

**“HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL TIEMPO EN LAS ETAPAS DE PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO  
DE LOS PROYECTOS.”**

**HANSELD ALEXIS ESCALLON ORTIZ  
DERLY KATHERINE ORDOÑEZ**

**UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA – CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN INTEGRAL DE PROYECTOS  
SANTIAGO DE CALI  
2015**

**Ph.D. Ronald Rojas Alvarado - Director**

**Ph.D. Luis Felipe Granada - Codirector**

**“HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL TIEMPO EN LAS ETAPAS DE PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO  
DE LOS PROYECTOS.”**

**HANSELD ALEXIS ESCALLON ORTIZ  
DERLY KATHERINE ORDOÑEZ**

**Trabajo de Grado Presentado como Requisito para Optar el Título:  
Especialista en Gestión Integral De Proyectos**

**UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA – CALI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN INTEGRAL DE PROYECTOS  
SANTIAGO DE CALI  
2015**

**Ph.D. Ronald Rojas Alvarado - Director**

**Ph.D. Luis Felipe Granada - Codirector**

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	4
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	5
RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	8
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	9
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
3. JUSTIFICACIÓN .....	10
4. MARCO REFERENCIAL .....	11
4.1. ANTECEDENTES.....	11
4.2. MARCO CONCEPTUAL.....	16
4.3. MARCO TEÓRICO .....	18
4.3.1. MÉTODO DE VALOR GANADO .....	20
4.3.2. MÉTODO DE RUTA CRÍTICA .....	24
4.3.3. METODO DE CADENA CRÍTICA.....	29
4.3.4. MÉTODO DELPHI.....	32
4.3.5. LA MATRIZ DE ESTRUCTURA DEPENDIENTE .....	34
4.3.6. PROGRAMACIÓN GANADA.....	36
4.3.7. TÉCNICAS DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE PROGRAMAS (PERT). .....	40
5. METODOLOGIA.....	44
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	45
7. CONCLUSIONES .....	51
8. BIBLIOGRAFÍA .....	53
9. ANEXOS.....	56

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tabla de Antecedentes</i> .....	11
Tabla 2. <i>Tabla de Marco Conceptual</i> .....	16
Tabla 3. <i>Comparativo PMBOK vs ISO21500</i> .....	18
Tabla 5. <i>ICB3-IPMA</i> .....	19
Tabla 4. <i>PRINCE2</i> .....	19
Tabla 6. <i>Tabla resumen valor ganado</i> .....	24
Tabla 7. <i>Tabla resumen ruta critica</i> . ....	29
Tabla 8. <i>Tabla resumen cadena critica</i> . ....	32
Tabla 9. <i>Tabla resumen de la tecnica Delphi</i> . ....	34
Tabla 10. <i>Tabla resumen de la Estructura de Matriz Dependiente</i> . ....	36
Tabla 11. <i>Tabla de Formulaciones ES</i> . ....	39
Tabla 12. <i>Tabla resumen de la Programación Ganada</i> .....	39
Tabla 13. <i>Tabla resumen de la Tecnica de PERT</i> . ....	43
Tabla 14. <i>Tabla Herramientas y tecnicas</i> . ....	45
Tabla 15. <i>Tabla Aplicabilidad de Herramientas y Tecnicas</i> . ....	48
Tabla 16. <i>Tabla de Listado de Actividades</i> . ....	49
Tabla 17. <i>Ejemplo de como estimar los recursos por actividad</i> . ....	50

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1.</i> Flechas y Nodos del Diagrama de Red de Actividades.....	25
<i>Figura 2.</i> Actividades ficticias del Diagrama de Rede de Actividades. Fuente: (Farias, 2006).....	26
<i>Figura 3.</i> Actividades precedentes. ....	27
<i>Figura 4.</i> Ejemplo de relaciones correcta de actividades. ....	28
<i>Figura 5.</i> Ejemplo de límites de cálculos de tiempo.....	28
<i>Figura 6.</i> Etapas Básicas de la Técnica Delphi. ....	33
<i>Figura 9.</i> Red Pert/CPM con lista de tareas y tiempo. ....	40
<i>Figura 10.</i> Ejemplo de la distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo.....	41
<i>Figura 11.</i> Ejemplo de una matriz de diseño dependiente.....	49

## RESUMEN

Este trabajo de investigación consistió en identificar y documentar algunas herramientas y técnicas utilizadas en la gestión del tiempo para las fases de planeación y seguimiento de los proyectos. Se trata de un estudio del tipo descriptivo; el cual puntualiza el desarrollo o evolución de la gestión del tiempo a partir de la revisión de la literatura especializada. La recolección de la información se realizó a través de la búsqueda de base de datos especializadas y de Internet, a partir de la cual se seleccionaron 12 artículos científicos de los últimos seis años; asimismo, se estudiaron diferentes guías, estándares, metodologías y modelos de certificación tales como: la guía de buenas prácticas PMBOK, el estándar ISO21500, la metodología PRINCE2 y el sistema de certificación IPMA.

En consecuencia, se procedió a redactar la monografía considerando qué herramientas y técnicas existen para la gestión del tiempo, en las fases de planeación y seguimiento de los proyectos. Los resultados muestran las herramientas más destacadas, identificando además ventajas, desventajas, campo de aplicación y recomendaciones de cómo y cuándo hacer uso para su máximo provecho. Se concluye que las herramientas y técnicas son necesarias para una buena gestión del tiempo, permiten establecer un trabajo sistémico que favorece la planeación y el seguimiento adecuado de los proyectos, estimar el tiempo de las actividades en las diversas fases de un proyecto.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes guías, estándares, metodologías y modelos de certificación de madurez en la gestión de los proyectos, que tienen una gran influencia a nivel mundial, a saber la guía de buenas prácticas PMBOK, el estándar ISO21500, la metodología PRINCE2 y el sistema de certificación IPMA. Dichos estándares o normas resaltan o proponen diversas herramientas y técnicas para cada uno de sus procesos o protocolos. El presente estudio tiene como propósito de analizar y destacar las herramientas con mayor aceptación universalmente en la gestión del tiempo en las fases de planeación y seguimiento de los proyectos, de modo que puedan brindar un apoyo y la orientación apropiada a directores y equipos de proyecto.

En el primer capítulo se aborda algunas generalidades desde el punto de vista metodológico tales como planteamiento del problema. En el segundo capítulo se presenta el objetivo general y los específicos para el estudio de investigación. El tercer capítulo se expresa la justificación del trabajo de investigación. En el cuarto capítulo se lleva a cabo el desarrollo de las teorías existentes para la gestión del tiempo en las fases de planeación y seguimiento. El Quinto capítulo se detalla la metodología utilizada para el estudio de investigación. El sexto capítulo se realiza el análisis de resultados del estudio de investigación, realizando una propuesta en donde se muestra que herramientas que se pueden utilizar dependiendo del tipo de proyecto y de la procedencia del capital en los distintos ambientes. Finalmente, se exponen las conclusiones más relevantes de dicha investigación.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La gestión de la gerencia del tiempo en las etapas de planeación y seguimiento es un factor clave en la administración y éxito de los proyectos. La primer encuesta nacional de Madurez en Gestión de proyectos en Colombia, desarrollada por *Price Wáter House Coopers* (2011), indicó que las desviaciones más significativas en un proyecto se daban en la gestión del tiempo en un rango entre el 10% y 25% ( 39.8% de encuestados señalaron este rango), el 84,1% de los mismos señalaron que en los reportes de estado de los proyectos el principal aspecto es el desempeño del cronograma. También revela que el éxito de los proyecto lo miden porque el mismo termine a tiempo (17% de los encuestados), y la misma concluye que si bien las compañías encuestadas gestionan el tiempo en los proyectos, es la variable que más desviación presenta según la percepción de los encuestados.

Otras investigaciones como la de la organización *The Standish Group* revelaron que “solamente el 39% de los proyectos se realizan en el tiempo, presupuesto y prestaciones inicialmente establecidas” (Group, 2013). Además las técnicas y herramientas convencionales en la gestión del tiempo muestran deficiencias en la aplicación tales como: demasiado tiempo y recursos para su ejecución, no consideran el solapamiento e intercambio de información entre las actividades, no son adecuadas para todos los tipos de proyectos, no tienen en cuenta la incertidumbre que existe en la definición de la duración de dichas actividades, no manejan adecuadamente multiproyectos con recursos compartidos, y no son 100% fiables en el cálculo del tiempo de la duración del proyecto a través de la ruta o rutas críticas.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué herramientas se implementan en la gestión del tiempo en las etapas de planeación y seguimiento de los proyectos?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Identificar las herramientas de gestión del tiempo en las etapas de planeación y seguimiento de los proyectos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar una base de datos digital y física con la literatura especializada sobre las herramientas de gestión en la gerencia del tiempo en las etapas de planeación y seguimiento de los proyectos.
- Seleccionar de la literatura especializada consultada, las estrategias propuestas por los autores para la aplicación de las herramientas de gestión en la gerencia del tiempo en las etapas de planeación y seguimiento de los proyectos.
- Redactar una monografía con el análisis de la información seleccionada.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo de grado entregará una revisión de la literatura especializada de los últimos seis años, con respecto a la gestión del tiempo en las fases de planeación y seguimiento de los proyectos, así mismo se presentará un conjunto de términos y siglas comúnmente utilizada en la gestión del tiempo y la teoría existente basada principalmente en las guía de buenas prácticas PMBOK, el estándar ISO 21500, la metodología PRINCE2 y el modelo de certificación IPMA. De tal manera que, la investigación a realizar propone la identificación y el análisis de las herramientas más significativas para la gestión del tiempo de los proyectos en las fases de planeación y seguimiento, brindando de esta manera un documento de referencia que puede ser consultado para una adecuada gestión de los proyectos en dicha área.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. ANTECEDENTES

La Tabla 1 describe los antecedentes planteados por algunos autores sobre las técnicas y herramientas utilizadas en la gestión del tiempo:

Tabla 1. *Tabla de Antecedentes*

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultado	Conclusión
<b>(Lipke, Zwikael, Henderson, &amp; Anbari, 2009)</b>	Proporcionar una herramienta de cálculo fiable para pronosticar el costo y la duración final de los proyectos.	<p>La metodología utilizada fue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de los indicadores y predictores del valor y la programación ganada.</li> <li>• Aplicación de métodos estadísticos para determinar los límites superior e inferior de los predictores de tiempo IEAC(t) (Estimado independiente de finalización en tiempo) y de costo IEAC (estimado independiente de finalización o costo final previsto) .</li> <li>• Los niveles de confianza estadísticos utilizados en el estudio son 90%, 95% y 98%.</li> <li>• Tres conjuntos de datos se analizaron con la inclusión de los datos del proyecto a partir de las 10%, 30% y 60% del avance.</li> <li>• Se determina la probabilidad de obtener datos confiables.</li> <li>• Se analizaron los datos de 12 proyectos para corroborar la eficacia del método propuesto.</li> </ul>	Se presenta y se confirma el buen desempeño de la herramienta propuesta para predecir el costo y la duración del proyecto, desde la aplicación de métodos estadísticos al índice del desempeño del costo (CPI), gestión del valor ganado (EVM) e índice del desempeño del cronograma (SPI (t)) desde la programación ganada (ES), independientemente del nivel de confianza elegido.	La herramienta propuesta con la aplicación de los métodos estadísticos utilizados en el estudio se pueden utilizar para todos los tipos y tamaños de los proyectos. Además, proporciona información muy útil para la toma de decisiones, mejorar el control del proyecto y aumentar el número de entregas a tiempo.
<b>(González Cruz,</b>	Determinar	Analizar y comparar los métodos CCPM y	El CCPM proporciona algunos nuevos	CCPM tiene la ventaja de considerar de manera clara la

Tabla 1. *Tabla de Antecedentes (Continuación)*

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultado	Conclusión
<b>Asensio Cuesta, Diego Más, &amp; Alcaide Marzal, 2010)</b>	si la gestión de proyectos por el método de cadena crítica (CCPM) proporciona realmente nuevos conceptos para la gestión de proyectos y si aparece como una alternativa al método más comúnmente utilizado, el Camino Crítico (CPM/PERT)	CPM/PERT.	conceptos para la gestión de proyectos.	incertidumbre inherente a los proyectos mediante la colocación de diferentes <i>buffers</i> en el cronograma, posibilita aprovechar las variaciones positivas y considera el factor humano en la programación y la ejecución del proyecto.
<b>(Fannon &amp; St-Martin, 2010)</b>	Mostrar una variante del uso del índice del desempeño del cronograma (SPI) y de la variación del cronograma (SV)	Se usan ejemplos y un proyecto real para ilustrar el valor y la aplicación de esta técnica calculando el SPI y el SV teniendo en cuenta solo el Valor Ganado (EV) y el Valor Planeado (PV) del trabajo que ha comenzado y aún no se ha terminado.	El SPI del trabajo en curso (WIP-SPI) determinó que para un proyecto calculado de manera tradicional y aparentemente saludable, el WIP-SPI indica que el trabajo realmente está muy atrasado.	La implementación del EVM del trabajo en curso requiere de otras marcas y de resumir hacia arriba en el plan de la línea base, lo cual se puede lograr mediante el uso de fórmulas o macros, dependiendo de la herramienta que se use para el plan del proyecto. La razón básica para calcular el EVM del trabajo en curso es para incluir en el cálculo del SPI y del SV solo aquellas tareas que están en curso.
<b>(Q. Duan, 2010)</b>	Demostrar que los algoritmos de Optimización de Colonias de Hormigas (ACO) basados en Diagramas de Red sobre Actividad sobre Arco (AoA) pueden presentar serios problemas para determinar la ruta crítica del proyecto.	Analizar y comparar seis algoritmos, dos existente sobre redes AoA y cuatro nuevos uno sobre redes AoA y tres sobre redes de Actividad sobre Nodo (AoN). Se analizan siete diferentes proyectos sobre dichos algoritmos.	Se demostró que la técnica basada en AoN elimina los sesgos totalmente y funciona de manera más eficaz y eficiente en la búsqueda de la ruta crítica.	En conclusión, las técnicas de ACO basados en AoN ofrecen una alternativa poderosa para el método convencional, ya que al llegar a la misma solución que el CPM convencional y tienen la capacidad para converger rápidamente a la solución final.
<b>(Gnatzy, Warth, Gracht, &amp; Darkow, 2011)</b>	Aumentar la eficiencia de la técnica Delphi Convencional	La metodología del estudio fue: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar las deficiencias identificadas del método desarrollado por Gordon y Pease.</li> <li>• Eliminar el número de secuencias o rondas (una sola ronda) en el desarrollo de las encuestas.</li> </ul>	Se desarrolló y diseñó un portal en línea que permite el desarrollo de la técnica Delphi en tiempo real con funciones innovadoras tales como un portal facilitador de fácil uso, un portal de consenso y gráfica de información en tiempo real.	La herramienta y el procedimiento diseñado de la técnica Delphi en tiempo real aumenta la eficiencia debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuye el tiempo requerido para llevar a cabo un estudio Delphi en general.</li> <li>• Facilita el desarrollo de las encuestas y la retroalimentación inmediata.</li> </ul>

Tabla 1. *Tabla de Antecedentes (Continuación)*

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultado	Conclusión
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar el efecto de la condición inicial, efecto de retroalimentación, y efecto de iteración.</li> <li>Comparar a partir de dos estudios diferentes realizados en el 2008 sobre el futuro de la industria logística para el 2025, el primero se realizó con la técnica Delphi convencional y el segundo aplicando la técnica en tiempo real.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce la complejidad, la deserción de los participantes, los recursos necesarios para llevar a cabo este tipo de estudio.</li> <li>Permite la participación de los expertos independientemente de su ubicación física</li> </ul> <p>Los resultados de la investigación indican que no existen diferencias significativas entre los dos formatos de la encuesta Delphi utilizados el convencional y en tiempo real.</p>
<b>(Gálvez, Capuz-Rizo, &amp; Ordieres, 2012)</b>	Desarrollar una metodología para la programación de proyectos incorporando la incertidumbre a través de números grises en la Matriz de Estructura Dependiente (DSM).	<p>La metodología del estudio fue:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incorporar la incertidumbre usando números grises en los valores de los tiempos de cada actividad, de comunicación y para los niveles de superposición.</li> <li>Evaluar el efecto de la incertidumbre de una actividad en la incertidumbre total del proyecto.</li> <li>Aplicar la herramienta desarrollada para estimar la duración del proyecto de construcción de una planta de ácido sulfúrico.</li> </ul>	Desarrollo de un método matemático que permite estimar el tiempo de duración del proyecto teniendo en cuenta las duraciones grises de las actividades (TCG). También estimar el tiempo del proyecto incluyendo el tiempo de comunicaciones grises entre las actividades (TNG) y el tiempo normal gris de duración de un proyecto cuando se considera la superposición natural (TNGSN).	<p>La introducción de números grises permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuantificar la incertidumbre existente en el tiempo de duración del proyecto.</li> <li>Considerar la incertidumbre presente en los diferentes tiempos de ejecución de cada actividad, así como en los factores de tiempo con superposición natural.</li> <li>Identificar las actividades más críticas o que tienen un mayor impacto sobre la incertidumbre en el tiempo de finalización del proyecto.</li> </ul>
<b>(Shi &amp; Blomquist, 2012)</b>	Desarrollar un algoritmo basado en la Matriz de Estructura Dependiente (DSM) y la teoría de conjuntos difusos para determinar la duración del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proponer un enfoque para determinar la cantidad de información que se intercambia entre las actividades del DSM.</li> <li>Diseñar un algoritmo basado en números difusos para determinar la duración del</li> </ul>	Diseño de un algoritmo difuso que determina la duración de las actividades y del mismo proyecto teniendo en cuenta los factores de tiempo de intercambio de información entre las actividades y su superposición.	<p>La herramienta desarrollada es útil en la programación de proyectos donde haya incertidumbre en la dependencia de información entre las actividades, procesos repetitivos, actividades acopladas, tales como se presenta en proyectos relacionados con el desarrollo de nuevos productos y de diseño.</p> <p>Las desventajas de este enfoque es que no se contempla la</p>

Tabla 1. *Tabla de Antecedentes (Continuación)*

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultado	Conclusión
		proyecto. • Probar la eficacia del nuevo enfoque propuesto.		asignación de recursos, el organigrama, calidad, costos ni los grupos de interés.
<b>(Srou, Abdul-Malak, Yassine, &amp; Ramadan, 2013)</b>	Proporcionar una metodología en el desarrollo de un cronograma comprimido utilizando la Matriz de Estructura Dependiente (DSM).	La metodología consiste en cuatro pasos: 1. Desglosar las actividades de diseño en tipo, cantidad y niveles, de información. 2. Incorporar esta información en un DSM. 3. Formular el algoritmo. 4. Generar el cronograma. 5. Validarlo en un proyecto de construcción de un centro educativo en la Península de Arábiga.	Proporciona una metodología y herramienta informática (algoritmo) para generar automáticamente el diseño del cronograma de un proyecto de ejecución rápida, sin afectar la dependencia de información entre las actividades.	El estudio proporciona una metodología y un algoritmo de planificación para proyectos de diseño donde haya un intercambio bidireccional e incompleto de información entre las actividades, y se contemple la superposición entre las mismas para reducir el tiempo de ejecución del proyecto.  Las desventajas de la metodología propuesta es que se limita a la fase de diseño de proyectos de construcción, no se tuvo en cuenta los recursos necesarios y no se examinó la viabilidad de integración con otros programas tales como: Primavera, MS Project, MicroCyclone y EZStrobe.
<b>(Wei-xin, Xu, Xian-long, &amp; Lei, 2013)</b>	Formular un Modelo de Optimización Multi-Objetivo en la programación Multi-Proyecto sobre la Cadena Crítica enfocada principalmente en el tiempo, costo y calidad.	- Explorar el multi-objetivo de la toma de decisiones en la programación multi-proyecto en la cadena crítica (MPSCC).  - Formulación de optimización multi-objetivo para el modelado de la programación de la programación de varios proyectos en la cadena crítica (MPSCC)	Algoritmo genético Nube	La Efectividad del modelo y el algoritmo se verificó mediante un estudio de caso. Sin embargo, el defecto principal de este modelo es que el proceso de determinación de peso para el tiempo, costo y calidad puede ser influenciada por el factor subjetivo, que continuará siendo investigado.
<b>(Hajdu, 2013)</b>	Demostrar el efecto que tienen los cronogramas de actividades sobre la distribución de la duración del proyecto en las redes PERT (Técnicas de revisión y	La metodología utilizada fue :  • Uso de la herramienta de planificación de proyectos ProJack. • Uso de la herramienta de simulación de Monte Carlo para obtener la distribución	Se comprobó que la metodología de PERT original, que asume la distribución normal para la duración del proyecto, no se puede utilizar, debido a los efectos distorsionadores de los cronogramas de actividades.	El estudio muestra que la metodología actual de PERT está fundamentado en unas suposiciones que han sido ampliamente estudiadas y fuertemente criticadas pero que han pasado por alto los efectos que tienen los cronogramas de actividades cuando haya más de una ruta crítica y/o se entrelacen entre sí. A partir de los

Tabla 1. *Tabla de Antecedentes (Continuación)*

Autor y Año	Objetivo	Metodología	Resultado	Conclusión
	evaluación de programas)	de la duración del proyecto. Se crearon proyectos artificiales como ejemplos para analizar el efecto de los cronogramas de actividades en la redes PERT.		resultados de este trabajo evidencia el efecto de los cronogramas de actividades en la distribución de la duración del proyecto. Los resultados deben ser validados en el contexto de proyectos reales.
<b>(Zheng Zheng a, 2014)</b>	Diseñar una nueva heurística capaz de resolver eficientemente el problema de programación de multi-proyecto distribuidos con recursos limitados (DRCMPSP) en la gestión del proyecto con el método de la cadena crítica.	Utilización del mecanismo de eliminación del algoritmo llamado DMAS/EM (Sistema Multi Agente Distribuido).	Sistema multi-agente distribuido y una estrategia de solución heurística de conflictos para la DRCMPSP.	Los experimentos muestran que el algoritmo DMAS/EM puede generar soluciones satisfactorias con baja demora promedio de los proyectos. Se puede resolver de manera eficiente los 140 casos en 20 minutos, mientras que para otros algoritmos existentes que puede tomar mucho más tiempo.
<b>(Kuchta, 2014)</b>	Determinar un cronograma del proyecto donde tanto la satisfacción de los expertos de los <i>buffers</i> (Amortiguador) y la satisfacción del gerente se cumplan.	Establecer <i>buffers</i> en cada actividad y fase por grupos de expertos. Las opiniones de los expertos se modelan mediante números difusos.	Se alcanza un compromiso entre el grado de robustez del cronograma del proyecto y la fecha límite del proyecto previsto, dado que el tiempo reservado para el proyecto no es innecesariamente largo y el riesgo de efectos de retraso acumulado en la organización se reduce al mínimo.	Se requiere más investigación exhaustiva para encontrar la manera idónea de modelar las opiniones de expertos y la búsqueda de un compromiso. Se usa un sencillo modelado de números difuso, sin embargo el modelado de opiniones de expertos necesita una investigación más profunda y experimentos con proyectos del mundo real.

Fuente: Autores a partir de la revisión bibliográfica

## 4.2. MARCO CONCEPTUAL

La Tabla 2 describe el marco conceptual sobre las técnicas y herramientas utilizadas en la gestión del tiempo:

Tabla 2. *Tabla de Marco Conceptual*

Concepto	Definición
<b>Activos de los Procesos de la Organización</b>	Son los planes, los procesos, las políticas, los procedimientos y las bases de conocimiento específicos de las organizaciones ejecutantes y utilizadas por la misma (PMI, 2012).
<b>AON</b>	Actividad en el Nodo
<b>Calendario de Recursos</b>	Un calendario de recursos es un calendario que identifica los días y turnos de trabajo en que cada recurso específico está disponible (PMI, 2012).
<b>CCM</b>	Método de la Cadena Crítica
<b>Controlar el cronograma</b>	Proceso de seguimiento del estado de las actividades del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar los cambios a la línea base del cronograma a fin de cumplir con el plan (PMI, 2012).
<b>CPM</b>	Método del Camino Crítico
<b>Cronograma de Hitos</b>	Un cronograma resumido que identifica los principales hitos del cronograma (PMI, 2012).
<b>Cronograma del proyecto</b>	El cronograma del proyecto es una salida de un modelo de programación que presenta actividades relacionadas unas con otras, con fechas planificadas, duraciones, hitos y recursos asociados; debe contener, como mínimo, una fecha de inicio y una fecha de finalización planificadas para cada actividad (PMI, 2012).
<b>Definición de las actividades</b>	Proceso de identificar y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto (PMI, 2012).
<b>Desarrollar el cronograma</b>	Proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto (PMI, 2012).
<b>Diagrama de Barras</b>	También conocidos como diagramas de Gantt, presentan la información del cronograma con la lista de actividades en el eje vertical, las fechas en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se representan en forma de barras colocadas en función de las fechas de inicio y de finalización (PMI, 2012).
<b>Diagrama de hitos</b>	Estos diagramas son similares a los diagramas de barras, pero sólo identifican el inicio o la finalización programada de los principales entregables y las interfaces externas clave (PMI, 2012).
<b>EDT/WBS</b>	Estructura de Desglose de Trabajo
<b>Estimar la duración de las actividades</b>	Proceso de estimar la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados (PMI, 2012).
<b>Estimar los recursos de las actividades</b>	Proceso de estimar el tipo y las cantidades de materiales, recursos humanos, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada una de las actividades (PMI, 2012).
<b>Estructura de Desglose de Recursos</b>	La estructura de desglose de recursos es una representación jerárquica de los recursos por categoría y tipo (PMI, 2012).
<b>EVM</b>	Gestión de Valor Ganado
<b>FF</b>	Final a Final
<b>FS</b>	Final a Inicio
<b>Gestión del tiempo del proyecto</b>	La Gestión del Tiempo del Proyecto incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo (PMI, 2012).
<b>Línea base del alcance</b>	La versión aprobada de un enunciado del alcance, estructura de desglose del trabajo (EDT), y su diccionario de

Tabla 2. *Tabla de Marco Conceptual (Continuación)*

Concepto	Definición
	la EDT asociado, que sólo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación (PMI, 2012).
<b>Lista de Actividades</b>	La lista de actividades es una lista exhaustiva que abarca todas las actividades del cronograma necesarias para el proyecto (PMI, 2012).
<b>Lista de hitos</b>	Una lista que identifica todos los hitos del proyecto y normalmente indica si el hito es obligatorio u opcional (PMI, 2012).
<b>Metodología</b>	Un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y normas utilizado por quienes trabajan en una disciplina (PMI, 2012).
<b>Milestone – Hito</b>	Un punto o evento significativo dentro de un proyecto, programa o portafolio (PMI, 2012).
<b>Modelo de programación</b>	Un modelo de programación es una representación del plan para ejecutar las actividades del proyecto que incluye duraciones, dependencias y demás información de planificación, y que se utiliza, junto con otros objetos de programación, para generar cronogramas del proyecto (PMI, 2012).
<b>PDM</b>	Método de Diagramación por Precedencia
<b>PERT</b>	Técnica de Revisión y Evaluación de Programas
<b>Planificación la gestión del cronograma</b>	Proceso por medio del cual se establecen las políticas, los procedimientos y la documentación para planificar, desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el cronograma del proyecto (PMI, 2012).
<b>PMIS</b>	Sistema de Información para la Dirección de Proyectos
<b>Secuenciar actividades</b>	Proceso de identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto (PMI, 2012).
<b>SF</b>	Inicio a Final
<b>SPI</b>	Índice del Desempeño del Cronograma
<b>SS</b>	Inicio a Inicio
<b>SV</b>	Variación del Cronograma
<b>tE</b>	Distribución Triangular
<b>tM</b>	Más Probable
<b>tO</b>	Optimista
<b>tP</b>	Pesimista

Fuente: Autores a partir de la revisión bibliográfica

### 4.3. MARCO TEÓRICO

La Tabla 3 describe un comparativo entre el PMBOK e ISO21500 con las técnicas y herramientas utilizadas en la gestión del tiempo en las fases de planeación y seguimiento de los proyectos.

Tabla 3. Comparativo PMBOK vs ISO21500

FASES	PMBOK V5 (PMI, 2012)		ISO21500 (IRAM, 2011)	
	Procesos	Herramientas	Procesos	Herramientas
Planeación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar la Gestión de Cronograma</li> <li>- Definir Actividades</li> <li>- Secuenciar Actividades</li> <li>- Estimar Recursos de las Actividades</li> <li>- Estimar de las Duraciones de la Actividades</li> <li>- Desarrollar el Cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juicio de Expertos</li> <li>- Técnicas analíticas</li> <li>- Reuniones</li> <li>- Descomposición</li> <li>- Planeación gradual</li> <li>- Método de Diagramación por dependencias</li> <li>- Determinación de las dependencias</li> <li>- Adelantos y Retrasos</li> <li>- Análisis de Alternativas</li> <li>- Datos de estimación publicados</li> <li>- Estimación Ascendente</li> <li>- Software de Gestión de Proyectos</li> <li>- Estimación Análoga</li> <li>- Estimación Paramétrica</li> <li>- Estimación por tres valores</li> <li>- Técnicas grupales de análisis de decisiones</li> <li>- Análisis de Reserva</li> <li>- Análisis de la Red del Cronograma</li> <li>- Método de Ruta Crítica</li> <li>- Método de Cadena Crítica</li> <li>- Técnicas de Optimización de Recursos</li> <li>- Técnicas de Modelamiento</li> <li>- Compresión del Cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secuenciar Actividades</li> <li>- Estimar la Duración de las Actividades</li> <li>- Desarrollar el Cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Método de Diagramación por Dependencia</li> <li>- Determinación de las Dependencias</li> <li>- Juicio de Expertos</li> <li>- Método de Ruta Crítica</li> </ul>

FASES	PMBOK V5 (PMI, 2012)	ISO21500 (IRAM, 2011)
	- Herramienta de Programación	
<b>Seguimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el Cronograma</li> <li>- Revisiones del Desempeño</li> <li>- Software de Gestión de Proyectos</li> <li>- Técnicas de Optimización de Recursos</li> <li>- Técnicas de Modelado</li> <li>- Adelantos y Retrasos</li> <li>- Compresión del Cronograma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el Cronograma</li> <li>- Software de Gestión der Proyectos</li> </ul>

Fuente: Autores a partir de la revisión bibliográfica

Tabla 4. PRINCE2

FASES	PRINCE2 (Suárez, 2010)	
	Procesos	Subprocesos
<b>Planeación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestionar Entregas del Producto</li> <li>- Gestionar los Limites de una Etapa</li> <li>- Planificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceptar un paquete de trabajo</li> <li>- Ejecutar un paquete de trabajo</li> <li>- Entregar un Paquete de Trabajo</li> <li>- Planificar una Etapa</li> <li>- Actualizar el plan del Proyecto</li> <li>- Informar del fin de la Etapa</li> <li>- Diseñar un Plan</li> <li>- Definir y Analizar los Productos</li> <li>- Identificar Actividades y Dependencias</li> <li>- Estimar</li> <li>- Programar</li> </ul>
<b>Seguimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar una Etapa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autorizar un paquete de trabajo</li> <li>- Evaluar el progreso</li> <li>- Revisar el Estado de la Etapa</li> </ul>

Fuente: Autores a partir de la revisión bibliográfica

Tabla 5. ICB3-IPMA

ICB3-IPMA (Almela, 2014)		
Competencias Técnicas	Competencias Comportamiento	Competencias Contextual
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo y Fases del Proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liderazgo</li> <li>- Compromiso y Motivación</li> <li>- Auto Control</li> <li>- Confianza en sí mismo</li> <li>- Relajación</li> <li>- Actitud abierta</li> <li>- Creatividad</li> <li>- Orientación hacia resultados</li> <li>- Eficiencia</li> <li>- Consulta</li> <li>- Negociación</li> <li>- Conflictos y Crisis</li> <li>- Fiabilidad</li> <li>- Apreciación de Valores</li> <li>- Ética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Legal</li> </ul>

Fuente: Autores a partir de la revisión bibliográfica

Como se puede apreciar en la tabla 3, la guía de buenas prácticas PMBOK y el estándar ISO21500, brindan técnicas y herramientas para la gestión del tiempo en la fase de planeación y seguimiento de los proyectos, a continuación se mencionaran las herramientas más utilizadas y aceptadas universalmente.

#### **4.3.1. MÉTODO DE VALOR GANADO**

“Dentro de la gestión, el núcleo de EVM (*Earned Value Managment*) lo constituye la técnica de análisis, que es una interrelación tridimensional entre lo planeado, el trabajo efectivamente realizado (ganado) y los costos reales incurridos en el proyecto” (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013). EVM es una técnica que obtiene información del proyecto y que se analiza con unas reglas bien establecidas.

EVM se alimenta de la información del WBS (*Work Breakdown Structure*), del cronograma, del presupuesto y de la planificación de recursos, y establece puntos de control donde se integran alcance, tiempo y costo (o se planifican) y se compara el presupuesto de lo planeado o línea de base del proyecto (PMB), con el costo incurrido y la medición del trabajo efectivamente realizado (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013).

Con esta información se obtienen variaciones de costo y cronograma (en términos de costo), se evalúan índices de desempeño, se observan las tendencias y finalmente se estiman las proyecciones del proyecto. Estas sirven como sustento al Gerente del Proyecto para identificar problemas y tomar decisiones con el objeto de mitigarlos (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013).

EVM es una técnica que obtiene información del proyecto y que se analiza con unas reglas bien establecidas (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013). Su análisis nos permitirá:

- Revisar si se está por encima o por debajo del presupuesto y en qué proporción.
- Estar adelantados o atrasados en el cronograma.

- Permitirá analizar la situación del proyecto en términos de costo y de tiempo.
- Observar que tan peligrosas o favorables son las tendencias que se están observando.
- Con los datos obtenidos se realizan proyecciones con hipótesis, que vendrán dadas por las diferentes situaciones del proyecto.
- Tomar acciones para mitigar el impacto de algunos problemas.
- La dirección dispondrá de la información necesaria que les permita seguir adelante con el proyecto o cancelarlo, solicitar más fondos, inyectar nuevos recursos o tomar otras decisiones corporativas, tanto en lo referente al proyecto, como a otros que forman parte del portafolio de la empresa (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013).

Para gestionar EVM se debe obtener tres valores durante el seguimiento del proyecto:

- **Valor Planeado PV** (*Planned Value*) indica el monto presupuestado de todo lo que se tiene planificado haber hecho. Su valor es la sumatoria de las cantidades planeadas por los costos estimados en el presupuesto. (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013)
- **Valor Ganado EV** (*Earned Value*) representa el monto presupuestado del trabajo efectivamente realizado. Éste proviene de la medición física de lo que ya se ha hecho. Su valor es la suma de las cantidades instaladas por los costos estimados en el presupuesto. (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013)
- **Costo Real AC** (*Actual Cost*) indica cuanto ha costado hasta ahora el trabajo que se ha hecho hasta la fecha. Su valor es la sumatoria de todas las cantidades ya instaladas por su costo de adquisición. (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013)

Partiendo de las variables anteriores se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: variaciones, índices y proyecciones

### Variaciones

- **Variación en finalización VAC** (*Variance at completion*) indica la variación para completar el proyecto y se calcula con la siguiente fórmula (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013) :

$$\mathbf{VAC = BAC - EAC}$$

- **Variación del costo CV** (*Cost Variance*) permite identificar si se está por encima o por debajo del valor planeado del presupuesto a la fecha, y en qué cuantía. Un valor negativo indica que se está excediendo en el presupuesto y por tanto no es deseable (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013). La fórmula es:

$$\mathbf{CV = EV-AC}$$

- **Variación del cronograma SV** (*Schedule Variance*) indica que tan adelantados o atrasados se está en el cronograma. SV compara el valor ganado EV (trabajo realizado) con el valor planeado PV. Un valor negativo indica que está atrasado y por lo tanto en situación desfavorable (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013).

$$\mathbf{SV = EV-PV}$$

### Índices

Los índices muestran que es lo que se está logrando hacer (o ganancia) con los recursos (inversión). Índices menores a la unidad son desfavorables (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013).

- **Índice del Desempeño del presupuesto CPI** (*Cost Performance Index*):

$$\mathbf{CPI = EV/AC}$$

Ej.: Un CPI de 0.8 significa que por cada dólar de los fondos del proyecto se obtiene solamente 80 centavos de valor.

- **Índice del Desempeño del cronograma SPI** (Schedule Performance Index):

$$\text{SPI} = \text{EV/PV}$$

El producto CPI x SPI suele recibir el nombre de índice costo-cronograma o índice crítico.

### **Proyecciones**

Con los datos anteriores obtenidos se puede calcular la proyección EAC (*Estimate at Conclusion*), la cual será igual a lo que ya se ha gastado (AC), más los fondos que se necesitan para concluir o “Estimado hasta Finalizar” ETC (*Estimate To Complete*). Por lo tanto:

$$\text{EAC} = \text{AC} + \text{ETC}$$

Toda la parte del análisis de proyecciones se basa en calcular ETC en diferentes situaciones de un proyecto o inclusive en diferentes tipos de proyectos. Cuando el CPI sea perfecto (o sea igual a 1), ETC se calcula como el total de los fondos aprobados para el proyecto (BAC), menos el trabajo que ya se ha logrado completar (EV). Hay diversas maneras de calcular ETC, entre ellas (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013) :

- Se asume que el proyecto se comportará como hasta la fecha, por lo que se utiliza el último CPI calculado (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013) :

$$\text{ETC1} = [\text{BAC} - \text{EV}] / \text{CPI}$$

- El gerente y equipo del proyecto están seguros que podrán recuperar el costo perdido, lo que significa que el proyecto asegura terminar en el presupuesto (BAC) (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013):

$$\text{ETC2} = \text{BAC} - \text{EV}$$

- En este caso el realmente del proyecto se comportará según una cierta combinación de CPI y SPI. Los factores a o b pueden ser cero o tomar cualquier valor. El uso de la combinación requiere de

una explicación más amplia que no trataremos aquí (Jorge Alsina, Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2, 2013):

$$ETC3 = [BAC-EV] / [a\%CPI \times b\%SPI]$$

A continuación en la tabla 6, se puede visualizar un resumen de las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de la herramienta.

Tabla 6. *Tabla resumen valor ganado.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema único para hacer seguimiento trabajo, tiempo y dinero.</li> <li>- Fácil de usar.</li> <li>- Aplicable a ciclos de vida como lineales, en cascada, o iterativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso inadecuado de la herramienta.</li> <li>- No permite identificar de manera clara cuanto tiempo se está atrasado o adelantado en el cronograma.</li> <li>- Hacia el final del proyecto, el SPI (índice de rendimiento del cronograma) pierde su representatividad.</li> <li>- Los indicadores están basados únicamente en unidades de costos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se aplica para cualquier tipo de proyecto y de cualquier tamaño, en el sector público o privado.</li> </ul>

#### 4.3.2. MÉTODO DE RUTA CRÍTICA

El método de la ruta o camino crítico es un proceso administrativo de planeación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades y componentes de un proyecto que deben desarrollarse dentro de un tiempo crítico al costo óptimo (Farias, 2006). El método del Camino Critico costa de dos ciclos:

##### 1. Planeación y Programación

###### 1.1. Definición del Proyecto

###### 1.2. Lista de Actividades

- 1.3. Matriz de Secuencias
- 1.4. Matriz de Tiempos
- 1.5. Red de Actividades
- 1.6. Costos y Pendientes
- 1.7. Comprensión de la Red
- 1.8. Limitaciones de Tiempo, de Recursos y Económicos
- 1.9. Matriz de Elasticidad
- 1.10. Probabilidad de Retraso

## 2. Ejecución y Control

- 2.1. Aprobación del Proyecto
- 2.2. Ordenes de Trabajo
- 2.3. Graficas de Control
- 2.4. Reporte y Análisis de los Avances (Farias, 2006).

La representación visual del método de la ruta crítica es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y de sus interrelaciones. La red está formada por flechas que representan actividades y nodos o uniones que simbolizan eventos, ver figura 1.



*Figura 1. Flechas y Nodos del Diagrama de Red de Actividades. Fuente: (Farias, 2006)*

Las reglas para construir el diagrama son la siguiente:

- Hay un solo nodo de inicio del proyecto y uno de final (Farias, 2006).
- Dos actividades no pueden compartir los mismos nodos de origen y destino, en dicho caso se debe crear una actividad ficticia, ver figura 2.

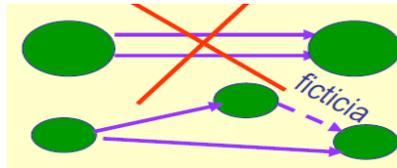
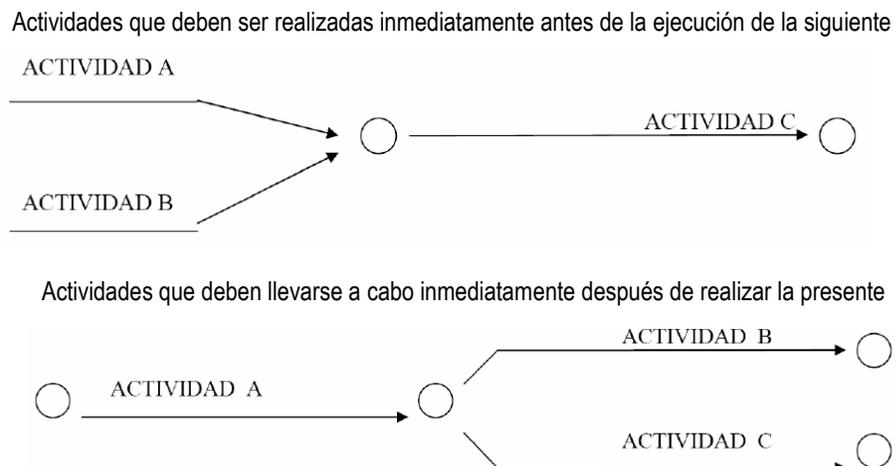


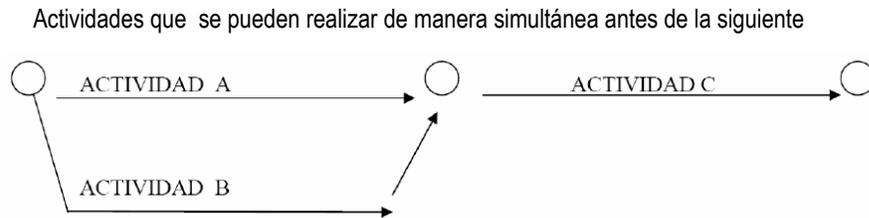
Figura 2. Actividades ficticias del Diagrama de Red de Actividades. Fuente: (Farias, 2006)

- Se pueden usar actividades ficticias para distinguir precedencias
- Los nodos se numeran de izquierda a derecha y de arriba abajo teniendo en cuenta que no puede numerarse un nodo si le llegan actividades de nodos aun no numerados (Farias, 2006).

Para la elaboración de la red “no existen procedimientos secretos para elaborar una red adecuada; sin embargo, existen diversas reglas que deben conservarse al igual que diversas sugerencias que puedan facilitar la tarea de elaborar la red” (Farias, 2006).

- Antes de que pueda comenzar una actividad, todas las actividades precedentes deben haber terminado (Farias, 2006). Ver figura 3.





*Figura 3. Actividades precedentes.* Fuente: (Leon, 2009)

- Las flechas indican solo precedencia lógica; ni su longitud ni su dirección tienen significado alguno (Farias, 2006).
- Cada flecha (Actividad) debe comenzar y terminar en un nodo evento (Farias, 2006).
- Ningún par de nodos de la red puede estar directamente conectado por más de una flecha (Farias, 2006).
- Cuando se enumeran los nodos es aconsejable en redes grandes utilizar múltiplos de 10 para facilidad de cambios o adiciones en el futuro (Farias, 2006).
- Todas las flechas de la red deben estar dirigidas más o menos, de izquierda a derecha (Farias, 2006).
- La clasificación de las actividades, no debe ser más detallado de lo que se requiera, para representar un plan de acción lógico y claramente definido (Farias, 2006).

“Las actividades ficticias se utilizan para mostrar relaciones de manera correcta entre actividades y/o para evitar tener que conectar en forma directa dos nodos a través de más de una flecha” (Farias, 2006). Las actividades ficticias no representan la realización de una tarea finita, tiempo de duración o costo. Ver figura 4.

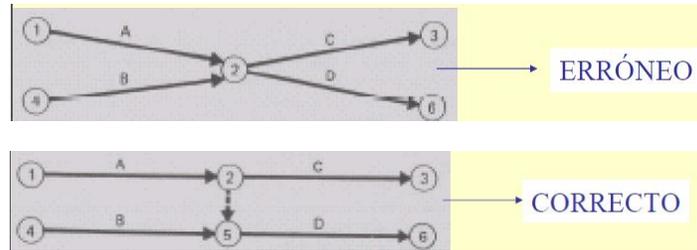


Figura 4. Ejemplo de relaciones correcta de actividades. Fuente: (Farias, 2006)

El procedimiento para realizar los cálculos básicos del método de ruta crítica es el siguiente:

- “Calcular los límites de tiempo para cada actividad (tiempo próximos de iniciación, lejanos de iniciación, próximos de terminación, y lejanos de terminación)” (Farias, 2006). Ver figura 5.

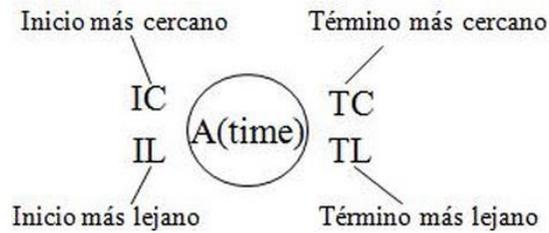


Figura 5. Ejemplo de límites de cálculos de tiempo.

- Los límites de los tiempos próximos de iniciación y próximos de terminación se calculan haciendo una revisión hacia delante de la red, los tiempos lejanos de iniciación y próximos de terminación se determinan utilizando una revisión hacia atrás en la red (Farias, 2006).

A continuación en la tabla 7, se puede visualizar un resumen de las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de la herramienta.

Tabla 7. *Tabla resumen ruta crítica.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imagen general de todo el proyecto</li> <li>- Permite fácilmente identificar y analizar si existe la necesidad de reprogramar o replantear el proyecto.</li> <li>- Es apropiado cuando se pueden predecir bien los tiempos de las actividades (en base a la experiencia) y cuando estos tiempos se pueden ajustar con facilidad.</li> <li>- Identifica las actividades críticas del proyecto.</li> <li>- Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Síndrome del estudiante</li> <li>- Imposibilidad de aprovechar las variaciones positivas</li> <li>- La multitarea</li> <li>- La pérdida de atención</li> <li>- La ley de Parkinson</li> <li>- Retrasos por la dependencia de las tareas o actividades.</li> <li>- No es apropiada para secuencias actividades cuando hay dependencia en información.</li> </ul>	<p>Se aplica para cualquier tipo de proyecto, tanto en el sector público como en el privado.</p>

#### 4.3.3. METODO DE CADENA CRÍTICA

El Método del Camino Crítico consta de dos ciclos. El primero, de planificación y programación del proyecto, comprende la generación de la lista de actividades, matriz de secuencias, matriz de tiempos, red de actividades, asignación de recursos, costes y nivelación de recursos. El segundo, de seguimiento y control de la ejecución del proyecto, incluye, como procesos principales, el informar del trabajo realizado, controlar el cronograma y controlar los costes y plazos (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).

A partir del análisis realizado de datos expuestos por *Standish Group* y otras publicaciones de casos reales de gestión de proyectos, y de las reflexiones y observaciones de algunos autores como *Shonberger* y *Goldratt*, se destacan algunos efectos indeseables en la utilización del método del Camino Crítico:

- **Las variaciones en las estimaciones de las duraciones:** Con objeto de intentar asegurar el término de la tarea en la fecha prevista, normalmente se estiman duraciones de ejecución de actividades altamente probables, dando lugar a que la estimación “segura” de la duración con una probabilidad de realización de la actividad de un 90% puede resultar muy superior a la duración probable a un 50% (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).
- **El síndrome del estudiante:** Existen comportamientos que tienden a consumir los márgenes de seguridad e incitan a realizar la mayor parte del trabajo al final del tiempo programado. Se realiza menos de un tercio del trabajo durante los dos primeros tercios del tiempo asignado y los dos últimos tercios, durante el último tercio del tiempo disponible. La consecuencia final es que ante cualquier incidencia o problema, no queda tiempo para resolverlo sin que afecte a la fecha fin de la tarea (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).
- **La imposibilidad de aprovechar las variaciones positivas:** Existe una cultura sugestionada por las fechas y los hitos, de modo que aún terminándose una tarea antes de su fecha fin, el trabajo no se entrega hasta la fecha prevista (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).
- **Los retrasos consecuencia de las dependencias de las tareas:** En un proyecto suele haber varios caminos que se unen hacia el fin del proyecto. El retraso en uno de ellos provoca que, aunque el resto termine en plazo, la tarea siguiente se retrase. En definitiva, cuando varios caminos se integran para dar lugar a otro, se pierden las variaciones positivas en tiempo y se transmiten los retrasos (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).
- **La multitarea:** En general se piensa que la multitarea es una buena solución para mejorar la eficiencia y aprovechar la capacidad de los recursos, pero esto no implica que el resultado para el proyecto o la organización sea beneficioso. Una mejora local en un sistema no implica

siempre la mejora global del sistema (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).

- **La pérdida de atención:** Existen diversos aspectos que influyen en la dificultad del director del proyecto para centrarse en los aspectos importantes que permiten alcanzar los objetivos del proyecto. Un exceso en los niveles de actividad y responsabilidad tiene como efecto la pérdida de atención en las actividades críticas del proyecto. Otros factores como por ejemplo, el utilizar únicamente el valor ganado para controlar el proyecto, hace que no se visualice la realidad al no distinguir este método, las tareas que pueden influir en el camino crítico y las que no (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).

El método de Cadena Crítica se basa en tres herramientas teóricas que se utilizan frente a los seis efectos indeseables anteriormente descritos: la Teoría de las limitaciones, expuesta por primera vez en 1984 (Goldratt, 1984); las Variaciones, debidas a causas ordinarias o a causas especiales y las leyes estadísticas que dirigen las variaciones de las causas ordinarias, como la ley estadística de la agregación (PMBOK, 2004), el teorema del límite central (Moore, D. y McCabe, G. 1993), entre otras (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).

Al igual que en el método del Camino Crítico, el método de la Cadena Crítica se compone de dos fases: la primera, de planificación y programación del proyecto, implica: listar actividades, establecer la secuencia de actividades, reducir las actividades eliminando márgenes de seguridad (Goldratt, 1997), identificar la cadena crítica, explorar la limitación (Leach, 2005), subordinar las cadenas de actividades a la cadena crítica mediante buffers de alimentación actividades, superar la restricción del sistema, iterar, e insertar buffer de coste (Leach, 2005). La fase de seguimiento y control se apoya los reportes o actualizaciones del estado del proyecto y la gestión de los buffers fundamentalmente. El papel de un buffer es absorber las variaciones de duración de las actividades que lo preceden. Así, el buffer del proyecto absorbe las variaciones en las actividades de la cadena crítica, el buffer de alimentación absorbe las variaciones en las

actividades no críticas y el buffer de recurso, las variaciones en las actividades no críticas de un recurso cuando la actividad siguiente de este recurso es una actividad crítica (González Cruz, Asensio Cuesta, Diego Más, & Alcaide Marzal, 2010).

A continuación en la tabla 8, se puede visualizar un resumen de las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de la herramienta.

Tabla 8. *Tabla resumen cadena critica.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite visualizar tareas de alto riesgo en forma inmediata y generar buffer de alimentación para dichas tareas.</li> <li>- Planificación realista.</li> <li>- Se conoce el impacto de aceptar un nuevo proyecto.</li> <li>- Conocimiento cuando se necesita sobre el resultado del proyecto en curso.</li> <li>- Priorización en la asignación de tareas a los recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso inadecuado de la herramienta</li> </ul>	<p>Se aplica para cualquier tipo de proyecto en el sector público o en el privado.</p>

#### 4.3.4. MÉTODO DELPHI

Linston y Turoff (como se citó en Astigarraga, 2004) definen la técnica Delphi como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo.

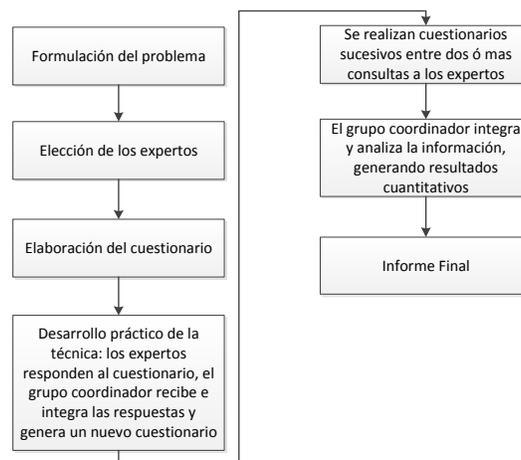
Una Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, con el propósito de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por

parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción de la Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. El objetivo de los cuestionarios sucesivos, es disminuir el espacio inter cuartil precisando la mediana (Astigarraga, 2004). “El número de expertos depende de los objetivos y presupuesto de cada estudio. En general, se considera que no deben ser menos de siete expertos y máximo 30” (Varela-Ruiz, Díaz-Bravo, & García-Durán, 2012).

Se destacan tres de sus premisas básicas:

- En las disciplinas no exactas, en situaciones de incertidumbre o cuando se carece de información objetiva es apropiado utilizar como recurso el juicio subjetivo de expertos.
- El juicio subjetivo de un solo experto está sujeto a numerosos sesgos e imperfecciones, y al limitarse al conocimiento y experiencia de una persona suele resultar una estimación imprecisa.
- La calidad del juicio subjetivo grupal, generalmente es superior al de un individuo debido a la mayor información de la que dispone un grupo (Varela-Ruiz, Díaz-Bravo, & García-Durán, 2012).

Etapas básicas de la técnica Delphi. En la figura 6, muestra los pasos básicos para desarrollar este método



*Figura 6. Etapas Básicas de la Técnica Delphi.*

A continuación en la tabla 9, se resume las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de esta herramienta.

Tabla 9. *Tabla resumen de la técnica Delphi.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza con personas expertas sobre un tema o con experiencia en el desarrollo de una actividad o proyecto.</li> <li>- Se necesita como mínimo con dos personas, reduciendo las desviaciones y aumentando la precisión en las estimaciones.</li> <li>- Permite el consenso en los resultados y una generación de conocimiento entre los participantes.</li> <li>- Se realizan cuestionarios sucesivos que disminuyen la dispersión de las opiniones y precisan la opinión media consensuada.</li> <li>- Se puede desarrollar en línea a través de internet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un método costoso.</li> <li>- Generalmente requiere tiempo para el desarrollo de esta técnica.</li> <li>- La calidad de los resultados depende del desarrollo de las encuestas y elección de los expertos.</li> <li>- Depende de la disposición en tiempo y (ubicación de los expertos.</li> </ul>	<p>Se aplica para determinar el tiempo de las actividades o del proyecto de cualquier tipo, tamaño, etc.</p>

#### 4.3.5. LA MATRIZ DE ESTRUCTURA DEPENDIENTE

La Matriz de Estructura Dependiente o Matriz de Estructura de Diseño (DSM por sus siglas en inglés) es una herramienta muy útil en la planificación de las secuencias de actividades, así como en la identificación y gestión de los intercambios de información (Maheswari & Varghese, 2005). En la programación de proyectos se utiliza cuando hay problemas de dependencia de información entre las actividades, es decir esta técnica permite describir el flujo de información, y el tiempo necesario de comunicación para la recopilación de información antes y durante la ejecución de las actividades. “Esta comunicación incluye tiempo para las reuniones, procesamiento de correos electrónicos, tiempo de espera para la toma de decisiones, entre otras” (Shi & Blomquist, 2012). La DSM muestra la relación entre los componentes de un sistema en un formato que facilita el análisis visual y que permite analizar dependencias altamente complicadas, inclusive de retroalimentación y tareas acopladas. Esto es importante en el proceso de

desarrollo de producto que muestra una propiedad cíclica (Chen, Ling, & Chen, 2003). “La DSM ha sido aplicada a una gran cantidad de situaciones incluyendo la construcción de edificios, automóviles, fotografía, aeroespacial, telecomunicaciones, electrónica, desarrollo de productos entre otras situaciones” (Gálvez, Capuz-Rizo, & Ordieres, 2012).

La DSM es una matriz cuadrada con igual cantidad de filas y columnas, cuyos elementos fuera de la diagonal significa la dependencia de un elemento a otro. La lectura por columna se entiende como “da información a” y por filas como “necesita información desde”. O dicho de otra forma leyendo por columnas podemos ver las entradas y leyendo por filas podemos ver las dependencias (Gálvez, Capuz-Rizo, & Ordieres, 2012). En la figura 7 muestra un DSM basado en tareas de A a F. Las tareas aparecen de forma idéntica etiquetadas en filas y columnas de la matriz y están dispuestos de arriba hacia abajo de acuerdo con su secuencia de ejecución. Un "punto" en la matriz muestra donde interactúan dos tareas, es decir, un flujo de información. Por ejemplo, en la figura 7, la marcada celda en la fila B, columna A, representa un flujo de información de Tarea A a la Tarea B (Chen, Ling, & Chen, 2003).

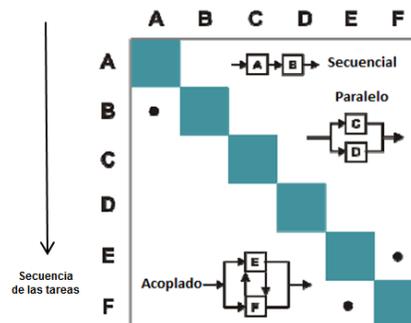


Figura 7. Ejemplo de un DSM y configuraciones posibles de proceso de un proyecto.

Desde el punto de vista de la programación de secuencias de actividades podemos decir que existen tres tipos de configuraciones como se muestra en la Figura 7. Estos son paralelo, secuencial o acoplados. En la configuración paralela los elementos no interactúan recíprocamente uno con otro, por ejemplo, la

actividad de C y D no requieren ningún intercambio de información entre ellas, en cambio en la secuencial un elemento influye en el comportamiento o la decisión del otro elemento en una manera unidireccional, es decir los parámetros del elemento B se selecciona en base a los parámetros de A. En el sistema acoplado el flujo de información es entrelazada debido a que el elemento E influye a F y viceversa.

El proceso de arreglar el orden de las actividades moviendo ya sea una columna o una fila, en cualquier dirección (izquierda/derecha y arriba/abajo), con el objetivo de obtener una matriz que no tiene marca sobre la diagonal o las marcas están debajo o cerca de la diagonal se conoce como particionamiento (Maheswari & Varghese, 2005).

En la tabla 10, se sintetizan las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de esta herramienta.

*Tabla 10. Tabla resumen de la Estructura de Matriz Dependiente.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
- Permite identificar y gestionar los intercambios de información entre las actividades.	- Es difícil determinar la cantidad y dependencia de información entre las actividades en la fase de planeación.	- Se utiliza cuando hay problemas de dependencia de información entre las actividades.
- Facilita el análisis visual de dependencia de información entre actividades secuenciales, paralelas y acopladas.		- Se emplea en el desarrollo de productos, construcción de edificios, automóviles, fotografía, aeroespacial, telecomunicaciones, electrónica, etc.
- Se puede aplicar métodos de compresión de cronograma (ejecución rápida)		

#### 4.3.6. PROGRAMACIÓN GANADA

Las métricas tradicionales del método de valor ganado (AVG o EVM) son buenas al inicio del proyecto pues muestran las tendencias del desempeño del cronograma, pero no lo hace hacia el final del proyecto, eventualmente todo el presupuesto se gana a medida que el trabajo se completa sin importar que tan tarde finalice, es decir, pierde su habilidad de predecir la finalización del proyecto en el último tercio en lo relativo

al impacto del cronograma y el cálculo de EAC. Al finalizar el proyecto  $EV = PV$ , por lo tanto  $SPI = EV/PV = PV/PV = 1$ . Al inicio del proyecto SPI es confiable, en algún punto del proyecto la exactitud disminuye y hacia el final del proyecto es inútil. SPI no muestra la variación del cronograma en semanas o meses y esto es lo que se requiere conocer (Gómez, 2009).

La programación ganada (ES, por sus siglas en inglés) identifica el tiempo en el que la cantidad de EV (costo planeado) acumulado del proyecto es igual al valor ganado acumulado (PV) en la fecha de estado AT (número de periodos ejecutados). Si el proyecto sigue estrictamente su curso planificado, estas fechas coincidirán, en caso contrario, no (Navarro, 2006).

La figura 8 muestra cómo se obtiene la medida ES. Proyectando el EV acumulado en la curva de PV (es decir, la PMB). Este punto de intersección identifica la cantidad de tiempo de EV debería haber sido ganado de acuerdo con el cronograma. La línea vertical desde el punto en el PMB al eje de tiempo determina la porción de la programación ganada. La duración desde el comienzo del proyecto a la intersección del eje de tiempo es la cantidad del cronograma ganado (ES).

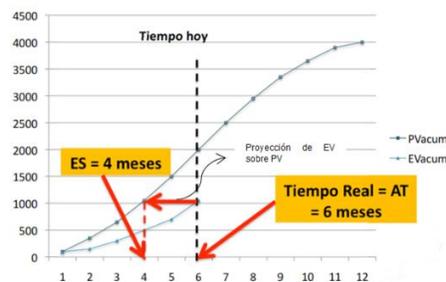


Figura 8. Ejemplo como se obtiene la programación ganada.

“El ES es una magnitud derivada y a partir de esta podemos obtener una nueva desviación y eficiencia en programación que sustituyan a las del AVG o EVM” (Navarro, 2006). En primer lugar, definimos la variación de la programación en unidades de tiempo SV (t) como:

$$SV(t) = ES - AT$$

Mientras que el índice de desempeño de programación en unidades de tiempo como:

$$SPI(t) = \frac{ES}{AT}$$

La desviación en el cronograma dada por la programación ganada tiene que ver con el esfuerzo, ofrece una idea del tiempo que llevaría recuperar todo el trabajo no realizado hasta la fecha, independientemente de los plazos. Por ejemplo se lleva un día de retraso en el plazo del proyecto, pero que supone un esfuerzo de dos semanas recuperar ese plazo. Así pues no hay que confundir una desviación en plazo que la obtengo a partir de un diagrama de Gantt, y una desviación en programación que obtenemos a partir del AVG o EVM extendido (Navarro, 2006).

Para hallar ES se realiza a través de:

$$ES = C + I$$

Dónde:

C=es el número de periodos completos

I= Es la porción incompleta, y su cálculo es una interpolación lineal.

$$I = \frac{(EV_{AT} - PV_C)}{(PV_{C+1} - PV_C)}$$

Por lo tanto

$$ES = C + \frac{(EV_{AT} - PV_C)}{(PV_{C+1} - PV_C)}$$

En la tabla 11 muestra las formulaciones que utiliza ES.

Tabla 11. *Tabla de Formulaciones ES.*

Métricas	Cronograma Ganado	ES Acum	ES= C+I;
	Tiempo real	AT acum	AT= Numero de periodos ejecutados
	Variación de programación	SVt	SVt= ES-AT
<b>Indicadores</b>	Índice de desempeño del cronograma o de programación	TSPIt	TSPIt=(PD- ES)/(PD-AT); PD: duración planeada del proyecto;
<b>Predictores</b>	Estimado independiente a la terminación	IEACT	IEACT=PD/SPIt IEACT=AT + (PD-ES) / PF; PF:

Fuente: (Gómez, 2009)

El Es por lo tanto provee información más intuitiva sobre el cronograma. El SPIt no se desfasa automáticamente a 1.0 hacia la finalización del proyecto y puede estimar la fecha de finalización del proyecto con mayor exactitud.

Tabla 12. *Tabla resumen de la Programación Ganada.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite conocer/medir desviaciones y eficiencias de programación en unidades de tiempo.</li> <li>- Utiliza las mismas variables que el método del valor ganado.</li> <li>- Ofrece una idea del tiempo que llevaría recuperar todo el trabajo no realizado hasta la fecha (esfuerzo), independientemente de los plazos.</li> <li>- Permite conocer el desempeño del cronograma y por ende el tiempo previsto de finalización del proyecto para el periodo en el que se está realizando el monitoreo.</li> <li>- SPI no se desfasa hacia el final del proyecto.</li> <li>- Permite tomar decisiones y acciones a tiempo para controlar el proyecto si este se encuentra desfasado de acuerdo a la línea base establecida para el cronograma.</li> </ul>	<p>Las estimaciones desde los índices y predictores no son exactas.</p>	<p>Puede aplicarse a cualquier tipo de proyecto, en cualquier tipo de industria, independientemente del tamaño</p>

#### 4.3.7. TÉCNICAS DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE PROGRAMAS (PERT).

PERT es una herramienta de planeación, monitoreo y control, que consiste en formar una gráfica horizontal de izquierda a derecha, construida con flechas que suceden unas a otras o se sitúan en paralelo, y que se unen entre sí con un círculo llamado evento, al que llegan flechas por su lado izquierdo y salen por su derecha; pueden ingresar o salir flechas del evento en forma vertical. El evento u acontecimiento indica el principio o el fin de una actividad o conjunto de actividades y no consume ni tiempo ni recursos. La red tiene un único evento de inicio y otro de fin. De esta manera, el evento se usa para expresar dependencias lógicas entre las actividades.

Las flechas representan a las actividades. En algunos casos es necesario recurrir a diagramar actividades ficticias con flechas con línea discontinua. Las actividades ficticias no representan actividad real, solo son un recurso gráfico.

Con este método se calcula la duración total en tiempo del proyecto, así como su costo total. La ruta crítica, compuesta por el conjunto de actividades que no tienen holgura de atraso, es la clave para el control y sus cálculos de tiempo y costo total. La figura 9 ilustra la forma de diseño y la planificación de redes PERT/CPM (Hernández Orozco, 1996).

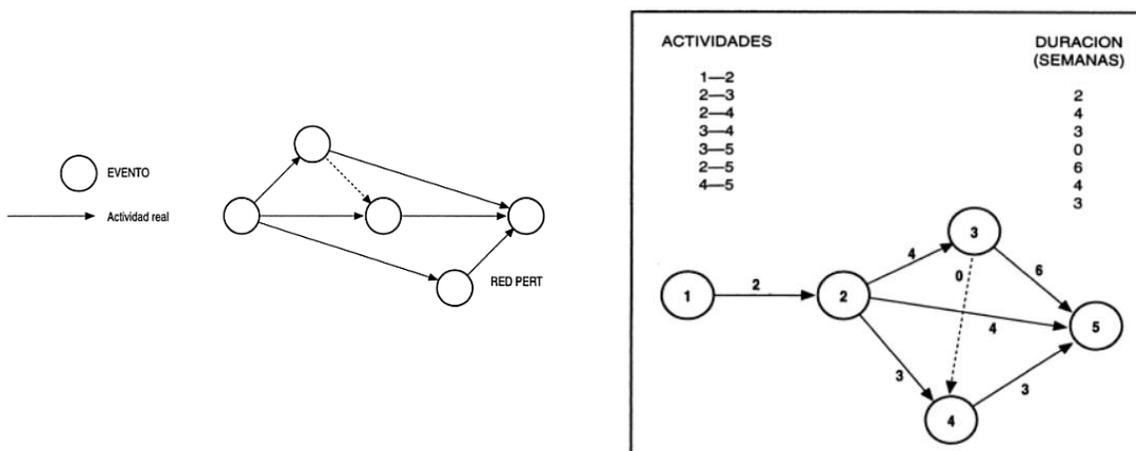


Figura 9. Red Pert/CPM con lista de tareas y tiempo. Fuente: (Hernández Orozco, 1996).

En PERT se emplea una distribución con base en tres estimaciones de tiempo para cada actividad como sigue:

Duración optimista (**a**)= tiempo que tomará una actividad si todo sale como se planeó. Al estimar este valor, debe haber solo una pequeña probabilidad de que el tiempo de la actividad sea **< a**.

Duración pesimista (**b**)= tiempo que tomara una actividad suponiendo condiciones desfavorables. Al estimar este valor, también debe haber solo una pequeña probabilidad de que el tiempo de la actividad sea **>b**.

Duración más probable (**m**) = la estimación más realista del tiempo requerido para determinar la actividad.

Cuando se utiliza PERT, se supone que las estimaciones de duración de una actividad siguen la distribución de probabilidad beta (ver figura 10). Esta distribución suele ser apropiada para determinar el valor esperado y la varianza de los tiempos de terminación de la actividad. Para encontrar el tiempo esperado de la actividad,  $t_e$ , la distribución beta pondera las tres estimaciones de tiempo de la siguiente manera (Heizer & Render, 2004):

$$t_e = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

Otra fórmula utiliza comúnmente es la distribución triangular (PMI, 2012):

$$t_e = \frac{(a + m + b)}{3}$$

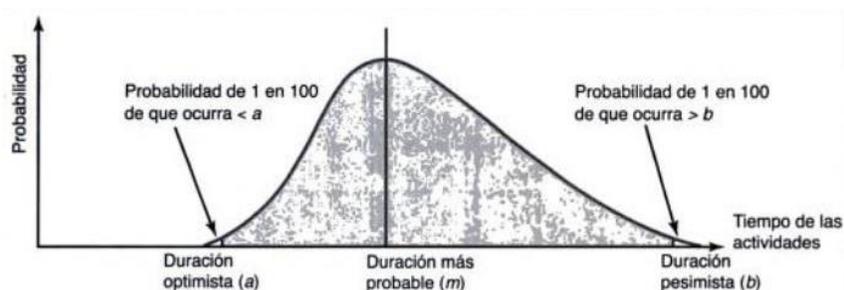


Figura 10. Ejemplo de la distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo. Fuente: (Heizer & Render, 2004)

Cada triplete de números (optimista, más probable y pesimista) tiene una incertidumbre asociada a su distribución que puede actuar más o menos en función de cómo incidan diversas circunstancias. Esta incertidumbre viene reflejada por la varianza. Cuanto mayor sea la varianza de una actividad mayor será la incertidumbre para cumplir los plazos establecidos (Triadó, 2004).

Para calcular la dispersión o varianza del tiempo de terminación de la actividad, se utiliza la fórmula (Heizer & Render, 2004):

$$Var = \left[ \frac{(b - a)}{6} \right]^2$$

Para conocer la duración total ( $t_T$ ) del proyecto, se realiza la sumatoria de la duración estimada para cada actividad ( $n$ ) que pertenece a la ruta crítica, es decir:

$$t_T = \sum_{i=1}^n t_{e1} + t_{e2} + \dots + t_{en}$$

Y la varianza de la misma ruta crítica

$$Var(T) = var_1 + var_2 + \dots + var_n$$

La distribución del tiempo de finalización del proyecto (su desviación estándar), de acuerdo con el teorema central de límite será:

$$N(\mu, \sigma); \text{ donde } \mu = t_T$$

$$y \quad \sigma = \sqrt{Var(t)}$$

“En el caso que existan dos o más rutas críticas, deberá utilizarse en la distribución de los tiempos de finalización el de mayor varianza” (Gomollón, 1996).

En la siguiente tabla 13, se abrevian las ventajas, desventajas y el campo de aplicación de esta herramienta

Tabla 13. *Tabla resumen de la Técnica de PERT.*

Ventajas	Desventajas	Campo de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es apropiado cuando se maneja mucha incertidumbre al predecir los tiempos de las actividades y cuando es importante controlar de una manera efectiva la programación del proyecto.</li> <li>- Se emplea para la planeación de proyectos grandes y complejos.</li> <li>- Facilita observar las dependencias entre las actividades a través de un diagrama.</li> <li>- Identifica y hace visible las actividades perteneciente a la ruta crítica que afectan directamente el tiempo de finalización del proyecto.</li> <li>- Proporciona el tiempo previsto de la terminación del proyecto.</li> <li>- Identifica las actividades que tienen holguras y que pueden prestar recursos a las actividades de la trayectoria crítica.</li> <li>- Indica los tiempos de iniciación y terminación de cada actividad.</li> <li>- Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los supuestos que asume este método, tales como: propuesta de distribución beta de las actividades, el método de estimación de tres puntos, el de independencia de las tareas y la distribución asumida de la duración del proyecto desde su comienzo.</li> <li>• Los gráficos PERT pueden ser complicados y confusos teniendo cientos o incluso miles de tareas y relaciones de dependencia.</li> <li>• Los diagramas PERT pueden ser caros de desarrollar, actualizar y mantener.</li> <li>• Las estimaciones del tiempo de la actividad son algo subjetivas y dependen del juicio.</li> <li>• No permite que una actividad inicie hasta que sus predecesoras inmediatas terminen.</li> <li>• No tiene en cuenta aspectos importantes como la asignación de recursos limitada a las actividades.</li> </ul>	<p>Puede aplicarse a cualquier tipo de proyecto, en cualquier tipo de industria, independientemente del tamaño</p>

## 5. METODOLOGIA

Este trabajo se desarrolló realizando inicialmente una búsqueda en las bases de datos digital Journals Science Direct y EBSCO HOST desde la pagina web de la biblioteca de la Universidad San Buenaventura Cali y en Internet a través del motor de búsqueda Google, sobre las herramientas de gestion del tiempo, utilizando las siguientes palabras claves en inglés y otras en español: time project, PERT, Deplhi, management time projects, schedule project, earned schedule, time in management in project planning, project management, managment in time, tesis de grado en gestion de proyectos y matriz de estructura dependiente. Se reunió aproximadamente 50 artículos los cuales fueron analizados y clasificados por dos criterios definidos: publicaciones recientes del 2009 en adelante y que aplicasen para las fases de planeación, monitoreo y control en la gestión de proyectos. De esta recopilación bibliografica se seleccionaron 12 artículos científicos. Posteriormente, se diseñaron dos (2) tablas como instrumento resumen, la primera muestra los estudios desarrollados por diversos autores en los últimos seis (6) años, la segunda identifica las herramientas involucradas en los articulos seleccionados en una tabla donde se detalla su uso y a que grupo de proceso pertenece. A partir de esta información, se procedió a redactar la monografía con el analisis a las siete herramientas identificadas y consultadas.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla 14 muestra las herramientas y técnicas identificadas en los artículos científicos seleccionados en los antecedentes para la gestión del tiempo en las fases de planeación, seguimiento y control. También son aquellas de mayor uso y aceptación en la comunidad de directores y gerentes de proyectos en la gestión del tiempo.

Tabla 14. Tabla Herramientas y técnicas.

Herramienta	Grupo de proceso
Valor Ganado	Seguimiento
Programación Ganada	Seguimiento
PERT	Planeación y Seguimiento
Ruta Crítica	Planeación y Seguimiento
Cadena Crítica	Planeación y Seguimiento
DELPHI	Planeación
DSM	Planeación

Fuente: Estándares y modelos de referencia

A continuación se muestra una síntesis de cada una de las herramientas identificadas como las más usadas en la gestión de los proyectos.

El método del Camino o Ruta Crítica permite obtener cuál es el tiempo mínimo en que se puede concluir un proyecto y se usa como técnica de planeación, ejecución y control en diferentes tipos de proyectos. Estudios realizados por los autores indican algunas desventajas como la presencia del síndrome del estudiante y la ley de Parkinson.

El método de Cadena Crítica propone un proceso para poder aprovechar al máximo los recursos con sus restricciones o limitaciones, las cuales definen la velocidad a la que el sistema puede ganar dinero o la unidad de meta si no tiene lucro, es una técnica que se utiliza en las fases de planeación, ejecución, seguimiento y control en cualquier tipo de proyecto, elimina problemas como el síndrome del estudiante, la ley de Parkinson, la multitarea de los recursos humanos, la variación positiva y los retrasos entre otras. Recientes estudios formulan métodos de optimización en la programación de multiproyectos obteniendo como resultados algoritmos y sistemas multi agentes que permiten resolver problemas complejos en los proyectos como la programación multiproyectos antes mencionada.

El método de Valor Ganado permite determinar que tanto valor me genera el proyecto, se utiliza en las fases de planeación, seguimiento y control en cualquier tipo de proyecto. Es una técnica sencilla que brinda el estado actual del proyecto en el presupuesto, costos y el tiempo. Estudios realizados recientemente proponen una variante donde se mida solamente el trabajo en curso del Valor Ganado para el índice del desempeño del cronograma (SPI) y la variación del cronograma, de tal manera que lo realizado anteriormente genere variaciones positivas o negativas de estos valores.

La Matriz de Estructura Dependiente (DSM) se utiliza para secuenciar actividades que tienen dependencia e intercambios de información. En los estudios realizados recientemente a esta técnica se han incluido el solapamiento de las actividades con el propósito de reducir el tiempo de duración del proyecto (ejecución rápida). También se han desarrollado metodologías, algoritmos y modelos matemáticos basado en teorías de conjuntos difusos y números grises para determinar la duración del proyecto incorporando la incertidumbre en la duración de la actividad, el tiempo de intercambio de información y los niveles de superposición cuando es difícil e incierto determinarlos en la fase de planeación. La DSM ha sido ampliamente utilizada en proyectos de construcción, de diseño, automóviles, fotografía, aeroespacio, telecomunicaciones, electrónica, desarrollo de nuevos productos, etc.

El método de programación ganada (ES) permite conocer el desempeño del cronograma y por ende el tiempo previsto de finalización del proyecto para el periodo en el que se está realizando el monitoreo. Por lo tanto permite tomar decisiones y acciones a tiempo para controlar el proyecto si este se encuentra desfasado de acuerdo a la línea base establecida para el cronograma. Una investigación reciente emplea métodos estadísticos a las métricas, predictores e indicadores de ES para perfeccionar los resultados y ofrecer una información confiable a los gerentes de proyecto y por ende mejorar su gestión en la dirección de proyectos.

PERT es una técnica que a través de los años varios autores han realizado críticas e investigaciones a los supuestos que asume este método, por ejemplo la propuesta de distribución beta de las actividades, el método de estimación de tres puntos, el supuesto de independencia de las tareas y la distribución asumida de la duración del proyecto desde su comienzo. Sin embargo en un estudio realizado muestra como los cronogramas de actividades también afecta la distribución de la duración del tiempo del proyecto en la redes PERT y por ende altera los resultados. Esta herramienta se utiliza en las etapas de planeación, seguimiento y control para estimar el tiempo de ejecución de las actividades y la duración final del proyecto, con su respectiva desviación. Generalmente se emplea en cualquier tipo de proyecto.

La técnica Delphi a través del tiempo ha evolucionado como resultado de las diversas investigaciones desarrolladas a esta herramienta para facilitar su uso, disminuir el tiempo, costos y deserción o abandono de los expertos durante la realización de este estudio. Esta técnica se usa para estimar el tiempo de las actividades mediante un enfoque grupal de toma de decisiones utilizado en la fase de planeación de los proyectos.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de situaciones y variables que se pueden presentar en la gestión de los proyectos, la tabla 15 sugiere el uso de las herramientas y técnicas, de acuerdo a la procedencia del capital (público - **PU**, privado - **PR** y mixto - **MI**), y al grado de dificultad, sector y orientación de los mismos.

Tabla 15. Tabla Aplicabilidad de Herramientas y Tecnicas.

TIPOS DE PROYECTOS			HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS GESTIÓN DEL TIEMPO EN LA FASES DE PLANEACIÓN Y SEGUIMIENTO																				
			Valor Ganado			Programación Ganada			PERT			Ruta Critica			Cadena Critica			DELPHI			DSM		
			PU	PR	MI	PU	PR	MI	PU	PR	MI	PU	PR	MI	PU	PR	MI	PU	PR	MI	PU	PR	MI
Según su Grado de Dificultad	Simples		X								X	X	X					X	X	X	X	X	
	Complejos	X	X	X	X	X	X				X			X	X	X		X	X		X	X	
Según el Sector	Construcción / Energia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							X	X	X	
	Mineria	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
	Medio ambiente	X		X	X		X		X	X		X	X	X			X			X			
	Industriales	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	
	Servicios	X	X	X	X		X				X	X	X	X			X		X	X	X	X	
Según su Orientación	Productivos	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X			X			X	X	X		
	Educativos	X		X	X			X	X	X	X	X							X	X	X		
	Sociales / Comunitarios	X		X	X			X	X	X	X	X							X	X	X		
	Investigación	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X				X	X	X				

Fuente: Estándares y modelos de referencia

A continuación, se muestra un ejemplo de un proyecto para el desarrollo de nuevo producto, donde se sugiere utilizar las siguientes herramientas y técnicas:

1. Primero se deben definir las actividades de este proyecto, por ejemplo:
  - Análisis de mercado/tendencias
  - Realizar pruebas en laboratorio.
  - Realizar pruebas de análisis sensorial, etc.

Se recomienda listar las actividades e hitos en una tabla, por ejemplo:

Tabla 16. *Tabla de Listado de Actividades.*

Actividad	Nombre de la Actividad	Descripción de la actividad	Alcance de la actividad
<b>A</b>			
<b>B</b>			

Fuente: Estándares y modelos de referencia

2. Para secuenciar las actividades se propone utilizar la estructura de matriz dependiente – DSM, debido a que este tipo de proyectos requiere intercambios de información entre las actividades y este método nos permite de manera gráfica observar este tipo de dependencia y la secuenciación de las actividades (paralelo, secuencial y acoplado). Tal como se muestra en la figura :

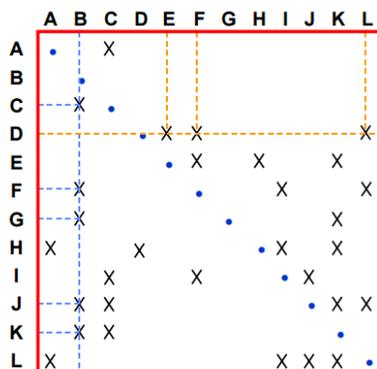


Figura 11. Ejemplo de una matriz de diseño dependiente. Fuente (Universia)

3. Para estimar los recursos, por cada actividad, se propone utilizar la tabla 17.

Tabla 17. *Ejemplo de como estimar los recursos por actividad.*

RECURSOS					
Actividad	Tipo de Recurso	Característica	Grado de utilización (Tiempo)	Costo Unitario	Costo recurso

Fuente: Estándares y modelos de referencia

4. Para definir la duración de las actividades, se propone el método PERT y Delphi. El método Delphi para determinar el tiempo optimista, más probable y pesimista por cada actividad con la ayuda de expertos y con PERT se halla el tiempo estimado de cada actividad y por ende el tiempo de finalización del proyecto con aquellas actividades que tengan holgura cero.
5. Desarrollo del cronograma se recomienda utilizar la herramienta informática Microsoft Project 2013
6. Para controlar el cronograma se emplean el Valor y la programación ganada en los periodos de tiempo de ejecución estimados en el plan de gestión del cronograma a través de los siguientes indicadores:

SPI: Índice de Desempeño del Cronograma.

SV: Variación del Cronograma.

SV(t): Variación de la Programación en unidades de tiempo.

SPI(t): Índice de Desempeño del Cronograma en unidades de tiempo.

TSPI(t): Índice de Desempeño de Programación a la terminación.

IEAC(t): Estimado Independiente a la Terminación.

## 7. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se identificaron y documentaron algunas herramientas y técnicas para la gestión del tiempo y se generó una base de datos digital con literatura especializada sobre éstas en las etapas de planeación y seguimiento de los proyectos. Se seleccionaron 12 artículos científicos de los últimos seis años. Igualmente se estudiaron diferentes guías, estándares, metodologías y modelos de certificación tales como: la guía de buenas prácticas PMBOK, el estándar ISO21500, la metodología PRINCE2 y el sistema de certificación IPMA.

Se estudió la bibliografía seleccionada y se identificaron las siguientes siete herramientas y técnicas aceptadas universalmente:

- El método del Camino o Ruta Crítica.
- El método de Cadena Crítica.
- El método de Valor Ganado.
- La Matriz de Estructura Dependiente (DSM)
- El método de programación ganada (ES)
- PERT
- La técnica Delphi

Estas herramientas y/o técnicas de acuerdo al análisis realizado, son las más usadas en el ámbito de la dirección y gestión de los proyectos, y son refrendadas por la mayoría de los autores contemporáneos especializados en el tema como herramientas idóneas para la gestión del tiempo. Asimismo, estos autores a través de sus estudios proponen nuevos mecanismos o enfoques que mejoran su aplicación y los resultados en la determinación de la duración del proyecto y/o actividades, identificando aquellas limitaciones de las técnicas y/o herramientas convencionales.

El desarrollo de esta monografía aporta conocimientos y competencias en temas de investigación y gestión de proyectos en la gestión del tiempo, los cuales se consideran imprescindibles para el buen desempeño en el campo laboral y profesional de cada disciplina.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Almela, D. J. (01 de 01 de 2014). *Lider de Proyecto*. Obtenido de Lider de Proyecto: <http://www.liderdeproyecto.com/columna/index.html>
- Astigarraga, E. (24 de Marzo de 2004). EL MÉTODO DELPHI. Donostia San Sebastian, Francia: Universidad de Deusto.
- Chen, C.-H., Ling, S., & Chen, W. (2003). Project scheduling for collaborative product development using DSM. *International Journal of Project Management*, 21, 291–299.
- Fannon, D., & St-Martin, R. (2010). Gestion del Valor Ganado del Trabajo en Curso. *PMI Virtual Library*, 5.
- Farias, E. B. (2006). Modelos de PERT/CPM. *Instituto Politecnico Nacional*, 76.
- Gálvez, E. D., Capuz-Rizo, S., & Ordieres, J. b. (2012). Estudio de la Incertidumbre en la Programación de Actividades usando la Matriz de Estructura Dependiente. *Información Tecnológica*, 23(1), 19-34.
- Gnatzy, T., Warth, J., Gracht, H., & Darkow, I.-L. (2011). Validating an innovative real-time Delphi approach - A methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies. *Technological Forecasting & Social Change*, 78, 1681-1694.
- Gómez, A. F. (12 y 13 de Marzo de 2009). Qué es el Earned Schedule (ES), Cronograma ganado?
- Gomollón, F. A. (1996). *Ejercicios de Investigación de Operaciones*. Pozuelo de Alarcón, Madrid: ESIC.
- González Cruz, M. C., Asensio Cuesta, S., Diego Más, J. A., & Alcaide Marzal, J. (2010). ANÁLISIS DEL MÉTODO DE LA CADENA CRÍTICA VS MÉTODO DEL CAMINO CRÍTICO. VIABILIDAD Y CONCEPTOS. *Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España*, 12.
- Group, T. S. (2013). *CHAOS MANIFESTO 2013*.
- Hajdu, M. (2013). Effects of the application of activity calendars on the distribution of. *Automation in Construction project duration*, 35, 397–404.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principios de Administración de Operaciones* (Quinta ed.). Atlacomulco, México: Pearson Educación de México S.A.
- Hernández Orozco, C. (1996). *Análisis Administrativo: Técnicas y Métodos*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- IRAM. (2011). *ISO/DIS 21500 – Borrador de traducción*. Argentina : IRAM.
- Jorge Alsina, P. (2013). Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2. 25.
- Jorge Alsina, P. (2013). Gestión de Valor Ganado “EVM” para Control de Proyectos v.2. 25.

- Kuchta, D. (2014). A new concept of project robust schedule – use of buffers. 9.
- Leon, G. (2009). Planeacion y Districucion de Instalaciones. *Universidad Autonoma de Tamaulipas*, 13.
- Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K., & Anbari, F. (2009). Prediction of project outcome The application of statistical methods to earned value management. *International Journal of Project Management*, 27, 400–407.
- Maheswari, J. U., & Varghese, K. (2005). Project Scheduling using Dependency Structure Matrix. *International Journal of Project Management*, 23, 223–230.
- Navarro, D. (12 de Diciembre de 2006). *Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá D.C.* Recuperado el 19 de Febrero de 2015, de Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial:  
[http://dis.unal.edu.co/~icasta/GGP/\\_Ver\\_2014\\_1/GGS\\_2014\\_05\\_07\\_gCosto/avg\\_v1b.pdf](http://dis.unal.edu.co/~icasta/GGP/_Ver_2014_1/GGS_2014_05_07_gCosto/avg_v1b.pdf)
- PMI. (2012). *PMBOK V5*.
- Price wáter house Coopers. (2011). *pwc*. Recuperado el 18 de Octubre de 2015, de <https://www.pwcprojects.co/Documentos/Resultados.pdf>
- Q. Duan, T. W. (2010). Improved ant colony optimization algorithms for determining project critical paths. 18.
- Shi, Q., & Blomquist, T. (2012). A new approach for project scheduling using fuzzy dependency structure matrix. *International Journal of Project Management*, 30, 530-510.
- Srouf, I. M., Abdul-Malak, M.-A. U., Yassine, A. A., & Ramadan, M. (2013). A methodology for scheduling overlapped design activities based on dependency information. *Automation in Construction*, 29, 1-11.
- Suárez, D. L. (2010). Estudio de la metodología de Gestión de Proyectos PRINCE2: Aplicación a un caso práctico. 287.
- Triadó, X. M. (26 de Octubre de 2004). *Universitat de Barcelona*. Recuperado el 15 de Febrero de 2015, de <http://ocw.ub.edu/documentacio/teoria-i-sistemes-dinformacio/fitxers/tema-3/PERTcast.pdf>
- Universia*. (s.f.). Obtenido de Universia: <http://mit.ocw.universia.net/15-783JProduct-Design-and-DevelopmentSpring2002/NR/rdonlyres/Sloan-School-of-Management/15-783JProduct-Design-and-DevelopmentSpring2002/9B492EC9-2C31-4DA4-912B-4F3AF0F4E24E/0/dsm.pdf>.
- Varela-Ruiz, M., Díaz-Bravo, L., & García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en Educación Médica*, 1(2), 90-95.

- Wei-xin, W., Xu, W., Xian-long, G., & Lei, D. (2013). Multi-objective optimization model for multi-project scheduling on critical chain. *ELSEVIER*, 7.
- Zheng Zheng a, b. Z. (2014). A critical chains based distributed multi-project scheduling approach. 12.

## 9. ANEXOS

Revisar los anexos en el soporte digital.