completado.
- Costo real del trabajo realizado - CRTR: contiene los costos reales que se han causado por el trabajo ejecutado hasta la fecha de estado del proyecto.

Con ayuda de estos tres indicadores se desarrollan dos nuevos indicadores: uno, para medir el avance del cronograma, y otro, para evaluar el desempeño en la generación de los costos.

- Índice de desempeño de cronograma - SPI: este indicador compara el avance obtenido del trabajo del proyecto y el avance del trabajo que se había planeado a una fecha particular. Se calcula dividiendo el valor ganado entre el costo planeado. Su interpretación es:

SPI = 0 Proyecto de acuerdo con el cronograma está al día.

SPI < 0 Proyecto atrasado de acuerdo con el cronograma está al día.

SPI > 0 Proyecto adelantado de acuerdo con el cronograma está al día.

- Índice de desempeño de costo - CPI: compara los costos reales con los costos planeados para verificar si el proyecto se encuentra dentro del presupuesto en una fecha específica.

SPI = 1 Proyecto con rendimiento del cronograma igual al planeado.

SPI < 1 Proyecto con rendimiento del cronograma menor al planeado.

SPI > 1 Proyecto con rendimiento del cronograma mayor al planeado.

Mientras el proyecto esté en ejecución estos indicadores fluctúan y al terminar una actividad el indicador toma el valor de 1. Es importante mencionar que este indicador está relacionado con el trabajo realizado por los recursos.

El Caso de la Constructora El Quijote

Cuarta parte: la gestión del tiempo del proyecto



Un paso a la vez

Una vez Juan Pérez fue elegido como director del proyecto, el paso siguiente era hacer su planificación real. El compromiso era realizar el proyecto en 47 meses –1400 días–, iniciando el 6 de enero de 2020 y con fecha de entrega 6 de noviembre de 2023, lo cual representaba un gran reto desde la misma concepción del diseño. Los datos de la licitación con que se ganó el proyecto se estimaron con diferentes métodos; sin embargo, las ambigüedades y la imprecisión de las cantidades de insumos para la obra no permitieron llegar a la ingeniería de detalle, que ahora es necesaria para una planeación real de tiempos y costos.

En esta fase surgieron varias preguntas: ¿cómo hacer para mantener una buena comunicación con el equipo de trabajo en la actual etapa de planificación y también en las siguientes fases de ejecución, seguimiento y control? ¿Cómo centralizar la información de costos, tiempos, recursos,

avances y responsables? y especialmente ¿qué herramientas puede utilizar el equipo directivo del proyecto para establecer indicadores que le permitiran tener control del proyecto, su flujo de caja y de actividades?

Para resolver estas preguntas se analizaron varios programas de *software* y se propusieron tres: Primavera[®], Project[®] y OpenProj[®] (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Programas seleccionados.

Primavera [®]	Project [®]	OpenProj [®]
<p>Ventajas Estable, confiable, con soporte, servicio WEB, amigable.</p> <p>Desventajas Costoso y con curvas de aprendizaje largas.</p>	<p>Ventajas Amigable, conocido, con respaldo, fácil de compartir en WEB, costo asequible y alineado con PMI.</p> <p>Desventajas Falla y errores de compilación, cambios de versiones persistentes y dificultades entre las herramientas de Office.</p>	<p>Ventajas Barato, fácil de implementar, escalable.</p> <p>Desventajas Sin soporte técnico, curva de aprendizaje incierta, no alineado con PMI[®].</p>

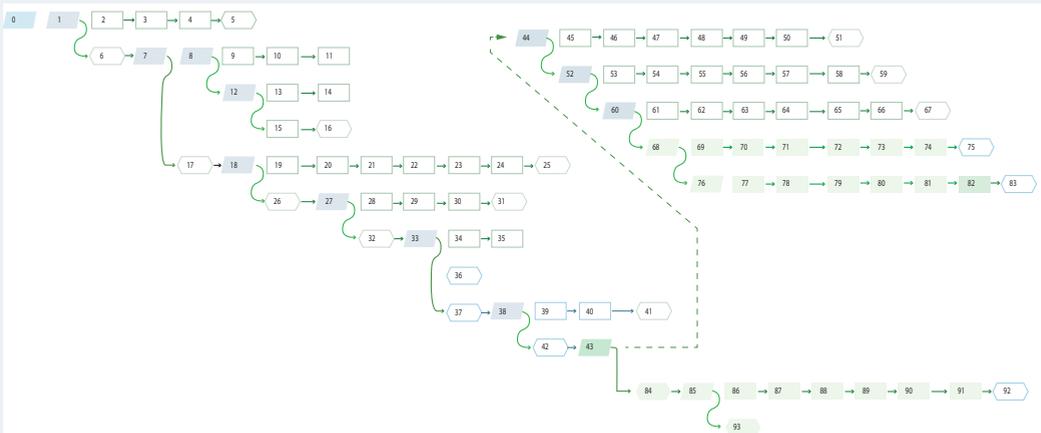
Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Basado en el análisis se llegó a determinar, que por las ventajas del programa, el que se usaría para el proyecto sería *Project*, de Microsoft[®]. Así las cosas, se definió como actividad prioritaria la capacitación de todo el personal que tuviera contacto con el *software*.

Juan Pérez pensó en diferentes alternativas para iniciar el proceso de planeación, y en reunión con su equipo de trabajo se desarrolló una primera aproximación a la EDT. También se estableció el proceso para la definición de las actividades, la

estimación de tiempos y la ponderación de costos a fin de lograr diseñar un diagrama de Gantt. Las actividades tendrían una conexión directa y organizada en paquetes de trabajo, soportada bajo la lógica de un proyecto de construcción, desde las bases hasta los acabados (Figura 4.7).

Figura 4.7 Diagrama de red general de la construcción de Ícaro.



Fuente. Elaboración de los autores.

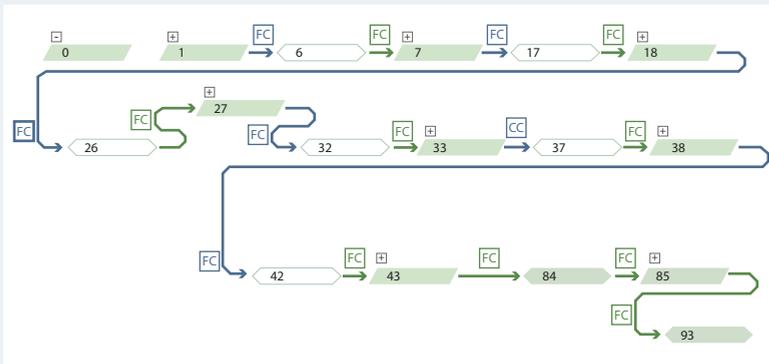
El proyecto fue dividido en ocho fases encadenadas:

- Diseño: el cual correspondía a la realización de diseño de detalle de toda la obra.
- Preliminares: necesarios para la puesta en actividad del proyecto.
- Cimientos: primera parte de la construcción.
- Parqueaderos subterráneos: construcción interna y parte de la estructura base.
- Tuberías en general: para agua limpias, aguas negras, gas, aire, etc.
- Acometida eléctrica: de baja y de distribución a todos los apartamentos.

- Estructura: columnas, vigas y mampostería.
- Acabados: pintura de pisos y carpintería metálica, y de madera.

Las actividades principales se pueden secuenciar por medio de las actividades resumen, donde las cuatro últimas forman parte de la ruta crítica (Figura 4.8):

Figura 4.8 Diagrama de red de actividades resumen proyecto Ícaro.



Fuente. Elaboración de los autores.

La gestión del tiempo se planearía con base en las mismas fases del proyecto. Antes de iniciar es importante realizar los ajustes necesarios y hacer el proceso de planeación de costos para presentar un diagrama de Gantt realista del proyecto.

Diseño del proyecto en el tiempo

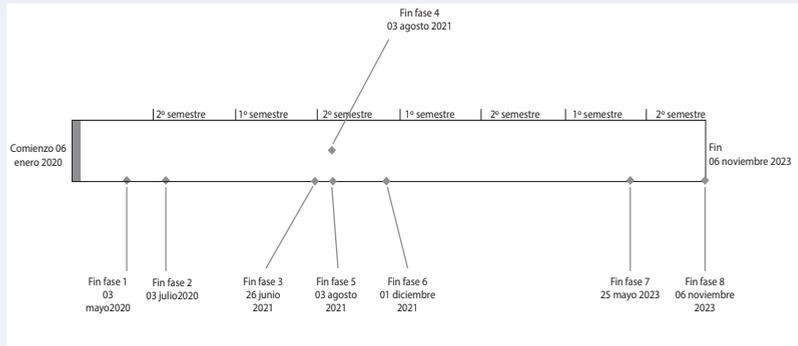
Del trabajo con los expertos del proyecto se presentó un diagrama de Gantt general para toda la obra, que iniciaría el 6 de enero de 2020 y terminaría el 6 de noviembre de 2023.

Los tiempos se calcularon por medio de dos técnicas: la primera, la estimación de juicio de expertos, y la segunda, la paramétrica con coeficientes de trabajo. Una vez establecidos

los tiempos se procedió encadenar las actividades.

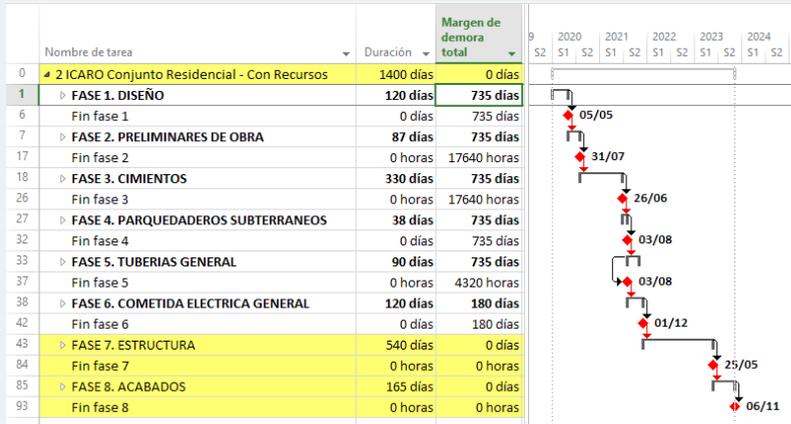
Cada fase tendría un hito claramente definido –fin de fase–, para poder hacer un control más riguroso sobre el avance de la obra y sus costos (Figura 4.9).

Figura 4.9 Línea de tiempo de los hitos del proyecto.



Fuente. Elaboración de los autores.

Desde el comienzo se quiso dar un seguimiento especial a las actividades que serían cruciales para la entrega a tiempo. Estas estuvieron a cargo directamente de Juan Pérez, desde la construcción de la torre D y hasta el final no podrían presentarse fallas ni demoras, ya que esto afectaría negativamente el desarrollo, y por tanto, la entrega del proyecto. Además, el mayor porcentaje de la inversión se realizaría en esas fases (Figura 4.10).

Figura 4.10 Diagrama de Gantt colapsado del proyecto.

Fuente. Elaboración de los autores.

Un primer contrat tiempo

Al ingresar las actividades en el *software* y generar los calendarios observaron que no habían tenido en cuenta los días festivos ni la temporada de vacaciones de los contratistas y trabajadores. Si se programaba así, el proyecto se excedería en más de un 20% de tiempo frente a lo pactado. Como ya se había realizado la sincronización con el área financiera sería muy difícil rediseñar el proyecto.

En reunión con el equipo de trabajo se realizó una lluvia de ideas para evaluar cómo ajustar el tiempo, de allí se destacaron cinco posibilidades:

- Trabajar con cronogramas de 24 horas.
- Contratar más recursos: maquinaria y personas.
- Buscar nuevos medios técnicos para acelerar la construcción (ejemplo: concreto al vapor).
- Cambiar la fecha de inicio y empezar mucho antes

de lo planeado.

- Renegociar la fecha de entrega.

Además de lo anterior, la empresa interventora estableció un cronograma de entrega de informes con los indicadores de evaluación del proyecto por cada uno de los entregables del mismo al finalizar cada etapa. En un principio estuvieron en desacuerdo acerca del tipo de indicadores, pero finalmente aceptaron mantener tres:

- CPTP : costo presupuestado del trabajo programado –costo planeado–.
- CPTR : costo presupuestado del trabajo realizado –valor ganado–.
- CRTR : costo real del trabajo realizado –costo real–.

Preguntas de discusión

- ¿Cree adecuada la metodología de estimación de tiempos para este tipo de proyecto de construcción?
- Después de realizar el análisis de cada una de las alternativas para el ajuste de los tiempos ¿cuál de ellas considera la más apropiada y por qué?
- ¿Cómo podría afectar los costos cada una de las alternativas propuestas?
- ¿Serán los tres indicadores propuestos por la interventora, suficientes para hacer un control al proyecto desde el punto de vista de costo y tiempo? De no ser así ¿qué otros indicadores puede proponer?

CAPÍTULO

5

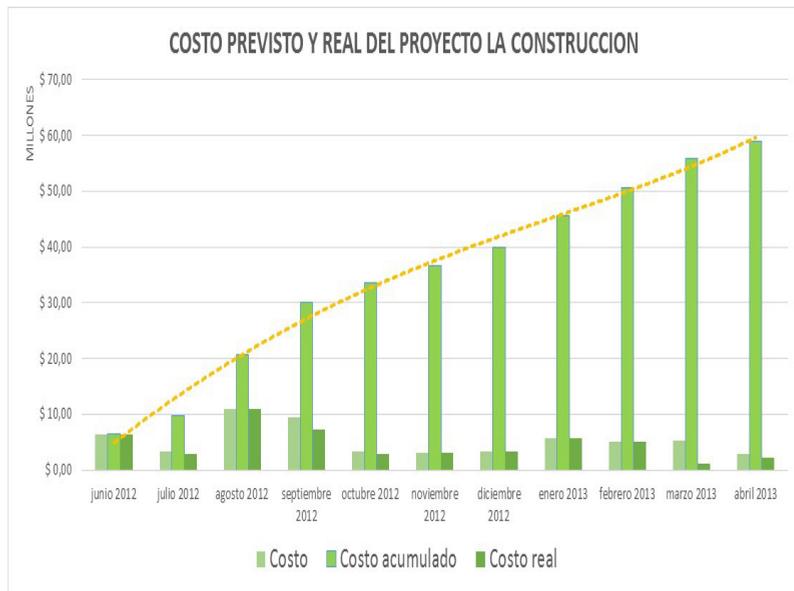
**La gestión
del costo**

5.1 Introducción

Uno de los pilares fundamentales de la triple restricción es la gestión de costos, que busca estimar todos los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, tanto de personal como de insumos, en las diferentes etapas para poder estimar una línea base de costo, y a partir de allí, buscar que el proyecto pueda conservarse dentro del presupuesto planeado.

La línea base de costo se define como el presupuesto del proyecto distribuido entre las diferentes fases o etapas y puede hacerse por tareas, actividades o paquetes de tareas. Esta línea se establece al iniciar el proyecto y permite planear y controlar el presupuesto durante la ejecución (Figura 5.1).

Figura 5.1 Línea base de costo.



Fuente. Elaboración de los autores.

5.2 Gestión de costos del proyecto

El objetivo principal de la gestión de costos es asegurarse de que el proyecto se desarrolle dentro del presupuesto establecido inicialmente, y sirve como base para llevar a cabo los procesos de control presupuestal en cada una de las etapas. La gestión de costos va de la mano del alcance y el tiempo del proyecto, si alguno de los dos elementos cambia se va a ver reflejado en los costos, por lo que es muy importante revisar permanentemente estos dos aspectos. Es usual que en muchos proyectos se cambie el alcance de la gestión de costos cuando está en etapa de ejecución, lo que lleva a cambios en el cronograma y en el presupuesto, por tanto, una buena planeación inicial, en cuanto al alcance y el tiempo, garantiza un mejor proceso de planeación y ejecución presupuestal.

Desde el punto de vista de la ejecución del proyecto, en lo financiero, es necesario diferenciar entre dos conceptos: la inversión inicial y el costo de operación. El primero, permite adquirir los recursos necesarios para poner en marcha el proyecto, mientras que el segundo, se va ejecutando en la medida en que se desarrolla el proyecto. Es importante aclarar que desde el punto de vista del *sponsor*, el proyecto en sí mismo puede ser una inversión y sus costos de operación se darían en el momento en que empiece su funcionamiento.

5.3 Inversión inicial

La inversión inicial tiene que ver con los recursos necesarios para poner en marcha el proyecto, usualmente permite la adquisición de los activos que se requieren para su desarrollo.

Cuando se habla de inversión se plantean las siguientes características:

- La recuperación se propone en el largo plazo.
- Es necesario hacer estudios que permitan determinar en cuánto tiempo se puede recuperar la inversión.
- Generan aumento del capital.

La inversión se puede desarrollar en múltiples circunstancias, puede ser para construcción de infraestructura, adquisiciones de maquinaria, de tecnología o desarrollos de instalaciones, contratación de proyectos de desarrollo, innovación o capacitación.

Los recursos necesarios para la inversión inicial en un proyecto pueden provenir de diferentes fuentes, dentro de estas se encuentran:

- Recursos propios: cuando el inversionista cuenta con los recursos y puede invertir en el proyecto sin que sea necesario acudir a fuentes externas.
- Fuentes externas: también se conoce como financiación con pasivos, porque el inversionista debe recurrir a terceros para financiar su proyecto; puede ser al sector financiero o al endeudamiento proveniente de otros proveedores de recursos.
- Mixto: es una forma usual de financiación en donde el inversionista posee una parte de los recursos y el resto se obtiene de alguna fuente externa.

Para evaluar una inversión existen métodos estáticos y dinámicos.

5.3.1 Métodos estáticos

Un método estático es aquel que no considera el valor del dinero en el tiempo, es decir, que cualquier ingreso o egreso de dinero se toma como si se realizara en el mismo momento y no en momentos diferentes.

Dentro de los métodos estáticos se encuentran los siguientes: flujo neto de caja –*Cash flow estático*–, Periodo de recuperación –*pay-back*– y el método de la tasa de rendimiento contable.

A. Método de flujo neto de caja –Cash flow estático–

Es un método que consiste en sumar los flujos de caja recibidos durante el desarrollo del proyecto y dividirlo por el desembolso inicial. Se utiliza, generalmente, para evaluar la viabilidad del proyecto, pero también se puede usar para analizar temas de liquidez o de rentabilidad.

$$FNC = \text{Sumatoria de flujos} / \text{inversión inicial.}$$

Entre más grande sea este valor, mejor desempeño del proyecto se espera; cuando se va a seleccionar entre varias alternativas se elegirá la que presente el mayor valor.

Ejemplo 1: una empresa tiene la posibilidad de invertir en dos proyectos, cada uno presenta los siguientes datos (Tabla 5.1):

Tabla 5.1 Flujo neto de caja de los dos proyectos.

ASPECTO	PROYECTO 1	PROYECTO 2
Inversión inicial	\$12 000 000	\$15 000 000
Ingresos anuales	\$6 000 000	\$7 000 000
Egresos anuales	\$2 100 000	\$2 300 000

Fuente. Elaboración propia.

Para este caso se evaluará un periodo de cinco años; se calcula el flujo de caja de la siguiente forma:

Proyecto 1:

Ingreso: $(\$6\,000\,000 \times 5) = \$30\,000\,000$

Egresos: $(\$2\,100\,000 \times 5) = \$10\,500\,000$

Inversión Inicial: \$12 000 000

$FNC = (\$30\,000\,000 - \$10\,500\,000) / \$12\,000\,000$

$FNC = 1,62$

Proyecto 2:

Ingreso: $(\$7\,000\,000 \times 5) = \$35\,000\,000$

Egresos: $(\$2\,300\,000 \times 5) = \$11\,500\,000$

Inversión Inicial: $\$15\,000\,000$

FNC = $(\$35\,000\,000 - \$11\,500\,000) / \$15\,000\,000$

FNC = 1,56

Si fuera necesario elegir entre los dos proyectos, de acuerdo con el método planteado, se seleccionaría el proyecto 1 dado que presentó un mayor valor en el FNC.

B. Método de periodo de recuperación –pay- back–

Este método no considera el valor del dinero en el tiempo, y se ocupa de determinar en cuanto tiempo se puede recuperar el capital que se ha invertido, teniendo unos ingresos determinados. Para calcularlo se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Periodo de recuperación} = \Sigma (\text{Ingresos} - \text{Egresos}) / \text{Inversión Inicial}$$

El resultado se obtiene en unidad de tiempo y este puede ser días, meses, años o la unidad que se considere conveniente.

Ejemplo 2: una empresa invierte inicialmente en un proyecto $\$10.000.000$ y se reciben ingresos mensuales por $\$1.500.000$, con unos egresos de $\$700.000$ ¿cuál es el periodo de recuperación de la inversión?

$$\text{Periodo de recuperación} = 10.000.000 / \Sigma (1.500.000 - 700.000)$$

Periodo de recuperación = $10.000.000 / \Sigma (800.000) = 12,5$ meses.

La inversión puede recuperarse en un periodo de 12,5 meses, es decir, un año con 15 días.

Ejemplo 3: una empresa tiene la posibilidad de invertir en dos proyectos, cada uno presenta los siguientes datos (Tabla 5.2):

Tabla 5.2 Datos financieros de dos proyectos.

ASPECTO	PROYECTO 1	PROYECTO 2
Inversión inicial	\$12.000.000	\$15.000.000
Ingresos anuales	\$6.000.000	\$7.000.000
Egresos anuales	\$2.100.000	\$2.300.000

Fuente. Elaboración propia.

$$\text{PR proyecto 1} = \$12.000.000 / (\$6.000.000 - \$2.100.000)$$

$$\text{PR proyecto 1} = \$12.000.000 / \$3.900.000 = 3,07$$

$$\text{PR proyecto 2} = \$15.000.000 / (\$8.000.000 - \$2.300.000)$$

$$\text{PR proyecto 2} = \$15.000.000 / \$5.700.000 = 2,63$$

Esto significa que para el primer proyecto la inversión se recupera en 36 meses y 25 días, mientras que para el segundo caso el tiempo de recuperación de la inversión es de 31 meses y 16 días, teniendo en cuenta que el proyecto 2 se recupera en menos tiempo, desde este punto de vista sería la mejor elección.

C. Método tasa de rendimiento contable - TRC (Accounting Rate of Return)

En este método se busca comparar el beneficio contable obtenido después de impuestos con la inversión inicial del proyecto.

$$\text{TRC} = \text{Beneficio neto } (B_n) / \text{Inversión}$$

B_n = Sumatoria de todos los beneficios

Para este caso, cuando se requiere seleccionar entre dos proyectos, se escoge aquel cuyo TRC es mayor.

Ejemplo 4: una empresa tiene la posibilidad de invertir en dos proyectos, cada uno presenta los siguientes datos (Tabla 5.3):

Tabla 5.3 Beneficios de los dos proyectos.

ASPECTO	PROYECTO 1	PROYECTO 2
Inversión inicial	\$12.000.000	\$15.000.000
Beneficios año 1	\$2.000.000	\$2.500.000
Beneficios año 2	\$2.600.000	\$3.100.000
Beneficios año 3	\$3.800.000	\$3.900.000
Beneficios año 4	\$4.500.000	\$5.000.000

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{TRC Proyecto 1} = (\$2.500.000 + \$3.100.000 + \$3.900.000 + \$5.000.000) / \$15.000.000$$

$$\text{TRC Proyecto 1} = 1,075$$

$$\text{TRC Proyecto 2} = (\$2.000.000 + \$2.600.000 + \$3.800.000 + \$4.500.000) / \$12.000.000$$

$$\text{TRC Proyecto 2} = 0,96$$

Para este caso, de acuerdo con el valor de la TRC, el mejor entre los dos es el proyecto uno, con un resultado mayor.

5.3.2 Métodos dinámicos

Los métodos dinámicos son aquellos que tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir, que como una unidad monetaria de hoy no tiene el mismo valor que una de ayer, entonces se realiza un proceso de homogeneización, para que los ingresos o egresos en diferentes momentos sean comparables. Dentro de estos métodos se encuentran el valor neto actual (VAN), el **pay back** dinámico o descontado y tasa interna de retorno (TIR).

A. Valor actual neto (VAN)

En este método también se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo, y se define como la diferencia entre el valor presente de los ingresos, menos el valor presente de los egresos, en un periodo determinado de tiempo.

$$\text{Ecuación 4: } VAN = I_0 + \frac{C1}{(1+K)} + \frac{C2}{(1+K)^2} + \frac{C3}{(1+K)^3} + \dots + \frac{Cn}{(1+K)^n}$$

En donde:

I_0 corresponde a la inversión inicial

C_n corresponde a los flujos en los diferentes momentos

K es la tasa de interés

En el caso en el que deba evaluar dos o más proyectos, se selecciona aquel que tenga el mayor VAN, puesto que el resultado significa que ese valor es el de los ingresos a unidades

monetarias de hoy. Si el valor es positivo, equivale a que el valor recuperado por el proyecto es mayor a la inversión inicial, si el valor es negativo, significa que el valor de la inversión inicial es superior al valor de flujo de efectivo que se espera obtener y, por tanto, el proyecto debería rechazarse.

Ejemplo 5: una empresa tiene la posibilidad de invertir en dos proyectos, cada uno presenta los siguientes datos, el costo de oportunidad considerado para este caso es del 20% (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Beneficios por año de los dos proyectos.

ASPECTO	PROYECTO 1	PROYECTO 2
Inversión inicial	\$12.000.000	\$15.000.000
Beneficios año 1	\$2.000.000	\$2.500.000
Beneficios año 2	\$2.600.000	\$3.100.000
Beneficios año 3	\$3.800.000	\$3.900.000
Beneficios año 4	\$4.500.000	\$5.000.000

Fuente. Elaboración propia.

$$VANP1 = - \$12.000.000 + \$2.000.000 / (1+0,2) + \$2.600.000 / (1+0,2)^2 + \$3.800.000 / (1+0,2)^3 + \$4.500.000 / (1+0,2)^4$$

$$VANP1 = - \$12.000.000 + \$1.666.667 + \$1.805.556 + \$2.199.075 + \$2.170.139$$

$$VANP1 = - \$12.000.000 + \$7.841.487$$

$$VANP1 = - \$4.158.563$$

$$VANP2 = - \$15.000.000 + \$2.000.000 / (1+0,2) + \$2.600.000 / (1+0,2)^2 + \$3.800.000 / (1+0,2)^3 + \$4.500.000 / (1+0,2)^4$$

$$VANP2 = - \$15.000.000 + \$2.083.333 + \$2.152.778 + \$2.256.944 + \$2.411.265$$

$$VANP2 = - \$15.000.000 + \$8.904.320$$

$$VANP2 = - \$6.095.680$$

En este caso los VAN de los proyectos son negativos, lo que significa que ninguno de los dos recuperaría la inversión en el tiempo establecido para el proyecto, y por tanto, se deben rechazar.

B. Método de periodo de recuperación dinámico (Pay Back Dinámico)

Al igual que el **Pay Back** estático, se pretende establecer en cuánto tiempo se puede recuperar una inversión, sólo que en este caso sí se tiene en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

Ecuación 5:
$$\sum_{j=1}^t C_j = \sum_{j=1}^t I_j$$

En donde:

C_j es el flujo de caja en el periodo j ,

I_j es la inversión en el periodo j

Ejemplo: una empresa tiene la posibilidad de invertir en dos proyectos, con una tasa de 20 %, cada uno de los proyectos presenta los siguientes datos (Tabla 5.5):

Tabla 5.5 Datos financieros de los dos proyectos.

ASPECTO	PROYECTO 1	PROYECTO 2
Inversión inicial	\$12.000.000	\$15.000.000
Beneficios año 1	\$ 5.000.000	\$ 6.500.000
Beneficios año 2	\$ 5.500.000	\$ 5.500.000
Beneficios año 3	\$ 6.000.000	\$ 5.000.000
Beneficios año 4	\$ 6.500.000	\$ 4.500.000

Fuente. Elaboración propia.

En este caso se debe evaluar en qué momento se recupera la inversión inicial, pasando a VAN los beneficios obtenidos en los años del proyecto, para establecer el momento en que iguale la inversión inicial (Tabla 5.6).

$$VAN P1= \$5.000.000 / (1+0,2) + \$5.500.000 / (1+0,2)^2 + \$6.800.000 / (1+0,2)^3 + \$6.500.000 / (1+0,2)^4$$

$$VAN P2= \$6.500.000 / (1+0,2) + \$6.000.000 / (1+0,2)^2 + \$5.500.000 / (1+0,2)^3 + \$5.000.000 / (1+0,2)^4$$

Tabla 5.6 VAN de los dos proyectos.

ASPECTO	VAN BENEFICIOS P1	VAN BENEFICIOS ACUMULADOS P1	VAN BENEFICIOS P2	VAN BENEFICIOS ACUMULADOS P2
Inversión inicial		\$12.000.000	\$15.000.000	
Beneficios año 1	\$ 4.166.667	\$ 4.166.667	\$ 5.416.667	\$ 5.416.667
Beneficios año 2	\$ 3.819.444	\$ 7.986.111	\$ 3.819.444	\$ 9.236.111
Beneficios año 3	\$ 3.472.222	\$ 11.458.333	\$ 2.893.519	\$ 12.129.630
Beneficios año 4	\$ 3.134.645	\$ 14.592.978	\$ 2.170.139	\$ 14.299.769

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el proyecto 1 recupera la inversión en el cuarto año, momento en el que se iguala la inversión inicial de \$12.000.000 con los beneficios obtenidos en el proyecto, mientras que el proyecto 2 no logra recuperar la inversión –\$15.000.000– en el periodo proyectado, puesto que en los cuatro años alcanza a acumular un máximo de \$14.299.769, que es inferior al valor invertido. Por tanto, en este caso se recomienda aceptar el proyecto 1.

C. Método de la tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa que se paga sobre el saldo del préstamo o el promedio de los rendimientos futuros esperados de una inversión. También se define como la tasa que iguala el valor presente neto a cero y permite determinar la aceptación o rechazo de un proyecto.

El criterio de aceptación o rechazo es la siguiente:

- Si la TIR es mayor o igual que la tasa mínima atractiva (TMA), el proyecto se acepta.
- Si la TIR es menor que la TMA, el proyecto se rechaza.
- La tasa mínima atractiva (TMA) es el nivel más bajo de rendimiento esperado para aceptar un proyecto.

Ecuación 6:
$$\sum_{j=0}^j \frac{I_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0} \frac{E_j}{(1+i)^j} = 0$$

En donde:

I_j corresponde a los ingresos

E_j corresponde a los egresos

5.4 Costos de operación

Los costos de operación ocurren durante la ejecución del proyecto. Cuando se habla de costos existen muchas definiciones, sin embargo, en términos generales se puede afirmar que un costo es el esfuerzo económico que se debe hacer para lograr un objetivo, en otras palabras, es lo que se debe pagar para lograr poner en operación el proyecto.

Los costos se pueden clasificar de muchas maneras, dependiendo de sus características, a continuación se explican los diferentes tipos de costos que intervienen en un proyecto.

5.4.1 Según su función

De acuerdo con la función que tienen para el proyecto se pueden clasificar en dos tipos: de ejecución y de administración.

Los costos de ejecución tienen que ver directamente con los recursos necesarios para desarrollar el proyecto y se pueden dividir en las siguientes categorías:

- **Materiales:** hace referencia a los costos asociados a los insumos que se requieren para ejecutar el proyecto.
- **Mano de obra:** es el costo del personal que interviene en forma directa en el proceso de ejecución del proyecto: obreros, desarrolladores, geólogos, etc.
- **Alquiler de instalaciones, maquinarias o equipos:** para el desarrollo del proyecto se requiere del uso de tecnología o equipos por un tiempo limitado, y muchas veces no es económica o técnicamente posible adquirir dichos equipos, por lo que se recurre a alternativas como el *leasing* para resolver esas necesidades.
- **Gastos indirectos de ejecución:** dentro de esta categoría se encuentran dos tipos de costos que usualmente están presentes en la mayoría de los proyectos y aunque no forman parte integral

de este, deben ser tenidos en cuenta porque son necesarios para su buen funcionamiento: la consultoría y los viáticos.

- Consultoría y asesoría: es usual que en muchos proyectos no se cuente en la plantilla de la empresa con los expertos que se necesitan para poder tomar las decisiones referentes a la obra, por lo que se hace necesario contratar consultores y asesores para determinadas etapas; en algunos casos estos costos son muy elevados dependiendo de la especialidad, por lo que es muy importante, durante el periodo de planeación, tener en cuenta este aspecto.
- Viáticos: otro rubro que puede llegar a ser muy importante en el proyecto y que por su impacto debe ser tenido en cuenta, es el de los viajes que se realizarán para el desarrollo del proyecto. Esto ocurre porque muchas veces la empresa que ejecuta el proyecto, y el cliente o el lugar en donde el proyecto se desarrolla, están en diferentes zonas geográficas, por lo que es necesario realizar traslados de personal en forma constante; esto hace necesario realizar provisiones para esta categoría.

Por otra parte, los costos de administración son los que tienen que ver con la ejecución del proyecto, pero no se pueden asociar en forma directa al resultado final. Si se están ejecutando varios proyectos con los mismos recursos, se hace necesario distribuir los costos entre los diferentes proyectos y por tanto, su asignación puede variar dependiendo del método que se utilice. Algunos de los costos asociados a

esta categoría son la mano de obra indirecta –salario del personal administrativo–; la depreciación de las máquinas y sus mantenimientos.

5.4.2 Según la relación con el proyecto

- Costos directos: son los que pueden identificarse plenamente con el proyecto, tal es el caso de los materiales o la mano de obra involucrada en forma directa en la ejecución.
- Costos indirectos: son aquellos que no se pueden identificar directamente con el proyecto. En este caso es posible conocer todos los costos asociados a la empresa, pero no cuántos se asocian directamente con el proyecto; en este caso lo usual es que a través de algún método se haga una distribución de los costos globales entre todos los proyectos que esté ejecutando la empresa.

5.4.3 Según el momento en que fueron calculados

Dependiendo de si se está hablando de la planeación o del control, se pueden calcular los costos sobre estimaciones –antes de la ejecución– o sobre datos reales –una vez ejecutado–. Desde esta perspectiva los costos se pueden clasificar en:

- Predeterminados: son los que se utilizan para diseñar presupuestos; se estiman con base en proyecciones, supuestos o comparaciones. En este caso se está hablando de un costo estimado y no de uno real. Es lo que define la línea base de costo.

- Históricos: son los que ocurrieron en un determinado periodo de tiempo, son reales porque ya se ejecutaron y usualmente se utilizan para realizar la actividad de control; también sirven como base para hacer el costeo de futuros proyectos.

5.4.4 Según su variabilidad

Tienen que ver con el cambio que ocurre dependiendo del porcentaje ejecutado del proyecto; se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fijos: son aquellos que no dependen de la cantidad ejecutada; por ejemplo, los arrendamientos o los salarios del personal administrativo.
- Variables: son los que están asociados directamente con la cantidad producida o ejecutada, pues a mayor ejecución más alto el costo variable; por ejemplo, los materiales o la mano de obra directa.
- Mixtos: dentro de ellos existe una proporción fija y una variable; por ejemplo, el cargo fijo de la energía más la proporción variable asociada al consumo relacionado directamente con la ejecución del proyecto.

5.4.5 Para la sostenibilidad del proyecto

Hay algunos tipos de costos, que aunque no están directamente vinculados con el proyecto, es muy importante tenerlos en cuenta para garantizar su continuidad y el cumplimiento de sus expectativas. Dentro de esta categoría

se encuentran los costos por análisis de reserva y los costos de calidad.

- Análisis de reserva: corresponde a un monto que se establece como previsión a acciones no previstas que se presenten durante el desarrollo del proyecto, pueden ser de dos tipos:
 - » Reserva por contingencia: corresponde a los gastos imprevistos que se pueden presentar durante el desarrollo del proyecto; por ejemplo, cambios en los costos de materiales o de mano de obra; aspectos de proceso no contemplados al planear el proyecto como condiciones geográficas desconocidas o innovaciones tecnológicas no previstas al comienzo del proyecto.
 - » Reservas por gestión: son aquellas que ocurren cuando durante la ejecución del proyecto se realizan cambios en el alcance, lo que puede generar costos no contemplados. En este caso es posible visualizar algunos de los cambios que generalmente se presentan para un tipo de proyectos en particular por analogía, y contemplar reservas para estos casos.
- Costo de calidad: se establece para garantizar que los requerimientos del proyecto se cumplan a cabalidad; para ello se contemplan dos grandes grupos de costos de calidad: los de conformidad y los de no conformidad.

- Costos de conformidad: son aquellos que permiten garantizar la calidad del entregable final del proyecto y son inevitables; dentro de ellos se contemplan dos tipos diferentes de costos: los de prevención y los de evaluación.
 - » Costos de prevención: se refiere a los costos asociados a las actividades relacionadas con la prevención de problemas, fallas o defectos que se podrían presentar durante la ejecución del proyecto; se contemplan aspectos como capacitación, pruebas y ensayos con prototipos, y estudios y análisis previos.
 - » Costos de evaluación: son aquellos en los que se incurre una vez ejecutada la acción y permiten evaluar la calidad de un entregable parcial o total; se incluyen principalmente pruebas de calidad del entregable y auditorías.
- Costos de no conformidad: se presentan cuando el proyecto manifiesta fallas. Son evitables en el sentido que, si se cumplió a cabalidad el proceso de planeación y se trabajó adecuadamente en el tema de conformidad, no deberían presentarse fallas. En esta categoría pueden presentarse dos tipos de no conformidades: las de fallo interno y las de fallo externo.
 - » Costos de fallo interno: se presentan durante el desarrollo del proyecto sin que afecte o sea de conocimiento del cliente o del usuario, pero aumentan los costos del mismo; por ejemplo,

reprocesos, reprogramaciones, cambios en el diseño por fallas anteriores, accidentes, fallas en las máquinas y equipos por falta de previsión o de mantenimiento, pago de horas extras por atrasos en el proyecto.

- » Costos de fallo externo: se presentan cuando el proyecto ya ha sido entregado al cliente o está siendo utilizado y surgen fallas o problemas como consecuencia de la mala calidad del entregable en parte o en su totalidad o debido al impacto que se genera en los diferentes grupos afectados por el proyecto; por ejemplo, procesos de quejas, reclamos o devoluciones, procesos legales producto de la mala calidad del proyecto o problemas no resueltos; procesos por responsabilidad social como consecuencia de impactos no previstos en el proyecto.

5.5 Técnicas de estimación de costos

Cuando se va a ejecutar un proyecto es necesario calcular cuáles son los costos necesarios para su ejecución y para ello se puede recurrir a diversas técnicas. Su selección dependerá de cuánta precisión se requiere, la velocidad con la que se quieran obtener los datos o la cantidad de información con la que se cuenta para hacer el cálculo. Dependiendo de estos factores es posible seleccionar entre varias alternativas. Dentro de las más usadas están los métodos de estimaciones y los de consenso.

5.5.1 Método de estimaciones

En ocasiones es difícil hacer una estimación del costo de un proyecto porque no es posible cuantificar exactamente los recursos necesarios para su desarrollo. En este caso se utilizan técnicas de estimación de las cuales existen varias alternativas que se explican a continuación:

- Estimación por analogía: consiste en tomar un proyecto similar y calcular el costo con base en el valor del proyecto que ya fue ejecutado. En este caso es necesario tener en cuenta el tiempo en el que fue desarrollado puesto que será indispensable adicionar algún valor relativo a la pérdida de valor del dinero o al aumento de algunos de los costos asociados. Para el uso de esta técnica un mayor número de datos permite estimaciones más precisas, pero es necesario tener en cuenta las similitudes en el proyecto: tamaño, recursos necesarios, calidad requerida, tipo de personal, entre otros.
- Estimación ascendente: esta técnica de estimación consiste en dividir, a través de la EDT, las tareas hasta el mínimo nivel de detalle, y una vez se tienen todas las actividades se estima el costo para cada una de las actividades, desde la más pequeña, y se van agrupando en tareas más grandes hasta llegar al primer nivel del proyecto. Con este método se empieza a hacer la estimación de abajo arriba, se van sumando los costos de cada nivel para estimar los del siguiente, hasta tener estimado la totalidad de los costos del proyecto.

- Estimación paramétrica: en esta técnica se utilizan variables y datos históricos que permiten hacer la estimación de los costos del proyecto; por ejemplo, la cantidad de mano de obra requerida, la cantidad de materiales, el número de horas hombre y la cantidad de metros cuadrados. Una vez se han realizado todas las estimaciones para el proyecto se toman datos de costos unitarios por cotización o por estimación histórica y se determinan los costos de cada una de las variables que se suman para obtener los costos totales.

5.5.2 Método de consenso

Igual que en el caso anterior, cuando es difícil estimar el costo del proyecto por diversas razones, por ejemplo, porque es un tipo de proyecto novedoso que no se ha desarrollado antes o porque se utilizarán recursos de los que no se pueden hacer estimaciones directas, se suele acudir al método de consenso, y una de las técnicas más difundidas es la Delphi.

La técnica Delphi consiste en buscar consenso entre un grupo de expertos sobre un tema particular; para este caso se trata de establecer el posible costo del proyecto en general o de alguna de sus etapas. Este método es de tipo cualitativo y por tanto, está sujeto a cierto grado de subjetividad. Los pasos para aplicar esta técnica son los siguientes:

- Formulación del tema sobre el que se buscará consenso. Es importante tener en cuenta la delimitación de lo que se quiere averiguar, puesto

que si se tratan muchos temas simultáneamente se puede perder la efectividad de la herramienta; así mismo, es importante que se establezcan preguntas claras que permitan ser cuantificadas: rangos, porcentajes o la más adecuada para cada caso.

- Selección de los participantes: este punto es de suma importancia, por tanto, es necesario que las personas seleccionadas realmente sean expertas en el tema para lograr resultados más precisos. En este caso la experiencia del participante debe ser uno de los criterios de mayor relevancia en el momento de hacer la selección.
- Desarrollo de la evaluación: una vez seleccionados los expertos se debe iniciar con la ronda de preguntas y la obtención de los datos. De acuerdo con los resultados encontrados se puede realizar una o varias rondas, aunque las opiniones que emiten los expertos pueden ser abiertas –conocidas por todos– o cerradas –confidencial–. Por lo menos la primera ronda es importante que sea cerrada para evitar posibles influencias de alguno de los expertos.
- Evaluación de resultados: se determinan las medidas estadísticas necesarias de acuerdo con lo que se haya planteado inicialmente; entre las más usadas están la media, la mediana, el valor máximo, el mínimo, la moda y la desviación típica.
- Retroalimentación y rondas posteriores: una vez obtenidos los resultados se procede a informar a los participantes y a repetir el proceso.

El caso de la Constructora El Quijote

Quinta parte: la gestión del costo del proyecto



Para Juan Pérez, la construcción del Conjunto Residencial Ícaro requería un estudio detallado de los costos, que sirviera de apoyo a las decisiones que se tomarían a futuro en las distintas etapas del proyecto. Por consiguiente, lo primero que se hizo fue una reunión con el equipo de trabajo de diseño, el gerente general –don Alfonso–, el gerente administrativo –Santiago Sancho –, el área financiera y ventas.

La política de iniciar el proyecto sólo hasta que se encontrara el punto de equilibrio y se pudieran garantizar los flujos de efectivo positivo durante todos los meses, no sólo condicionaba la fecha de inicio sino también la ejecución presupuestal. Una de las conversaciones que se presentó en la reunión reflejaba un grado de cuidado con la toma de decisiones sobre este aspecto:

Debemos dejar en claro las políticas con respecto al manejo del dinero, dijo Sancho «como amablemente le decían al gerente administrativo», ya que por la envergadura del proyecto la empresa puede tener muchos riesgos.

Pero, qué grado de libertad tengo en los costos, respondió Juan. Ya con el ajuste en el tiempo ha sido muy difícil, no espero trabajar con una camisa de fuerza con los costos.

Debemos tener un lineamiento claro para poder hacer los canjes de tiempo y costos, planteó Sancho, dirigiéndose a Alonso.

Un poco meditativo el gerente general don Alonso, miraba por la ventana y recordaba el ruido de las máquinas cuando trabajaba en la cementera; siempre causando ruido y contaminación, pero debían garantizar la producción continua. Lo hacían estableciendo límites y puntos de control.

Juan, que estaba dispuesto a comenzar inmediatamente, solo esperaba una aprobación e iniciar bajo sus propias políticas de cumplir con el plazo: 1400 días. También esperaba que se definiera una política de negociación con sus proveedores.

Yo creo que la estrategia debería ser cumplir con el tiempo a toda costa, dijo Juan, de forma impositiva.

A lo que Sancho refutó de forma categórica:

No estoy de acuerdo, un mal manejo de costos podría restringir la viabilidad del proyecto. Después de un silencio, continuó: se debería priorizar la reducción de costos y el control de presupuesto sin hacer grandes movimientos de dinero entre mes y mes.

Don Alonso se dirigió a Juan y a Sancho:

Les recuerdo que debemos cumplir con varios requerimientos de nuestros *stakeholders*, no solamente tiempo y costos, el trabajo de ingeniería debe ser de un detalle tal que los cambios en la planeación financiera sean mínimos, y por lo tanto, ustedes deben diseñar un plan financiero único y en consenso, dijo a los dos.

Y ¿qué quieres que hagamos para poder hacer ese plan? manifestó Sancho. A lo que también se unió Juan: no tenemos datos claros, según él, dijo mirando a Sancho.

Don Alonso nuevamente tomó la palabra y ahora un poco más conciliador dijo:

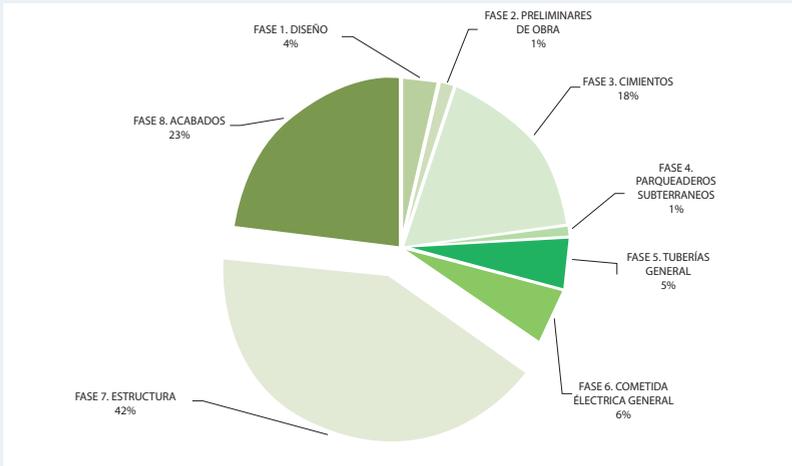
Lo que deben es poner los requerimientos en claro de parte y parte, y diseñar una serie de indicadores y procedimientos que ambos compartan; piensen un poco y cada uno proponga qué necesita saber desde su área para mantener el control del proyecto.

La estimación

Aprovechando que ya se había realizado la planeación de actividades, Juan propuso mirar los datos económicos del proyecto con ayuda de los costos generados, sin tener en cuenta los costos fijos que casi siempre son el 10% del proyecto. El valor total del proyecto, según la planeación, es de

\$ 110 000 millones –de acuerdo con el acta de constitución–. El mes de mayor gasto es octubre de 2023 con \$ 839,93 millones y el promedio mensual es de \$ 379.775 millones (Figura 5.2).

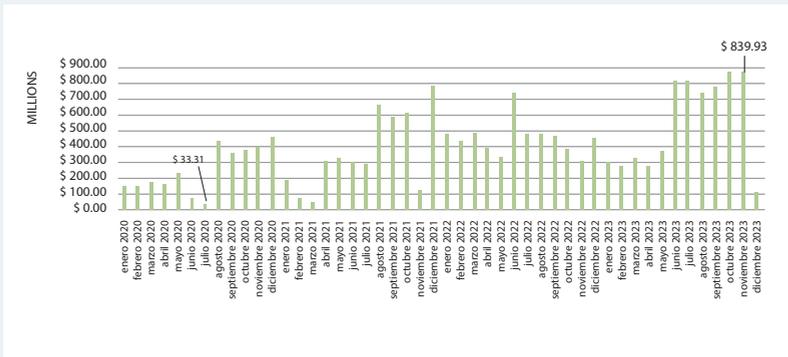
Figura 5.2 Estructura de los costos por fase del proyecto.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

El comportamiento de los flujos mensuales del dinero evidencia grandes fluctuaciones, particularmente en diciembre de 2021, junio de 2022 y los meses de julio a octubre de 2023 (Figura 5.3).

Figura 5.3 Flujo de costos del proyecto.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

El origen del dinero

De la negociación con la fiduciaria se acordó recibir los pagos de los compradores de los apartamentos y financiar el proyecto, pagando a esta a principios de cada año en cuotas iguales durante cinco años. El primer pago se realizaría un año antes para la compra de los preliminares y la parte administrativa del proyecto. De otro lado, la constructora organizaría los costos directos y administrativos del proyecto cambiando su tasa de oportunidad, que normalmente es del 32% al 28%, ya que siendo un monto tan grande este lo ameritaba.

Costos fuera de control

Con estos datos se realizó una nueva reunión entre Juan, Sancho y don Alonso. Sancho, como financiero, tenía sus propias preguntas:

¿Cuándo se alcanzaría el punto de equilibrio **–Pay back–**, de acuerdo con la propuesta de costos de Juan?

Por efectos de los pagos no se podría gastar más del 20 % del presupuesto en el mes. ¿Eso se cumpliría?

De no ser así ¿Qué acciones se debían tomar? ¿Endeudarse? ¿Reprogramar actividades?

Al no existir políticas de gasto de anticipo ¿cómo se debería proceder para que otros proyectos de la misma constructora no utilizaran estos fondos para ellos?

El manejo financiero, visto de esta forma, ya no era tan claro para Juan; sin embargo, él tenía como misión sacar el proyecto adelante. Por esa razón solicitó la información de las cantidades de materia prima para establecer alguna política de pagos con los proveedores. Los valores esperados eran más de lo que él pensaba (Tabla 5.7).

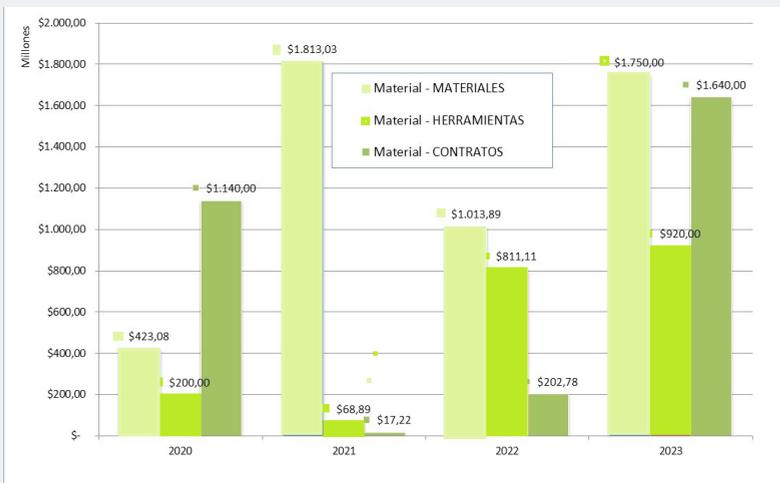
Tabla 5.7 Materia prima a utilizar.

NOMBRE DEL RECURSO	COSTO
MATERIALES	\$ 5 000 000000
HERRAMIENTAS	\$ 2 000 000 000
CONTRATOS	\$ 3 000 000 000

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Y para completar, la distribución anual no era coherente con la política de pagos con los proveedores de materiales (Figura 5.4).

Figura 5.4 Informe del resumen de costos de los recursos.



Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Al analizar los datos se observó que en el segundo año del proyecto existía un rubro muy importante en materiales, algo que Juan no podía explicar con claridad a la junta de la constructora.

¿Acaso el costo de materiales no debería ser incremental? preguntó Sancho ¿cuáles son los materiales que se usarán ese año?

Y con una cantidad tan alta de contratos durante el último año del proyecto ¿no existirán riesgos que por incumplimiento de los contratistas se malogre la fecha de entrega? preguntó don Alfonso.

Preguntas de discusión

- Al calcular la TIR y el VAN del proyecto ¿considera que la empresa debería continuar con las políticas de pago establecidas?
- Responda las preguntas que planteó Sancho en la reunión y haga un análisis de la situación de la empresa. Posteriormente, presente recomendaciones acerca del manejo que se debe dar a cada uno de los temas planteados.
- ¿Qué métodos de análisis financiero considera más apropiados para un proyecto de este tamaño?

RESUMEN SEGUNDA PARTE

- Las restricciones son limitaciones que afectan el desempeño del proyecto. En la actualidad se han identificado tres factores que restringen la administración de proyectos y sobre los cuales el profesional en gerencia de proyectos debe enfocar sus esfuerzos para garantizar un resultado exitoso: alcance, tiempo y costo.
- El PMI® ha definido dos condiciones que se deben cumplir para asegurar que un proyecto sea de calidad: i) El proyecto debe terminar en el tiempo planeado, con los recursos asignados y con los costos presupuestados; ii) el resultado final del proyecto debe ser acorde con las especificaciones definidas por los *stakeholders* –alcance–, de tal manera que se garantice su satisfacción total.
- La gestión del alcance incorpora los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluye todo el trabajo requerido para ser completado con éxito. El objetivo principal de definir el alcance del proyecto es el de tener claridad acerca de lo que se incluye y lo que no se incluye en el mismo.
- El manejo del tiempo es un elemento fundamental para el éxito en el proyecto. Este, al igual que los costos, son los grados de libertad que el gerente de proyectos utiliza para poder sortear obstáculos a corto plazo.

- La EDT se construye como la **descripción del plan del proyecto**. Las actividades de orden superior inicial con un sólo numeral identificador, a medida que se desglosan, se asignan más numerales y dígitos.
- Cuando se habla del aspecto financiero de un proyecto es necesario diferenciar entre dos conceptos: la inversión inicial y el costo de operación.
 - » La inversión inicial hace referencia a los recursos necesarios para poner en marcha el proyecto.
 - » Los costos de operación ocurren durante la ejecución, en ese momento, además de la inversión inicial, se hace necesario tener en cuenta que el proyecto incurrirá en una serie de costos para su ejecución.

TERCERA PARTE

CAJA DE HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS



Fuente. Fotografía de New York, Detroit Publishing Company.

El edificio *Empire State* fue catalogado como el más alto del mundo durante más de 40 años, hasta la construcción de las Torres Gemelas. Es una de las obras de ingeniería más admiradas de la ciudad Nueva York dado el esfuerzo que implicó su construcción.

El Empire State²⁰

El *Empire State* es uno de los emblemas más reconocidos de la ciudad de Nueva York, en el mundo. Es un destino obligado para los turistas, quienes encuentran en este edificio una excelente panorámica de la ciudad.

El presidente Clark Hoover inauguró el *Empire State* el primero de mayo de 1931, activando las luces del edificio desde Washington. Así mismo, el edificio ostentó durante 40 años el título del más alto del mundo hasta la construcción de las Torres Gemelas.

En la crisis económica de los años 20, se asumió el reto de ejecutar el proyecto de construcción de la torre. Esto originó que cuando estuvo terminada, tan solo el 25% de sus oficinas pudieron ser arrendadas. A principios de los años 40, Estados Unidos alcanzó su recuperación económica, y fue sólo hasta esta fecha que el *Empire State* logró su máxima ocupación. En los años 50, el edificio fue vendido.

En cuanto a la programación de tiempos, el proyecto tuvo una duración de un año y 45 días, en promedio se construyeron 4,5 pisos por semana. La torre alcanza una altura de 443,2m, incluyendo la antena de 62m, y tiene 102 pisos. En los pisos 86 y 102 hay dos plataformas de observación de 360° sobre la ciudad. El edificio pesa aproximadamente 330.000 toneladas métricas. Tiene 6500 ventanas, 73 ascensores y 1860 peldaños

²⁰ Tomado de <http://www.guiadenuevayork.com/world-trade-center>

hasta el piso superior. Cuenta con una superficie total de 204.385 metros cuadrados. Sin lugar a dudas, un proyecto exitoso de ingeniería.

Hoy en día, el *Empire State* ha sido seleccionado por un grupo de empresas expertas en desarrollo y eficiencia. Estas organizaciones se unieron para implementar un modelo para reducir el uso de energía, y derivado de esto, los costos de operación. Como punto de partida, decidieron renovar y modificar la estructura de la torre ajustando aproximadamente 6500 ventanas con componentes nuevos, lo cual ayudará a reducir de manera considerable la carga de climatización en verano y la pérdida de calor en invierno. Este es un nuevo proyecto que tiene como objetivo reducir en un 40% su carga energética, y por consiguiente, impactar de manera positiva entre las empresas que operan allí. El *Empire State*, es un hito en los proyectos de ingeniería que hoy en día da mucho de que hablar.

CAPÍTULO

6

**Aplicación de
herramientas
informáticas**
para la gestión
de proyectos

6.1 Introducción

Los gerentes de proyecto deben buscar alternativas que faciliten los procesos de planeación, seguimiento y control del proyecto. En la segunda parte de este libro se abordaron estos procesos, desde la perspectiva de la triple restricción, y se explicaron los diferentes conceptos alrededor de la gestión del alcance, del tiempo y del costo.

En el mercado hay diferentes alternativas de *software* que permiten llevar a cabo estos procesos, y según sea el tamaño y complejidad del proyecto, será más indicado trabajar con una u otra herramienta. Para muchos proyectos, *MS Project*® es adecuada y permite fortalecer la toma de decisiones, con lo que se mitiga la incertidumbre.

En esta tercera parte del libro se presenta, a partir de un caso práctico, las distintas funcionalidades que MS Project® ofrece, así se busca que el lector tenga un punto de referencia para abordar proyectos futuros. Para ello, se desarrolla paso a paso el proyecto planteado en el caso dividido en tres etapas: la configuración inicial de la herramienta, de forma tal que se pueda garantizar su correcto funcionamiento; el diseño del esquema del proyecto, con el propósito de crear las diferentes etapas en las que se desarrollará; y finalmente, la gestión de los recursos agrupados en tres diferentes categorías: trabajo, material y costos. Posteriormente, se explica el proceso de control de avance del proyecto a través del método del valor ganado, igualmente analizado paso a paso en *MS Project®*.

A continuación se explicará mediante un ejercicio de aplicación, la manera como se puede llevar una programación a *MS Project®*, y cómo se puede hacer control sobre ella por medio del método de valor ganado. Se desarrollará otro proyecto de la Constructora El Quijote, pero de menor envergadura, para hacer más sencilla su comprensión.

6.2 Ejercicio de aplicación Constructora El Quijote

La Constructora El Quijote, una de las empresas con mayor reconocimiento del sector, ha decidido iniciar uno de sus proyectos de obra civil. Se trata de la construcción de un inmueble sencillo de dos plantas.

El gerente de proyectos quiere hacer el seguimiento de la obra utilizando *MS Project®*, para lo cual ha definido

previamente las fases y actividades del proyecto. A continuación se presenta la estructura planeada (Tabla 6.1).

Tabla 6.1 EDT del proyecto.

Actividades	Tiempo -Horas-
1. PRELIMINARES	
1.1 Pedir permisos.	
1.1.1 Construcción	12
1.1.2 Pedir los servicios de alcantarillado y acueducto.	10
1.1.3 Solicitar la energía.	3
1.2 Realizar presupuesto.	
1.2.1 Contratar al maestro de construcción.	3
1.2.2 Pedir cotizaciones de materiales.	24
1.3 Hacer el encerramiento de la obra.	48
2. CIMENTOS	
2.1 Limpiar el terreno.	20
2.2 Hacer las excavaciones.	48
2.3 Fundir las vigas.	52
2.4 Hacer la mezcla.	48
2.5 Periodo de secado.	60
2.6 Fundir las columnas.	200
3. TUBERÍAS	
3.1 Hacer la acometida de alcantarillado y acueducto.	200
3.2 Hacer las cajas de recolección.	400
4. PAREDES	
4.1. Primer piso.	
4.1.1 Levantar las paredes de encerramiento del primer piso.	200
4.1.2 Colocación de tabletas del piso.	300
4.2 Segundo piso.	
4.2.1 Fundir la placa del segundo piso.	300

4.2.2 Levantar las paredes de encerramiento del segundo piso.	300
4.2.3 Colocar tabletas de piso.	200
4.3. Colocación de la cubierta.	300
5. ACABADOS	
5.1 Colocación del pañete.	60
5.2 Pintar	48
5.3 Hacer la acometida de luz.	24
5.4 Colocación de puertas y ventanas.	60

Fuente. Elaboración propia.

6.2.1 Configuración inicial

Antes de empezar a trabajar con *MS Project*® es necesario realizar la configuración de la herramienta para garantizar su correcto funcionamiento.

1. Inicie *MS Project*®, dé clic en el menú **Archivo** y seleccione **Opciones** (Figura 6.1).

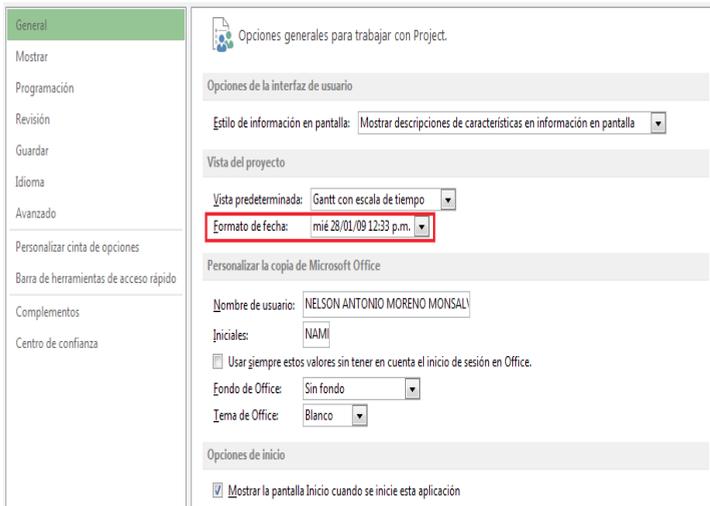
Figura 6.1 Menú de inicio *MS Project*®



Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®

2. Configure el formato de la fecha para visualizar el nombre del día, la fecha y la hora (Figura 6.2).

Figura 6.2 Configuración del formato de fecha.



General

Mostrar

Programación

Revisión

Guardar

Idioma

Avanzado

Personalizar cinta de opciones

Barra de herramientas de acceso rápido

Complementos

Centro de confianza

Opciones generales para trabajar con Project.

Opciones de la interfaz de usuario

Estilo de información en pantalla:

Vista del proyecto

Vista predeterminada:

Formato de fecha:

Personalizar la copia de Microsoft Office

Nombre de usuario:

Iniciales:

Usar siempre estos valores sin tener en cuenta el inicio de sesión en Office.

Fondo de Office:

Tema de Office:

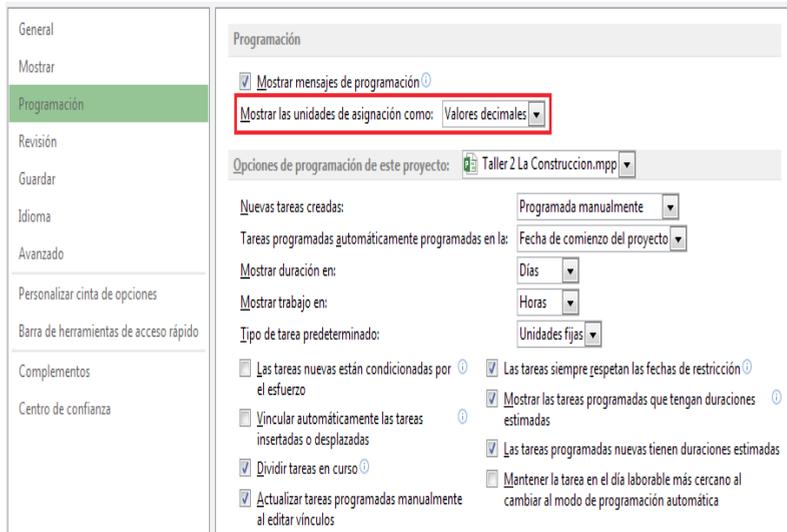
Opciones de inicio

Mostrar la pantalla Inicio cuando se inicie esta aplicación

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

3. Configure las unidades de asignación como **Valores decimales**, esto permitirá controlar, en su momento, la sobreasignación de los recursos (Figura 6.3).

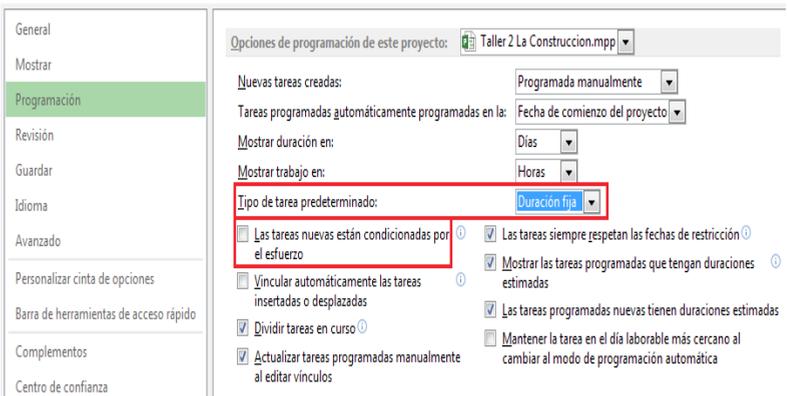
Figura 6.3 Configuración de las unidades del recurso.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Configure el tipo de tarea predeterminado como **Duración fija**, así se garantiza que la duración de las tareas no cambie a medida que se asignan los recursos. De igual manera, verifique que las tareas no estén condicionadas por el esfuerzo (Figura 6.4).

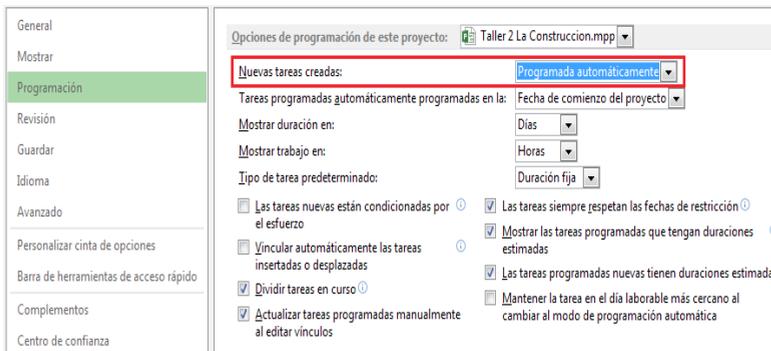
Figura 6.4 Configuración del tipo de tarea.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Configure las tareas para que sean creadas de manera automática. Desde la versión 2010, *MS Project*® ha incorporado una nueva forma de programar las tareas: programación manual. Esta opción permite crear un borrador inicial de la programación cuando se desconoce la duración y la precedencia de las actividades. Para el caso analizado, como ya se conocen estos datos, se configura la alternativa: programada automáticamente (Figura 6.5).

Figura 6.5 Configuración de nuevas tareas.

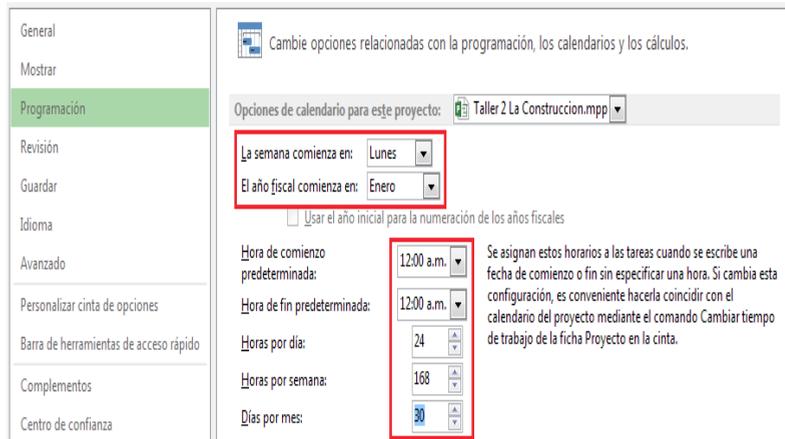


Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

- Configure las opciones de calendario teniendo en cuenta que el proyecto no descansa, los que lo hacen son los recursos. Es decir, en la vida real el proyecto siempre está disponible para ser ejecutado, pero los recursos que lo llevarán a cabo tienen limitaciones de horario. Aunque hay proyectos que trabajan 24 horas al día, siete días a la semana, también hay otros que pueden trabajar en turnos de ocho horas, cinco días a la semana. Por consiguiente, configure las siguientes opciones: la semana comienza en lunes, el año en enero, hora de comienzo y fin 12:00 a.m., jornada laboral 24 horas, semana laboral 168 horas

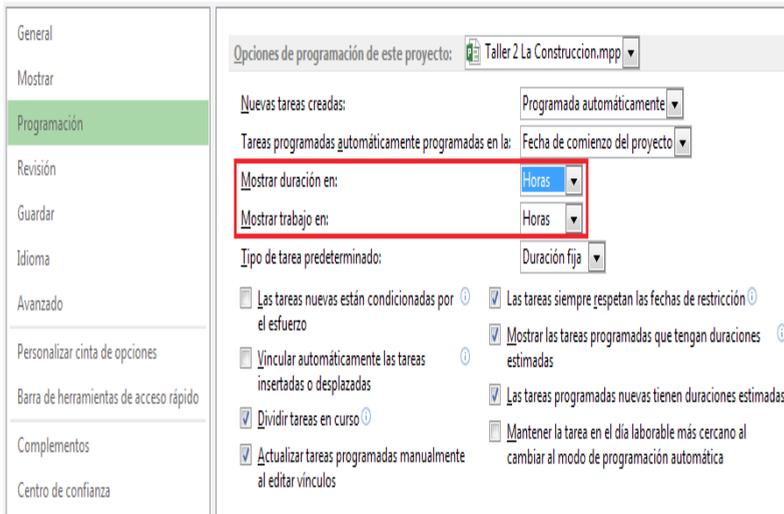
(24 horas diarias x 7 días a la semana), días por mes 30 días (Figura 6.6).

Figura 6.6 Configuración del calendario.



Fuente: Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

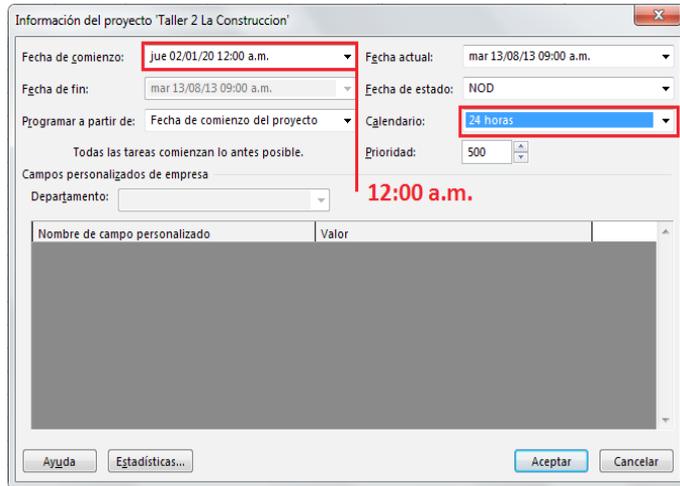
- Existen dos variables fundamentales en los proyectos: duración y trabajo. Para el proyecto de la Constructora El Quijote, la duración de las actividades va a ser definida en horas, pues así está establecido para este caso. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que dependiendo del proyecto la duración puede darse en semanas, días o en la unidad que se considere más apropiada. Así mismo, es importante saber, que en general, para la mayoría de los proyectos, el trabajo se define en horas, lo que facilitará el proceso de costeo de las actividades. Atendiendo estas sugerencias, configure las opciones **Mostrar duración en Horas** y **Mostrar trabajo en Horas**; luego, dé clic en el botón Aceptar (Figura 6.7).

Figura 6.7 Configuración de la duración y el trabajo.

Fuente: Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

8. Después de configurar *MS Project*® es necesario asignar la fecha de inicio y el calendario al proyecto. Atendiendo las recomendaciones expuestas en el numeral vi y para efectos del ejercicio, se asignará como fecha de inicio del proyecto el 2 de enero de 2020 a las 12:00 am., y un calendario de 24 horas. Para hacerlo, dé clic en la pestaña Proyecto y seleccione el ícono Información del proyecto. Cuando esté listo, dé clic en Aceptar (Figura 6.8).

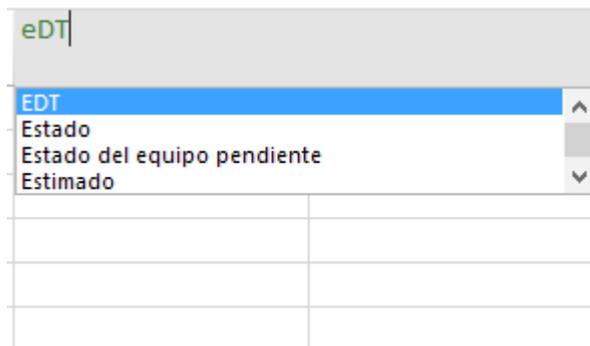
Figura 6.8 Información del proyecto.



Fuente: Elaboración propia a partir de MS Project®.

9. La primera vista que presenta MS Project® es la del diagrama Gantt. Ubicado en esta vista, dé clic derecho sobre la columna Nombre de la tarea, seleccione la opción Insertar columna e inserte la columna EDT (Figura 6.9).

Figura 6.9 Columna EDT.



Fuente: Elaboración propia a partir de MS Project®.

6.2.2 Diseño del esquema del proyecto

10. Ingrese la lista de tareas y la duración definida para el desarrollo del proyecto. Inicialmente, sólo debe ingresar las duraciones que no están acompañadas del signo de interrogación (Figura 6.10).

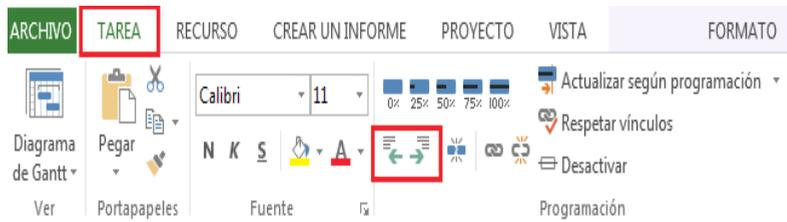
Figura 6.10 Actividades del proyecto la construcción.

		Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración
1		1		FASE 1. PRELIMINARES	24 horas?
2		2		Pedir permisos	24 horas?
3		3		Construcción	12 horas
4		4		Alcantarillado y Acueducto	10 horas
5		5		Energía	3 horas
6		6		Presupuesto	24 horas?
7		7		Contratar maestro de construcción	3 horas
8		8		Pedir cotizaciones de materiales	24 horas
9		9		Hacer encerramiento de la obra	48 horas
10		10		FASE 2. CIMIENTOS	24 horas?
11		11		Limpiar terreno	20 horas
12		12		Hacer excavaciones	48 horas
13		13		Fundir vigas	52 horas
14		14		Hacer mezcla	48 horas
15		15		Periodo de secado	60 horas
16		16		Fundir las columnas	200 horas
17		17		FASE 3. TUBERIAS	24 horas?
18		18		Hacer cometida de acueducto	200 horas
19		19		Hacer las cajas de recolección	400 horas
20		20		FASE 4. PAREDES	24 horas?
21		21		Primer piso	24 horas?
22		22		Levantar paredes de encerramiento piso 1	200 horas
23		23		Colocar tabletas de piso 1	300 horas
24		24		Segundo piso	24 horas?
25		25		Fundir la placa de segundo piso	300 horas
26		26		Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas
27		27		Colocar tabletas de piso 2	200 horas
28		28		Colocar la cubierta	300 horas
29		29		FASE 5. ACABADOS	24 horas?
30		30		Colocar el pañete	60 horas
31		31		Pintar	48 horas
32		32		Hacer la cometida de luz	24 horas
33		33		Colocar puertas y ventanas	60 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

11. La función de tareas resumen de *MS Project*® permite crear las diferentes etapas del proyecto, y totalizar, en primera instancia, la duración de la fase a partir de la sumatoria de las duraciones de las actividades dependientes. Para crear una tarea resumen debe seleccionar las tareas dependientes y dar clic en el botón de sangría de la pestaña Tareas (Figura 6.11).

Figura 6.11 Anular y aplicar sangría.



Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

12. Cree las tareas resumen para la primera etapa del proyecto: Fase 1. Preliminares, según como se muestra más adelante (Figura 6.12); incluye las subtareas: Pedir permisos, Realizar presupuesto y Hacer encerramiento de obra. Verifique que la duración inicial de la etapa sea de 48 horas, que corresponden a la actividad con mayor tiempo asignado –Hacer encerramiento de obra–.

Figura 6.12 Actividades resumen Fase 1

	i	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración
1			1	FASE 1. PRELIMINARES	48 horas
2			1.1	Pedir permisos	12 horas
3			1.1.1	Construcción	12 horas
4			1.1.2	Alcantarillado y Acueducto	10 horas
5			1.1.3	Energía	3 horas
6			1.2	Presupuesto	24 horas
7			1.2.1	Contratar maestro de construcción	3 horas
8			1.2.2	Pedir cotizaciones de materiales	24 horas
9			1.3	Hacer encerramiento de la obra	48 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

13. Cree las tareas resumen para la segunda etapa del proyecto: Fase 2. Cimientos, como se presenta a continuación (Figura 6.13); incluye las actividades desde Limpiar terreno, hasta Fundir columnas. Verifique que la duración inicial de la etapa sea de 200 horas, que corresponden a la actividad con mayor tiempo asignado –Fundir columnas–.

Figura 6.13 Actividades resumen Fase 2.

10			2	FASE 2. CIMIENTOS	200 horas
11			2.1	Limpiar terreno	20 horas
12			2.2	Hacer excavaciones	48 horas
13			2.3	Fundir vigas	52 horas
14			2.4	Hacer mezcla	48 horas
15			2.5	Periodo de secado	60 horas
16			2.6	Fundir las columnas	200 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

14. Cree las tareas resumen para la tercera etapa del proyecto: Fase 3. Tubería. Incluye las actividades de Hacer la acometida de alcantarillado y acueducto; y Hacer las cajas de recolección. Verifique que la duración inicial de la etapa sea de 400 horas, que corresponden a la actividad con mayor tiempo asignado –Hacer las cajas de recolección– (Figura 6.14).

Figura 6.14 Actividades resumen Fase 3

17			3	FASE 3. TUBERIAS	400 horas
18			3.1	Hacer cometida de acueducto	200 horas
19			3.2	Hacer las cajas de recolección	400 horas

Fuente: Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

15. Cree las tareas resumen para la cuarta etapa del proyecto: Fase 4. Paredes según como se muestra más adelante (Figura 6.15). Incluye las subtareas: Primer piso y Segundo piso. Verifique que la duración inicial de la etapa sea de 300 horas, que corresponden a las actividades con mayor tiempo asignado.

Figura 6.15 Actividades resumen Fase 4.

20			4	FASE 4. PAREDES	300 horas
21			4.1	Primer piso	300 horas
22			4.1.1	Levantar paredes de encerramiento piso 1	200 horas
23			4.1.2	Colocar tabletas de piso 1	300 horas
24			4.2	Segundo piso	300 horas
25			4.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas
26			4.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas
27			4.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas
28			4.2.4	Colocar la cubierta	300 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

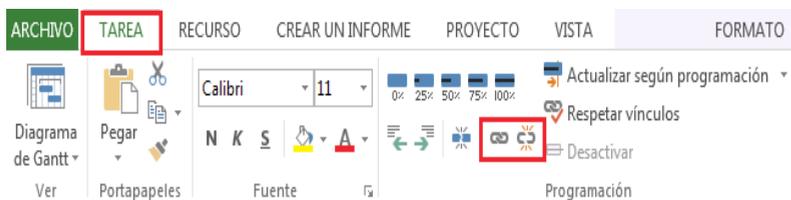
16. Finalmente, cree las tareas resumen para la quinta etapa del proyecto: Fase 5. Acabados (Figura 6.16). Incluye las tareas desde Colocar el pañete, hasta Colocar puertas y ventanas. Verifique que la duración inicial de la etapa sea de 60 horas, que corresponden a las actividades con mayor tiempo asignado.

Figura 6.16 Actividades resumen Fase 5.

29		5	FASE 5. ACABADOS	60 horas
30		5.1	Colocar el pañete	60 horas
31		5.2	Pintar	48 horas
32		5.3	Hacer la cometida de luz	24 horas
33		5.4	Colocar puertas y ventanas	60 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

17. Como se explicó en el capítulo 4, en término de precedencia, *MS Project*® propone cuatro combinaciones para la vinculación de actividades: Fin - Comienzo; Comienzo - Comienzo; Fin - Fin; y Comienzo - Fin. Las dos primeras son las más habituales en un proyecto. Para vincular las tareas, estas se deben seleccionar y luego dar clic sobre el ícono del eslabón de la pestaña Tareas (Figura 6.17).

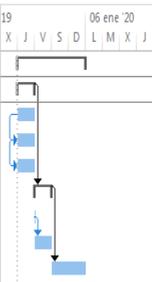
Figura 6.17 Vincular y desvincular actividades.

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

18. Sombree las actividades de la Fase 1. Preliminares, y vincúlelas dando clic sobre el ícono del eslabón. Cambie la dependencia de las actividades: Construcción y de Alcantarillado y Acueducto, a tipo Comienzo - Comienzo. Verifique que el resultado sea igual al que se muestra (Figura 6.18), y que la duración total sea de 87 horas, correspondientes a la sumatoria de la duración de las subtareas –12 + 27 + 48–.

Figura 6.18 Verificación de la duración del proyecto Fase 1.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	19	06 ene '20
						X	J
1		1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
2		1.1	Pedir permisos	12 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
3		1.1.1	Construcción	12 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
4		1.1.2	Alcantarillado y Acueducto	10 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
5		1.1.3	Energía	3 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
6		1.2	Presupuesto	27 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.		
7		1.2.1	Contratar maestro de construcción	3 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.		
8		1.2.2	Pedir cotizaciones de materiales	24 horas	jue 02/01/20 03:00 p.m.		
9		1.3	Hacer encerramiento de la obra	48 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.		

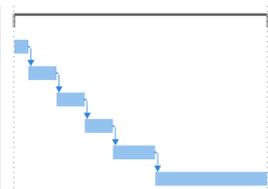


Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

19. Sombree las actividades de la Fase 2. Cimientos, y vincúlelas dando clic sobre el ícono del eslabón. Verifique que el resultado sea igual al que se presenta más adelante (Figura 6.19), y que la duración total sea de 428 horas, correspondientes a la sumatoria de la duración de las tareas –20 + 48 + 52 + 48 + 60 + 200–.

Figura 6.19 Verificación de la duración del proyecto Fase 2.

10		2	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
11		2.1	Limpiar terreno	20 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.		
12		2.2	Hacer excavaciones	48 horas	jue 02/01/20 08:00 p.m.		
13		2.3	Fundir vigas	52 horas	sáb 04/01/20 08:00 p.m.		
14		2.4	Hacer mezcla	48 horas	mar 07/01/20 12:00 a.m.		
15		2.5	Periodo de secado	60 horas	jue 09/01/20 12:00 a.m.		
16		2.6	Fundir las columnas	200 horas	sáb 11/01/20 12:00 p.m.		



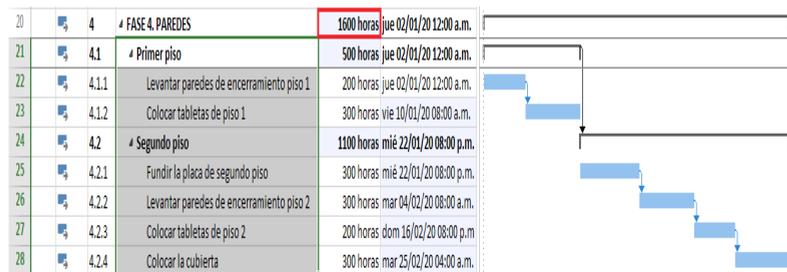
Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

20. Sombree las actividades de la Fase 3. Tuberías, y vincúlelas dando clic sobre el ícono del eslabón. Verifique que el resultado sea igual al que se muestra (Figura 6.20), y que la duración total sea de 600 horas, correspondientes a la sumatoria de la duración de las tareas –200 + 400–.

Figura 6.20 Verificación de la duración del proyecto Fase 3

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

21. Sombree las actividades de la Fase 4. Paredes, y vincúelas dando clic sobre el ícono del eslabón. Verifique que el resultado sea igual al que muestra a continuación (Figura 6.21), y que la duración total sea de 1600 horas, correspondientes a la sumatoria de la duración de las subtareas (500 + 800 + 300).

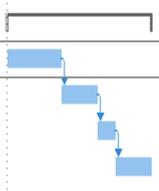
Figura 6.21 Verificación de la duración Fase 4.

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

22. Sombree las actividades de la Fase 5. Acabados, y vincúelas dando clic sobre el ícono del eslabón. Verifique que el resultado sea igual al que se presenta (Figura 6.22), y que la duración total sea de 192 horas, correspondientes a la sumatoria de la duración de las tareas –60 + 48 + 24 + 60–.

Figura 6.22 Verificación de la duración Fase 5.

29		5	# FASE 5. ACABADOS	192 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.	
30		5.1	Colocar el pañete	60 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.	
31		5.2	Pintar	48 horas	sáb 04/01/20 12:00 p.m.	
32		5.3	Hacer la cometida de luz	24 horas	lun 05/01/20 12:00 p.m.	
33		5.4	Colocar puertas y ventanas	60 horas	mar 07/01/20 12:00 p.m.	



Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

23. La Constructora El Quijote quiere ubicar dos puntos de control –hitos– en cada una de las fases del proyecto: uno, que marque un comité de verificación de avance que se va a hacer de manera paralela –Comienzo – Comienzo– a la última actividad de la etapa; y otro, que marque el fin de la fase respectiva (Figura 6.23).

Figura 6.23 Colocación de hitos.

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

24. Inserte dos hitos para la Fase 1: Comité de verificación de avance, y Fin fase 1. Verifique el nivel en el cual se crean los hitos: el primero debe estar al mismo nivel de la última tarea de la fase; y el segundo, al nivel de la tarea resumen de la fase. Vincule las tareas y los hitos así: a) El hito Comité de verificación de avance con la última tarea de la Fase; cambie la precedencia a tipo Comienzo - Comienzo; b) El hito Fin Fase 1 a la tarea resumen principal Fase 1. Preliminares. Repita esta operación para las Fases 2, 3, 4 y 5 (Figura 6.24).

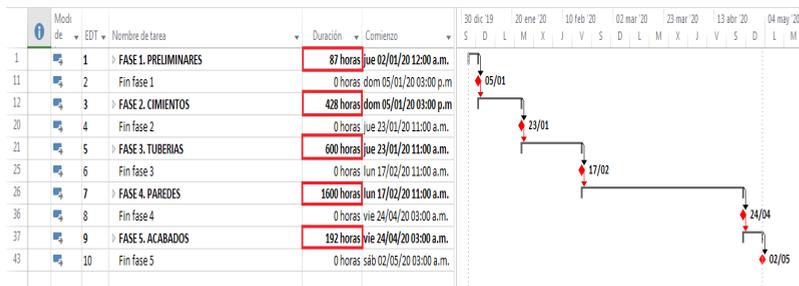
Figura 6.24 Vista del proyecto con hitos.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

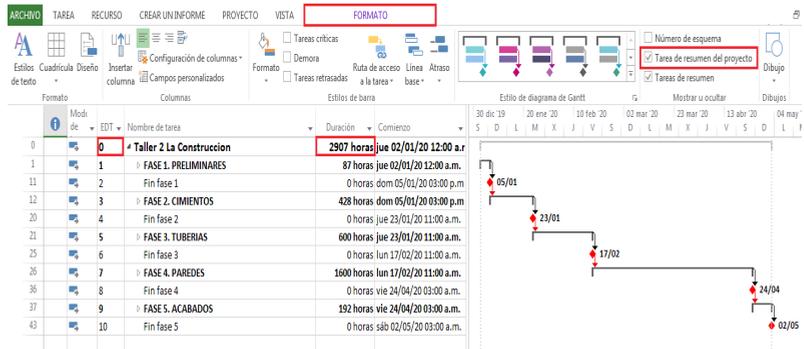
- Vincule las fases del proyecto. Para hacerlo pliegue las tareas resumen y selecciónelas con la tecla CTRL oprimida. Haga clic sobre el ícono del eslabón (Figura 6.25). Verifique la duración de las fases: 87 horas, 428 horas, 600 horas, 1600 horas y 192 horas.

Figura 6.25 Verificación de las fases del proyecto.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Finalmente, cree una tarea resumen que muestre la duración total del proyecto y que incluya todas sus fases. Para esto, seleccione la pestaña Formato y habilite la opción Tarea de resumen del proyecto. Verifique la duración total del proyecto: 2907 horas (Figura 6.26).

Figura 6.26 Actividad Tarea resumen del proyecto.

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

6.2.3 Gestión de recursos

MS Project®, clasifica los recursos en tres grupos: trabajo, material y costo. Los recursos de trabajo se refieren a las personas o equipos asignados a una tarea, los cuales no se consumen durante su ejecución. Así mismo, se asignan en valores enteros y su costo depende del número de horas de trabajo en las que se incurra; por ejemplo: gerente de proyecto, diseñadores, computadores y cámaras digitales.

Por su parte, los recursos de tipo material son aquellos asignados a una tarea, que se consumen a lo largo de su ejecución, se asignan en unidades decimales y su costo no está relacionado con la cantidad de trabajo; por el contrario, se define un costo global fijo para su ejecución; por ejemplo, papelería, puntillas y materiales en general.

Finalmente, están los recursos de tipo costo. Se interpretan como costos fijos dentro del proyecto y su comportamiento es similar a los recursos de tipo materia; por ejemplo: un tiquete de avión, alojamiento, viáticos.

27. Antes de comenzar con la asignación de recursos en MS Project®, verifique la duración de las fases y del total del proyecto en el archivo La Construcción, que se ha venido trabajando (Figura 6.27).

Figura 6.27 Verificación en horas de la duración del proyecto.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
0		0	Taller 2 La Construcción	2907 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.	sáb 02/05/20 03:00 a.m.
1		1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.	dom 05/01/20 03:00 p.m.
11		2	Fin fase 1	0 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.	dom 05/01/20 03:00 p.m.
12		3	FASE 2. CIMENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.	jue 23/01/20 11:00 a.m.
20		4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.	jue 23/01/20 11:00 a.m.
21		5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.	lun 17/02/20 11:00 a.m.
25		6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.	lun 17/02/20 11:00 a.m.
26		7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.	vie 24/04/20 03:00 a.m.
36		8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.	vie 24/04/20 03:00 a.m.
37		9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.	sáb 02/05/20 03:00 a.m.
43		10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

28. En la vista Hoja de recursos, defina los siguientes recursos, asigne las tasas estándar, la tasa de hora extra, capacidad máxima y calendarios base. Tenga en cuenta que la capacidad máxima se va a definir en valores decimales, como se hizo en la (Figura 6.3), cuando se configuró MS Project®. Esto permitirá asignar los recursos de manera más sencilla (Figura 6.28).

Figura 6.28 Tabla de recursos del proyecto.

	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/U	Acumular	Calendario base
1	GERENTE DE PROYECTO	Trabajo		GP	PERSONAL	100	100.000,00/hora	\$ 120.000.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Estándar
2	INGENIERO PRINCIPAL	Trabajo		IP	PERSONAL	100	\$ 80.000,00/hora	\$ 100.000.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Estándar
3	SUPERVISOR	Trabajo		S	PERSONAL	100	\$ 20.000,00/hora	\$ 25.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Estándar
4	MAESTRO	Trabajo		M	PERSONAL	100	\$ 6.000,00/hora	\$ 6.500,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	24 horas
5	OBERO	Trabajo		O	PERSONAL	100	\$ 3.000,00/hora	\$ 3.500,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	24 horas
6	MATERIALES	Material	GLOBAL	M	MATERIALES		\$ 200.000,000,00		\$ 0,00	Prorrateo	
7	HERRAMIENTAS	Material	GLOBAL	H	EQUIPO		\$ 50.000,000,00		\$ 0,00	Prorrateo	
8	CONTRATOS	Material	GLOBAL	C	CONTRATOS		\$ 50.000,000,00		\$ 0,00	Prorrateo	

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

29. En la vista Diagrama de Gantt, en la pestaña Vista, habilite la opción de Detalles. La pantalla se dividirá en dos partes. Asigne los recursos a la tarea resumen La construcción. Verifique que la duración de la tarea no cambie, a medida que asigna los recursos (Figura 6.29).

Figura 6.29 Asignación de los recursos a la tarea 1.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1		1	LA CONSTRUCCION	2907 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
2		1.1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
12		1.2	Fin fase 1	0 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:	LA CONSTRUCCION	Duración:	2907 hora	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input checked="" type="checkbox"/> Programada manualmente
Comienzo:	jue 02/01/20 12:00 a.m.	Fjn:	sáb 02/05/20 03:00 a.m.	Tipo de tarea:	Duración fija

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora
3	SUPERVISOR	1	696h		

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

30. Asigne los recursos a la tarea resumen, Pedir permisos de la Fase 1. Preliminares (Figura 6.30).

Figura 6.30 Asignación de recursos a la actividad Pedir permisos.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1		1	LA CONSTRUCCION	2907 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
2		1.1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
3		1.1.1	Pedir permisos	12 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
4		1.1.1.1	Construcción	12 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
5		1.1.1.2	Alcantarillado y Acueduc	10 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
6		1.1.1.3	Energía	3 horas	jue 02/01/20 12:00 a.m.
7		1.1.2	Presupuesto	27 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.
8		1.1.2.1	Contratar maestro de cor	3 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.
9		1.1.2.2	Pedir cotizaciones de ma	24 horas	jue 02/01/20 03:00 p.m.
10		1.1.3	Hacer encerramiento de la	48 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.
11		1.1.4	Comité de verificación de a	0 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.

Nombre:	Pedir permisos	Duración:	12 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input checked="" type="checkbox"/> Programada manualmente
Comienzo:	jue 02/01/20 12:00 a.m.	Fjn:	jue 02/01/20 12:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora
1	GERENTE DE PROYECTO	1	3h		
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	3h		

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

31. Asigne los recursos a la tarea resumen, Presupuesto de la Fase 1. Preliminares (Figura 6.31).

Figura 6.31 Asignación de recursos al presupuesto.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
7			Presupuesto	27 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.
8		1.1.2.1	Contratar maestro de obra	3 horas	jue 02/01/20 12:00 p.m.
9		1.1.2.2	Pedir cotizaciones de materiales	24 horas	jue 02/01/20 03:00 p.m.
10		1.1.3	Hacer encerramiento de la obra	48 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.
11		1.1.4	Comité de verificación de avance	0 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.
12		1.2	Fin fase 1	0 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.

Nombre:	Presupuesto	Duración:	27 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente
Comienzo:	jue 02/01/20 12:00 p.m.	Fin:	vie 03/01/20 03:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora
1	GERENTE DE PROYECTO	1	9h	3	Pedir permisos
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	9h		

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

32. Asigne los recursos a la tarea Hacer encerramiento de la obra, de la Fase 1. Preliminares. Note que para los recursos Herramientas y materiales se define un valor global para su compra, por consiguiente, se asigna el 0,1 de los 50 millones presupuestados a esta tarea (Figura 6.32).

Figura 6.32 Asignación de recursos hacer encerramiento de la obra.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
10		1.1.3	Hacer encerramiento de la obra	48 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.
11		1.1.4	Comité de verificación de avance	0 horas	vie 03/01/20 03:00 p.m.
12		1.2	Fin fase 1	0 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:	Hacer encerramiento de la obra	Duración:	48 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	
Comienzo:	vie 03/01/20 03:00 p.m.	Fin:	dom 05/01/20 03:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija	% complet	
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Ret.
4	MAESTRO	1	48h	7	Presupuesto	FC	
5	OBrero	10	480h				
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	4h				
7	HERRAMIENTAS	0,1 GLOBAL	0,1 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,1 GLOBAL	0,1 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

33. Asigne los recursos a la tarea Limpiar terreno, de la Fase 2. Cimientos (Figura 6.33).

Figura 6.33 Asignación de recursos limpiar terreno.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
14		1.3.1	Limpiar terreno	20 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
15		1.3.2	Hacer excavaciones	48 horas	lun 06/01/20 11:00 a.m.
16		1.3.3	Fundir vigas	52 horas	mié 08/01/20 11:00 a.m.
17		1.3.4	Hacer mezcla	48 horas	vie 10/01/20 03:00 p.m.
18		1.3.5	Periodo de secado	60 horas	dom 12/01/20 03:00 p.m.
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
20		1.3.7	Comité de verificación de avance	0 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.

Nombre:	Limpiar terreno	Duración:	20 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	
Comienzo:	dom 05/01/20 03:00 p.m.	Fin:	lun 06/01/20 11:00 a.m.	Tipo de tarea: Duración fija			% complet
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Ret
4	MAESTRO	1	20h				
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	2h				
8	CONTRATOS	0,1 GLOBAL	0,1 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

34. Asigne los recursos a la tarea Hacer las excavaciones, de la Fase 2. Cimientos (Figura 6.34).

Figura 6.34 Asignación de recursos Hacer excavaciones.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
14		1.3.1	Limpiar terreno	20 horas	dom 05/01/20 03:00 p.m.
15		1.3.2	Hacer excavaciones	48 horas	lun 06/01/20 11:00 a.m.
16		1.3.3	Fundir vigas	52 horas	mié 08/01/20 11:00 a.m.
17		1.3.4	Hacer mezcla	48 horas	vie 10/01/20 03:00 p.m.
18		1.3.5	Periodo de secado	60 horas	dom 12/01/20 03:00 p.m.
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
20		1.3.7	Comité de verificación de avance	0 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.

Nombre:	Hacer excavaciones	Duración:	48 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	
Comienzo:	lun 06/01/20 11:00 a.m.	Fin:	mié 08/01/20 11:00 a.m.	Tipo de tarea: Duración fija			% complet
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Ret
4	MAESTRO	1	48h	14	Limpiar terreno	FC	
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	16h				
8	CONTRATOS	0,2 GLOBAL	0,2 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

35. Asigne los recursos a la tarea Fundir vigas, de la Fase 2. Cimientos (Figura 6.35).

Figura 6.35 Asignación de recursos Fundir vigas.

	Modr de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
16		1.3.3	Fundir vigas	52 horas	mié 08/01/20 11:00 a.m.
17		1.3.4	Hacer mezcla	48 horas	vie 10/01/20 03:00 p.m.
18		1.3.5	Periodo de secado	60 horas	dom 12/01/20 03:00 p.m.
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
20		1.3.7	Comité de verificación de avance	0 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.

Nombre:	Fundir vigas	Duración:	52 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior
Comienzo:	mié 08/01/20 11:00 a.m.	Fjn:	vie 10/01/20 03:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija	% complet

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Reti
4	MAESTRO	1	52h	15	Hacer excavaciones	FC	
5	OBRERO	10	520h				
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	18h				
7	HERRAMIENTAS	0,3 GLOBAL	0,3 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,3 GLOBAL	0,3 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

36. Asigne los recursos a la tarea Hacer mezcla, de la Fase 2. Cimientos (Figura 6.36).

Figura 6.36 Asignación de recursos Hacer mezcla.

	Modr de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
17		1.3.4	Hacer mezcla	48 horas	vie 10/01/20 03:00 p.m.
18		1.3.5	Periodo de secado	60 horas	dom 12/01/20 03:00 p.m.
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
20		1.3.7	Comité de verificación de avance	0 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:	Hacer mezcla	Duración:	48 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior
Comienzo:	vie 10/01/20 03:00 p.m.	Fjn:	dom 12/01/20 03:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija	% comple

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Re
4	MAESTRO	1	48h	16	Fundir vigas	FC	
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	4h				
8	CONTRATOS	0,4 GLOBAL	0,4 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

37. Asigne los recursos a la tarea Fundir columnas, de la Fase 2. Cimientos (Figura 6.37).

Figura 6.37 Asignación de recursos Fundir columnas.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
20		1.3.7	Comité de verificación de av	0 horas	mié 15/01/20 03:00 a.m.
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	50h
4	MAESTRO	1	200h
5	OBRERO	10	2.000h
7	HERRAMIENTAS	0,5 GLOBAL	0,5 GLOBAL
6	MATERIALES	0,5 GLOBAL	0,5 GLOBAL

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

38. Asigne los recursos a la tarea resumen Fase 3. Tuberías (Figura 6.38).

Figura 6.38 Asignación de recursos Fase 3. Tuberías.

	Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
23		1.5.1	Hacer cometida de acueducto	200 horas	jue 23/01/20 11:00 a.m.
24		1.5.2	Hacer las cajas de recolección	400 horas	vie 31/01/20 07:00 p.m.
25		1.5.3	Comité de verificación de avance	0 horas	vie 31/01/20 07:00 p.m.
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo
4	MAESTRO	1	600h
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	136h
8	CONTRATOS	0,6 GLOBAL	0,6 GLOBAL

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

39. Asigne los recursos a la tarea Levantar paredes de encerramiento piso 1, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.39).

Figura 6.39 Asignación de recursos Levantar paredes de encerramiento piso 1.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
28		1.7.1	Primer piso	500 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
29		1.7.1.1	Levantar paredes de encerramiento piso 1	200 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
30		1.7.1.2	Colocar tabletas de piso 1	300 horas	mar 25/02/20 07:00 p.m.
31		1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
32		1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
33		1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
34		1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
35		1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
36		1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.

Nombre:	Levantar paredes de encerramiento	Duración:	200 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	Sí
Comienzo:	lun 17/02/20 11:00 a.m.	Fjn:	mar 25/02/20 07:00 p.m.	Tipo de tarea:	Duración fija	% completado:	
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	200h				
5	OBRAERO	15	3.000h				
7	HERRAMIENTAS	0,7 GLOBAL	0,7 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,7 GLOBAL	0,7 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

40. Asigne los recursos a la tarea Colocar tabletas de piso 1, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.40).

Figura 6.40 Asignación de recursos Colocar tabletas de piso 1.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
28		1.7.1	Primer piso	500 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
29		1.7.1.1	Levantar paredes de encerramiento piso 1	200 horas	lun 17/02/20 11:00 a.m.
30		1.7.1.2	Colocar tabletas de piso 1	300 horas	mar 25/02/20 07:00 p.m.
31		1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
32		1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
33		1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
34		1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
35		1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
36		1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.

Nombre:	Colocar tabletas de piso 1	Duración:	300 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	Sí
Comienzo:	mar 25/02/20 07:00 p.m.	Fjn:	lun 09/03/20 07:00 a.m.	Tipo de tarea:	Duración fija	% completado:	
Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	300h				
5	OBRAERO	15	4.500h				
7	HERRAMIENTAS	0,8 GLOBAL	0,8 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,8 GLOBAL	0,8 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

41. Asigne los recursos a la tarea Fundir la placa del segundo piso, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.41).

Figura 6.41 Asignación de recursos a Fundir placa de segundo piso.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
31		1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
32		1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
33		1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
34		1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
35		1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
36		1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:		Duración:		C. gor el esfuerzo		Programada manualmente	
Fundir la placa de segundo piso		300 horas		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Comienzo:		Fin:		Tipo de tarea:		% completado:	
lun 09/03/20 07:00 a.m.		sáb 21/03/20 07:00 p.m.		Duración fija			

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	300h				
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	80h				
8	CONTRATOS	0,8 GLOBAL	0,8 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*[®].

42. Asigne los recursos a la tarea Levantar las paredes de encerramiento piso 2, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.42).

Figura 6.42 Asignación de recursos a Levantar paredes encerramiento piso 2.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
31		1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
32		1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
33		1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
34		1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
35		1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
36		1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:		Duración:		C. gor el esfuerzo		Programada manualmente	
Levantar paredes de encerramiento		300 horas		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Comienzo:		Fin:		Tipo de tarea:		% completado:	
sáb 21/03/20 07:00 p.m.		vie 03/04/20 07:00 a.m.		Duración fija			

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	300h				
5	OBRERO	15	4.500h	32	Fundir la placa de segundo piso	FC	0d
7	HERRAMIENTAS	0,8 GLOBAL	0,8 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,9 GLOBAL	0,9 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*[®].

43. Asigne los recursos a la tarea Colocar tabletas piso 2, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.43).

Figura 6.43 Asignación de recursos Colocar tabletas de piso 2.

Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
	1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
	1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
	1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
	1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
	1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
	1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
	1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
	1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
	1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:	Colocar tabletas de piso 2	Duración:	200 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	Siguiente
Comienzo:	vie 03/04/20 07:00 a.m.	Fin:	sáb 11/04/20 03:00 p.m.	Tipo de tarea:		Duración fija	
% completado:							

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	200h	33	Levantar paredes de encerramiento piso	FC	0d
5	OBRAERO	15	3.000h				
7	HERRAMIENTAS	0,9 GLOBAL	0,9 GLOBAL				
6	MATERIALES	0,95 GLOBAL	0,95 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

44. Asigne los recursos a la tarea Colocar la cubierta, de la Fase 4. Paredes (Figura 6.44).

Figura 6.44 Asignación de recursos Colocar la cubierta.

Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
	1.7.2	Segundo piso	1100 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
	1.7.2.1	Fundir la placa de segundo piso	300 horas	lun 09/03/20 07:00 a.m.
	1.7.2.2	Levantar paredes de encerramiento piso 2	300 horas	sáb 21/03/20 07:00 p.m.
	1.7.2.3	Colocar tabletas de piso 2	200 horas	vie 03/04/20 07:00 a.m.
	1.7.2.4	Colocar la cubierta	300 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
	1.7.2.5	Comité de verificación de avance	0 horas	sáb 11/04/20 03:00 p.m.
	1.8	Fin fase 4	0 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
	1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	vie 24/04/20 03:00 a.m.
	1.10	Fin fase 5	0 horas	sáb 02/05/20 03:00 a.m.

Nombre:	Colocar la cubierta	Duración:	300 horas	<input type="checkbox"/> C. por el esfuerzo	<input type="checkbox"/> Programada manualmente	Anterior	Siguiente
Comienzo:	sáb 11/04/20 03:00 p.m.	Fin:	vie 24/04/20 03:00 a.m.	Tipo de tarea:		Duración fija	
% completado:							

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
4	MAESTRO	1	300h	34	Colocar tabletas de piso 2	FC	0d
2	INGENIERO PRINCIPAL	1	72h				
8	CONTRATOS	0,9 GLOBAL	0,9 GLOBAL				

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

45. Finalmente, asigne los recursos a la tarea resumen Fase 5. Acabados (Figura 6.45).

Figura 6.45 Asignación de recursos Fase 5. Acabados.

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo
4	MAESTRO	1	192h
5	OBRERO	15	2.880h
7	HERRAMIENTAS	0,99 GLOBAL	0,99 GLOBAL
6	MATERIALES	0,99 GLOBAL	0,99 GLOBAL

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

6.2.4 Gestión de costos

46. Dado que al momento de crear los recursos se definieron las tasas estándar y las tasas horas extra, por defecto los costos se han calculado a medida que los recursos han sido asignados. Tenga en cuenta que para el caso de los recursos de tipo trabajo, el costo depende de manera directa de la cantidad de trabajo, mientras que para los recursos de tipo material el costo es independiente y el valor global definido se irá consumiendo a medida que se va asignando a las tareas.

De acuerdo con la explicación anterior, en la vista de Diagrama de Gantt, agregue las columnas Costo y Trabajo (Figura 6.46).

Figura 6.46 Columnas del resumen del proyecto.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Costo	Trabajo
1		1	LA CONSTRUCCION	2907 horas	\$ 1.578.628.000,00	24.790 horas
2		1.1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	\$ 29.208.000,00	556 horas
12		1.2	Fin fase 1	0 horas	\$ 0,00	0 horas
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	\$ 251.968.000,00	2.978 horas
14		1.3.1	Limpiar terreno	20 horas	\$ 5.280.000,00	22 horas
15		1.3.2	Hacer excavaciones	48 horas	\$ 11.568.000,00	64 horas
16		1.3.3	Fundir vigas	52 horas	\$ 78.312.000,00	590 horas
17		1.3.4	Hacer mezcla	48 horas	\$ 20.608.000,00	52 horas
18		1.3.5	Periodo de secado	60 horas	\$ 0,00	0 horas
19		1.3.6	Fundir las columnas	200 horas	\$ 136.200.000,00	2.250 horas
20		1.3.7	Comité de verificación de av	0 horas	\$ 0,00	0 horas
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	\$ 0,00	0 horas
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	\$ 44.480.000,00	736 horas
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	\$ 0,00	0 horas
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	\$ 981.760.000,00	16.752 horas
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	\$ 0,00	0 horas
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	\$ 257.292.000,00	3.072 horas
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	\$ 0,00	0 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

47. Por medio de la tabla de costos del diagrama de Gantt agregue un costo fijo a la subtarea Pedir permisos de \$1 000 000, y a los Comités de verificación de \$100 000 (Figura 6.47).

Figura 6.47 Presentación por hitos del proyecto.

	Modi de	EDT	Nombre de tarea	Duración	Costo	Trabajo
1		1	LA CONSTRUCCION	2907 horas	\$ 1.580.128.000,00	24.790 horas
2		1.1	FASE 1. PRELIMINARES	87 horas	\$ 30.308.000,00	556 horas
12		1.2	Fin fase 1	0 horas	\$ 0,00	0 horas
13		1.3	FASE 2. CIMIENTOS	428 horas	\$ 252.068.000,00	2.978 horas
21		1.4	Fin fase 2	0 horas	\$ 0,00	0 horas
22		1.5	FASE 3. TUBERIAS	600 horas	\$ 44.580.000,00	736 horas
26		1.6	Fin fase 3	0 horas	\$ 0,00	0 horas
27		1.7	FASE 4. PAREDES	1600 horas	\$ 981.860.000,00	16.752 horas
37		1.8	Fin fase 4	0 horas	\$ 0,00	0 horas
38		1.9	FASE 5. ACABADOS	192 horas	\$ 257.392.000,00	3.072 horas
44		1.10	Fin fase 5	0 horas	\$ 0,00	0 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de *MS Project*®.

48. En la vista Uso de recursos, inserte la columna Trabajo horas extras, y asígnele al recurso Maestro 10 horas extra en la tarea Levantar las paredes de encerramiento piso 2 (Figura 6.48).

Figura 6.48 Vista uso recursos del maestro.

MAESTRO	10 horas	2.808 horas
<i>Hacer encerramiento de la obra</i>	0 horas	48 horas
<i>Limpiar terreno</i>	0 horas	20 horas
<i>Hacer excavaciones</i>	0 horas	48 horas
<i>Fundir vigas</i>	0 horas	52 horas
<i>Hacer mezcla</i>	0 horas	48 horas
<i>Fundir las columnas</i>	0 horas	200 horas
<i>FASE 3. TUBERIAS</i>	0 horas	600 horas
<i>Levantar paredes de encerramiento piso 1</i>	0 horas	200 horas
<i>Colocar tabletas de piso 1</i>	0 horas	300 horas
<i>Fundir la placa de segundo piso</i>	0 horas	300 horas
<i>Levantar paredes de encerramiento piso 2</i>	10 horas	300 horas
<i>Colocar tabletas de piso 2</i>	0 horas	200 horas
<i>Colocar la cubierta</i>	0 horas	300 horas

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

6.3 Método del valor ganado

Normalmente, el control de avance del proyecto se realiza por medio del cronograma de actividades y el control de costos mediante una comparación entre lo planificado y lo realmente gastado. La técnica del valor ganado permite controlar el avance en tiempo y costo de los proyectos introduciendo el concepto del valor ganado para el proyecto, es decir, valora el trabajo realmente ejecutado en función del presupuesto. Con esto se añade una tercera variable para el análisis, por lo que se tiene el costo planificado, el costo real y el valor ganado, que es el costo del trabajo ejecutado.

El método del valor ganado (VG), compara la cantidad de trabajo planeado contra lo que realmente se ha terminado para determinar si el costo, el cronograma y el trabajo realizado están llevándose a cabo de acuerdo con lo planeado. El término valor ganado viene de la idea de que cada entregable del proyecto tenga un costo planeado –su valor–; cuando el entregable se termina el Valor se gana para el proyecto. Bajo esta premisa se puede decir que el valor ganado es el costo presupuestado del trabajo ejecutado.

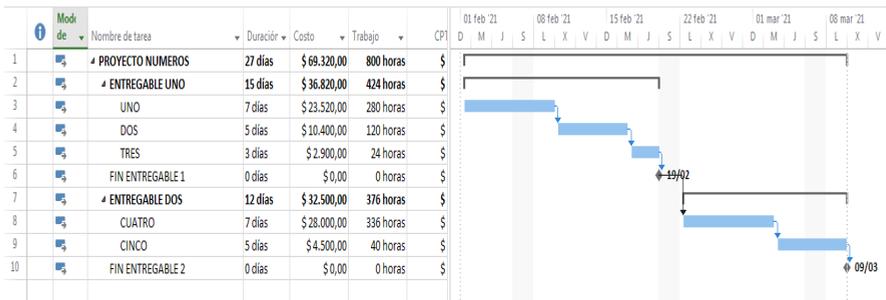
El método del valor ganado compara tres variables: el costo planeado, el costo real y el valor ganado. A continuación se define cada una de ellas.

- Costo planeado: es el costo del trabajo programado para ser completado de una actividad o tarea hasta un momento determinado.
- Costo real: costo total incurrido en la realización del trabajo de la actividad del cronograma, durante un periodo determinado.
- Valor ganado: cantidad presupuestada para el trabajo realmente completado de la actividad del cronograma, durante un periodo determinado. Es un porcentaje del presupuesto total igual al porcentaje de trabajo realmente terminado.

Sobre un nuevo ejercicio, se presentará la manera de trabajar el método de valor ganado en *MS Project*®.

1. Diseñe un esquema para el proyecto Números, tal como se muestra a continuación (Figura 6.49). Recuerde vincular las actividades. La fecha de inicio del proyecto es el lunes 1 de febrero de 2021 y el calendario asignado es de 8 horas.

Figura 6.49 Esquema Proyecto Números (Vista de Gantt).



Fuente: Elaboración propia a partir de MS Project®.

2. En la Hoja de recursos cree los siguientes recursos junto con sus tasas estándar y horas (Figura 6.50).

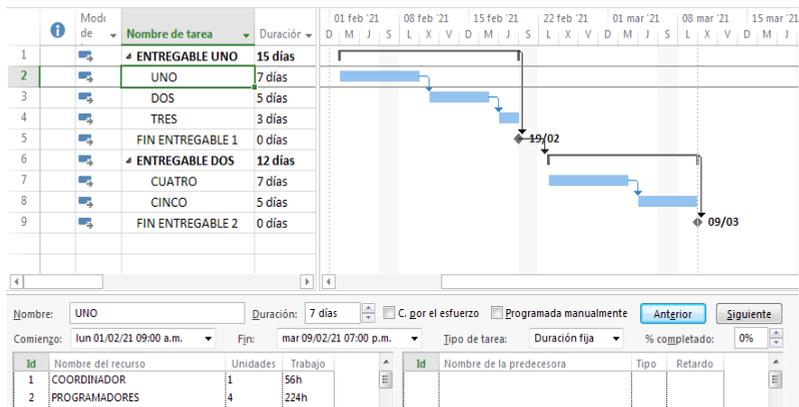
Figura 6.50 Tabla de recursos.

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de	Iniciales	Grupo	Capacidad	Tasa estándar	Tasa horas	Acumu	Calendario
COORDINADOR	Trabajo		C	PERSONAL	100	\$ 100,00/hora	\$ 120,00/hora	Prorratio	Estándar
PROGRAMADORES	Trabajo		P	PERSONAL	100	\$ 80,00/hora	\$ 100,00/hora	Prorratio	Estándar
PAPELERIA	Material	GLOBAL	P	MATERIAL		\$ 1.000,00		Prorratio	

Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

3. En el diagrama de Gantt, vista Detalles, asigne los recursos de la tarea UNO (Figura 6.51).

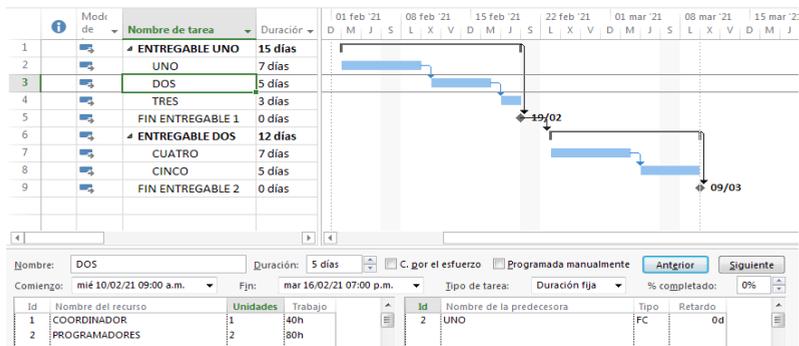
Figura 6.51 Asignación de recursos actividad UNO.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

4. En el diagrama de Gantt, vista Detalles, asigne los recursos de la tarea DOS (Figura 6.52).

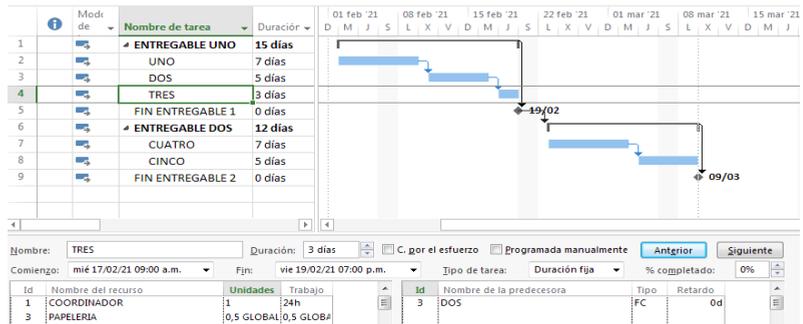
Figura 6.52 Asignación de recursos actividad DOS.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- En el diagrama de Gantt, vista Detalles, asigne los recursos de la tarea TRES (Figura 6.53).

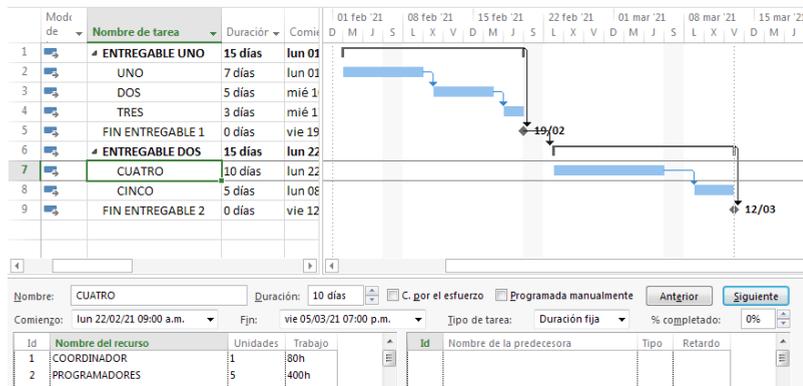
Figura 6.53 Asignación de recursos actividad TRES.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- En el diagrama de Gantt, vista Detalles, asigne los recursos de la tarea CUATRO (Figura 6.54).

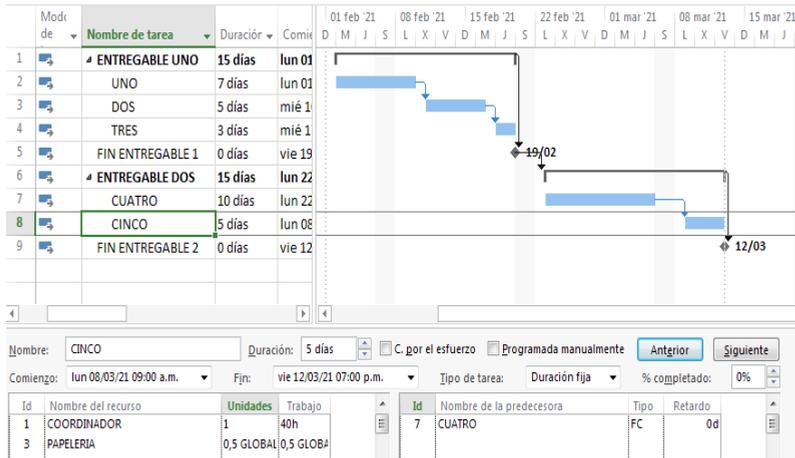
Figura 6.54 Asignación de recursos actividad CUATRO.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- En el Diagrama de Gantt, vista Detalles, asigne los recursos de la tarea CINCO (Figura 6.55).

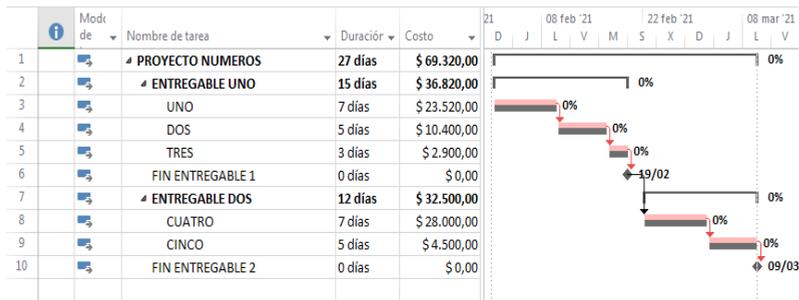
Figura 6.55 Asignación de recursos actividad CINCO.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Inserte las columnas costos y trabajo en la vista Gantt de seguimiento, y adicione la tarea resumen del proyecto (Figura 6.56).

Figura 6.56 Visualización del proyecto con línea base.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Establezca la línea base e inserte las columnas CPTP, CPTR, CRTR (Figura 6.57).

Figura 6.57 Columnas de valor ganado.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Ahora se procederá a simular el avance del proyecto a partir de la asignación de cinco fechas de estado: pestaña proyecto, fecha de estado.

Fecha de estado 1: martes 9 de febrero de 2021 –8 días después de la fecha de inicio del proyecto–. Avanzar tarea UNO al 100 %. Para este caso se supondría que el proyecto va al día según lo planeado. Lleve los valores totales a Excel para luego graficar la curva S (Figura 6.58).

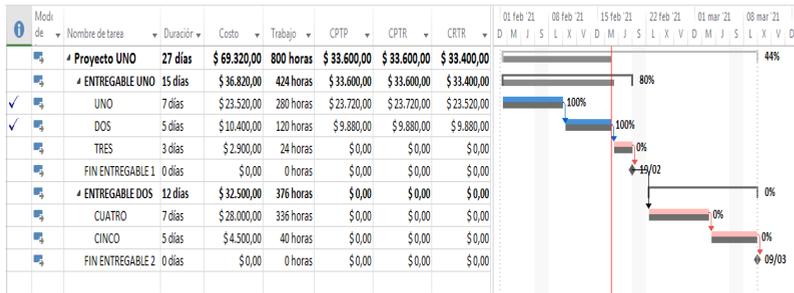
Figura 6.58 Avance del proyecto y fecha de estado 1.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Fecha de estado 2: martes 16 de febrero de 2021 –15 días después de la fecha de inicio del proyecto–. Avanzar tarea DOS al 100 %. El proyecto continúa al día según lo planeado. Lleve los valores totales a Excel para luego graficar la curva S (Figura 6.59).

Figura 6.59 Avance del proyecto y fecha de estado 2.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®

- Fecha de estado 3: jueves 18 de febrero de 2021 –un día después de la fecha de estado 2–. Avanzar tarea TRES al 100 %. A pesar de que la tarea avanza al 100%, las columnas CPTP, CPTR y CRTR sólo se ejecutan en un 50 %. Esto simula que existe un adelanto en la ejecución de la actividad TRES. El proyecto continúa al día según lo planeado. Lleve los valores totales a Excel para luego graficar la curva S (Figura 6.60).

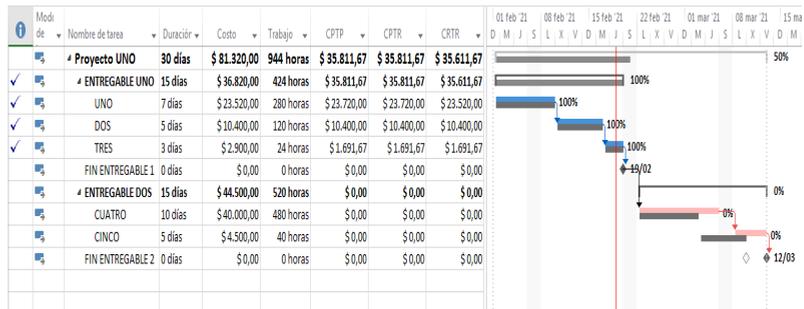
Figura 6.60 Avance del proyecto y fecha de estado 3.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®

- Aumentar la duración de la tarea CUATRO de 7 a 10 días. Como se observa en el diagrama de Gantt, la programación se mueve, pero la línea base se mantiene (Figura 6.61).

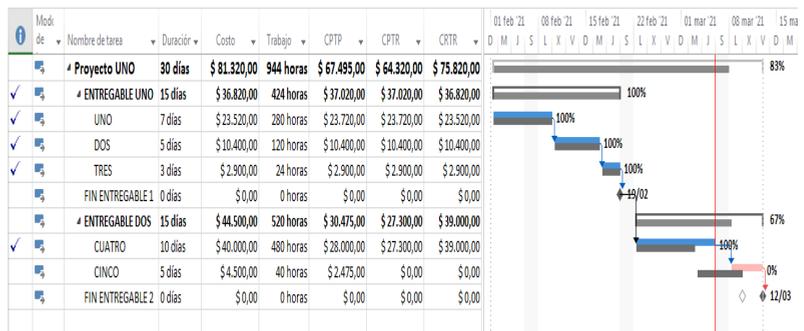
Figura 6.61 Avance del proyecto y fecha de estado 4.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Fecha de estado 4: viernes 5 de marzo –viernes de la semana siguiente–. Avanzar tarea CUATRO al 100%. Por haber aumentado la duración de la tarea, se observa que se termina la actividad pero con sobrecosto. Lleve los valores totales a Excel para luego graficar la curva S (Figura 6.62).

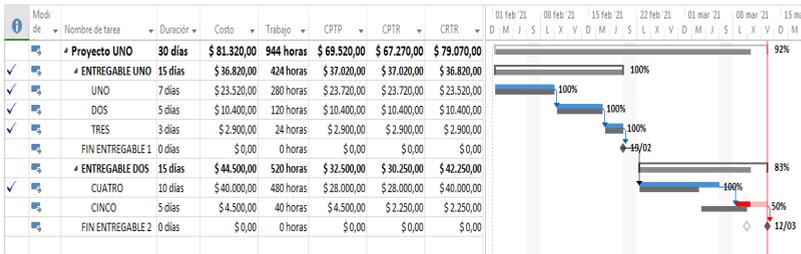
Figura 6.62 Cambio a fecha de estado 4.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- 15. Fecha de estado 5: viernes 12 de marzo –fecha de terminación del proyecto–. Avanzar tarea CINCO al 50 %. Para la fecha de estado definida, el proyecto se encuentra atrasado (Figura 6.63).

Figura 6.63 Avance del proyecto y fecha de estado 5.



Fuente. Elaboración propia a partir de MS Project®.

- 16. Inserte y configure las columnas IRP –Índice de Rendimiento de la Programación– e IRC –Índice de Rendimiento de Costos–. Como se observa, en las tareas UNO, DOS, TRES y CUATRO, el IRP es igual a 1 porque estas se han ejecutado al 100%; sin embargo, en la tarea CINCO es de 0,5 porque el avance de esta actividad es del 50 %.

Por otra parte, en la columna IRC se observa que este indicador, para la tarea CUATRO, es inferior a 1 porque terminó con sobrecostos al aumentar su duración de 7 a 10 (Figura 6.64).

Figura 6.64 Tabla a la corte de indicadores de valor ganado.

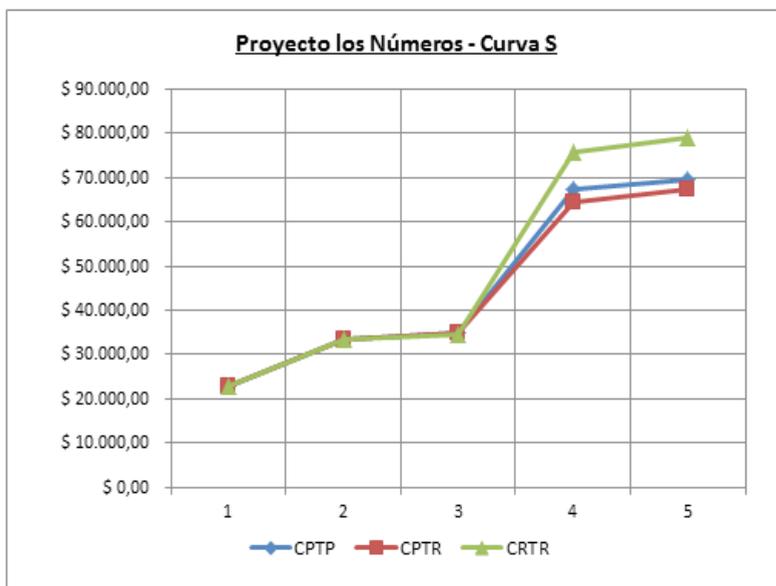
Modt de	Nombre de tarea	Duración	Costo	Trabajo	IRP	IRC	CPTP	CPTR	CRTR
	▲ Proyecto UNO	30 días	\$ 81.320,00	944 horas	0,97	0,85	\$ 69.520,00	\$ 67.270,00	\$ 79.070,00
✓	▲ ENTREGABLE UNO	15 días	\$ 36.820,00	424 horas	1	1,01	\$ 37.020,00	\$ 37.020,00	\$ 36.820,00
✓	UNO	7 días	\$ 23.520,00	280 horas	1	1,01	\$ 23.720,00	\$ 23.720,00	\$ 23.520,00
✓	DOS	5 días	\$ 10.400,00	120 horas	1	1	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00
✓	TRES	3 días	\$ 2.900,00	24 horas	1	1	\$ 2.900,00	\$ 2.900,00	\$ 2.900,00
	FIN ENTREGABLE 1	0 días	\$ 0,00	0 horas	0	0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
	▲ ENTREGABLE DOS	15 días	\$ 44.500,00	520 horas	0,93	0,72	\$ 32.500,00	\$ 30.250,00	\$ 42.250,00
✓	CUATRO	10 días	\$ 40.000,00	480 horas	1	0,7	\$ 28.000,00	\$ 28.000,00	\$ 40.000,00
	CINCO	5 días	\$ 4.500,00	40 horas	0,5	1	\$ 4.500,00	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00
	FIN ENTREGABLE 2	0 días	\$ 0,00	0 horas	0	0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de MS Project®.

- Con los valores copiados en Excel, se grafica la curva S. Esta última, presenta el comportamiento del proyecto a partir de la comparación del costo planeado – CPTP, el valor ganado – CPTR y el costo real – CRTR. Al interpretar la curva S se observa que en los tres primeros momentos el CPTP, CPTR y el CRTR coinciden pues el proyecto se encuentra al día. En el cuarto y quinto momento se observa que el CRTR está por encima del CPTP, lo que se puede interpretar como un sobre costo; adicionalmente, el CPTR está por debajo del CPTP, lo que indica un retraso en la ejecución (Figura 6.65).

Figura 6.65 Análisis de valor ganado.**PROYECTO LOS NÚMEROS**

FECHA DE ESTADO	CPTP	CPTR	CRTR
09/02/2021	\$ 22.872,86	\$ 22.872,86	\$ 22.872,86
16/02/2021	\$ 33.600,00	\$ 33.600,00	\$ 33.400,00
18/02/2021	\$ 34.845,00	\$ 34.845,00	\$ 34.645,00
05/03/2021	\$ 67.495,00	\$ 64.320,00	\$ 75.820,00
12/03/2021	\$ 69.520,00	\$ 67.270,00	\$ 79.070,00



Fuente. Elaboración propia a partir de Excel.

El Caso de la Constructora El Quijote

Sexta parte: la ejecución del proyecto – el método de valor ganado



Antes de iniciar

El método de valor ganado es una herramienta que permite ejercer control sobre la ejecución de los proyectos emprendidos, a partir de la comparación de la cantidad de trabajo planeado contra lo que realmente se ha terminado para determinar si el costo, el cronograma y el trabajo realizado están llevándose a cabo de acuerdo con lo trazado. Es decir, este método permite comparar los costos reales del proyecto contra los costos planeados y el trabajo terminado.

El término **valor ganado** viene de la idea de que cada entregable del proyecto tiene un costo planeado, **su valor**. Cuando el entregable se termina el **valor** se gana para el proyecto. No es un valor real, es recibir un entregable por una inversión realizada.

La ejecución del proyecto Ícaro

El proyecto Ícaro ha superado la etapa de planeación. La junta directiva de la constructora El Quijote le ha pedido al gerente del proyecto que haga el control de la ejecución y los informes de avance del mismo a partir del método de valor ganado, por consiguiente, se enfocarán los esfuerzos para monitorear el cumplimiento de los entregables según lo planeado, y no de las actividades requeridas para desarrollarlos.

Análisis de la planeación inicial

El proyecto Ícaro ha sido dividido en ocho fases: diseño, preliminares de obra, cimientos, parqueaderos subterráneos, tubería general, acometida eléctrica general, estructura y acabados. La duración total es de 1400 días, dando inicio el lunes 6 de enero de 2020 y finalizando el lunes 6 de noviembre de 2023. El costo planeado es de: \$110.000.000.000.

Dando avance al proyecto

Antes de iniciar a dar avance, el gerente del proyecto prepara la planeación realizada en MS Project para poder hacer el control a partir del método de valor ganado. Inserta las columnas Costo planeado del trabajo programado – CPTP, Costo planeado del trabajo realizado – CPTR (valor ganado), y Costo real del trabajo realizado – CRTR. Así mismo, fija la línea base para el proyecto (Figura 6.66).

Figura 6.66 Valores de CPTP, CPTR y CRTR para el proyecto Ícaro.

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
ICARO Conjunto Residencial Recursos	1400 días	1400 días	\$ 17.849.440.000,00	717.864 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 1	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	87 días	87 días	\$ 278.880.000,00	1.824 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 2	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 3. CIMIENTOS	330 días	330 días	\$ 3.183.840.000,00	116.448 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 3	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 4. PARQUEADEROS SUBTERRANEOS	38 días	38 días	\$ 204.720.000,00	10.032 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 4	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 5. TUBERÍAS GENERAL	90 días	90 días	\$ 910.400.000,00	39.600 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 5	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 6. ACOMETIDA ELECTRICA GENERAL	120 días	120 días	\$ 996.800.000,00	32.400 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 6	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 7. ESTRUCTURA	540 días	540 días	\$ 7.464.000.000,00	474.000 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 7	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 8. ACABADOS	165 días	165 días	\$ 4.172.400.000,00	37.800 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 8	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

El proyecto inició sin ningún percance, el compromiso y dedicación del gerente del proyecto, el ingeniero principal y el arquitecto contratado fueron los elementos clave para que la Etapa 1. Diseño, se desarrollará de acuerdo con los tiempos planeados y sin sobrecostos. En *MS Project®* estos resultados se ven reflejados en las tres columnas CPTP, CPTR y CRTR, las cuales son iguales y permiten concluir que el costo inicialmente presupuestado para la fase 1 –\$638.400.000–, fue lo que realmente costó este entregable; adicionalmente, que el trabajo planeado avanzó al 100 %. En otras palabras, lo que se planeó se hizo y los costos fueron exactamente lo que se había presupuestado (Figura 6.67).

Figura 6.67 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (1).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
ICARO Conjunto Residencial Recursos	1400 días	1400 días	\$ 17.849.440.000,00	717.864 horas	\$ 651.660.000,00	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00
FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00
Conceptualización	15 días	15 días	\$ 94.800.000,00	720 horas	\$ 94.800.000,00	\$ 94.800.000,00	\$ 94.800.000,00
Prototipado	45 días	45 días	\$ 224.400.000,00	2.160 horas	\$ 224.400.000,00	\$ 224.400.000,00	\$ 224.400.000,00
Diseños de planos	60 días	60 días	\$ 319.200.000,00	2.880 horas	\$ 319.200.000,00	\$ 319.200.000,00	\$ 319.200.000,00
Comité de verificación de avance	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Sin embargo, a pesar del inicio exitoso del proyecto, en la fase 2 se presentaron las primeras complicaciones que marcaron algunos retos importantes para el gerente

del proyecto. A pesar de que el trámite de las licencias se había iniciado con tiempo, un paro de funcionarios del sector público hizo que estas actividades tomaran ocho días más de lo programado. Por lo anterior, el proyecto comenzó a presentar un retraso y un sobrecosto en comparación con lo planeado.

De otra parte, el entregable correspondiente a la realización del presupuesto se ejecutó sin ningún retraso de acuerdo con las fechas establecidas en la planeación. Al comparar las columnas Costo y CPTP se puede evidenciar el sobrecosto en el que se incurre por el retraso en el trámite de las licencias. La fase 2 se completó al 100 %, pero con sobrecosto: CRTR (Figura 6.68).

Figura 6.68 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (2).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTP	CRTR
3 ICARO Conjunto Residencial - VG Avance	1408 días	1400 días	\$ 17.895.520.000,00	718.440 horas	\$ 1.033.760.000,00	\$ 917.280.000,00	\$ 963.360.000,00
FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00
Fin fase 1	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	95 días	87 días	\$ 328.960.000,00	2.400 horas	\$ 278.880.000,00	\$ 278.880.000,00	\$ 328.960.000,00
Pedir permisos	20 días	12 días	\$ 184.080.000,00	1.176 horas	\$ 138.000.000,00	\$ 138.000.000,00	\$ 184.080.000,00
Construcción	20 días	12 días	\$ 38.400.000,00	480 horas	\$ 23.040.000,00	\$ 23.040.000,00	\$ 38.400.000,00
Alcantarillado y Acueducto	18 días	10 días	\$ 34.560.000,00	432 horas	\$ 19.200.000,00	\$ 19.200.000,00	\$ 34.560.000,00
Energía	11 días	3 días	\$ 21.120.000,00	264 horas	\$ 5.760.000,00	\$ 5.760.000,00	\$ 21.120.000,00
Presupuesto	27 días	27 días	\$ 110.880.000,00	1.224 horas	\$ 110.880.000,00	\$ 110.880.000,00	\$ 110.880.000,00
Contratar maestro de construcción	3 días	3 días	\$ 7.200.000,00	72 horas	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 7.200.000,00
Pedir cotizaciones de materiales	24 días	24 días	\$ 103.680.000,00	1.152 horas	\$ 103.680.000,00	\$ 103.680.000,00	\$ 103.680.000,00
Hacer encerramiento de la obra	48 días	48 días	\$ 30.000.000,00	0 horas	\$ 30.000.000,00	\$ 30.000.000,00	\$ 30.000.000,00
Comité de verificación de avance	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 2	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Para el 8 de agosto de 2020 se dio inicio a la fase 3 del proyecto. La limpieza del terreno avanzó de acuerdo con lo planeado, durando, en efecto, 20 días. Sin embargo, al momento de iniciar con el proceso de excavación, una falla en la máquina percutora obligó a detener esta actividad por diez días lo que retrasó aún más el proyecto. Al final las excavaciones tomaron 100 días para ser finalizadas. El costo de este contrat tiempo se ve reflejado en la columna CRTR. Las demás actividades de esta etapa se completaron sin novedad (Figura 6.69).

Figura 6.69 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (3).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
3 ICARO Conjunto Residencial	1418 días	1400 días	\$ 17.914.720.000,00	718.680 horas	\$ 4.198.092.631,58	\$ 4.101.120.000,00	\$ 4.166.400.000,00
FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00
Fin fase 1	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	95 días	87 días	\$ 324.960.000,00	2.400 horas	\$ 278.880.000,00	\$ 278.880.000,00	\$ 324.960.000,00
Fin fase 2	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 3. CIMENTOS	340 días	330 días	\$ 3.203.040.000,00	116.688 horas	\$ 3.183.840.000,00	\$ 3.183.840.000,00	\$ 3.203.040.000,00
Limpieza de terreno	20 días	20 días	\$ 291.200.000,00	10.560 horas	\$ 291.200.000,00	\$ 291.200.000,00	\$ 291.200.000,00
Hacer excavaciones	100 días	90 días	\$ 1.092.000.000,00	2.400 horas	\$ 1.072.800.000,00	\$ 1.072.800.000,00	\$ 1.092.000.000,00
Fundir vigas	52 días	52 días	\$ 749.600.000,00	28.704 horas	\$ 749.600.000,00	\$ 749.600.000,00	\$ 749.600.000,00
Hacer mezcla	48 días	48 días	\$ 138.240.000,00	25.344 horas	\$ 138.240.000,00	\$ 138.240.000,00	\$ 138.240.000,00
Periodo de secado	30 días	30 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fundir las columnas	90 días	90 días	\$ 932.000.000,00	49.680 horas	\$ 932.000.000,00	\$ 932.000.000,00	\$ 932.000.000,00
Comité de verificación de avance	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 3	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

La fase 4, Parquederos subterráneos, se desarrolló sin ninguna novedad según lo planeado. Por consiguiente, las tres columnas CPTP, CPTR, CRTR (Figura 6.70).

Figura 6.70 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (4).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
FASE 4. PARQUEDEROS SUBTERRANEOS	38 días	38 días	\$ 204.720.000,00	10.032 horas	\$ 204.720.000,00	\$ 204.720.000,00	\$ 204.720.000,00
Pulido y Acabados	15 días	15 días	\$ 21.600.000,00	3.960 horas	\$ 21.600.000,00	\$ 21.600.000,00	\$ 21.600.000,00
Delimitación	15 días	15 días	\$ 21.600.000,00	3.960 horas	\$ 21.600.000,00	\$ 21.600.000,00	\$ 21.600.000,00
Ajuste	8 días	8 días	\$ 11.520.000,00	2.112 horas	\$ 11.520.000,00	\$ 11.520.000,00	\$ 11.520.000,00
Comité de verificación de avance	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 4	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

En la fase 5, Tuberías, el proyecto presentó una mejoría, pues la cometida de acueducto de áreas comunes se terminó diez días antes de lo planeado. Esto le permitió al proyecto reducir los gastos presupuestados para esta actividad y recuperar, en gran medida, su rumbo, que venía retrasado (Figura 6.71).

Figura 6.71 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (5).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
FASE 5. TUBERIAS GENERAL	80 días	90 días	\$ 874.400.000,00	36.240 horas	\$ 910.400.000,00	\$ 910.400.000,00	\$ 874.400.000,00
Hacer cometida de acueducto áreas comunes	80 días	90 días	\$ 288.000.000,00	26.880 horas	\$ 324.000.000,00	\$ 324.000.000,00	\$ 288.000.000,00
Hacer las cajas de recolección áreas comunes	30 días	30 días	\$ 86.400.000,00	9.360 horas	\$ 86.400.000,00	\$ 86.400.000,00	\$ 86.400.000,00
Comité de verificación de avance	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 5	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 6. ACOMETIDA ELECTRICA GENERAL	120 días	120 días	\$ 996.800.000,00	32.400 horas	\$ 946.800.000,00	\$ 946.800.000,00	\$ 996.800.000,00
Fin fase 6	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 7. ESTRUCTURA	540 días	540 días	\$ 7.464.000.000,00	474.000 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 7	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 8. ACABADOS	165 días	165 días	\$ 4.172.400.000,00	37.800 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 8	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Al igual que en la fase 5, en la fase 6, Acometida eléctrica general, se realizó en menor tiempo de lo provisto, dado que el montaje de la subestación eléctrica se realizó en 70 días y no en 90 como estaba programado; esto hizo, que el proyecto en general, se viera beneficiado con una duración menor (Figura 6.72).

Figura 6.72 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (6).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
3 ICARO Conjunto Residencial - VG Avance 3	1398 días	1400 días	\$ 17.768.320.000,00	708.120 horas	\$ 6.208.873.333,33	\$ 6.213.040.000,00	\$ 6.131.920.000,00
FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00
Fin fase 1	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	95 días	87 días	\$ 324.960.000,00	2.400 horas	\$ 278.880.000,00	\$ 278.880.000,00	\$ 324.960.000,00
Fin fase 2	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 3. CIMENTOS	340 días	330 días	\$ 3.203.040.000,00	116.688 horas	\$ 3.183.840.000,00	\$ 3.183.840.000,00	\$ 3.203.040.000,00
Fin fase 3	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 4. PARQUEDEROS SUBTERRANEOS	38 días	38 días	\$ 204.720.000,00	10.032 horas	\$ 204.720.000,00	\$ 204.720.000,00	\$ 204.720.000,00
Fin fase 4	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 5. TUBERIAS GENERAL	80 días	90 días	\$ 874.400.000,00	36.240 horas	\$ 910.400.000,00	\$ 910.400.000,00	\$ 874.400.000,00
Fin fase 5	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 6. ACOMETIDA ELECTRICA GENERAL	100 días	120 días	\$ 886.400.000,00	25.200 horas	\$ 992.633.333,33	\$ 996.800.000,00	\$ 886.400.000,00
Montaje de la subestación eléctrica	70 días	90 días	\$ 386.400.000,00	25.200 horas	\$ 496.800.000,00	\$ 496.800.000,00	\$ 386.400.000,00
Hacer cometicda eléctrica áreas comunes	30 días	30 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Comité de verificación de avance	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 6	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 7. ESTRUCTURA	540 días	540 días	\$ 7.464.000.000,00	474.000 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 7	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
FASE 8. ACABADOS	165 días	165 días	\$ 4.172.400.000,00	37.800 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Fin fase 8	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

La fase 7, Estructura, inició a buen ritmo, pues la construcción de las torres A y B se fue desarrollando sin ningún inconveniente. De acuerdo con la programación, ambas se estaban construyendo de manera simultánea; sin embargo, al momento de tender la acometida eléctrica de la torre A, la empresa contratada para hacer esta labor manifestó que no podía hacer esta tarea de manera simultánea en la torre B, por consiguiente, el gerente del proyecto decidió buscar otra empresa que trabajara en conjunto con la que ya se había contratado. La búsqueda hizo que la acometida eléctrica para la torre B llevara 20 días más de lo esperado. Superado este problema, la construcción de las demás torres avanzó según lo esperado (Figura 6.73).

Figura 6.73 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (7).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
▲ Torre A	180 días	180 días	\$ 892.800.000,00	94.800 horas	\$ 892.800.000,00	\$ 892.800.000,00	\$ 892.800.000,00
Fundir vigas	30 días	30 días	\$ 144.000.000,00	16.560 horas	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00
Fundir Columnas	30 días	30 días	\$ 144.000.000,00	16.560 horas	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00
Levantar paredes de encerramiento	90 días	90 días	\$ 432.000.000,00	49.680 horas	\$ 432.000.000,00	\$ 432.000.000,00	\$ 432.000.000,00
Colocar cubiertas	20 días	20 días	\$ 96.000.000,00	11.040 horas	\$ 96.000.000,00	\$ 96.000.000,00	\$ 96.000.000,00
Acometida hidráulica	20 días	20 días	\$ 38.400.000,00	480 horas	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00
Acometida eléctrica	20 días	20 días	\$ 38.400.000,00	480 horas	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00
Comité de verificación de avance	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
▲ Torre B	200 días	180 días	\$ 931.200.000,00	95.280 horas	\$ 892.800.000,00	\$ 873.000.000,00	\$ 892.800.000,00
Fundir vigas	30 días	30 días	\$ 144.000.000,00	16.560 horas	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00
Fundir Columnas	30 días	30 días	\$ 144.000.000,00	16.560 horas	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00	\$ 144.000.000,00
Levantar paredes de encerramiento	90 días	90 días	\$ 432.000.000,00	49.680 horas	\$ 432.000.000,00	\$ 432.000.000,00	\$ 432.000.000,00
Colocar cubiertas	20 días	20 días	\$ 96.000.000,00	11.040 horas	\$ 96.000.000,00	\$ 96.000.000,00	\$ 96.000.000,00
Acometida hidráulica	20 días	20 días	\$ 38.400.000,00	480 horas	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00	\$ 38.400.000,00
Acometida eléctrica	40 días	20 días	\$ 76.800.000,00	960 horas	\$ 38.400.000,00	\$ 19.200.000,00	\$ 38.400.000,00
Comité de verificación de avance	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Finalmente, la Fase 8, Acabados, se desarrolló sin ningún inconveniente. El proyecto presentó una desviación de ocho días de más con respecto a la programación inicial (Figura 6.74).

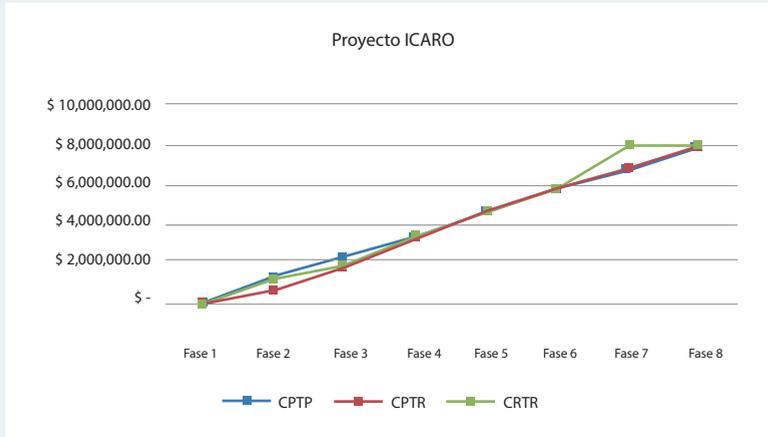
Figura 6.74 Comparativo CPTP,CPTR,CRTR (8).

Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Costo	Trabajo	CPTP	CPTR	CRTR
▲ 8 ICARO Conjunto Residencial - VG Avance 4	1408 días	1400 días	\$ 17.806.720.000,00	708.600 horas	\$ 17.849.440.000,00	\$ 17.774.165.378,79	
▶ FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	\$ 638.400.000,00	5.760 horas	\$ 638.400.000,00	\$ 638.400.000,00	
Fin fase 1	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	95 días	87 días	\$ 324.960.000,00	2.400 horas	\$ 278.880.000,00	\$ 278.880.000,00	
Fin fase 2	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 3. CIMIENTOS	340 días	330 días	\$ 3.203.040.000,00	116.688 horas	\$ 3.183.840.000,00	\$ 3.183.840.000,00	
Fin fase 3	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 4. PARQUEDADEROS SUBTERRANEOS	38 días	38 días	\$ 204.720.000,00	10.032 horas	\$ 204.720.000,00	\$ 204.720.000,00	
Fin fase 4	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 5. TUBERIAS GENERAL	80 días	90 días	\$ 874.400.000,00	36.240 horas	\$ 910.400.000,00	\$ 910.400.000,00	
Fin fase 5	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 6. ACOMETIDA ELECTRICA GENERAL	100 días	120 días	\$ 886.400.000,00	25.200 horas	\$ 996.800.000,00	\$ 996.800.000,00	
Fin fase 6	0 días	0 días	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 7. ESTRUCTURA	950 días	540 días	\$ 7.502.400.000,00	474.480 horas	\$ 7.464.000.000,00	\$ 7.388.725.378,79	
Fin fase 7	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
▶ FASE 8. ACABADOS	165 días	165 días	\$ 4.172.400.000,00	37.800 horas	\$ 4.172.400.000,00	\$ 4.172.400.000,00	
Colocar el pañete	60 días	60 días	\$ 288.000.000,00	33.120 horas	\$ 288.000.000,00	\$ 288.000.000,00	
Pintar	60 días	60 días	\$ 115.200.000,00	1.440 horas	\$ 115.200.000,00	\$ 115.200.000,00	
Colocar puertas y ventanas	30 días	30 días	\$ 57.600.000,00	720 horas	\$ 57.600.000,00	\$ 57.600.000,00	
Instalar Cocina	30 días	30 días	\$ 57.600.000,00	720 horas	\$ 57.600.000,00	\$ 57.600.000,00	
Instalar manpostería	30 días	30 días	\$ 57.600.000,00	720 horas	\$ 57.600.000,00	\$ 57.600.000,00	
Instalar pisos	45 días	45 días	\$ 86.400.000,00	1.080 horas	\$ 86.400.000,00	\$ 86.400.000,00	
comité de verificación de avance	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	
Fin fase 8	0 horas	0 horas	\$ 0,00	0 horas	\$ 0,00	\$ 0,00	

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Interpretando la curva S

El gerente del proyecto generó la curva S que representa el comportamiento del proyecto. Para este caso graficó los valores recolectados para cada una de las variables del costo planeado –CPTP–, el costo real –CRTR– y el trabajo ejecutado –CPTR– (Figura 6.75).

Figura 6.75 Curva S del proyecto ÍCARO.

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Al analizar los valores de la Fase 1 se observa que las tres líneas están sobrepuestas lo que indica que el costo planeado es igual al costo real, y el trabajo realizado es igual al planeado, por consiguiente, el proyecto se encuentra al día.

En la Fase 2 se visualiza un atraso en el trabajo planeado por realizar –línea roja–, el costo planeado –línea azul– y el costo real –línea morada– pues se encuentran en la misma posición. Al analizar las tres curvas se puede concluir que se está haciendo menos trabajo del programado y adicionalmente hay un sobrecosto porque se está gastando el dinero que se tenía planeado, pero se está haciendo menos trabajo del presupuestado.

En la Fase 3 se observa una leve mejoría del proyecto. Al analizar las curvas se encuentra que el costo planeado corresponde al trabajo que se viene realizando, sin embargo, se sigue haciendo menos trabajo del presupuestado.

Las Fases 4, 5 y 6 se desarrollaron con normalidad en tiempo, costo y forma. No se evidencia ningún retraso, lo cual refleja una mejoría total del proyecto.

En la fase 7 se observa que el trabajo avanza según lo planeado, sin embargo, existe un sobrecosto importante para este entregable. Lo anterior se justifica dado que hubo un retraso por la contratación de una empresa paralela que hiciera la instalación eléctrica en la torre B.

Finalmente, la Fase 8, muestra un cierre adecuado del proyecto. Lo planeado, lo real y el trabajo ejecutado se encuentran en la misma posición.

Interpretando los indicadores de avance

Existen dos indicadores que nos permiten evaluar el desempeño del proyecto: IRP e IRC. El índice de desempeño de cronograma –IRP– permite validar si el trabajo se realizó según lo planeado. Por su parte, el índice de desempeño de costo –IRC– muestra si el trabajo se realizó de acuerdo con el presupuesto planeado (Figura 6.76).

Figura 6.76 Indicadores IRP e IRC.

EDT	Nombre de tarea	Duración	Duración de línea base	Trabajo	IRP	IRC
0	3 ICARO Conjunto Residencial	1408 días	1400 días	708.600 horas	1	1
1	▷ FASE 1. DISEÑO	120 días	120 días	5.760 horas	1	1
2	Fin fase 1	0 días	0 días	0 horas	0	0
3	▷ FASE 2. PRELIMINARES DE OBRA	95 días	87 días	2.400 horas	1	0,86
4	Fin fase 2	0 horas	0 horas	0 horas	0	0
5	▷ FASE 3. CIMIENTOS	340 días	330 días	116.688 horas	1	0,99
6	Fin fase 3	0 horas	0 horas	0 horas	0	0
7	▷ FASE 4. PARQUEDADEROS SUBTERRANEOS	38 días	38 días	10.032 horas	1	1
8	Fin fase 4	0 días	0 días	0 horas	0	0
9	▷ FASE 5. TUBERIAS GENERAL	80 días	90 días	36.240 horas	1	1,04
10	Fin fase 5	0 horas	0 horas	0 horas	0	0
11	▷ FASE 6. ACOMETIDA ELECTRICA GENERAL	100 días	120 días	25.200 horas	1	1,12
12	Fin fase 6	0 días	0 días	0 horas	0	0
13	▷ FASE 7. ESTRUCTURA	550 días	540 días	474.480 horas	1	0,99
14	Fin fase 7	0 horas	0 horas	0 horas	0	0
15	▷ FASE 8. ACABADOS	165 días	165 días	37.800 horas	1	1
16	Fin fase 8	0 horas	0 horas	0 horas	0	0

Fuente. Elaboración propia a partir de diferentes autores consultados.

Si se analiza el IRP del proyecto ÍCARO se encuentra que las actividades se completaron en un 100 % según lo planeado debido a que el indicador es igual a 1. Sin embargo, si vemos el IRC, el indicador varía entre menor, mayor e igual a 1.

La interpretación del IRC se debe hacer de la siguiente manera: si el indicador es igual a 1, la actividad gastó exactamente lo que estaba programado. Esto se ve en las Fases 1, 4, y 8.

Así mismo, si el indicador es menor que 1, el entregable gastó más de lo presupuestado. Se ve en las Fases 2, 3 y 7, en las que se presentaron percances que hicieron que algunas actividades se retrasaran.

Finalmente, si el indicador es mayor que 1, se puede interpretar que se gastó menos dinero del que se había presupuestado. Este comportamiento se ve en las Fases 5 y 6 en las cuales se logró hacer la tarea más rápido lo que disminuyó los costos variables relacionados con la mano de obra programada para ejecutar el proyecto.

Preguntas de discusión

- ¿Qué es valor ganado?
- ¿Cuáles son las tres variables que se deben tener en cuenta para controlar el avance del proyecto a partir del método de valor ganado? Explique cada una.
- ¿Cómo se debe interpretar la curva S cuando el CPTR está por encima del CPTP y el CRTR por debajo del CPTP?
- ¿Cómo se debe interpretar la curva S cuando el CPTR y el CRTR están por debajo del CPTP?
- ¿Qué mecanismos se pueden utilizar para acelerar el proyecto para que tome nuevamente el rumbo planeado?
- ¿Cómo se pueden interpretar los indicadores IRP e IRC?
- Escriba algunas lecciones aprendidas de este capítulo.

RESUMEN TERCERA PARTE

- Los gerentes de proyecto deben buscar alternativas que faciliten los procesos de planeación, seguimiento y control del mismo. Como herramienta informática, *MS Project*²¹ permite fortalecer la toma de decisiones, lo que mitiga la incertidumbre.
- Antes de empezar a utilizar *MS Project*[®] se debe realizar una configuración inicial que permita el buen desempeño de la herramienta.
- Existen dos variables fundamentales en los proyectos: duración y trabajo. En *MS Project*[®], la duración de las actividades puede ser definida en minutos, horas, días, semanas o meses. Así mismo, se puede afirmar que, en general, para la mayoría de los proyectos el trabajo se define en horas, lo que facilitará el proceso de costeo de las actividades.
- La función de tareas resumen de *MS Project*[®] permite crear las diferentes etapas del proyecto y totalizar, en primera instancia, la duración de cada una de las Fases a partir de la sumatoria de las duraciones de las actividades dependientes.
- En la programación general del proyecto, es indispensable agregar hitos o puntos de control que permitan verificar la calidad de cada uno de los entregables definidos.

²¹ Microsoft Project –o MSP o Microsoft Project– es un *software* de administración de proyectos desarrollado y vendido por Microsoft[®]. Su primera versión fue creada para DOS, en 1984.

- *MS Project*® utiliza cuatro tipos de relaciones entre tareas: fin - comienzo, comienzo - comienzo, fin - fin y comienzo - fin.
- *MS Project*® usa tres tipos de recursos: trabajo, material y costo.
- La técnica del valor ganado permite controlar el avance en tiempo y costo de los proyectos, es decir, valora el trabajo realmente ejecutado en función del presupuesto, con lo que se añade una tercera variable para el análisis; así, se tiene el costo planificado, el costo real y el valor ganado, que es el costo del trabajo ejecutado.

7. REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energía. (2014). *PrecioPetróleo.Net*. Recuperado de www.preciopetroleo.net/aie-agencia-internacional-de-la-energia.html
- Albin, S., & Crefeld, P. (1994). Getting started: Concurrent engineering for a meium-sized manufacturer. *Journal of Manufacturing System*, 13. pp 48-58.
- Amendola, L. (2008). *Estrategias y tácticas en la dirección y gestión de Proyectos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Barba, E. (2000). *Ingeniería concurrente: guía para su implantación en la empresa: diagnóstico y evaluación*. Madrid: Gestión 2000.
- Burbano, J. (2011). *Presupuestos: un enfoque de direccionamiento estratégico, gestión y control de recursos*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Chatfield, C. (2013). *Microsoft Project 2013 - Step by step*. NY: Plus Ebook.
- Clements, J. G. (2009). *Administración exitosa de proyectos*. México: Thomson.
- Goldratt, E. (1984). *La meta. Un proceso de mejora continua*. Great Barrington, USA.: North River Press.
- Gray, C. (2010). *Project Management*. Oregon: McGraw Hill.
- International Project Management Association - IPMA. (2010). *National Competence Baseline - NCB*. Madrid - España (s.e).

- Kerzner, H. (2003). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. New York, EE. UU.: Wiley.
- Klastorin, T. (2005). *Administración de proyectos*. México: Alfaomega.
- Klein, K. J., & Kozlowski, S. (2000). *Multilevel theory, research, and methods in organizations: Foundations, extensions, and new directions*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- McMullen, T. (1998). *Introduction to the Theory of Constraints (TOC) Management System*. NY: APICS.
- Medellín, V. (2006). *Administración de proyectos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Miranda, J. J. (2004). *El desafío de la gerencia de proyectos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Miranda, M. J. (2000). *Gestión de proyectos: Identificación - formulación - evaluación financiera - económica - social-ambiental*, 4 ed. Bogotá: MM Editores.
- Murray, A. (2009). *Managing Successful Projects with PRINCE2*. México: OGC.
- OGC. (2007). *OGC Gateway Process Review 2: Delivery Strategy*. UK: (s.e).
- Ohara, S. (2005). *A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation*. Project Management Association of Japan: (s.e).
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2013). *Estadísticas sanitarias mundiales de 2013*. Suiza: (s.e).
- Project Management Institute - PMI. (2010). *Manual de Certificación PMP*. USA: (s.e).

- Project Management Institute - PMI. (2012). *Project Management Body of Knowledge PMBOK*. Pennsylvania: Project Management Institute INC.
- Project Management Institute - PMI. (2008). *Project Management Body of Knowledge PMBOK*. Pennsylvania, USA: Project Management Institute INC.
- Ramírez, C. (2009). *Fundamentos de administración*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Sapag, N. (2007). *Proyectos de inversión, formulación y evaluación*. México: Pearson- Prentice Hall.
- Sapag, N. (2007). *Gestión de proyectos*. México: Pearson.
- Toro, F. (2011). *Gestión de proyectos con enfoque PMI al usar Project y Excel*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- UNESCO. (2009). *World Conference on Education for Sustainable Development*. Bonn, Alemania.
- WBCSD. (2010). *Vision 2050: The new agenda for Business*. Ginebra, Suiza.
- World Bank; International Monetary Fund. (2013). *Global Monitoring Report 2013*. Washington, (s.e).



Misión

Contribuir a la formación integral de la persona y estimular su aptitud emprendedora, de tal forma que su acción coadyuve al desarrollo económico y social de los pueblos.

Visión

Ser líder en la formación de profesionales, reconocidos por su espíritu empresarial.

Teléfono: 5936464

El Nogal: Calle 79 # 11- 45

Bogotá D.C. - Colombia - Sur América

www.universidadean.edu.co