



PARAGUAYO
ALEMANA



Módulo: Administración de Producción, Operaciones y Logística I

Administración de Proyectos

BIBLIOGRAFÍA

PARAGUAYO
ALEMANA

Libro de texto

- **Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management** (Pearson) 12th Edition by Jay Heizer, Barry Render and Chuck Munson (2017)
 - **Capítulo 3: Administración de proyectos (Pág. 98 – 143)**

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

Objetivos de aprendizaje:

Al terminar esta sección, ustedes serán capaces de:

1. Crear una estructura de desglose del trabajo.
2. Dibujar redes de Actividades en Flechas (AEF) y Actividades en los Nodos (AEN).
3. Completar las pasadas hacia adelante y hacia atrás para un proyecto.
4. Determinar una ruta crítica.
5. Calcular la varianza para los tiempos de las actividades.





BECHTEL GROUP

- ▶ La construcción de 30 centros de datos de alta seguridad en todo el mundo para Equinix, Inc. (\$1200 millones)
- ▶ La construcción y funcionamiento de una línea de tren entre Londres y el túnel del Canal (\$4600 millones)
- ▶ El desarrollo de un oleoducto desde la región del Mar Caspio a Rusia (\$850 millones)
- ▶ La ampliación del aeropuerto de Dubai, en los Emiratos Árabes Unidos (\$600 millones), y el aeropuerto de Miami, en Florida (\$2000 millones)



BECHTEL GROUP

- ▶ La construcción de plantas de gas natural licuado en Yemen (\$2 millones) y en Trinidad, West Indies (\$1 mil millones)
- ▶ La construcción de un nuevo metro para Atenas, Grecia (\$2600 millones)
- ▶ La construcción de un gasoducto de gas natural en Tailandia (\$700 millones)
- ▶ La construcción de 30 plantas para iMotors.com, una empresa que vende autos re manufacturados en línea (\$300 millones)
- ▶ La construcción de una carretera para unir el norte y el sur de Croacia (\$ 303 millones)

IMPORTANCIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- Administración de Bechtel Group
 - Fuerza de trabajo internacional, profesionales de la construcción, cocineros, personal médico, de seguridad.
 - Su valor estratégico ante la competencia está basado en el control y manejo de los tiempos.
 - Mandato de calidad para la mejora continua.



CARACTERÍSTICAS DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- Unidad singular
- Muchas actividades relacionadas
- Difícil planificación de la producción y control de inventario
- Equipos de uso general
- Alta habilidades laborales



EJEMPLOS DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- Construcción de edificios



- Proyectos de investigación



ACTIVIDADES DE LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- **Planificación**

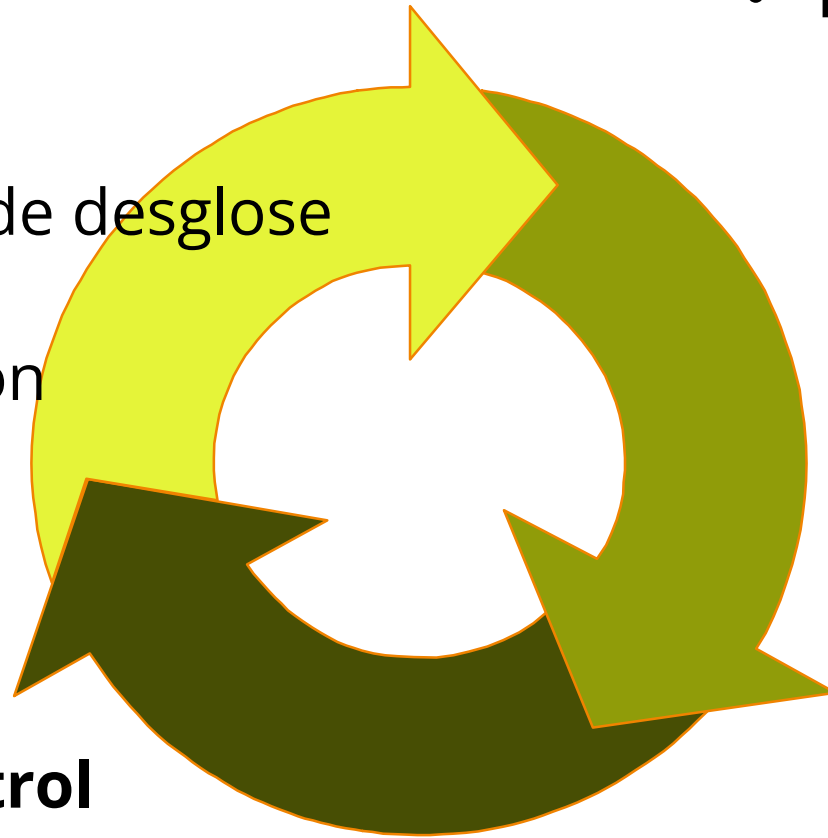
- Objetivos
- Recursos
- Estructura de desglose del trabajo
- Organización

- **Programación**

- Objetivos de los proyectos
- Tiempo de comienzo y finalización
- Relación entre actividades

- **Control**

- Monitoreo, comparación, revisión y acción



PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

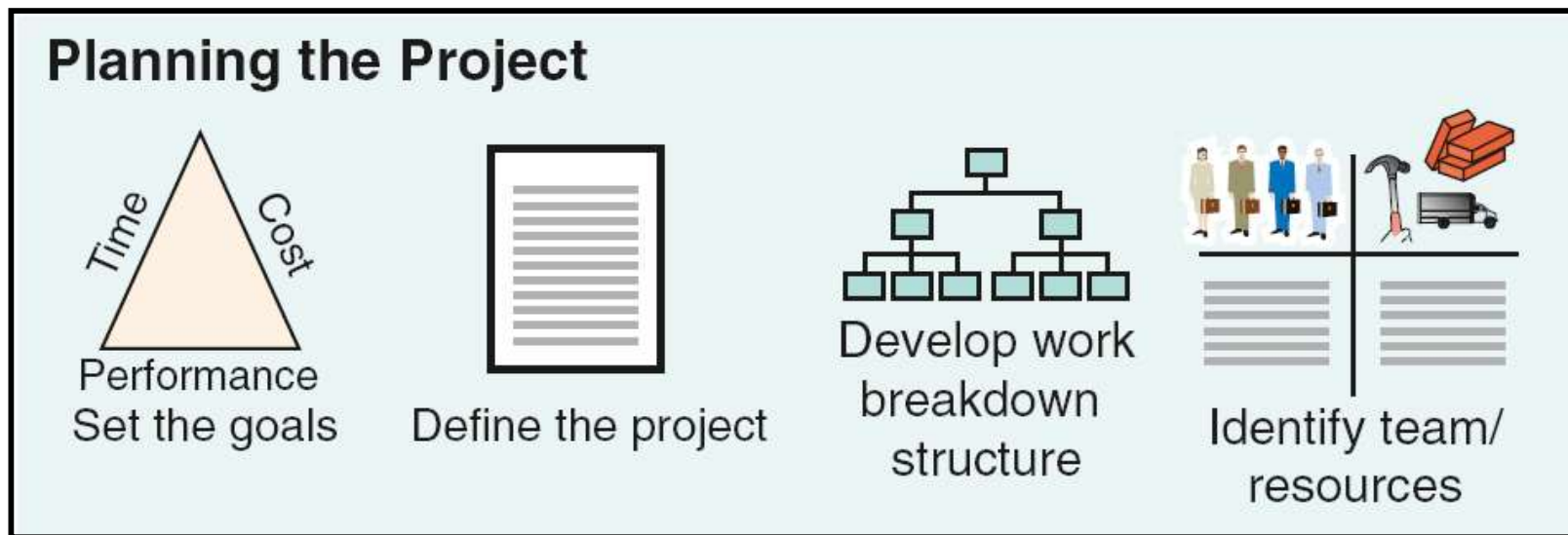


Figure 3.1 Pag. 102



PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

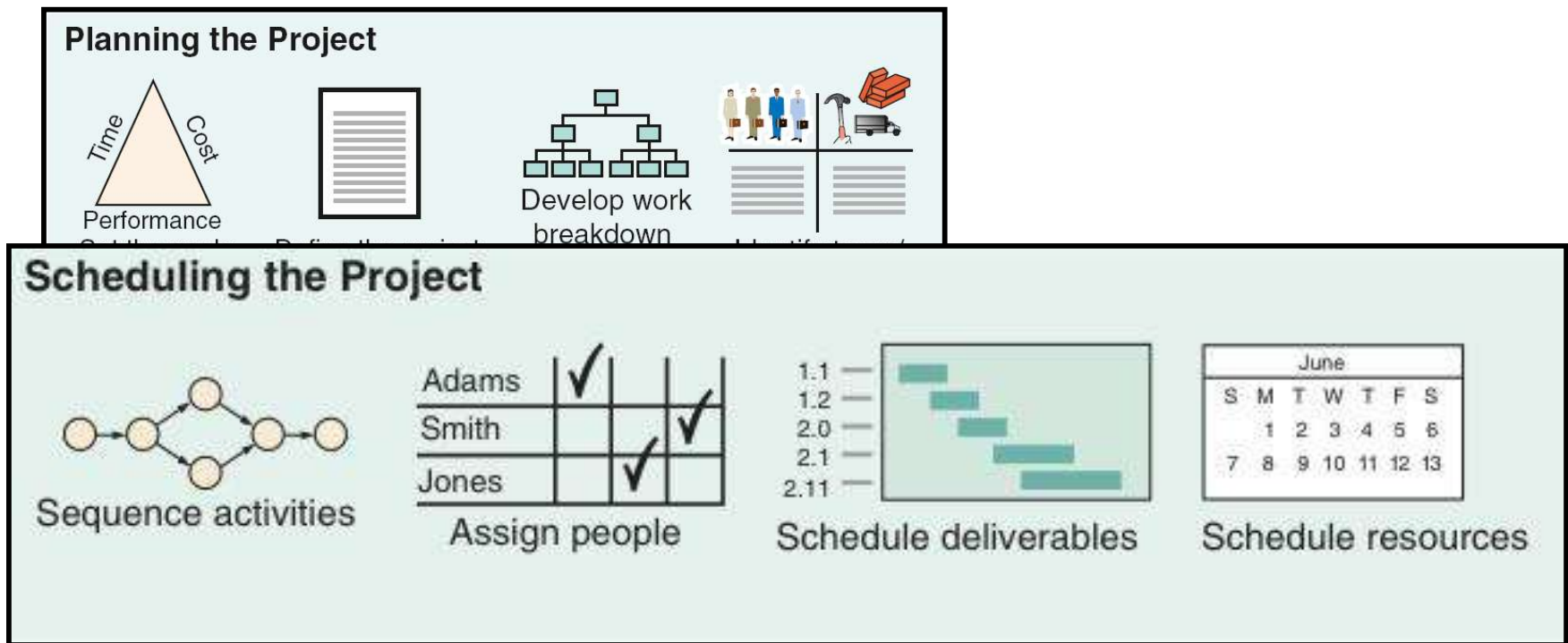


Figure 3.1 Pag. 102



PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

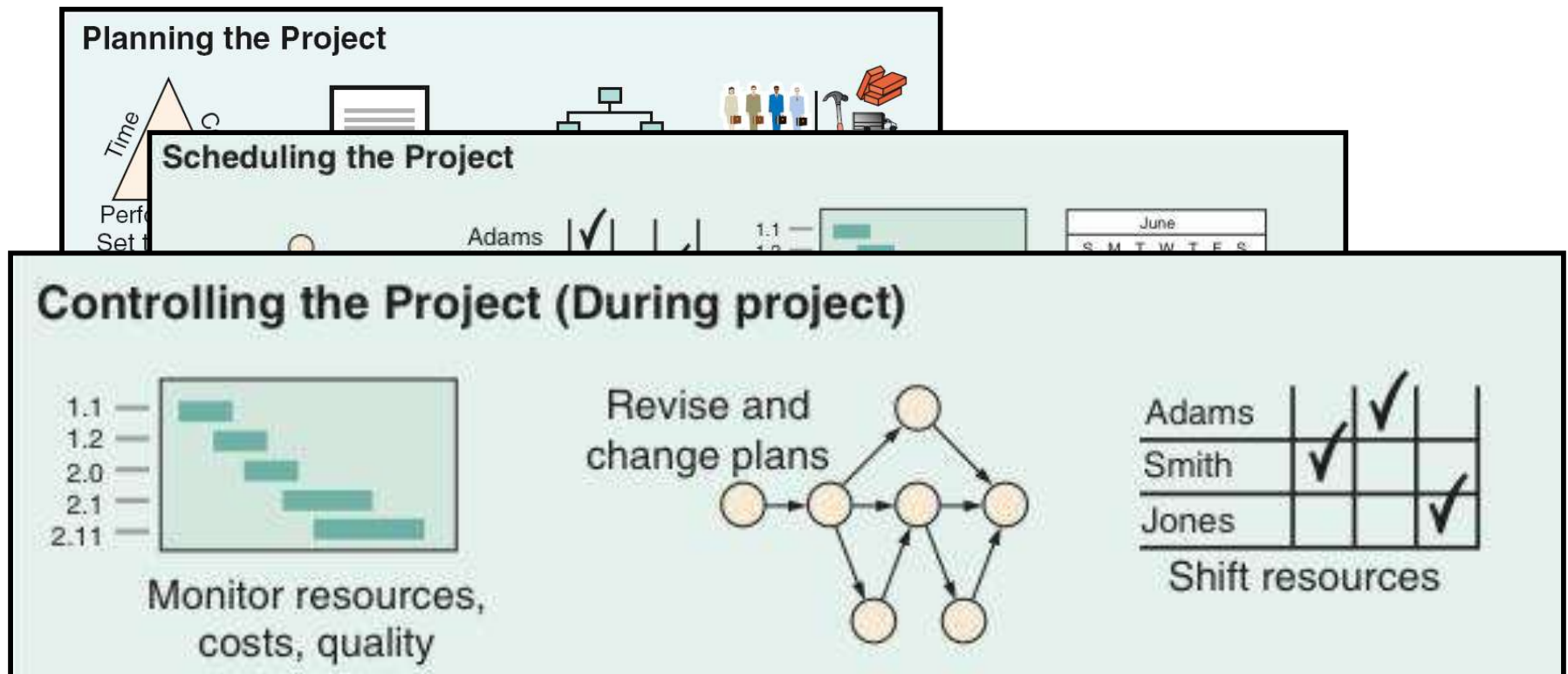
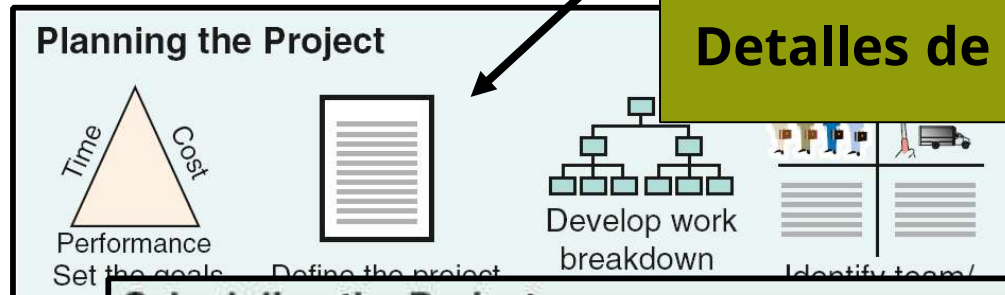


Figure 3.1 Pag. 102

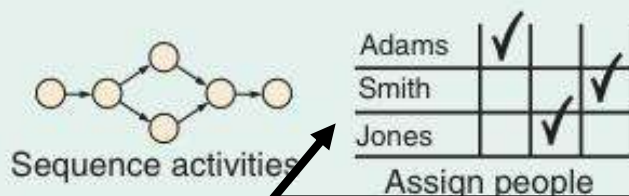


PLANEACIÓN, PR CONTROL DE U

Tiempo/estimación de costos
Presupuesto
Diagramas de ingeniería
Gráficos de flujo de efectivo
Detalles de disponibilidad de materiales

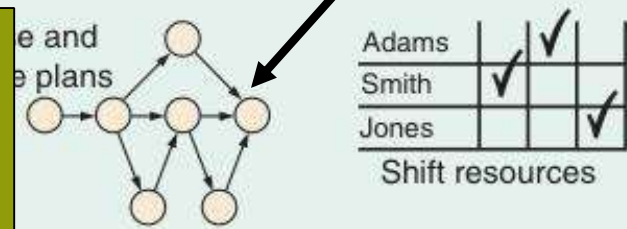


Scheduling the Project



Presupuestos
Informe de actividades retrasadas
Informe de actividades críticas

Controlling the Project (During project)



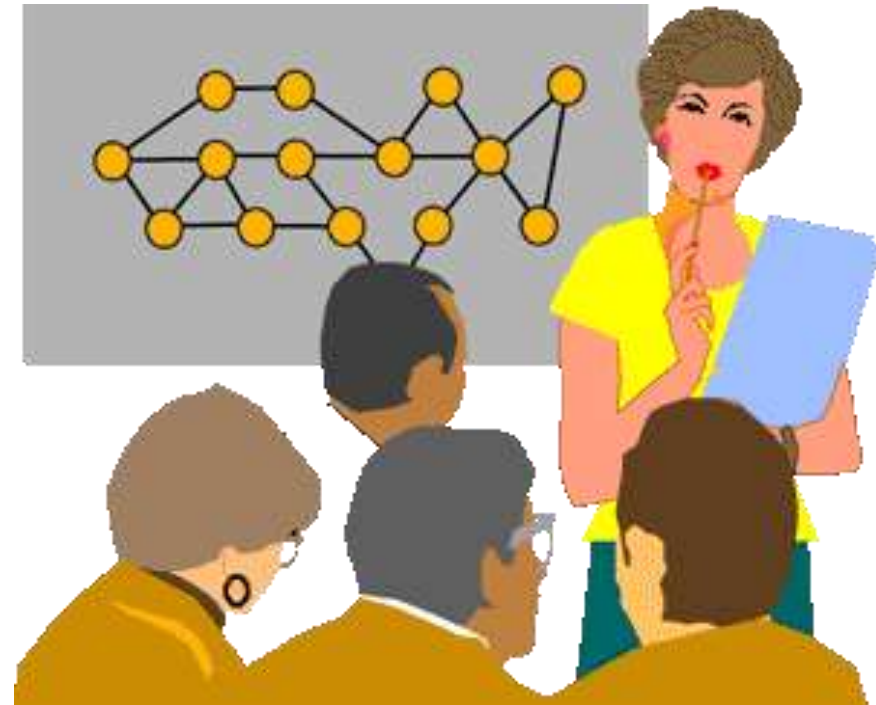
CPM/PERT
Diagrama de Gantt
Programación de flujo de efectivo



PLANEACIÓN DEL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- El establecimiento de objetivos.
- Definición del proyecto.
- Creación de la estructura de desglose del trabajo.
- Determinación de los recursos.
- La formación de la organización.



EJEMPLO DE LA ORGANIZACIÓN DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

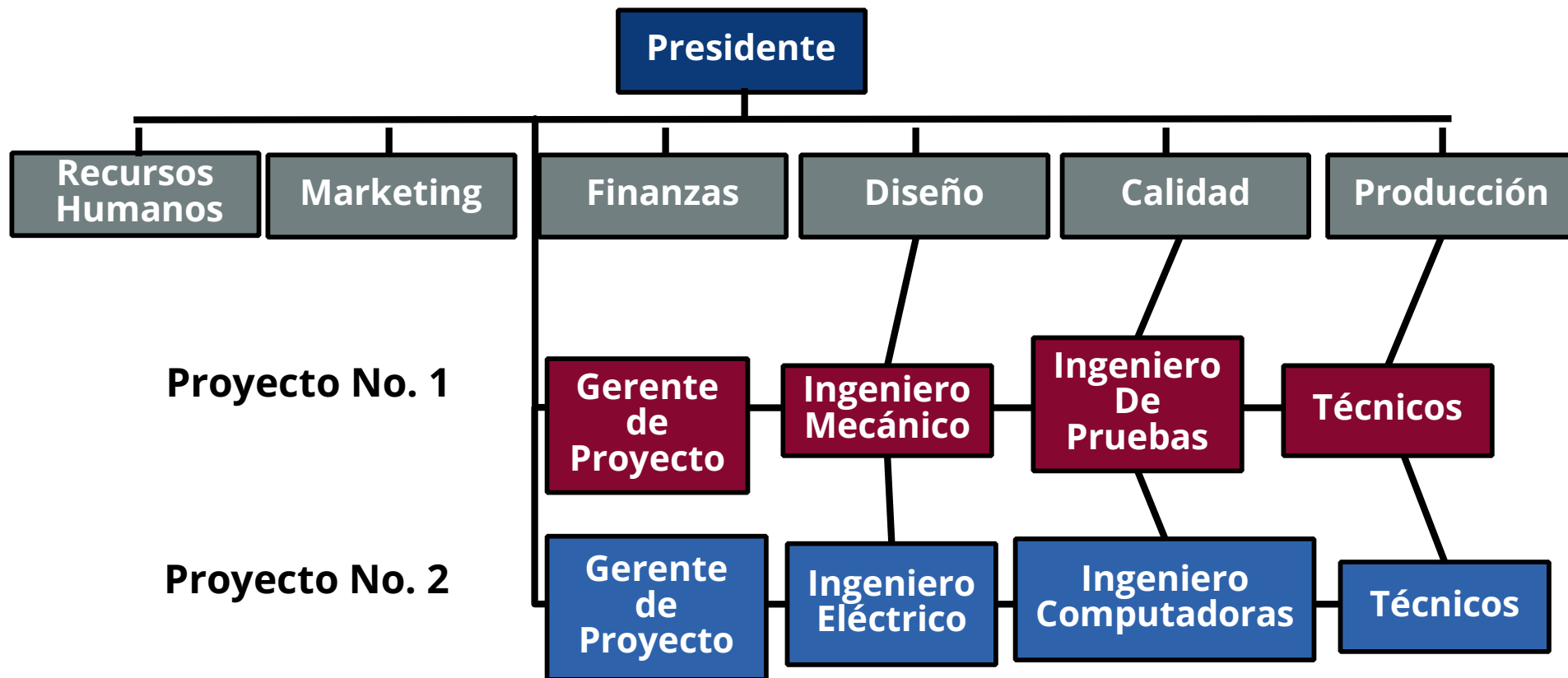


Figure 3.2 Pag. 102



EL ROL DEL GERENTE DE PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- Altamente visible
- Responsable de asegurarse de que:
 1. Todas las actividades necesarias han finalizado en orden y a tiempo.
 2. El proyecto está dentro del presupuesto.
 3. El proyecto cumple con los objetivos de calidad.
 4. Las personas asignadas al proyecto reciben motivación, dirección, e información.



EL ROL DEL GERENTE DE PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- Altamente visible
- Responsable de asegurarse de que:

1. Todas las actividades se completan a tiempo.
2. El proyecto está dentro del presupuesto.
3. El proyecto cumple con los requisitos del cliente.
4. Las personas asignadas al proyecto reciben la dirección, e información necesaria para completar sus tareas.

El Gerente de proyecto debe:

- **Ser un buen entrenador**
- **Ser un buen comunicador**
- **Capaz de organizar actividades de una variedad de disciplinas**



ASPECTOS ÉTICOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- Los administradores de proyectos se enfrentan a muchas decisiones éticas en una base diaria
- El Project Management Institute ha establecido un código ético para hacer frente a problemas como:
 1. Recibir regalos de contratistas.
 2. Presión para alterar informes de estado para enmascarar retrasos.
 3. Los informes falsos para cargos de tiempo y gastos.
 4. La presión para comprometer la calidad para cumplir con la programación.



ESTRUCTURA DEL DESGLOSE DE TRABAJO

PARAGUAYO
ALEMANA

Nivel

1. Proyecto
 2. Tareas principales del proyecto
 3. Sub tareas en las tareas principales
 4. Actividades (o “paquete de trabajo”) que deben completarse



ESTRUCTURA DEL DESGLOSE DE TRABAJO

PARAGUAYO
ALEMANA

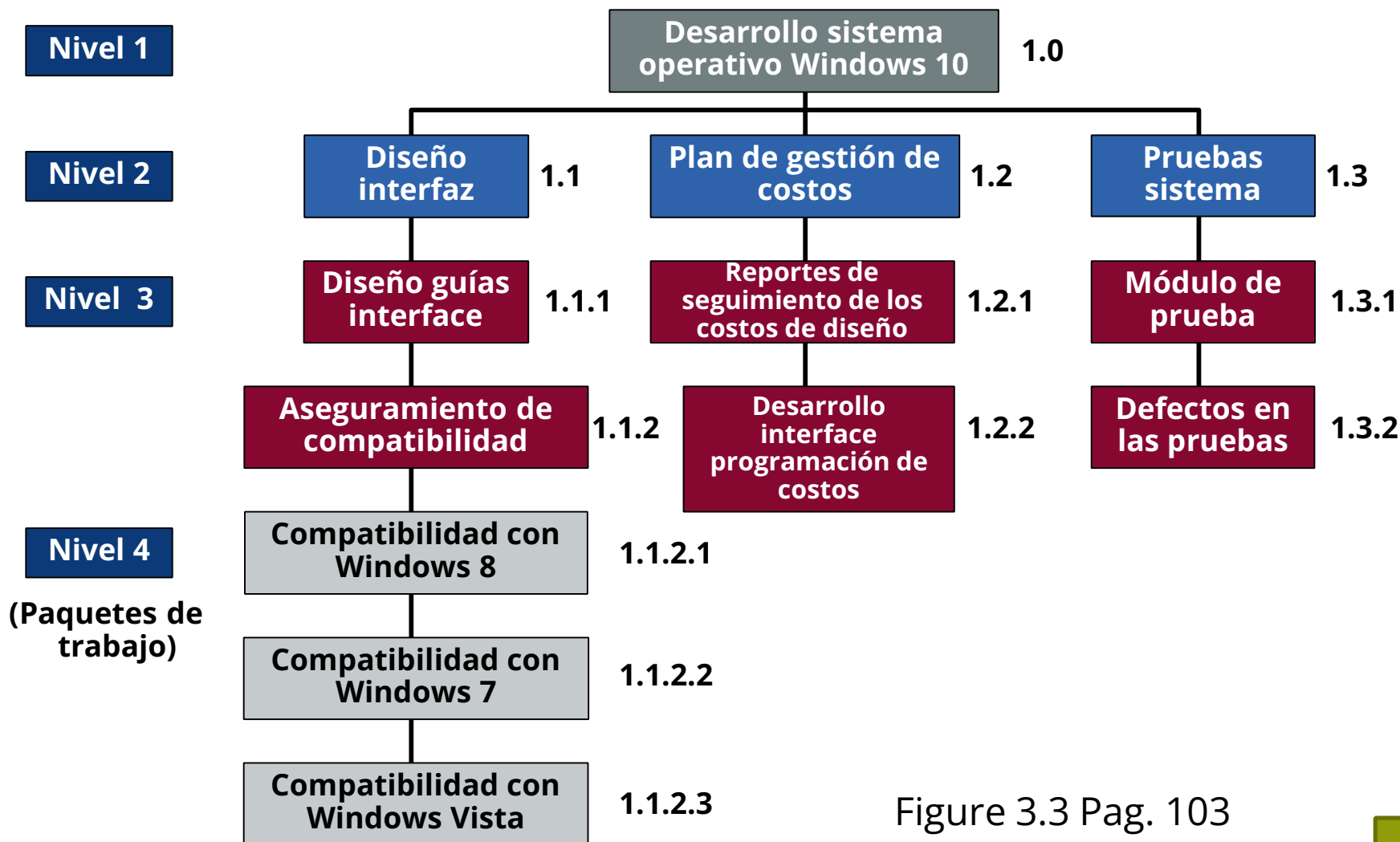


Figure 3.3 Pag. 103



TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

1. Se planean todas las actividades.
2. Se toma en cuenta el orden de desempeño.
3. Se registran las estimaciones de tiempo para cada actividad.
4. Se desarrolla el tiempo global del proyecto.



SERVICIO PARA UN AVIÓN DE DELTA

PARAGUAYO
ALEMANA



Figure 3.4 Pag. 104



AO en acción

El personal de Delta destacado en tierra idea un despegue sin contratiempos

Un sonido de motores anuncia la llegada del vuelo 574 mientras el avión desciende sobre la pista de operaciones de Richmond con 140 pasajeros provenientes de Atlanta. En 40 minutos, el avión debe emprender el vuelo de nuevo.

Sin embargo, antes de que pueda partir hay muchos asuntos por atender: pasajeros, equipaje y carga que descargar y cargar; miles de galones de combustible para el jet e incontables refrescos que volver a surtir; cabina y baños que limpiar; tanques de los sanitarios que deben vaciarse; y motores, alas y tren de aterrizaje que se deben inspeccionar.

Las 10 personas del equipo destacado en tierra saben que una falla en cualquier parte (una ruptura de un contenedor de carga, equipaje perdido, pasajeros en el lugar equivocado) puede significar el retraso de la salida y disparar una reacción en cadena de contratiempos desde Richmond hasta Atlanta, y a todos los destinos con que se conecta el vuelo.

Carla Sutera, la administradora de operaciones para Delta en el aeropuerto internacional de Richmond, ve la operación de rotación como un jefe de pits esperando un auto

de carreras. Los equipos capacitados aguardan listos la llegada del vuelo 574 con carros de equipaje y tractores, elevadores hidráulicos de carga, un camión para el abastecimiento de comida y bebida, otro para transportar al personal de limpieza, otro para surtir el combustible y un cuarto para vaciar los depósitos de agua. Por lo general, el "equipo de pits" realiza su trabajo con tanta tranquilidad que la mayoría de los pasajeros no se imagina la magnitud de su esfuerzo. Las gráficas de Gantt como la de la figura 3.4 ayudan a Delta y a otras aerolíneas en la asignación de personal y en la programación necesarias para realizar esta tarea.

Fuente: Knight Ridder Tribune Business News (16 de julio de 2005) y (21 de noviembre de 2002).



Jeff Tammann/Cathy Imanas



PROPÓSITOS DE LA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA

1. Muestra la relación de cada actividad con las otras actividades y con el proyecto completo.
2. Identifica las relaciones de precedencia entre las actividades.
3. Promueve el establecimiento de tiempos y costos realistas para cada actividad.
4. Ayuda a utilizar de mejor manera a las personas, al dinero y a los recursos materiales al identificar los cuellos de botella críticos del proyecto.



CONTROL DEL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- Monitoreo de recursos, costos, calidad, presupuestos.
- Ciclos de retroalimentación.
- Verificar la capacidad de recursos.
- Uso de paquetes informáticos que producen informes extensos.



SOFTWARE DE GESTIÓN DE PROYECTOS

- Existen varios paquetes populares para la gestión de proyectos
 - Primavera
 - MacProject
 - MindView
 - HP Project
 - Fast Track
 - Microsoft Project

INFORMES DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL DE PROYECTOS

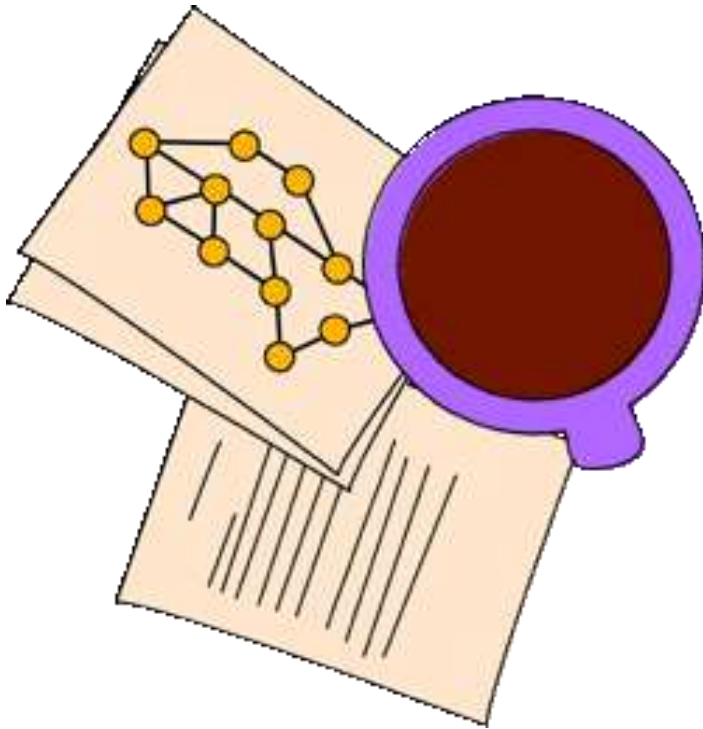
PARAGUAYO
ALEMANA

- Desgloses detallados de costos para cada actividad.
- Curvas laborales de todo el programa.
- Tablas de distribución del costo.
- Costo funcional y resúmenes de horarios.
- Pronósticos de materia prima y gastos.
- Informes de varianza.
- Informes sobre análisis de tiempos.
- Informes acerca del estado del trabajo.



TÉCNICAS DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

PARAGUAYO
ALEMANA



- Diagrama de *Gantt*
- *Critical Path Method* (CPM)
- *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)



PERT Y CPM

- Técnicas de redes.
- Desarrollados en la década de los 50's.
 - CPM por DuPont para plantas químicas (1957).
 - PERT por Booz, Allen & Hamilton con la Armada de Estados Unidos, para los misiles Polaris (1958).
- Considera la posibilidad de relaciones de precedencia e interdependencias.
- Cada uno utiliza una estimación diferente de los tiempos de actividad.



SEIS PASOS DE PERT Y CPM

PARAGUAYO
ALEMANA

1. Definir el proyecto y preparar la estructura de desglose del trabajo.
2. Desarrollar las relaciones entre las actividades. Decidir qué actividad debe preceder y cuál debe seguir a otras.
3. Dibujar la red que conecta todas las actividades.
4. Asignar estimaciones de tiempo y/o costo a cada actividad.
5. Calcular el tiempo de la ruta más larga a través de la red. Ésta se denomina ruta crítica.
6. Usar la red como ayuda para planear, programar, supervisar y controlar el proyecto.



PREGUNTAS QUE EL PERT Y CPM PUEDEN CONTESTAR

PARAGUAYO
ALEMANA

1. ¿Cuándo concluirá el proyecto completo?
2. ¿Cuáles son las actividades o tareas críticas del proyecto, es decir, qué actividades retrasarán todo el proyecto si se demoran?
3. ¿Cuáles son las actividades no críticas, aquellas que pueden retrasarse sin detener la conclusión de todo el proyecto?
4. ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto en una fecha específica?



PREGUNTAS QUE EL PERT Y CPM PUEDEN CONTESTAR

PARAGUAYO
ALEMANA

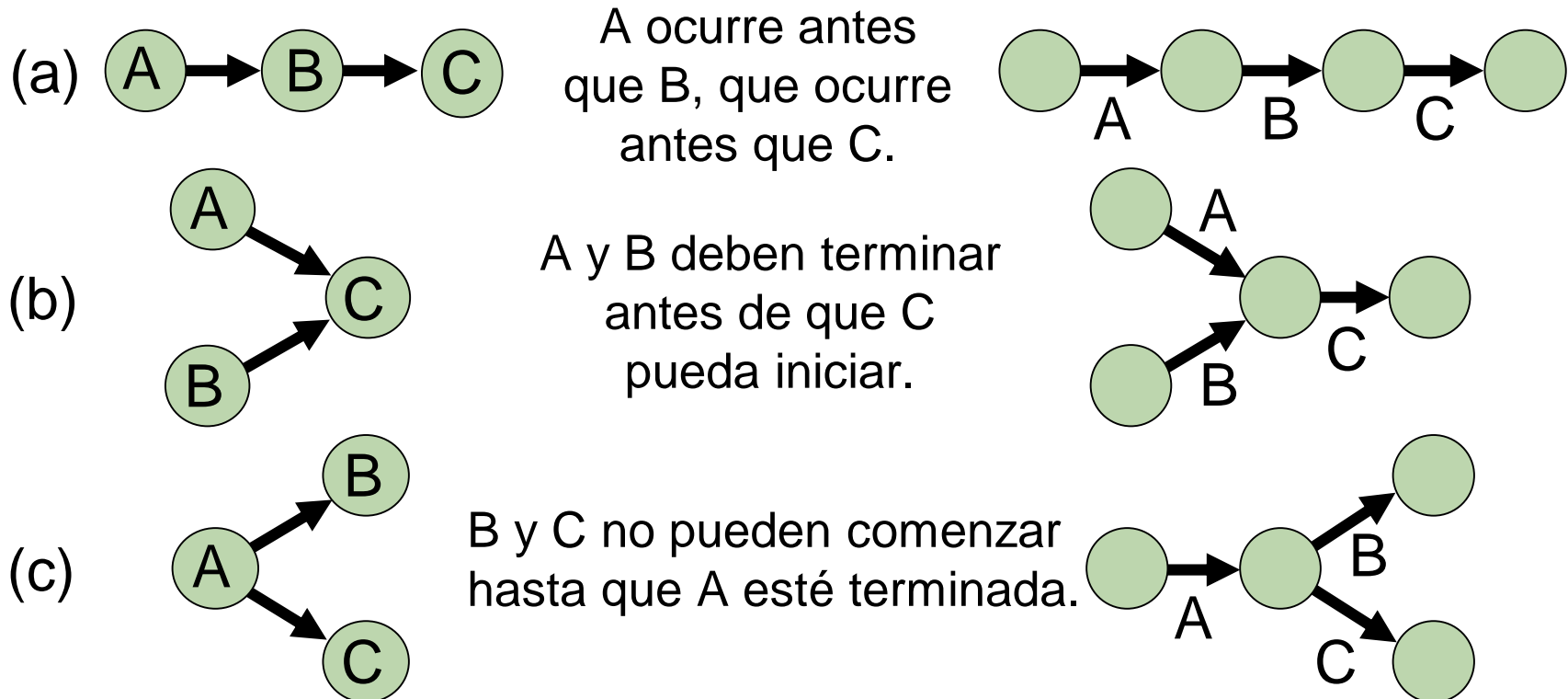
5. Para una fecha en particular, ¿el proyecto está a tiempo, retrasado o adelantado con respecto al programa?
6. Para una fecha dada, ¿el dinero gastado es igual, menor, o mayor que la cantidad presupuestada?
7. ¿Se dispone de suficientes recursos para terminar el proyecto a tiempo?
8. Si el proyecto debe terminar en menor tiempo, ¿cuál es la mejor manera de lograr esta meta al menor costo?



COMPARACIÓN DE LAS CONVENCIONES DE RED

PARAGUAYO
ALEMANA

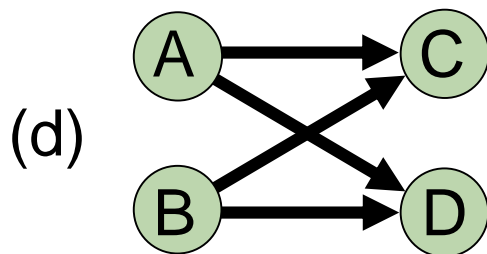
las	Actividades en	Significado	Actividad en
	Node (AFN) de la actividad		Flechas (AFE)



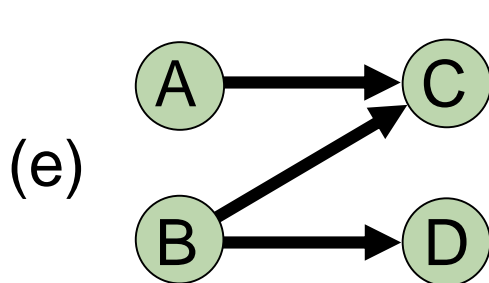
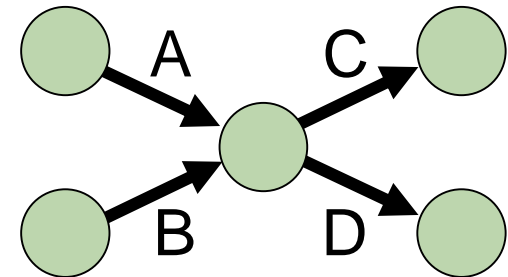
COMPARACIÓN DE LAS CONVENCIONES DE RED

PARAGUAYO
ALEMANA

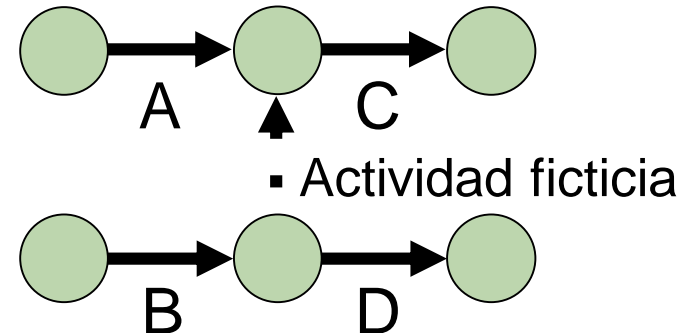
las	Actividades en	Significado	Actividad en
	Node (AFN) de la actividad		Flechas (AEF)



C y D no pueden comenzar hasta que A y B terminan.



C no puede comenzar si A y B no han terminado;
D no puede iniciar sino hasta que concluya B.
En AEF se introduce una actividad ficticia.

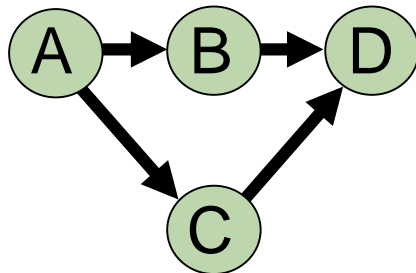


COMPARACIÓN DE LAS CONVENCIONES DE RED

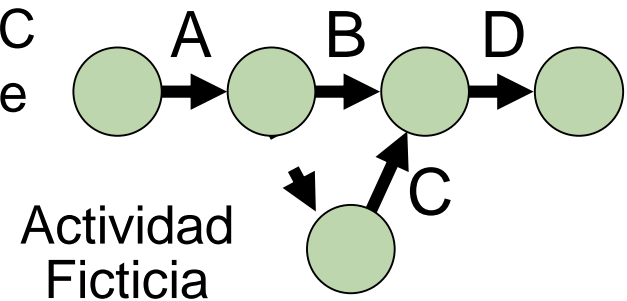
PARAGUAYO
ALEMANA

las	Actividades en	Significado	Actividad en
	Node (AFN) de la actividad		Flechas (AEF)

(f)



B y C no pueden comenzar sino hasta que termine A. D no puede iniciar si B y C no terminan. De nuevo se introduce una actividad ficticia en AEF.



Una **actividad ficticia** no consume tiempo ni recursos, pero se requiere cuando una red tiene dos actividades con eventos idénticos de inicio y conclusión, o cuando dos o más actividades siguen a algunas, pero no a todas, las actividades precedentes. Una actividad ficticia tiene un tiempo de terminación cero.

EJEMPLO ACTIVIDADES DE NODOS

RELACIONES PREDECESORAS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN EN MILWAUKEE PAPER

La empresa Milwaukee Paper Manufacturing había tratado de evitar durante mucho tiempo el gasto de instalar en su planta equipo moderno computarizado para el control de la contaminación del aire. Pero cuando el consejo de administración adoptó una nueva política proactiva para la sostenibilidad, no sólo *autorizó* el presupuesto para el equipamiento de última tecnología. Dio instrucciones a la gerente de planta, Julie Ann Williams, de completar la instalación a tiempo para hacer un importante anuncio de la política, el Día de la Tierra, ¡exactamente dentro de 16 semanas! Bajo un estricto tiempo límite establecido por sus jefes, Williams quiere asegurarse de que la instalación del sistema de filtrado avance sin complicaciones y se termine a tiempo.

Dada la siguiente información, desarrolle una tabla que muestre las relaciones de precedencia entre las actividades.

MÉTODO ► Milwaukee Paper ha identificado las ocho actividades que deben realizarse para terminar el proyecto. Cuando el proyecto comience, se pueden realizar dos actividades en forma simultánea: construir los componentes internos para el dispositivo (actividad A) y hacer las modificaciones necesarias en pisos y techos (actividad B). La construcción de la pila de recolección (actividad C) puede comenzar cuando los componentes internos estén instalados. El vaciado del piso de concreto y la instalación del marco (actividad D) pueden comenzar tan pronto como los componentes internos estén completos y los techos y pisos hayan sido modificados.

Después de construir la pila de recolección, pueden comenzar dos actividades más: la construcción del horno de alta temperatura (actividad E) y la instalación del sistema de control de contaminación (actividad F). El dispositivo para el aire contaminado puede instalarse (actividad G) después de vaciar el piso de concreto, instalar el marco y construir el horno de alta temperatura. Por último, una vez instalado el sistema de control y el dispositivo para el aire contaminado, se puede inspeccionar y probar el sistema (actividad H).



EJEMPLO ACTIVIDADES DE NODOS

PARAGUAYO
ALEMANA

Tabla 3.1 Actividades y Predecesores Milwaukee Paper Manufacturing.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PREDECESORES INMEDIATOS
A	Construir componentes internos	—
B	Modificar pisos y techos	—
C	Construir pila de recolección	A
D	Vaciar concreto e instalar marco	A, B
E	Construir horno alta temperatura	C
F	Instalar sistema de control de contaminación	C
G	Instalar dispositivo para aire contaminado	D, E
H	Inspección y pruebas	F, G



GRÁFICA AEN PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

GRÁFICA AEN PARA MILWAUKEE PAPER

Dibuje una red AEN para Milwaukee Paper empleando los datos del ejemplo 1.

MÉTODO ► En el enfoque AEN, cada actividad se representa mediante un nodo. Las flechas o arcos representan las relaciones de precedencia entre las actividades.

SOLUCIÓN ► En este ejemplo hay dos actividades (A y B) que no tienen precedentes. Se dibujan nodos separados para cada actividad, como se muestra en la figura 3.5. Aunque no es necesario, puede resultar conveniente tener una sola actividad al inicio del proyecto. Por lo tanto, se incluye una *actividad ficticia* denominada *Inicio* en la figura 3.5. Esta *actividad ficticia* no existe en realidad, ni requiere tiempo ni recursos. La actividad *Inicio* es el predecesor inmediato de las actividades A y B, y sirve como actividad única de arranque para todo el proyecto.



GRÁFICA AEN PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

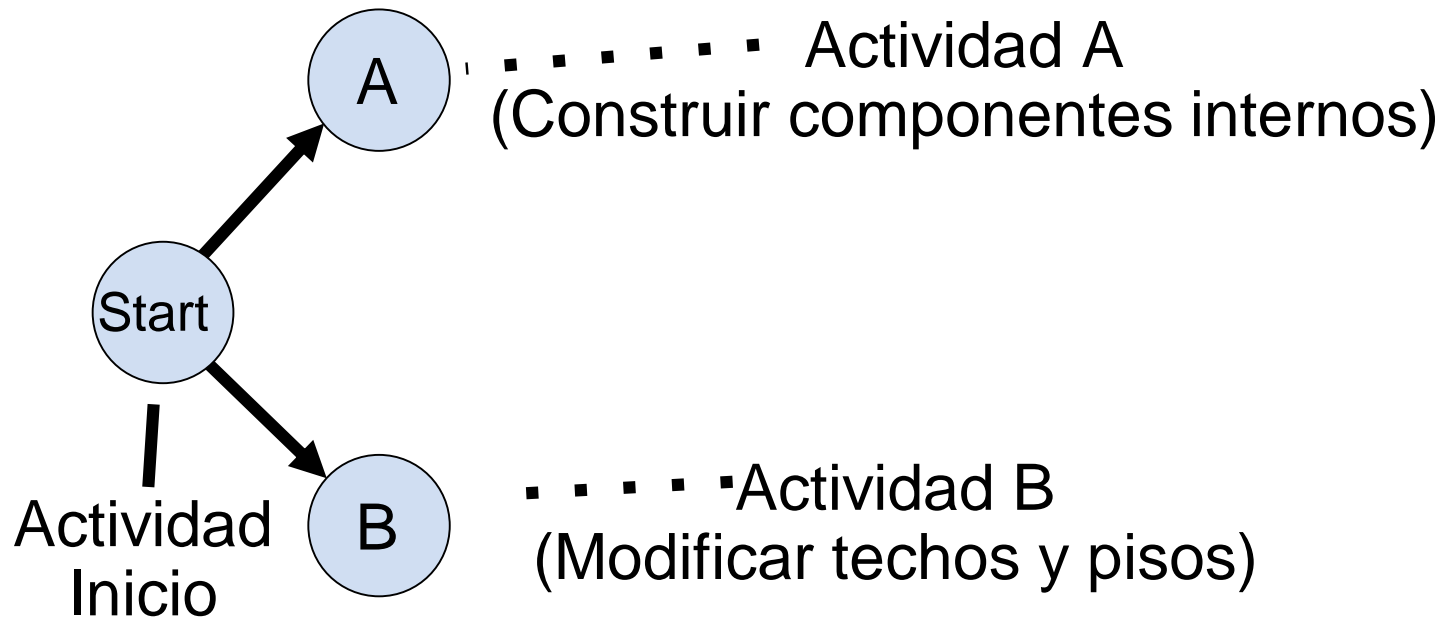


Figure 3.5 Pag. 109

GRÁFICA AEN PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

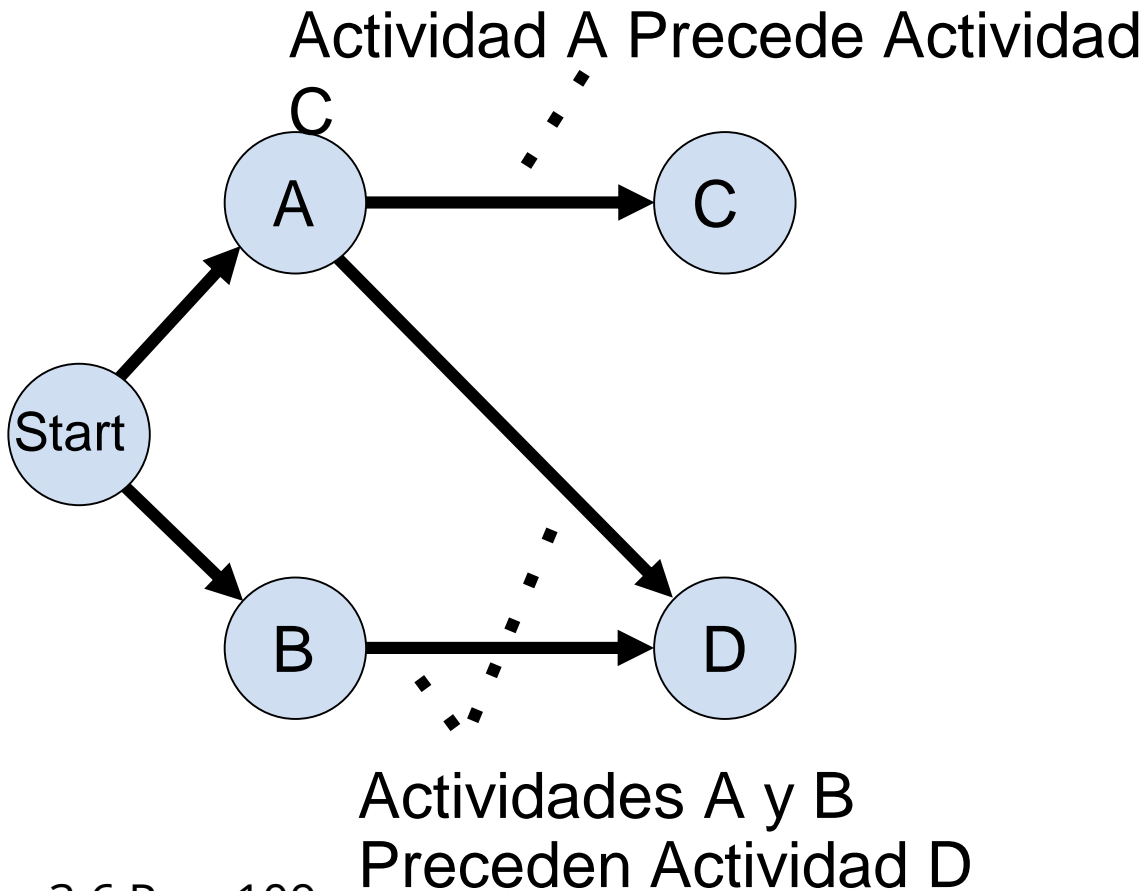
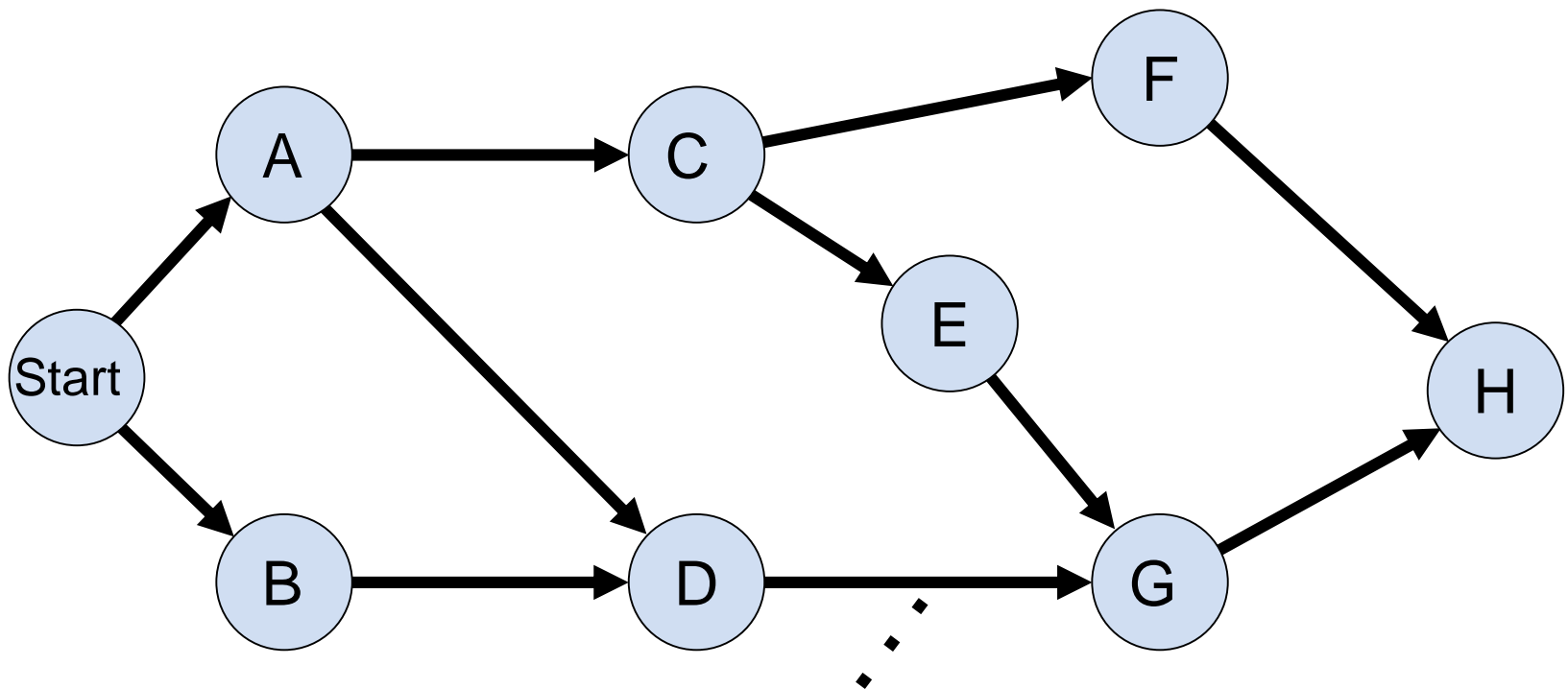


Figure 3.6 Pag. 109

GRÁFICA AEN PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA



Las flechas muestran las
relaciones de precedencia

GRÁFICA AEF PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

ACTIVIDADES EN LAS FLECHAS PARA MILWAUKEE PAPER

Dibuje la red de proyecto AEF completa para el problema de Milwaukee Paper.

MÉTODO ► Usando los datos de la tabla 3.1 del ejemplo 1, dibuje una actividad a la vez comenzando con A.

SOLUCIÓN ► Se observa que la actividad A inicia en el evento 1 y termina en el evento 2. De igual forma, la actividad B comienza en el evento 1 y termina en el evento 3. La actividad C, cuyo único precedente inmediato es la actividad A, comienza en el nodo 2 y termina en el nodo 4. Sin embargo, la actividad D tiene dos precedentes (A y B). Por consiguiente, es necesario que las dos actividades A y B terminen en el evento 3 para que la actividad D pueda comenzar en ese evento. Pero una red AEF no puede tener varias actividades con nodos comunes de inicio y terminación. Para superar esta dificultad, agregamos una flecha ficticia (actividad) para reforzar la relación de precedencia. La actividad ficticia, que se observa en la figura 3.8 como una línea discontinua, se inserta entre los eventos 2 y 3 para que el diagrama refleje la relación de precedencia entre A y D. También se muestra el resto de la red de proyecto AEF para el ejemplo de Milwaukee Paper.



GRÁFICA AEF PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

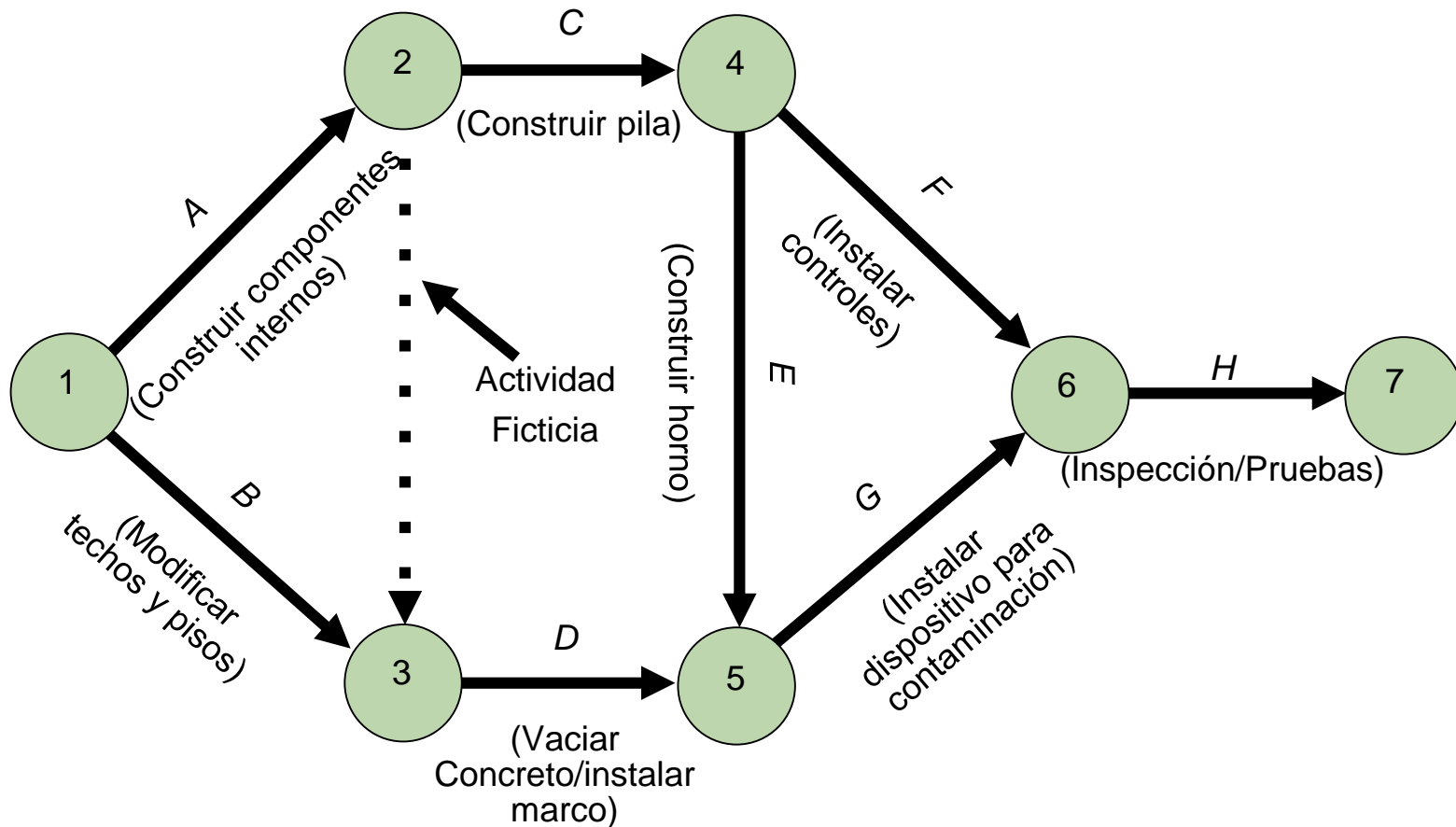


Figure 3.8 Pag. 110

DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Análisis de la ruta crítica

- ▶ La ruta crítica es la ruta más larga a través de la red.
- ▶ La ruta crítica es el menor tiempo en el que el proyecto puede ser completado.
- ▶ Cualquier retraso en las actividades de la ruta crítica retrasa el proyecto.
- ▶ Las actividades del camino crítico no tienen tiempo de holgura.



DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Tabla 3.2 Estimaciones de tiempo para Milwaukee Paper Manufacturing

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (SEMANAS)
A	Construir componentes internos	2
B	Modificar pisos y techos	3
C	Construir pila de recolección	2
D	Vaciar concreto e instalar marco	4
E	Construir horno alta temperatura	4
F	Instalar sistema de control de contaminación	3
G	Instalar dispositivo para aire contaminado	5
H	Inspección y pruebas	2
	Tiempo Total (semanas)	25



DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Análisis de la ruta crítica

Inicio más cercano (IC) = el tiempo más cercano en que puede empezar una actividad, suponiendo que todas las actividades precedentes han sido completadas.

Terminación más cercana (TC) = el tiempo más cercano en que una actividad puede terminar.

Inicio más lejano (IL) = tiempo más lejano en que una actividad puede comenzar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto.

Terminación más lejana (TL) = tiempo más lejano en que una actividad puede terminar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto.



DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Formato de la actividad

Nombre o símbolo de
la actividad

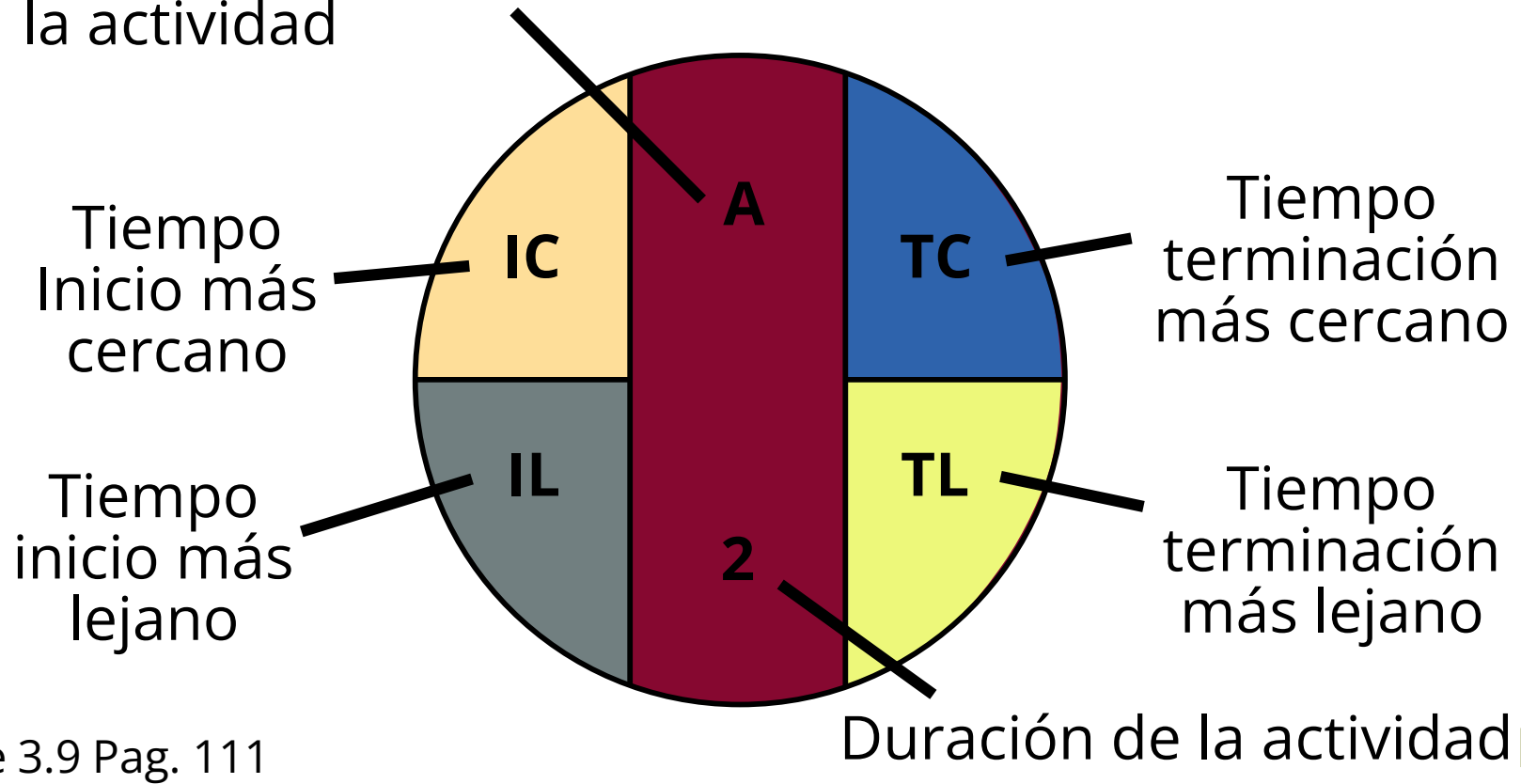


Figure 3.9 Pag. 111

DETERMINACIÓN DEL PROGRAMA MAESTRO DE UN PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

- Para determinar el programa de tiempos para cada actividad se usa un proceso de dos pasadas, el cual consiste en una pasada hacia adelante y una pasada hacia atrás.
- Los **tiempos más cercanos para iniciar y terminar** (IC y TC) se determinan durante la **pasada hacia adelante**.
- Los **tiempos más lejanos para iniciar y terminar** (IL y TL) se determinan durante la **pasada hacia atrás**.



PASADA HACIA ADELANTE

PARAGUAYO
ALEMANA

- **Regla del tiempo de inicio más cercano:** Antes de iniciar una actividad, todos sus precedentes inmediatos deben haber terminado.
 - Si una actividad tiene sólo un precedente inmediato, su IC es igual a la TC de su precedente.
 - Si una actividad tiene precedentes inmediatos múltiples, su IC es el máximo de todos los valores TC de sus precedentes. Es decir,

$$IC = \text{Máx} \{TC \text{ de todos los precedentes inmediatos}\}$$

Equation 3-1 Pag. 112



PASADA HACIA ADELANTE

PARAGUAYO
ALEMANA

- **Regla de la terminación más cercana:** El tiempo de terminación más cercano (TC) de una actividad es la suma de su tiempo de inicio más cercano (IC) más la duración de la actividad. Es decir,

$$TC = IC + \text{tiempo de la actividad}$$

Equation 3-2 Pag. 112



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 4 Pag. 73

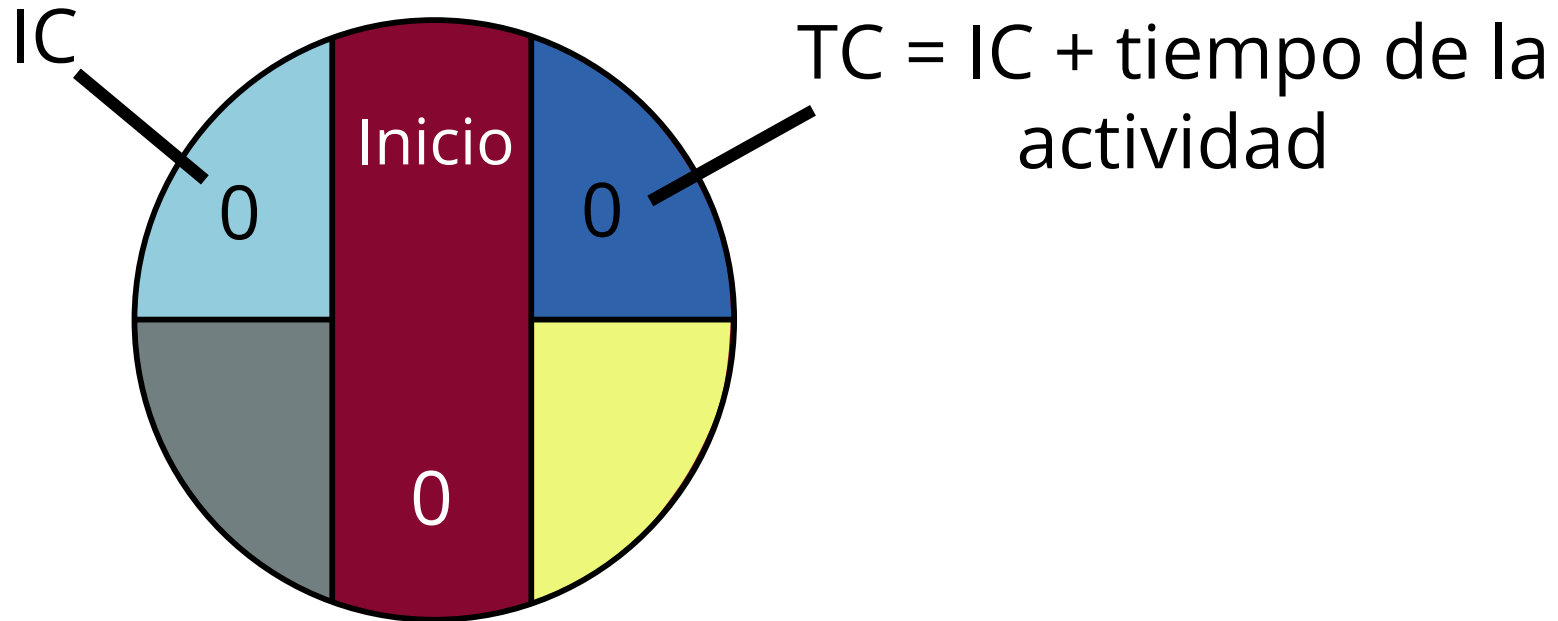


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

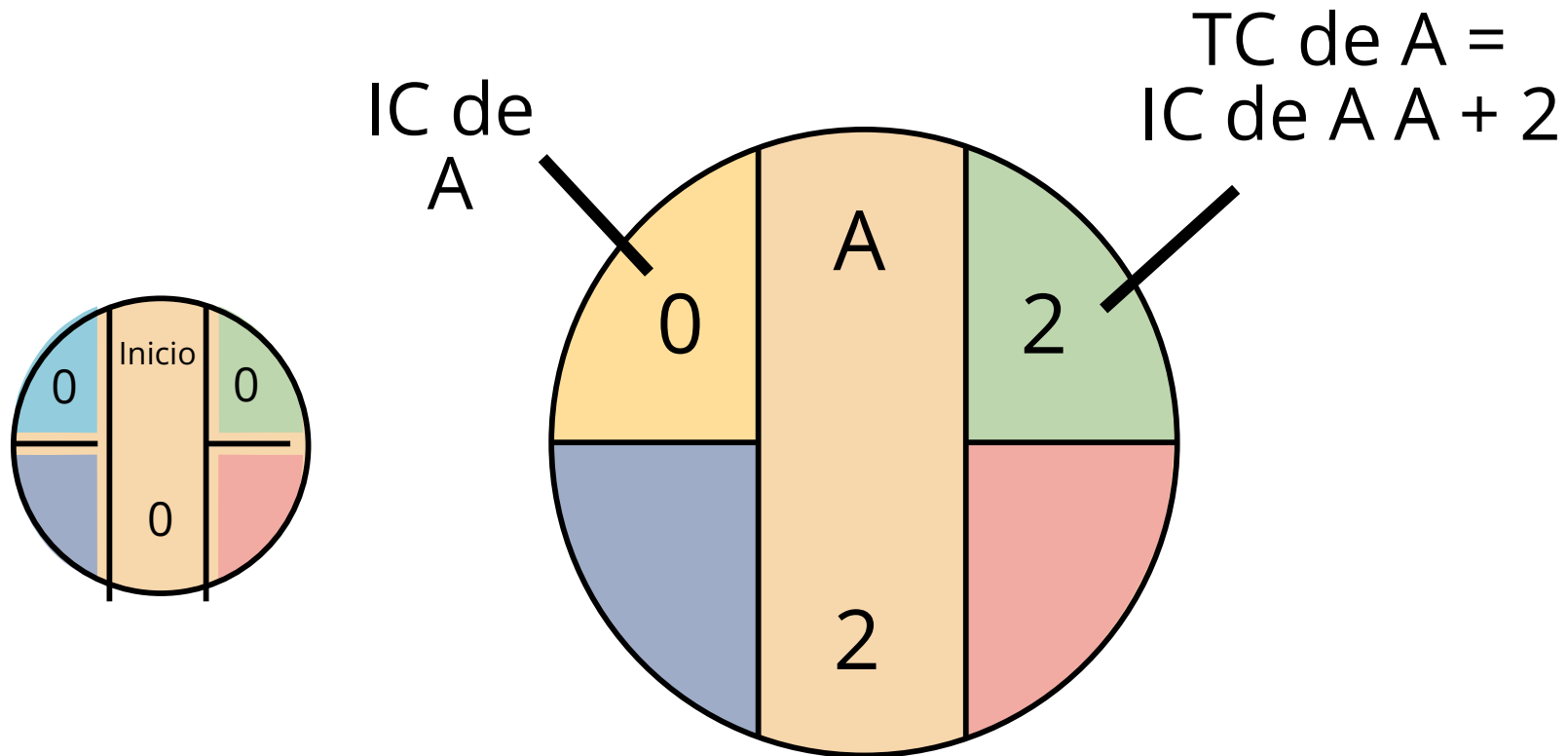


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

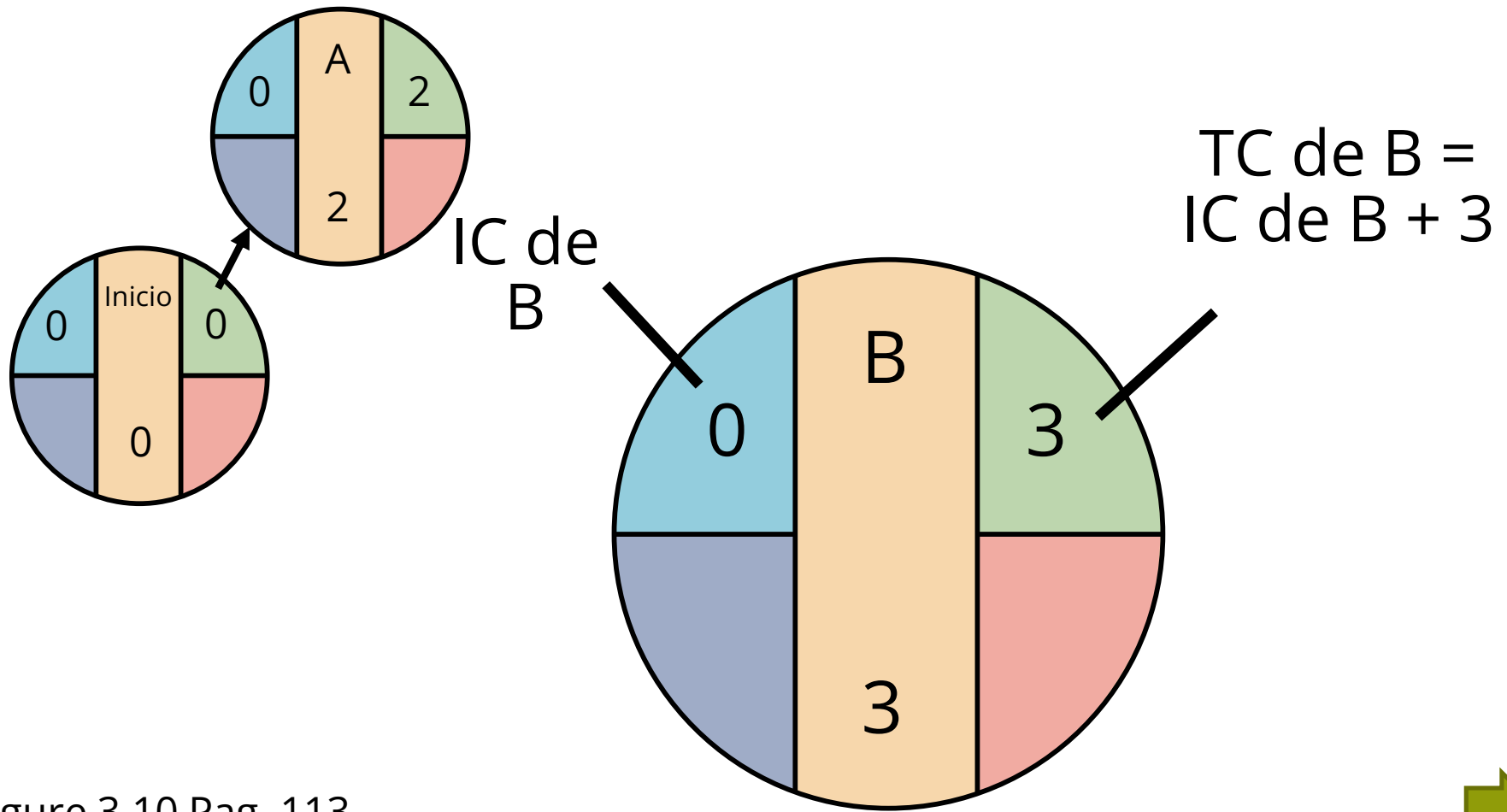


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

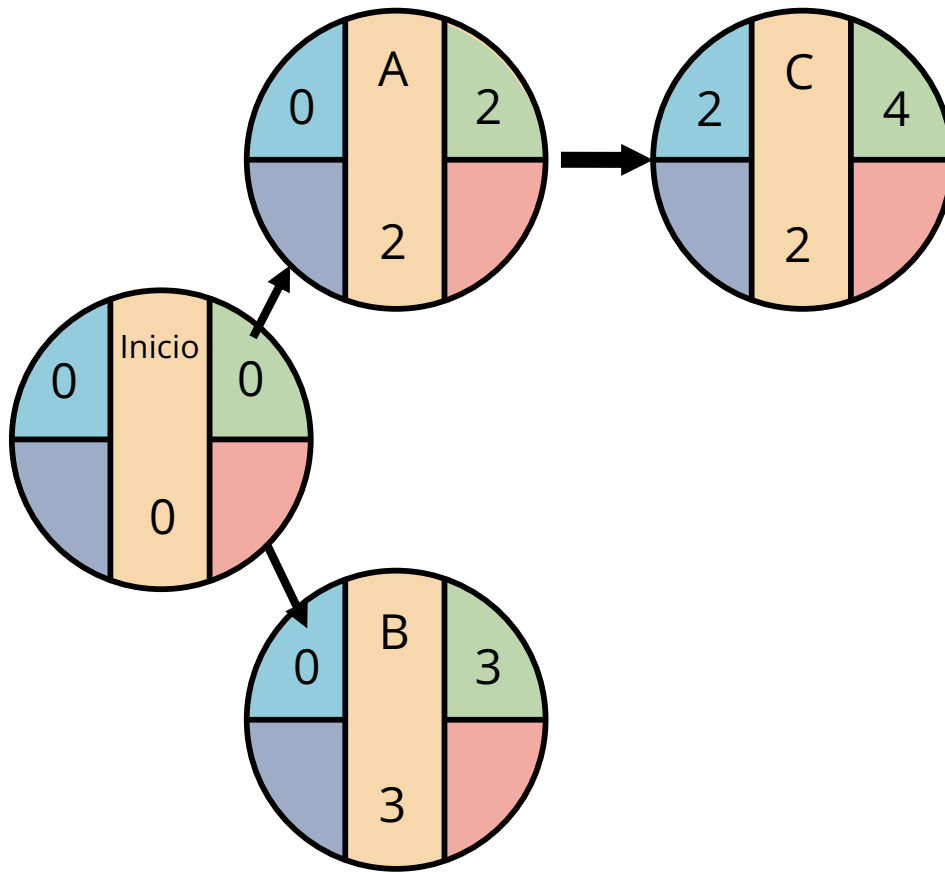


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

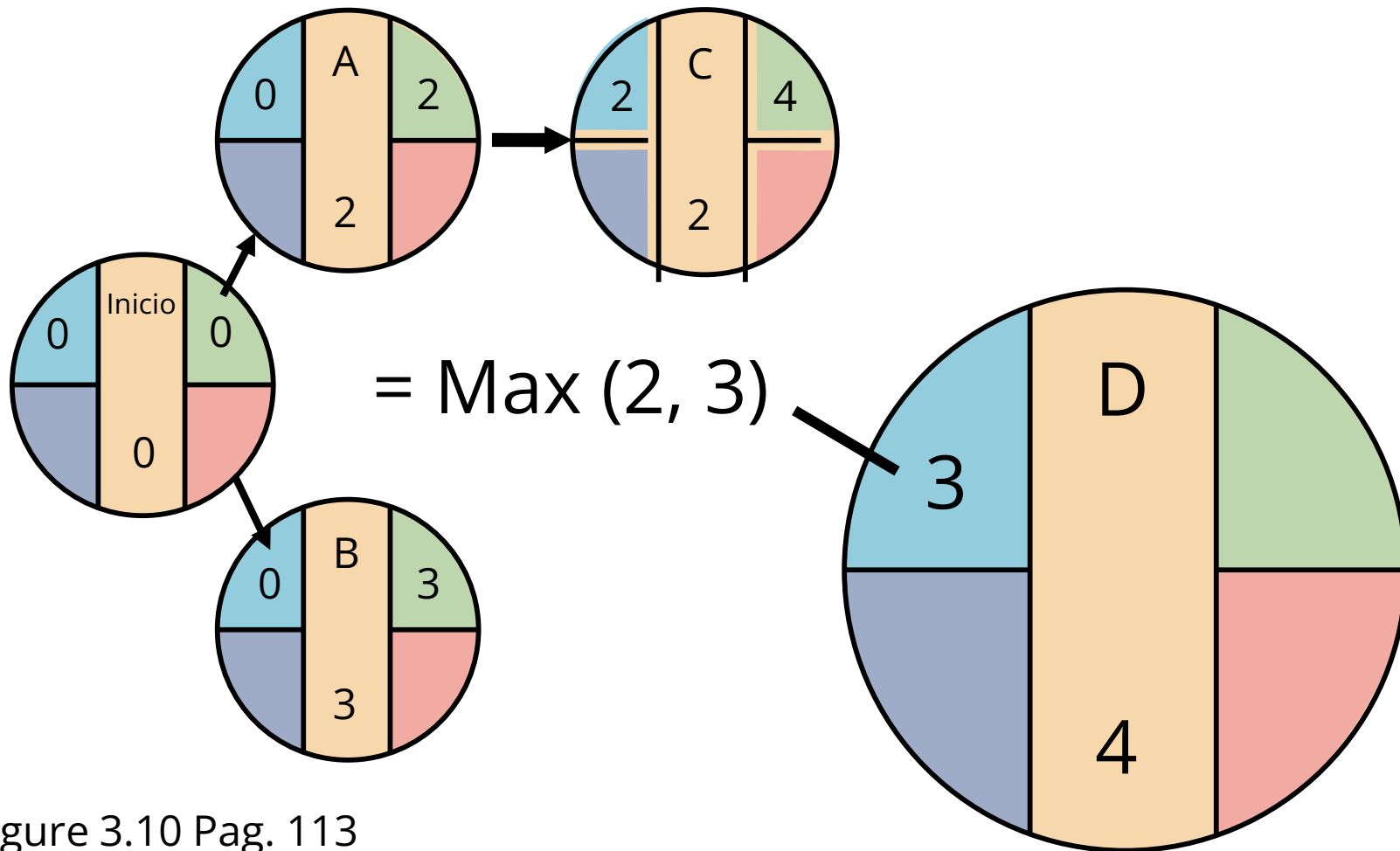


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

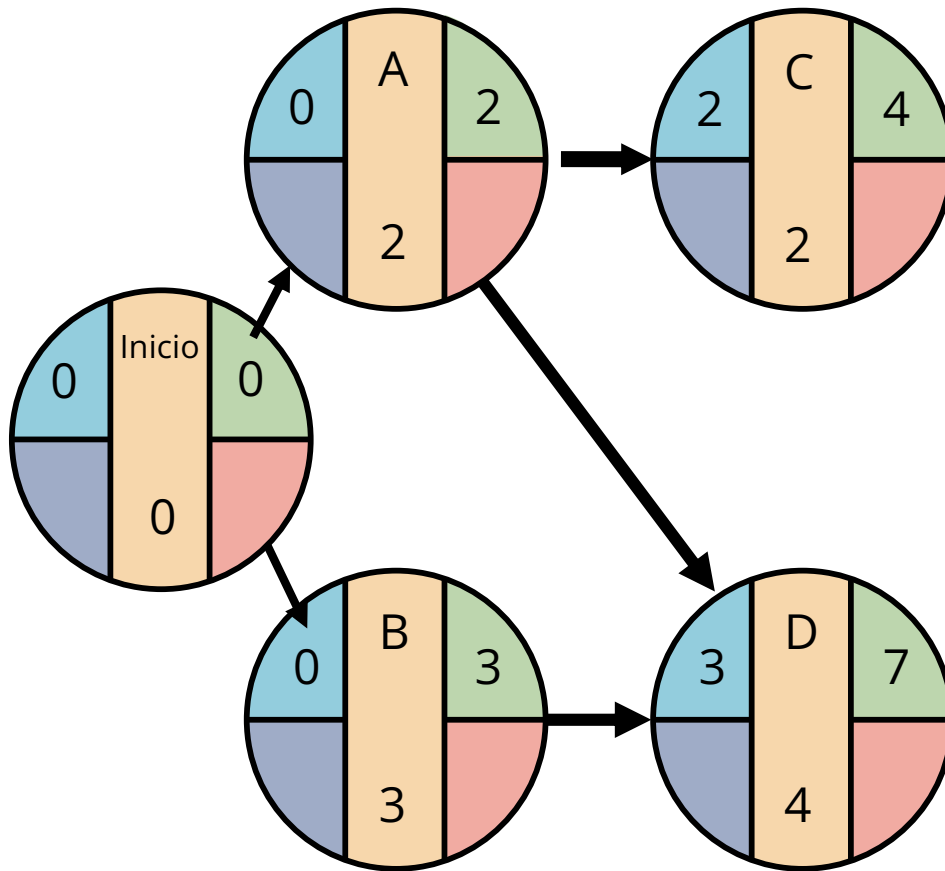


Figure 3.10 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS CERCANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

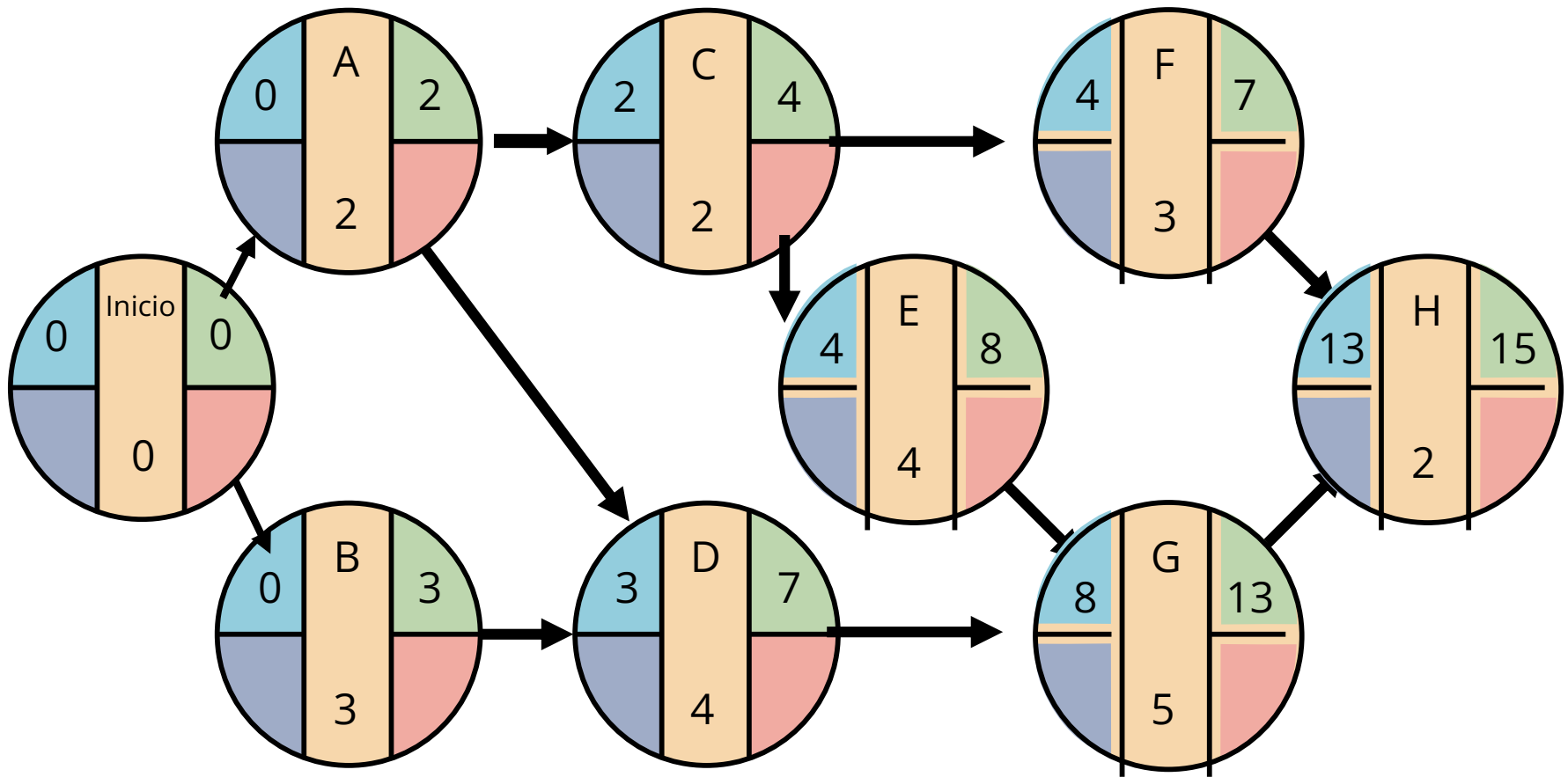


Figure 3.10 Pag. 113



PASADA HACIA ATRÁS

PARAGUAYO
ALEMANA

- Así como la pasada hacia adelante comienza con la primera actividad del proyecto, **la pasada hacia atrás** comienza con la última.
- Para cada actividad, primero determinamos su valor de TL, seguido por su valor de IL.
- En este proceso se usan las siguientes dos reglas.
 - Regla del tiempo de terminación más lejano.
 - Regla de tiempo de inicio más lejano.



PASADA HACIA ATRÁS

PARAGUAYO
ALEMANA

- **Regla del tiempo de terminación más lejano:** De nuevo, esta regla se basa en el hecho de que antes de que una actividad pueda comenzar, todos sus precedentes inmediatos deben haber terminado.
 - Si una actividad es precedente inmediato de una sola actividad, su TL es igual al IL de la actividad que le sigue inmediatamente.
 - Si una actividad es precedente inmediato de más de una actividad, su TL es el mínimo de todos los valores IL de todas las actividades que la siguen inmediatamente. Es decir,

$$TL = \text{Mín} \{IL \text{ de todas las actividades inmediatas que le siguen}\}$$

Equation 3-3 Pag. 113



PASADA HACIA ATRÁS

PARAGUAYO
ALEMANA

- **Regla del tiempo de inicio más lejano:** El tiempo de inicio más lejano (IL) de una actividad es la diferencia que hay entre su tiempo de terminación más lejano (TL) y su tiempo de actividad. Es decir,

$$IL = TL - \text{tiempo de actividad}$$

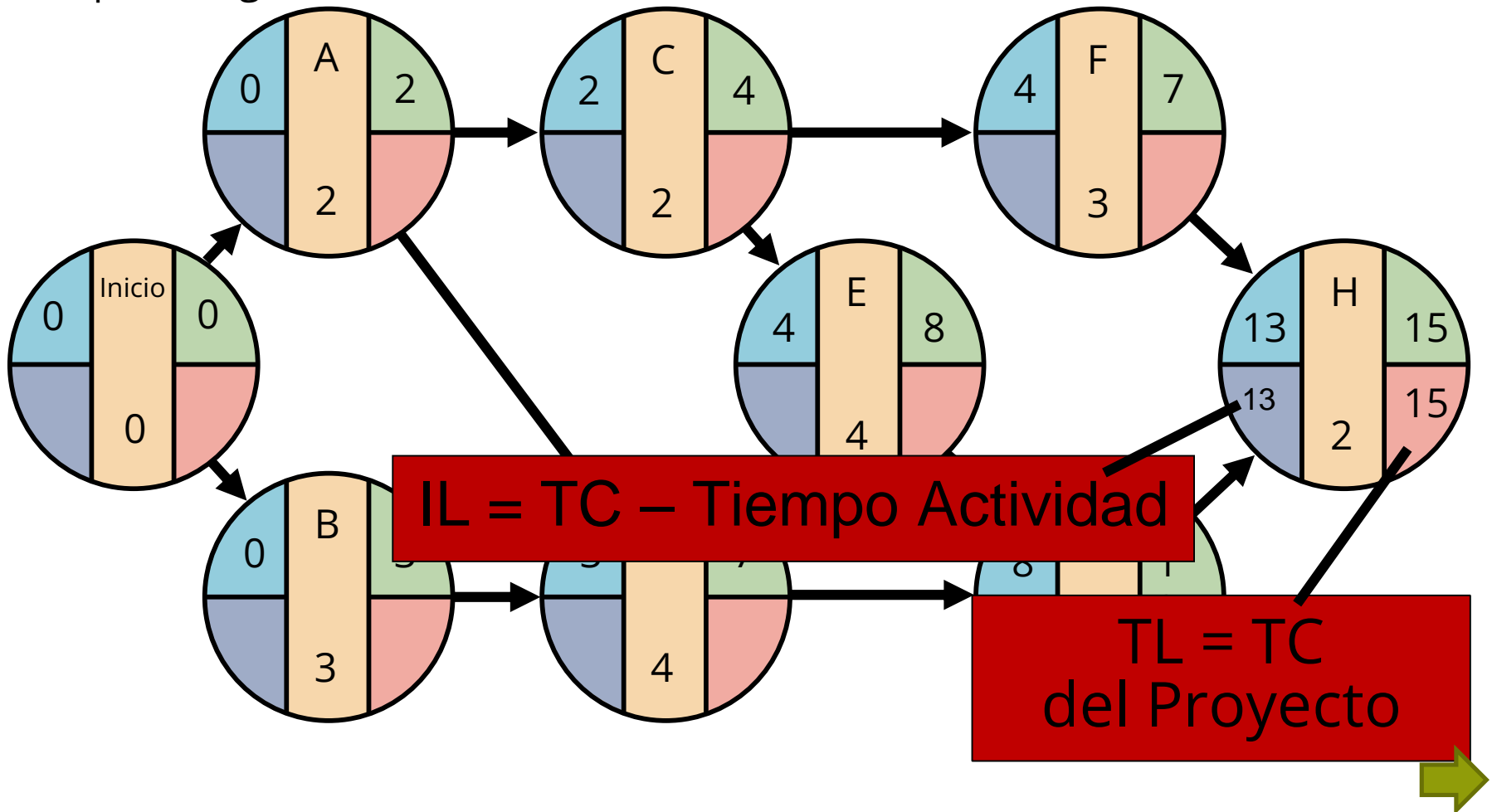
Equation 3-4 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS LEJANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

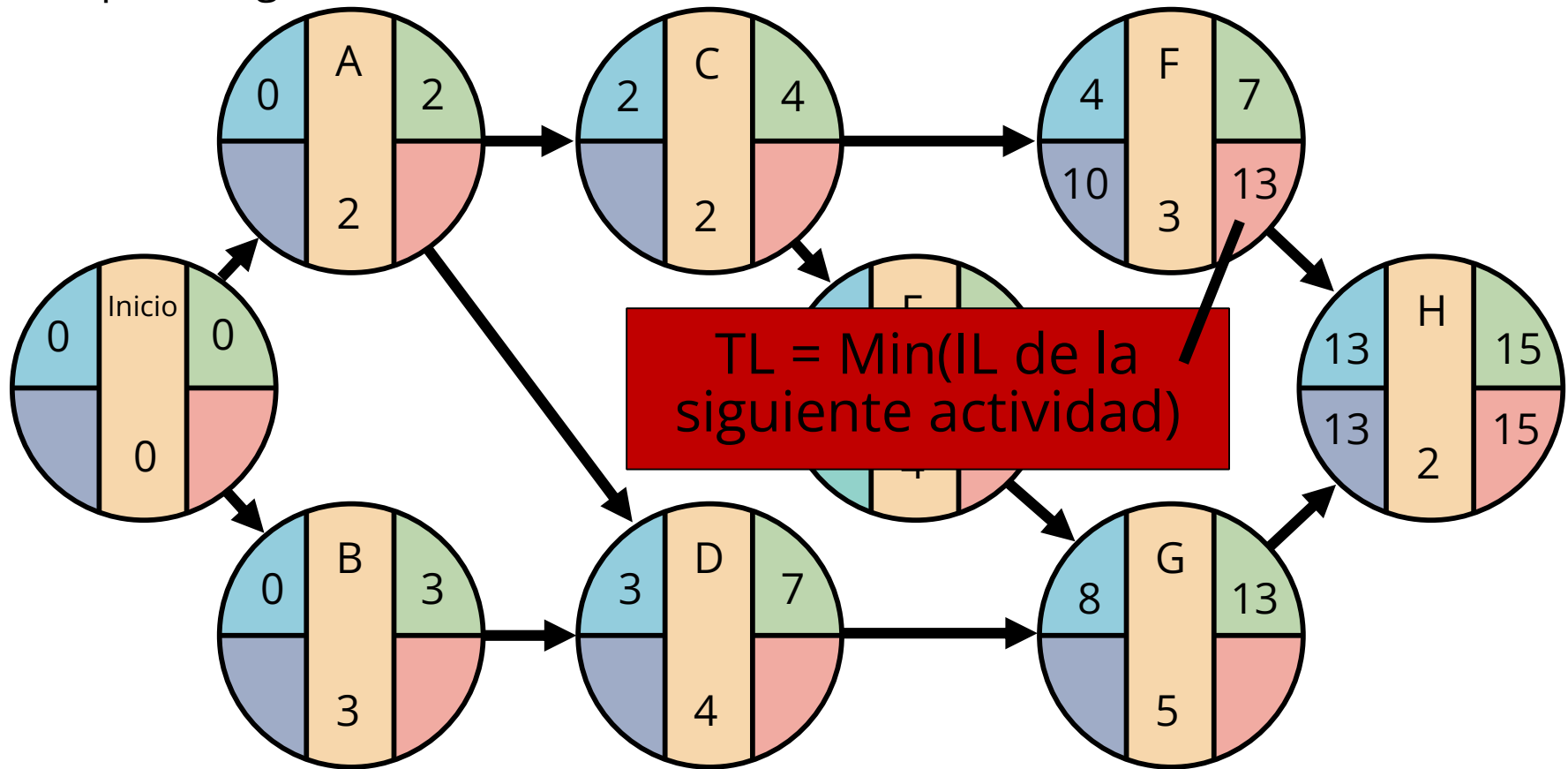
Example 5 Pag. 113



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS LEJANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 5 Pag. 113

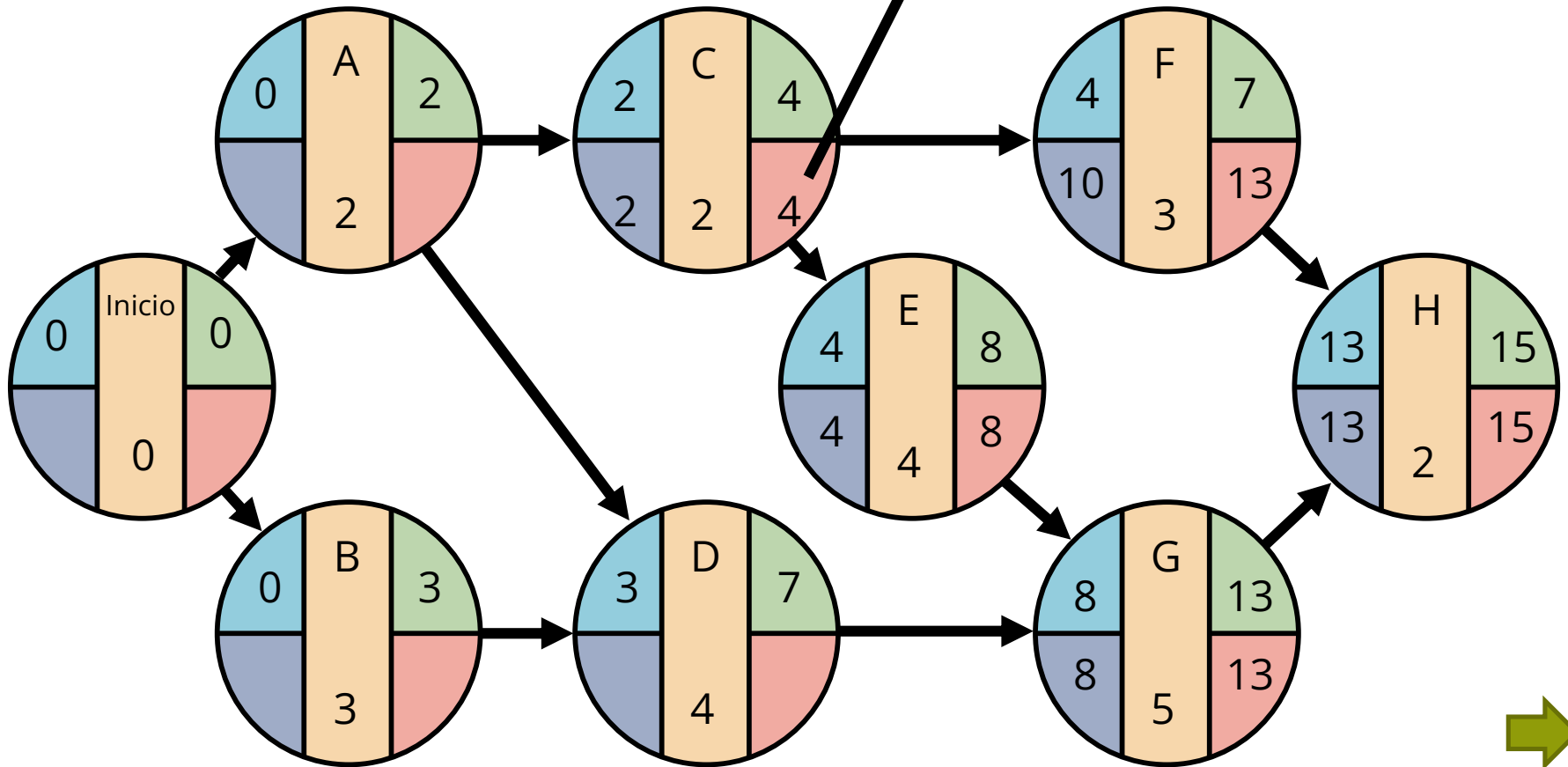


CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS LEJANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 5 Pag. 113

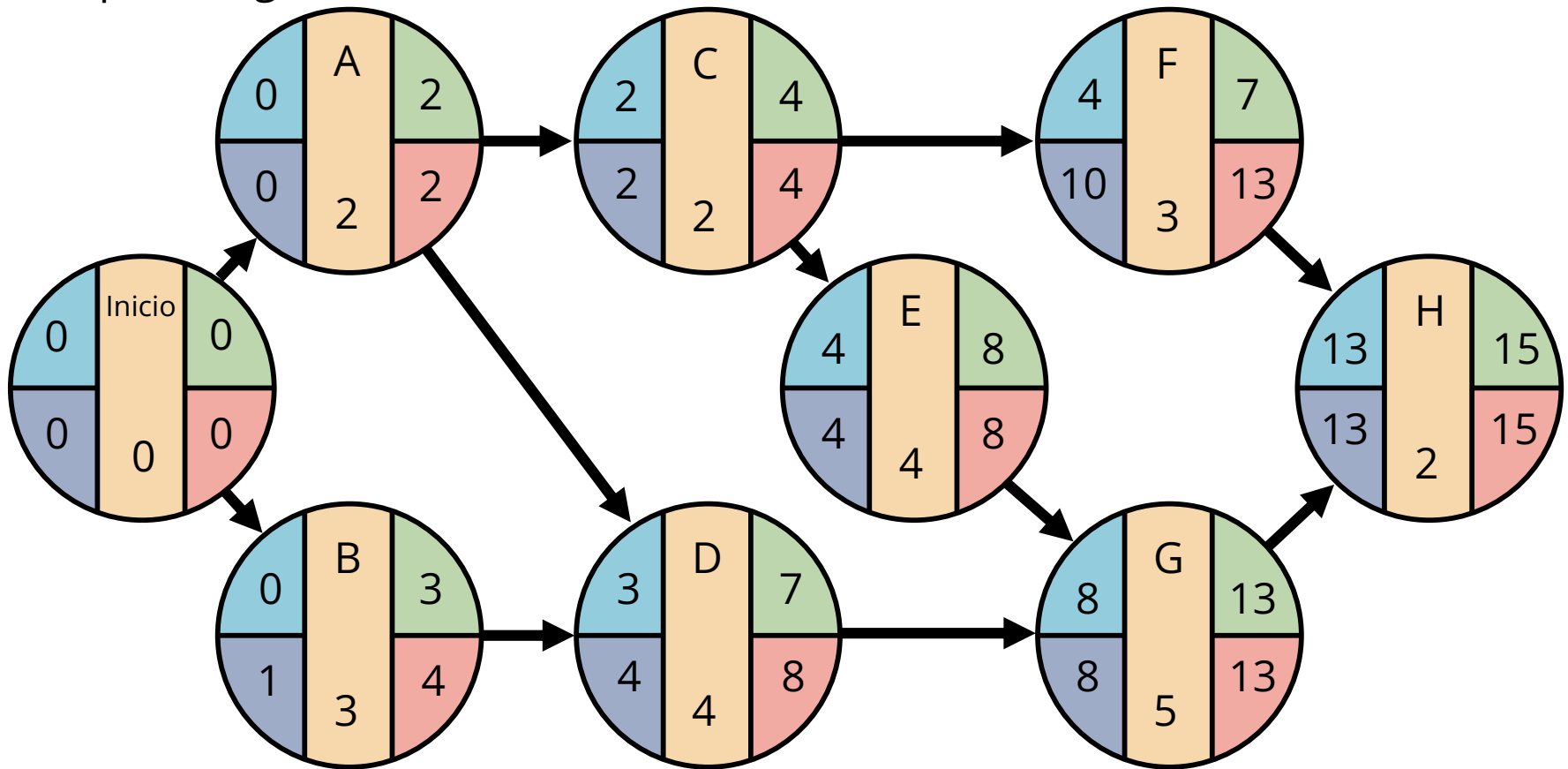
$$TL = \text{Min}(4, 10)$$



CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE INICIO Y TERMINACIÓN MÁS LEJANOS PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 5 Pag. 113



CÁLCULO DEL TIEMPO DE HOLGURA E IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA

PARAGUAYO
ALEMANA

- Después de haber calculado los tiempos más cercanos y lejanos para todas las actividades, resulta simple encontrar la cantidad de **tiempo de holgura**, o tiempo libre, que tiene cada actividad.
- La holgura es el periodo que una actividad se puede demorar sin retrasar todo el proyecto. Matemáticamente,

$$\text{Holgura} = IL - IC \text{ o bien, } \text{Holgura} = TL - TC$$

Equation 3-5 Pag. 114



CÁLCULO DEL TIEMPO DE HOLGURA E IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 6 Pag. 75

TABLA 3.3

Programación y holgura para Milwaukee Paper

Actividad	Tiempo de inicio más cercano IC	Tiempo de terminación más cercano TC	Tiempo de inicio más lejano IL	Tiempo de terminación más lejano TL	Holgura IL - IC	En la ruta crítica
A	0	2	0	2	0	Si
B	0	3	1	4	1	No
C	2	4	2	4	0	Si
D	3	7	4	8	1	No
E	4	8	4	8	0	Si
F	4	7	10	13	6	No
G	8	13	8	13	0	Si
H	13	15	13	15	0	Si

Table 3.3 Pag. 115



CÁLCULO DEL TIEMPO DE HOLGURA E IDENTIFICACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 7 Pag. 115

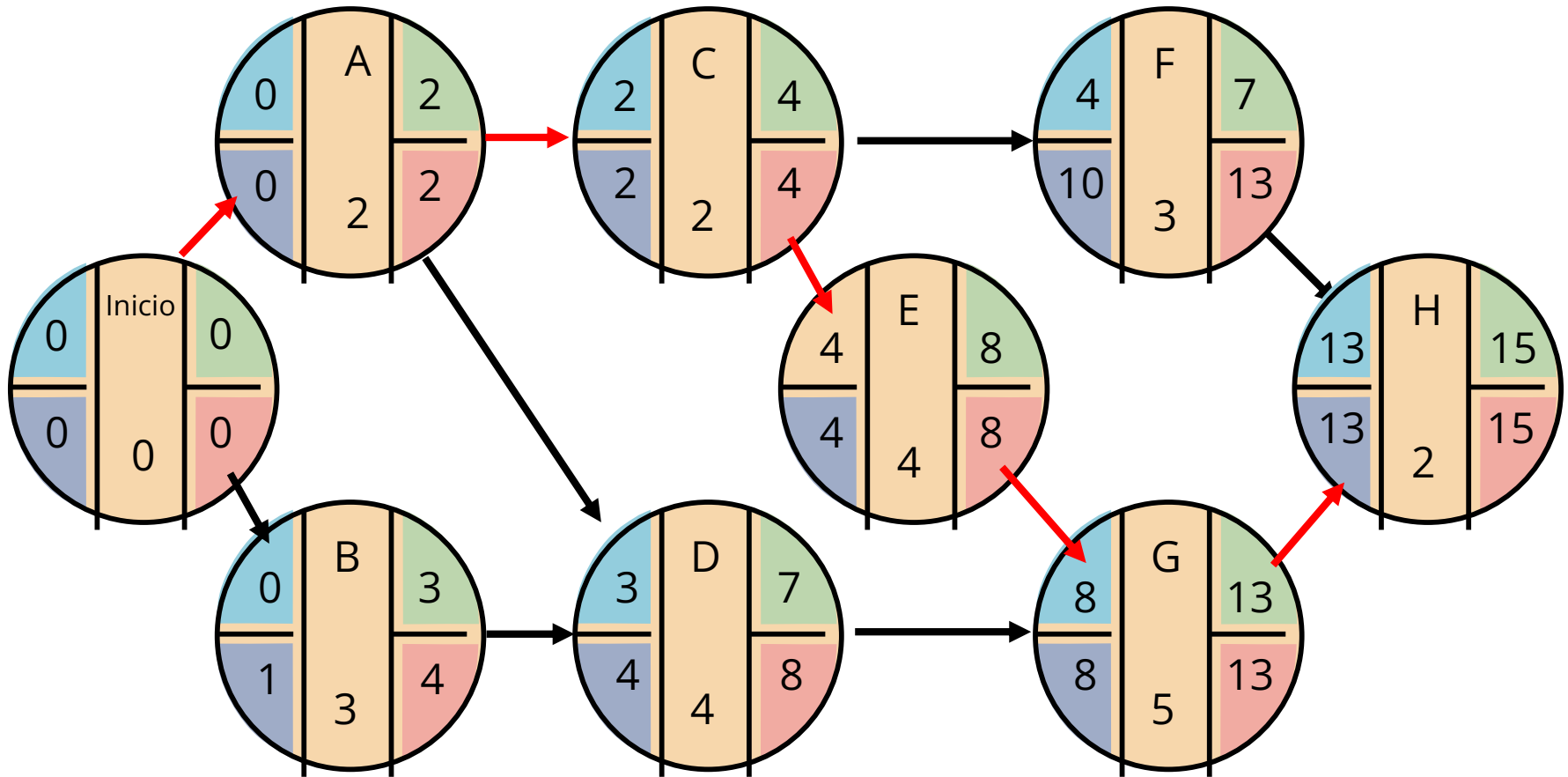


DIAGRAMA DE GANTT IL – IC PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA

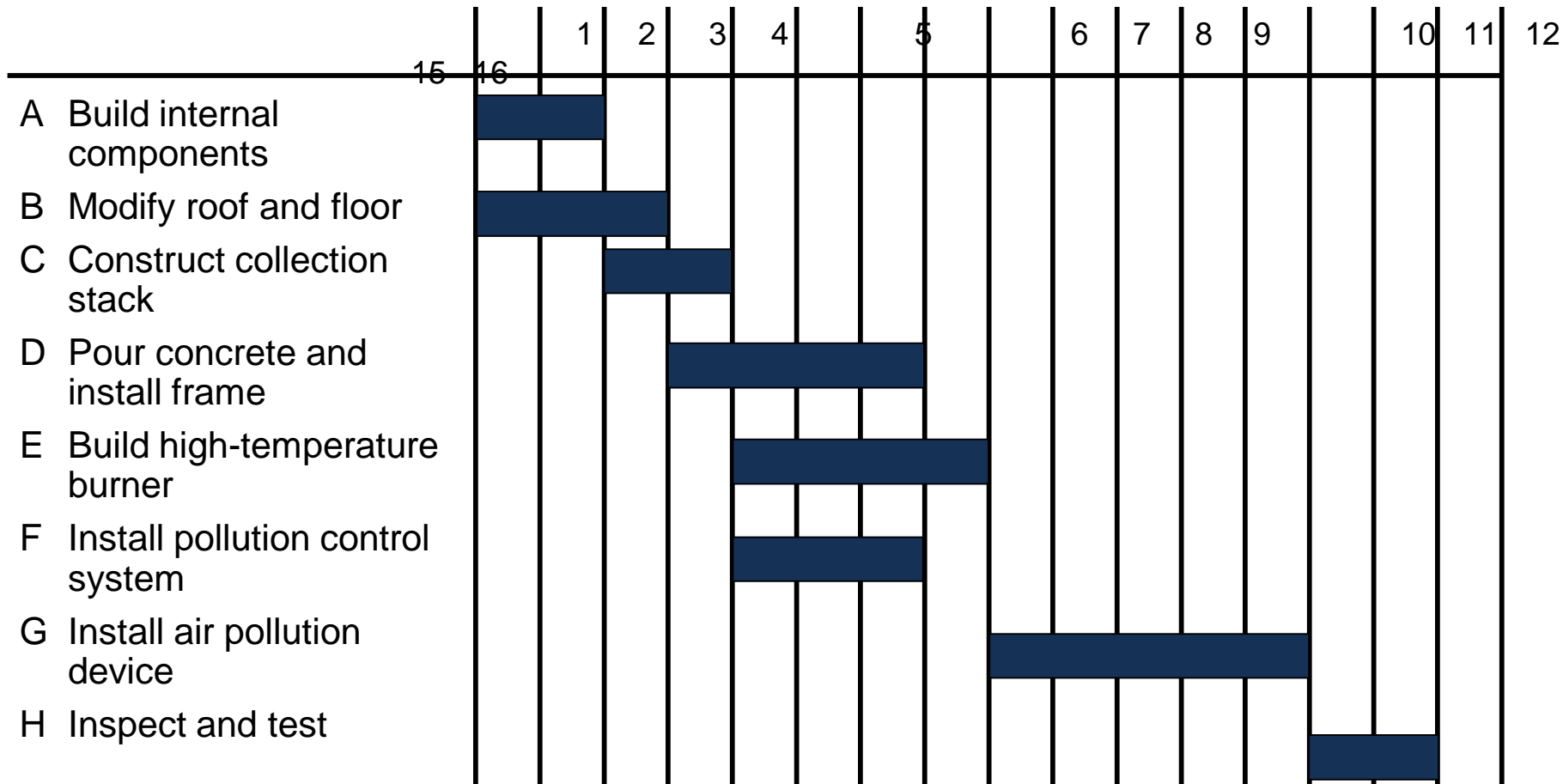
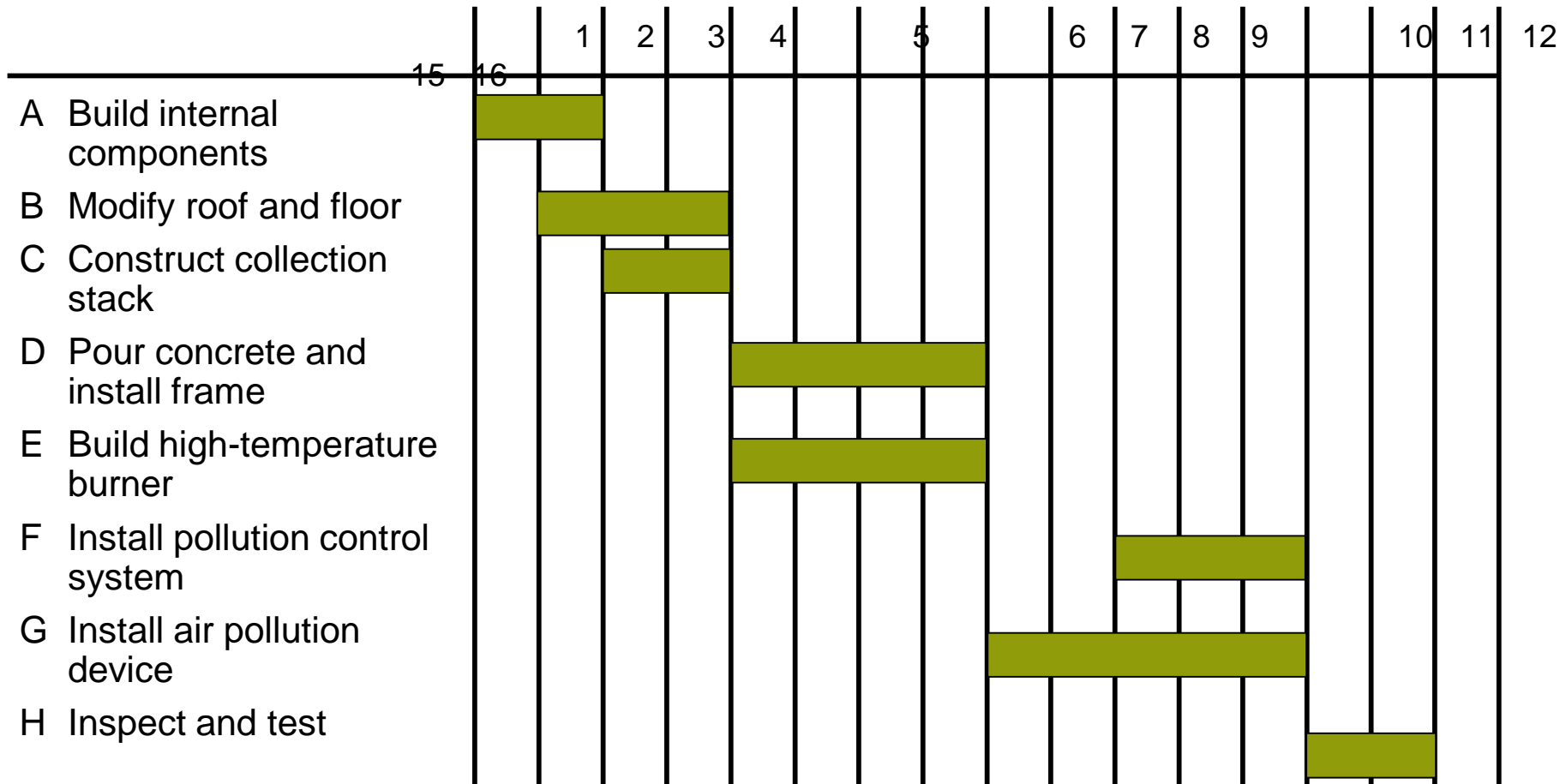


DIAGRAMA DE GANTT TL -TC PARA MILWAUKEE PAPER

PARAGUAYO
ALEMANA



VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

PARAGUAYO
ALEMANA

- El **CPM** supone que todos los tiempos de las actividades son constantes fijas conocidas, es decir, no existe variabilidad en su duración.
 - Sin embargo, en la práctica, es posible que los tiempos de terminación de las actividades varían dependiendo de diversos factores.
- El análisis **PERT** emplea una distribución de probabilidad para los tiempos de las actividades para introducir la variabilidad.



VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

PARAGUAYO
ALEMANA

- Tres estimaciones de tiempo en PERT
 - **Tiempo optimista (a):** tiempo que tomará una actividad si todo sale como se planeó.
 - **Tiempo pesimista (b):** tiempo que tomará una actividad suponiendo condiciones muy desfavorables.
 - **Tiempo más probable (m):** la estimación más realista del tiempo requerido para terminar la actividad.



VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

PARAGUAYO
ALEMANA

- Tiempo esperado de la actividad, t .

$$t = (a + 4m + b)/6$$

Equation 3-6 Pag. 117

- Dispersión o varianza del tiempo de terminación de la actividad

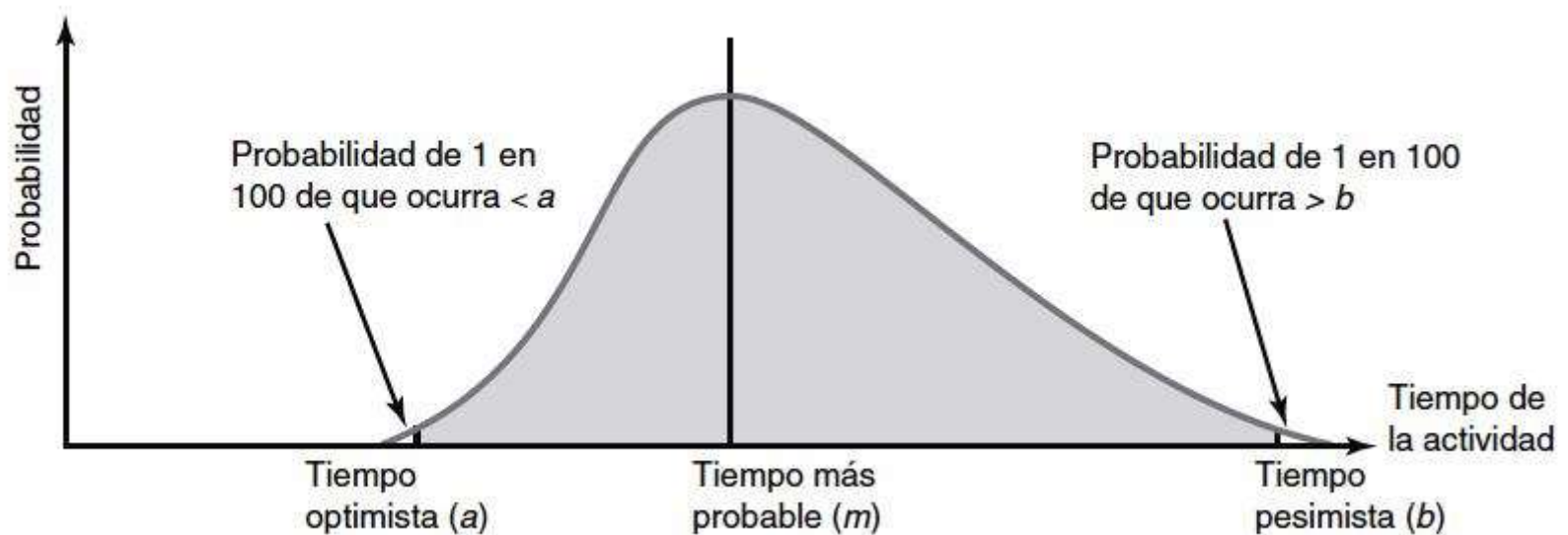
$$\text{Varianza} = [(b - a)/6]^2$$

Equation 3-7 Pag. 117



VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

PARAGUAYO
ALEMANA



Distribución de probabilidad beta con tres estimaciones de tiempo.



VARIABILIDAD EN LOS TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES

PARAGUAYO
ALEMANA

Example 8 Pag. 117

TIEMPOS ESPERADOS Y VARIANZAS PARA MILWAUKEE PAPER

Julie Ann Williams y el equipo de administración del proyecto de Milwaukee Paper desean encontrar un tiempo esperado y una varianza para la actividad F (instalación del sistema para el control de contaminación) donde:

$$a = 1 \text{ semana}, m = 2 \text{ semanas}, b = 9 \text{ semanas}$$

MÉTODO ► Use las ecuaciones (3-6) y (3-7) para calcular el tiempo esperado y la varianza para F.

SOLUCIÓN ► El tiempo esperado para la actividad F es

$$t = \frac{a + 4m + b}{6} = \frac{1 + 4(2) + 9}{6} = \frac{18}{6} = 3 \text{ semanas}$$

La varianza para la actividad F es

$$\text{Varianza} = \left[\frac{(b-a)}{6} \right]^2 = \left[\frac{(9-1)}{6} \right]^2 = \left(\frac{8}{6} \right)^2 = \frac{64}{36} = 1.78$$

RAZONAMIENTO ► Ahora Williams tiene información que le permite entender y administrar la actividad F. De hecho, el tiempo esperado es el tiempo de la actividad que se usó en el cálculo anterior y en la identificación de la ruta crítica.



CÓMPUTO DE LA VARIANZA

PARAGUAYO
ALEMANA

TABLA 3.4

Tiempos esperados y varianza (en semanas) para Milwaukee Paper's Project

Actividad	Optimista a	Más Probable m	Pesimista b	Tiempo esperado $t = (a + 4m + b)/6$	Varianza $[(b - a)/6]^2$
A	1	2	3		
B	2	3	4		
C	1	2	3		
D	2	4	6		
E	1	4	7		
F	1	2	9		
G	3	4	11		
H	1	2	3		



CÓMPUTO DE LA VARIANZA

PARAGUAYO
ALEMANA

TABLA 3.4

Tiempos esperados y varianza (en semanas) para Milwaukee Paper's Project

Actividad	Optimista <i>a</i>	Más Probable <i>m</i>	Pesimista <i>b</i>	Tiempo esperado $t = (a + 4m + b)/6$	Varianza $[(b - a)/6]^2$
A	1	2	3	2	0,11
B	2	3	4	3	0,11
C	1	2	3	2	0,11
D	2	4	6	4	0,44
E	1	4	7	4	1,00
F	1	2	9	3	1,78
G	3	4	11	5	1,78
H	1	2	3	2	0,11



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

Example 9 Pag. 118

- **PERT** utiliza la varianza de la ruta crítica de las actividades para ayudar a determinar la varianza del proyecto global.
- La varianza del proyecto se calcula sumando las varianzas de las actividades críticas:

$$\sigma_p^2 = \text{Varianza del proyecto}$$

$$= \sum (\text{varianzas de las actividades en la ruta crítica})$$

Equation 3-8 Pag. 118



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

Example 9 Pag. 118

- **PERT** utiliza la varianza de la ruta crítica de las actividades del proyecto
- La varianza del proyecto es la suma de las varianzas de las actividades de la ruta crítica

Varianza del proyecto

$$\sigma_p^2 = 0,11 + 0,11 + 1,00 + 1,78 + 0,11 = 3,11$$

Desviación estándar proyectada

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \sqrt{\text{Varianza del proyecto}} \\ &= \sqrt{3,11} = 1,76 \text{ semanas}\end{aligned}$$



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

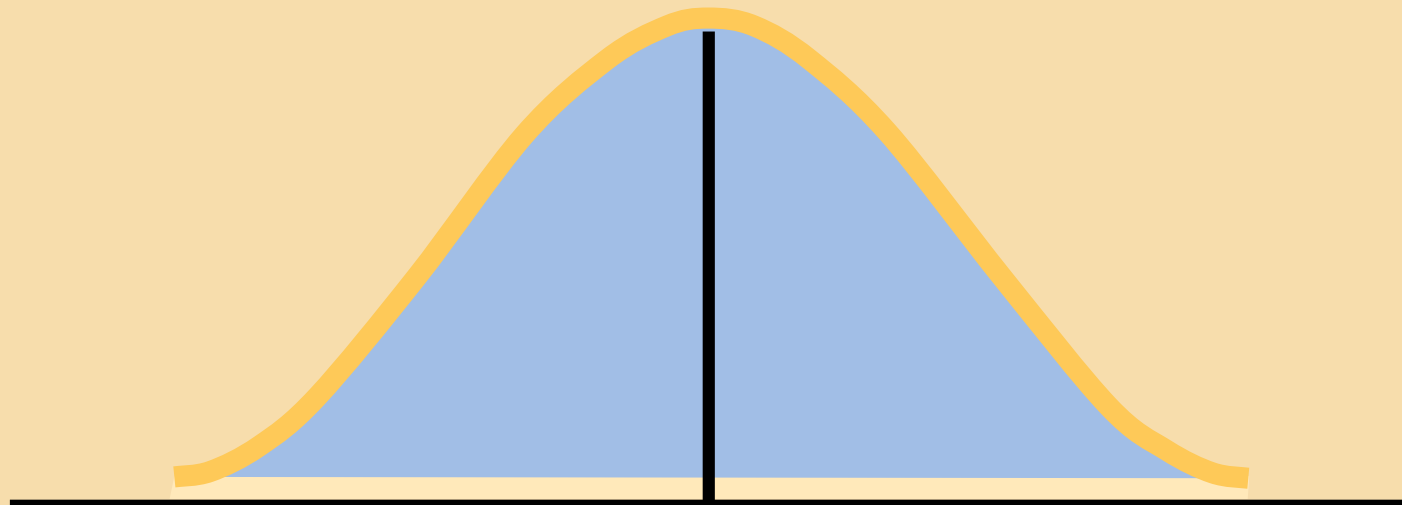
- **PERT** hace dos supuestos más:
 - (1) los tiempos de terminación del proyecto siguen una distribución de probabilidad normal.
 - (2) los tiempos de las actividades son estadísticamente independientes.



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Desviación estándar = 1,76 semanas



15 Semanas

(Tiempo de terminación esperado)



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

- Joni Steinberg desearía conocer la probabilidad de que su proyecto termine en el tiempo de entrega de 16 semanas o antes.
 - **Método:** Para hacerlo, necesita determinar el área apropiada bajo la curva normal. Ésta es el área situada a la izquierda de la semana 16.

$$Z = (\text{fecha de entrega} - \text{fecha de terminación esperada}) / \sigma_p \\ = (16 \text{ semanas} - 15 \text{ semanas}) / 1,76 \text{ semanas} = 0,57$$

Equation 3-9 Pag. 119

Donde Z es el número de desviaciones estándar que se aleja la fecha de entrega, o fecha meta, de la media o fecha esperada.



TABLA I.1										
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97784	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

Appendix A3
Pag. 850



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

Del Apéndice I

	0,00	0,01	}}		0,07	0,08
0,1	.50000	.50399			.52790	.53188
0,2	.53983	.54380			.56749	.57142
≈						
0,5	.69146	.69497			.71566	.71904
0,6	.72575	.72907			.74857	.75175



PROBABILIDAD DE TERMINAR EL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

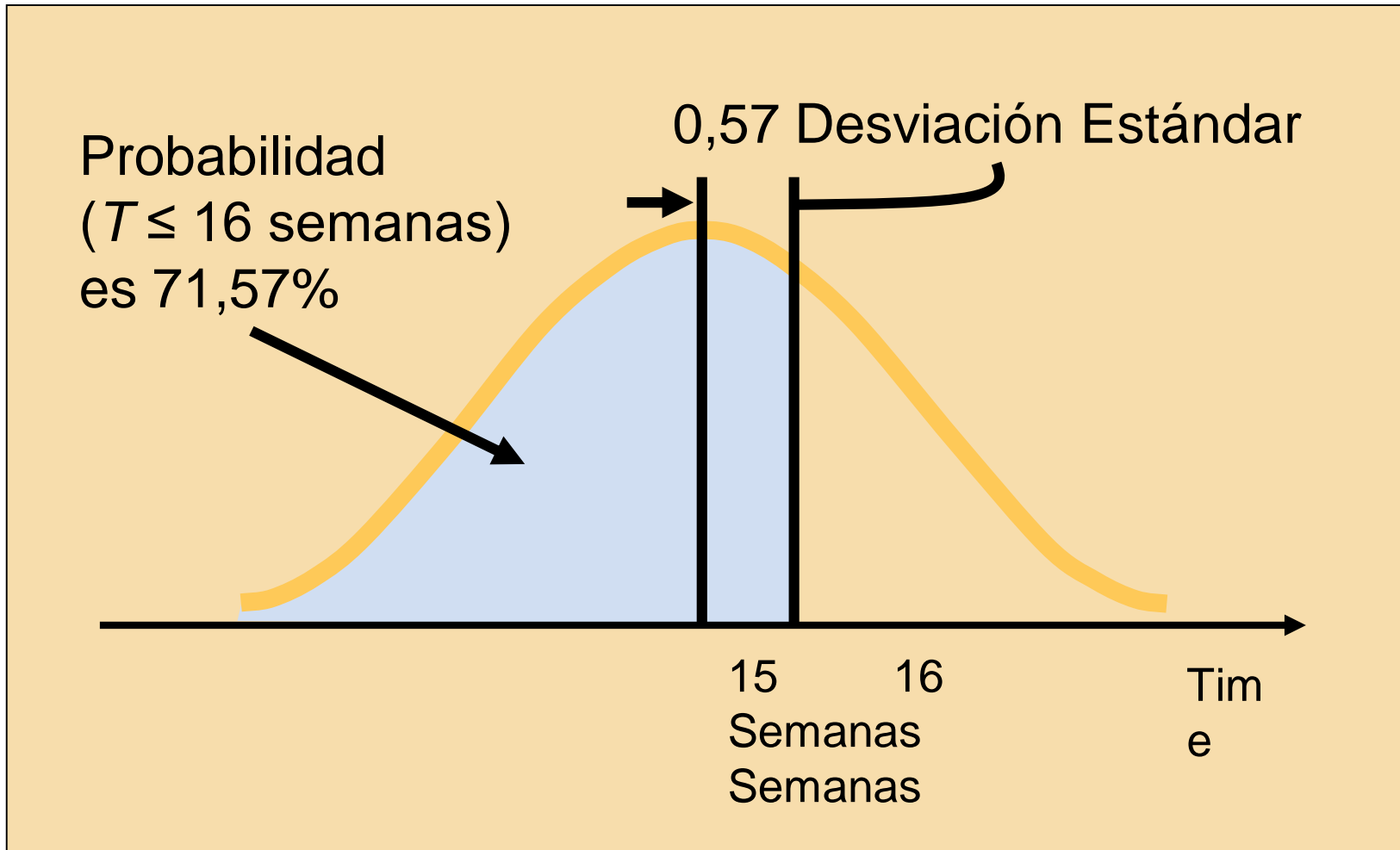


Figure 3.13 Pag. 119

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TERMINACIÓN DEL PROYECTO

- Joni Steinberg desea conocer la fecha de entrega para la cual el proyecto de su compañía tendrá un 99% de probabilidad de terminar a tiempo.
 - **Método:** Primero, se necesita calcular el valor Z correspondiente al 99%. Matemáticamente, este ejemplo es similar al ejemplo anterior, excepto que ahora la incógnita es Z en vez de la fecha de entrega.



TABLA I.1										
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97784	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

Appendix A3
Pag. 850



DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TERMINACIÓN DEL PROYECTO

PARAGUAYO
ALEMANA

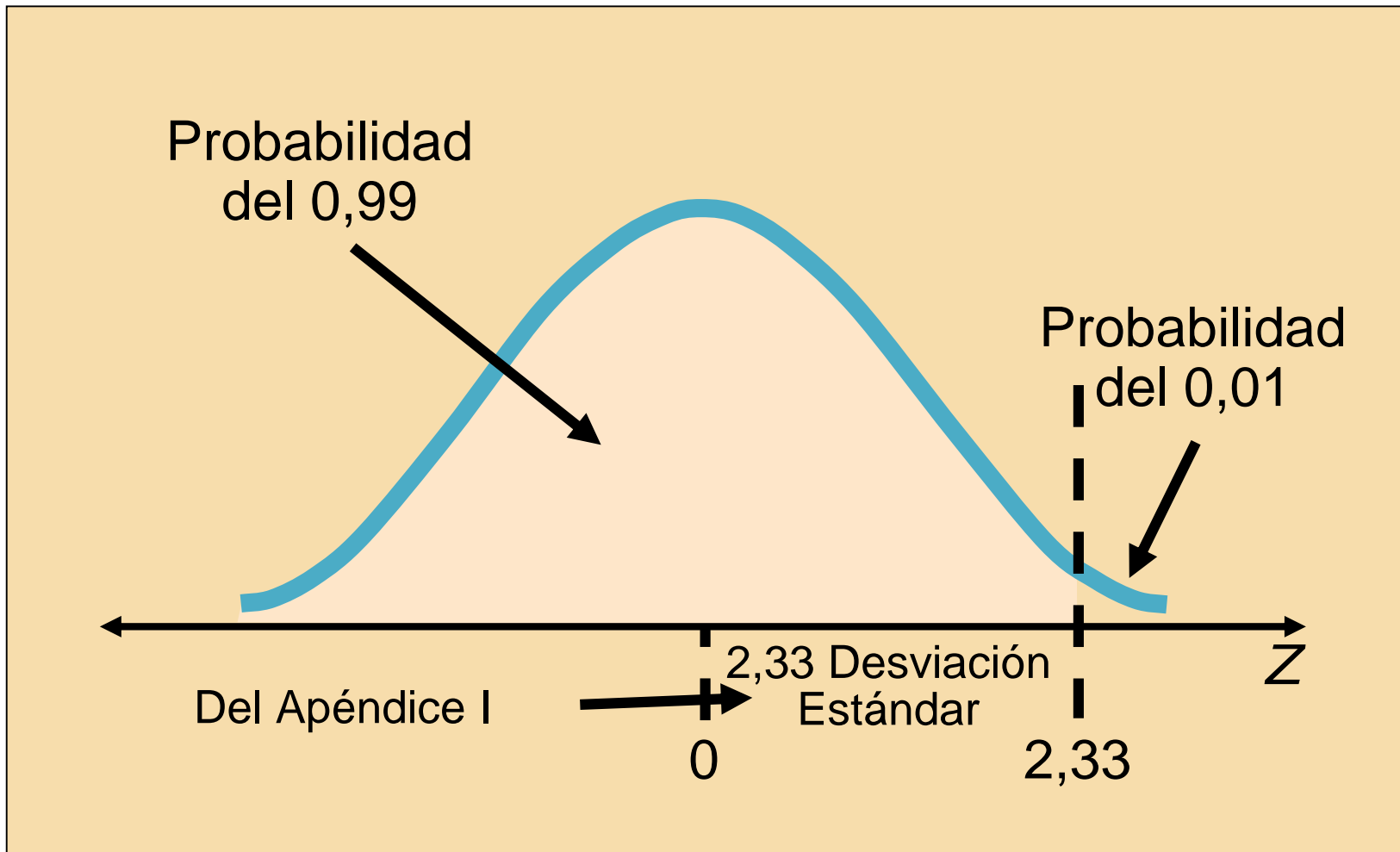


Figure 3.14 Pag. 120

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE TERMINACIÓN DEL PROYECTO

- **Solución:** Consultando la tabla normal en el Apéndice I, identificamos un valor Z de 2,33 como el más cercano a la probabilidad de 0,99. Es decir, que la fecha de entrega de Joni Steinberg debe tener 2,33 desviaciones estándar por arriba de la media del tiempo de terminación del proyecto. Comenzando con la ecuación normal estándar podemos resolver para la fecha de entrega y replantear la ecuación como:

$$\begin{aligned}\text{Fecha de entrega} &= \text{tiempo esperado de terminación} + (Z * \sigma_p) \\ &= 15 + (2.33 * 1,76) = 19,1 \text{ semanas}\end{aligned}$$

—Equation 3-10 Pag. 120



VARIABILIDAD EN EL TIEMPO DE TERMINACIÓN EN RUTAS NO CRÍTICAS

PARAGUAYO
ALEMANA

- La variabilidad de los tiempos para las actividades en las rutas no críticas se deben considerar al encontrar la probabilidad de terminar en un tiempo determinado.
- La variación en la actividad no crítica puede causar el cambio en la ruta crítica.



¿QUE HA PROPORCIONADO LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS?

PARAGUAYO
ALEMANA

1. La fecha esperada de conclusión del proyecto es de 15 semanas.
2. Existe un 71,57% de probabilidad de que el equipo quede instalado dentro del tiempo límite de 16 semanas.
3. Cinco actividades (A, C, E, G y H) se encuentran en la ruta crítica.
4. Tres actividades (B, D y F) no son críticas y tienen incorporado cierto tiempo de holgura.
5. Se tiene un programa detallado con las fechas de inicio y terminación para cada actividad.



VENTAJAS DE PERT Y CPM

PARAGUAYO
ALEMANA

1. Es especialmente útil para el control y la programación de grandes proyectos.
2. Tiene un concepto directo y sin complejidad matemática.
3. Las redes gráficas ayudan a resaltar las relaciones que hay entre las actividades del proyecto.
4. El análisis de la ruta crítica y el tiempo de holgura ayudan a detectar las actividades que requieren vigilancia estrecha.
5. La documentación y las gráficas del proyecto señalan quién es responsable de las distintas actividades.
6. Se aplica a una amplia variedad de proyectos.
7. Es útil para supervisar no sólo los programas sino también los costos.



LIMITACIONES DE PERT Y CPM

1. Las actividades del proyecto deben definirse de manera clara, independiente y estable en sus relaciones.
2. Las relaciones de precedencia deben especificarse e incorporarse a la red de manera conjunta.
3. Las estimaciones de tiempo tienden a ser subjetivas y están sujetas a manejos de los gerentes que temen ser demasiado optimistas o no lo suficientemente pesimistas.
4. Existe el peligro inherente de destacar demasiado la ruta más larga o crítica. Las rutas casi críticas también deben supervisarse de manera cercana.



The large behind-the-scenes operations that support a football World Cup or Formula One racing team are well-known, but a Tour de France team also needs major support. "A Tour de France team is like a large traveling circus," says the coach of the Belkin team. "The public only sees the riders, but they could not function without the unseen support staff." The base to the team's cycling pyramid includes everything from osteopaths to mechanics, from logistics staff to PR people. Their project management skills require substantial know-how, as well as the ability to guarantee that riders are in peak physical, nutritional, and psychological condition. This can mean deciding which snack bars to give the cyclists before, during, and after race stages, while ensuring there are scientifically based cooling regimens in place for the riders. The team's huge truck, coach, three vans, and five cars resemble the sort of traveling convoy more associated with an international music act. Here are just some of the supplies the project management team for Belkin handles:

- ◆ 11 mattresses
- ◆ 36 aero suits, 45 bib shorts, 54 race jerseys, 250 podium caps
- ◆ 63 bikes
- ◆ 140 wheels, 220 tires
- ◆ 250 feeding bags, 3,000 water bottles
- ◆ 2,190 nutrition gels, 3,800 nutrition bars



- ◆ 10 jars of peanut butter, 10 boxes of chocolate sprinkles, 20 bags of wine gums, 20 jars of jam
- ◆ 80 kg of nuts, raisins, apricots, and figs, plus 50 kg of cereals

The project management behind a world-tour team is complex: These top teams often compete in two to three races simultaneously, in different countries and sometimes on different continents. Each team has 25–35 riders (9 compete in any single race), coming from different parts of the world, going to different races at different times, each with his own physique and strengths. They have customized bikes, uniforms, and food preferences. The support staff can include another 30 people.

Sources: *BBC News* (July 6, 2014) and *The Operations Room* (June 24, 2013).



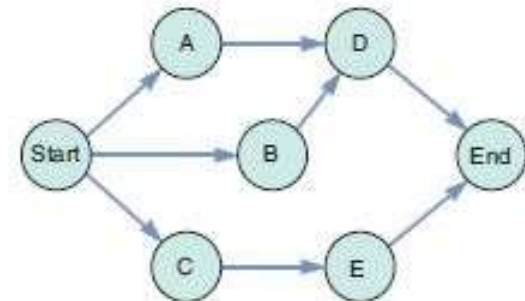
Administración de Proyectos

Ejercicios

SOLVED PROBLEM 3.1

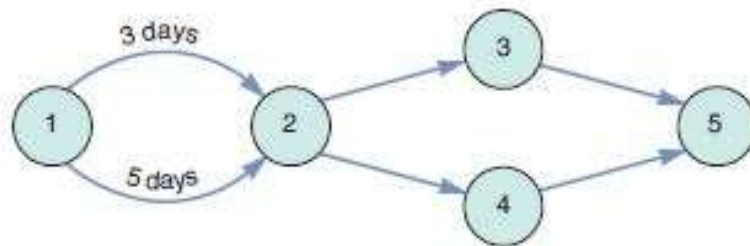
Construct an AON network based on the following:

ACTIVITY	IMMEDIATE PREDECESSOR(S)
A	—
B	—
C	—
D	A, B
E	C

SOLUTION

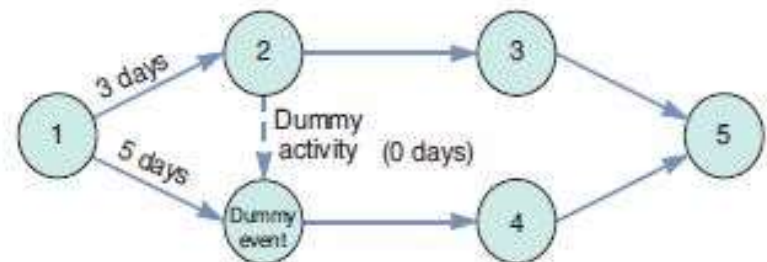
SOLVED PROBLEM 3.2

Insert a dummy activity and event to correct the following AOA network:



SOLUTION

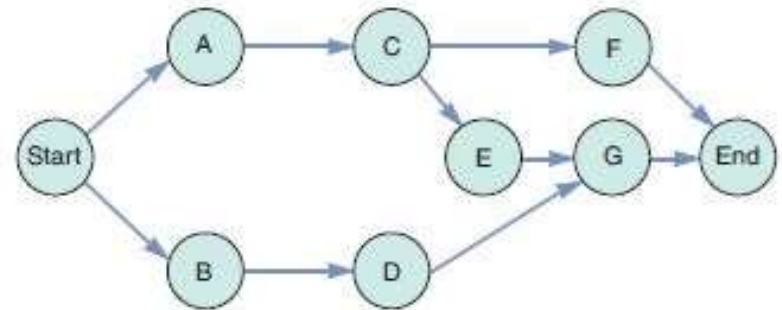
Because we cannot have two activities starting and ending at the same node, we add the following dummy activity and dummy event to obtain the correct AOA network:



SOLVED PROBLEM 3.3

Calculate the critical path, project completion time T , and project variance σ_p^2 , based on the following AON network information:

ACTIVITY	TIME	VARIANCE	ES	EF	LS	LF	SLACK
A	2	$\frac{2}{6}$	0	2	0	2	0
B	3	$\frac{2}{6}$	0	3	1	4	1
C	2	$\frac{4}{6}$	2	4	2	4	0
D	4	$\frac{4}{6}$	3	7	4	8	1
E	4	$\frac{2}{6}$	4	8	4	8	0
F	3	$\frac{1}{6}$	4	7	10	13	6
G	5	$\frac{1}{6}$	8	13	8	13	0



SOLUTION

We conclude that the critical path is Start-A-C-E-G-End:

$$\text{Total project time} = T = 2 + 2 + 4 + 5 = 13$$

and

$$\begin{aligned}\sigma_p^2 &= \sum \text{Variances on the critical path} \\ &= \frac{2}{6} + \frac{4}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{9}{6} = 1.5\end{aligned}$$

SOLVED PROBLEM 3.4

To complete the wing assembly for an experimental aircraft, Jim Gilbert has laid out the seven major activities involved. These activities have been labeled A through G in the following table, which also shows their estimated completion times (in weeks) and immediate predecessors. Determine the expected time and variance for each activity.

ACTIVITY	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	IMMEDIATE PREDECESSORS
A	1	2	3	—
B	2	3	4	—
C	4	5	6	A
D	8	9	10	B
E	2	5	8	C, D
F	4	5	6	D
G	1	2	3	E

SOLUTION

Expected times and variances can be computed using Equations (3–6) and (3–7) presented on page 78 in this chapter. The results are summarized in the following table:

ACTIVITY	EXPECTED TIME (IN WEEKS)	VARIANCE
A	2	$\frac{1}{9}$
B	3	$\frac{1}{9}$
C	5	$\frac{1}{9}$
D	9	$\frac{1}{9}$
E	5	1
F	5	$\frac{1}{9}$
G	2	$\frac{1}{9}$

SOLVED PROBLEM 3.5

Referring to Solved Problem 3.4, now Jim Gilbert would like to determine the critical path for the entire wing assembly project as well as the expected completion time for the total project. In addition, he would like to determine the earliest and latest start and finish times for all activities.

SOLUTION

The AON network for Gilbert's project is shown in Figure 3.17. Note that this project has multiple activities (A and B) with no immediate predecessors, and multiple activities (F and G) with no successors. Hence, in addition to a unique starting activity (Start), we have included a unique finishing activity (End) for the project.

Figure 3.17 shows the earliest and latest times for all activities. The results are also summarized in the following table:

ACTIVITY	ACTIVITY TIME				SLACK
	ES	EF	LS	LF	
A	0	2	5	7	5
B	0	3	0	3	0
C	2	7	7	12	5
D	3	12	3	12	0
E	12	17	12	17	0
F	12	17	14	19	2
G	17	19	17	19	0

Expected project length = 19 weeks

Variance of the critical path = 1.333

Standard deviation of the critical path = 1.155 weeks

The activities along the critical path are B, D, E, and G. These activities have zero slack as shown in the table.

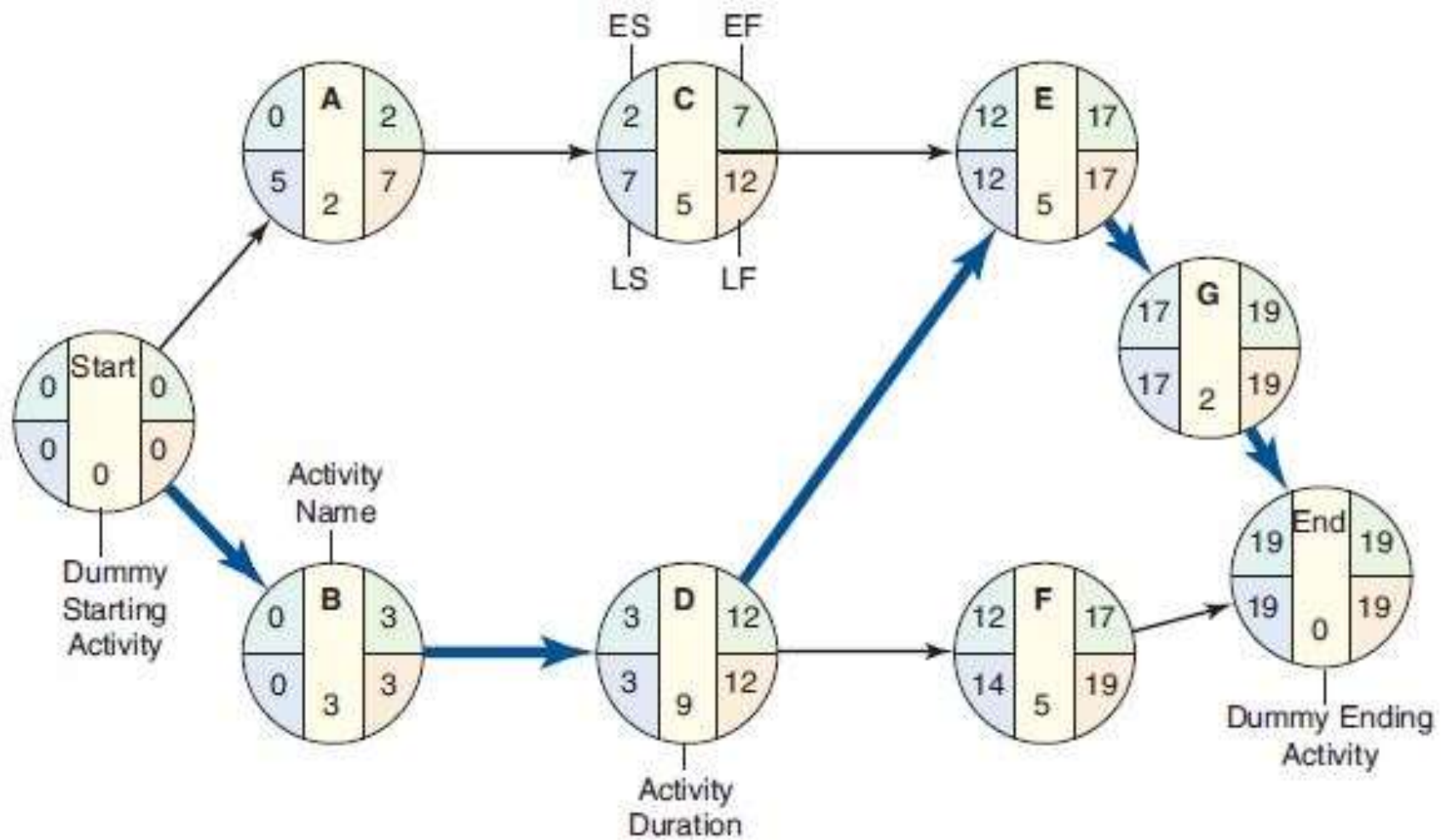


Figure 3.17 Pag. 131

SOLVED PROBLEM 3.6

The following information has been computed from a project:

Expected total project time = $T = 62$ weeks

Project variance (σ_p^2) = 81

What is the probability that the project will be completed 18 weeks *before* its expected completion date?

SOLUTION

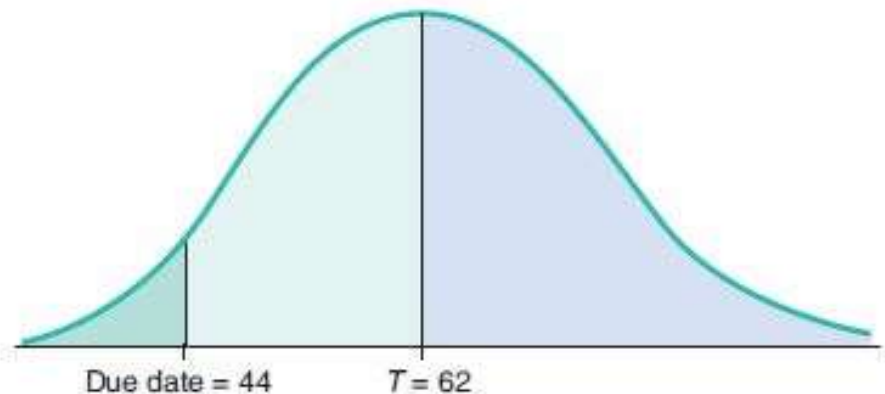
The desired completion date is 18 weeks before the expected completion date, 62 weeks. The desired completion date is 44 (or $62 - 18$) weeks:

$$\sigma_p = \sqrt{\text{Project variance}}$$

$$Z = \frac{\text{Due date} - \text{Expected completion date}}{\sigma_p}$$

$$= \frac{44 - 62}{9} = \frac{-18}{9} = -2.0$$

The normal curve appears as follows:



Because the normal curve is symmetrical and table values are calculated for positive values of Z , the area desired is equal to $1 - (\text{table value})$. For $Z = +2.0$ the area from the table is .97725. Thus, the area corresponding to a Z -value of -2.0 is .02275 (or $1 - .97725$). Hence, the probability of completing the project 18 weeks before the expected completion date is approximately .023, or 2.3%.

z	TABLA I.1									
	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.50000	.50399	.50798	.51197	.51595	.51994	.52392	.52790	.53188	.53586
.1	.53983	.54380	.54776	.55172	.55567	.55962	.56356	.56749	.57142	.57535
.2	.57926	.58317	.58706	.59095	.59483	.59871	.60257	.60642	.61026	.61409
.3	.61791	.62172	.62552	.62930	.63307	.63683	.64058	.64431	.64803	.65173
.4	.65542	.65910	.66276	.66640	.67003	.67364	.67724	.68082	.68439	.68793
.5	.69146	.69497	.69847	.70194	.70540	.70884	.71226	.71566	.71904	.72240
.6	.72575	.72907	.73237	.73565	.73891	.74215	.74537	.74857	.75175	.75490
.7	.75804	.76115	.76424	.76730	.77035	.77337	.77637	.77935	.78230	.78524
.8	.78814	.79103	.79389	.79673	.79955	.80234	.80511	.80785	.81057	.81327
.9	.81594	.81859	.82121	.82381	.82639	.82894	.83147	.83398	.83646	.83891
1.0	.84134	.84375	.84614	.84849	.85083	.85314	.85543	.85769	.85993	.86214
1.1	.86433	.86650	.86864	.87076	.87286	.87493	.87698	.87900	.88100	.88298
1.2	.88493	.88686	.88877	.89065	.89251	.89435	.89617	.89796	.89973	.90147
1.3	.90320	.90490	.90658	.90824	.90988	.91149	.91309	.91466	.91621	.91774
1.4	.91924	.92073	.92220	.92364	.92507	.92647	.92785	.92922	.93056	.93189
1.5	.93319	.93448	.93574	.93699	.93822	.93943	.94062	.94179	.94295	.94408
1.6	.94520	.94630	.94738	.94845	.94950	.95053	.95154	.95254	.95352	.95449
1.7	.95543	.95637	.95728	.95818	.95907	.95994	.96080	.96164	.96246	.96327
1.8	.96407	.96485	.96562	.96638	.96712	.96784	.96856	.96926	.96995	.97062
1.9	.97128	.97193	.97257	.97320	.97381	.97441	.97500	.97558	.97615	.97670
2.0	.97725	.97784	.97831	.97882	.97932	.97982	.98030	.98077	.98124	.98169
2.1	.98214	.98257	.98300	.98341	.98382	.98422	.98461	.98500	.98537	.98574
2.2	.98610	.98645	.98679	.98713	.98745	.98778	.98809	.98840	.98870	.98899
2.3	.98928	.98956	.98983	.99010	.99036	.99061	.99086	.99111	.99134	.99158
2.4	.99180	.99202	.99224	.99245	.99266	.99286	.99305	.99324	.99343	.99361
2.5	.99379	.99396	.99413	.99430	.99446	.99461	.99477	.99492	.99506	.99520
2.6	.99534	.99547	.99560	.99573	.99585	.99598	.99609	.99621	.99632	.99643
2.7	.99653	.99664	.99674	.99683	.99693	.99702	.99711	.99720	.99728	.99736
2.8	.99744	.99752	.99760	.99767	.99774	.99781	.99788	.99795	.99801	.99807
2.9	.99813	.99819	.99825	.99831	.99836	.99841	.99846	.99851	.99856	.99861
3.0	.99865	.99869	.99874	.99878	.99882	.99886	.99889	.99893	.99896	.99900
3.1	.99903	.99906	.99910	.99913	.99916	.99918	.99921	.99924	.99926	.99929
3.2	.99931	.99934	.99936	.99938	.99940	.99942	.99944	.99946	.99948	.99950
3.3	.99952	.99953	.99955	.99957	.99958	.99960	.99961	.99962	.99964	.99965
3.4	.99966	.99968	.99969	.99970	.99971	.99972	.99973	.99974	.99975	.99976
3.5	.99977	.99978	.99978	.99979	.99980	.99981	.99981	.99982	.99983	.99983
3.6	.99984	.99985	.99985	.99986	.99986	.99987	.99987	.99988	.99988	.99989
3.7	.99989	.99990	.99990	.99990	.99991	.99991	.99992	.99992	.99992	.99992
3.8	.99993	.99993	.99993	.99994	.99994	.99994	.99994	.99995	.99995	.99995
3.9	.99995	.99995	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99996	.99997	.99997

EJERCICIOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- **3.5** Draw the activity-on-node (AON) project network associated with the following activities for Carl Betterton's construction project. How long should it take Carl and his team to complete this project? What are the critical path activities?

Activity	Immediate Predecessor(s)	Time (Days)
A	-	3
B	A	4
C	A	6
D	B	6
E	B	4
F	C	4
G	D	6
H	E, F	8

EJERCICIOS

PARAGUAYO
ALEMANA

• • **3.8** Roger Ginde is developing a program in supply chain management certification for managers. Ginde has listed a number of activities that must be completed before a training program of this nature could be conducted. The activities, immediate predecessors, and times appear in the accompanying table:

Activity	Immediate Predecessor(s)	Time (Days)
A	-	2
B	-	5
C	-	1
D	B	10
E	A, D	3
F	C	6
G	E, F	8

- Develop an AON network for this problem.
- What is the critical path?
- What is the total project completion time?
- What is the slack time for each individual activity?

EJERCICIOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- • **3.11** The following is a table of activities associated with a project at Rafay Ishfaq's software firm in Chicago, their durations, and what activities each must precede:

Activity	Duration (weeks)	Precedes
A (start)	1	B, C
B	1	E
C	4	F
E	2	F
F (end)	2	-

- Draw an AON diagram of the project, including activity durations.
- Define the critical path, listing all critical activities in chronological order.
- What is the project duration (in weeks)?
- What is the slack (in weeks) associated with any and all noncritical paths through the project?

• • • **3.17** Ross Hopkins, president of Hopkins Hospitality, has developed the tasks, durations, and predecessor relationships in the following table for building new motels. Draw the AON network and answer the questions that follow.

Activity	Immediate Predecessor(s)	Time Optimistic	Estimates Most likely	(in weeks) Pessimistic
A	-	4	8	10
B	A	2	8	24
C	A	8	12	16
D	A	4	6	10
E	B	1	2	3
F	E, C	6	8	20
G	E, C	2	3	4
H	F	2	2	2
I	F	6	6	6
J	D, G, H	4	6	12
K	I, J	2	2	3

EJERCICIOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- a) What is the expected (estimated) time for activity C?
- b) What is the variance for activity C?
- c) Based on the calculation of estimated times, what is the critical path?
- d) What is the estimated time of the critical path?
- e) What is the activity variance along the critical path?
- f) What is the probability of completion of the project before week 36?

• • **3.19** Kelle Carpet and Trim installs carpet in commercial offices. Peter Kelle has been very concerned with the amount of time it took to complete several recent jobs. Some of his workers are very unreliable. A list of activities and their optimistic completion time, the most likely completion time, and the pessimistic completion time (all in days) for a new contract are given in the following table:

EJERCICIOS

PARAGUAYO
ALEMANA

- Determine the expected completion time and variance for each activity.
- Determine the total project completion time and the critical path for the project.
- Determine ES, EF, LS, LF, and slack for each activity.
- What is the probability that Kelle Carpet and Trim will finish the project in 40 days or less?

Activity	Time (Days)			Immediate Predecessor(s)
	<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>	
A	3	6	8	-
B	2	4	4	-
C	1	2	3	-
D	6	7	8	C
E	2	4	6	B, D
F	6	10	14	A, E
G	1	2	4	A, E
H	3	6	9	F
I	10	11	12	G
J	14	16	20	C
K	2	8	10	H, I

Project Management at Arnold Palmer Hospital



The equivalent of a new kindergarten class is born every day at Orlando's Arnold Palmer Hospital. With more than 13,000 births in the mid-2000s in a hospital that was designed 15 years earlier for a capacity of 6,500 births a year, the newborn intensive care unit was stretched to the limit. Moreover, with continuing strong population growth in central Florida, the hospital was often full. It was clear that new facilities were needed. After much analysis, forecasting, and discussion, the management team decided to build a new 273-bed building across the street from the existing hospital. But the facility had to be built in accordance with the hospital's Guiding Principles and its uniqueness as a health center dedicated to the specialized needs of women and infants. Those

Guiding Principles are: *Family-centered focus, a healing environment where privacy and dignity are respected, sanctuary of caring that includes warm, serene surroundings with natural lighting, sincere and dedicated staff providing the highest quality care, and patient-centered flow and function.*

The vice president of business development, Karl Hodges, wanted a hospital that was designed from the inside out by the people who understood the Guiding Principles, who knew most about the current system, and who were going to use the new system, namely, the doctors and nurses. Hodges and his staff spent 13 months discussing expansion needs with this group, as well as with patients and the community, before developing a proposal

for the new facility. An administrative team created 35 user groups, which held over 1,000 planning meetings (lasting from 45 minutes to a whole day). They even created a "Supreme Court" to deal with conflicting views on the multifaceted issues facing the new hospital.

Funding and regulatory issues added substantial complexity to this major expansion, and Hodges was very concerned that the project stay on time and within budget. Tom Hyatt, director of facility development, was given the task of onsite manager of the \$100 million project, in addition to overseeing ongoing renovations, expansions, and other projects. The activities in the multi-year project for the new building at Arnold Palmer are shown in Table 3.7.

Discussion Questions*

1. Develop the network for planning and construction of the new hospital at Arnold Palmer.
2. What is the critical path, and how long is the project expected to take?
3. Why is the construction of this 11-story building any more complex than construction of an equivalent office building?
4. What percent of the whole project duration was spent in planning that occurred prior to the proposal and reviews? Prior to the actual building construction? Why?

*You may wish to view the video accompanying this case before addressing these questions.

TABLE 3.7**Expansion Planning and Arnold Palmer Hospital Construction Activities and Times^a**

ACTIVITY	SCHEDULED TIME	PRECEDENCE ACTIVITY(IES)
1. Proposal and review	1 month	—
2. Establish master schedule	2 weeks	1
3. Architect selection process	5 weeks	1
4. Survey whole campus and its needs	1 month	1
5. Conceptual architect's plans	6 weeks	3
6. Cost estimating	2 months	2, 4, 5
7. Deliver plans to board for consideration/decision	1 month	6
8. Surveys/regulatory review	6 weeks	6
9. Construction manager selection	9 weeks	6
10. State review of need for more hospital beds ("Certificate of Need")	3.5 months	7, 8
11. Design drawings	4 months	10
12. Construction documents	5 months	9, 11
13. Site preparation/demolish existing building	9 weeks	11
14. Construction start/building pad	2 months	12, 13
15. Relocate utilities	6 weeks	12
16. Deep foundations	2 months	14
17. Building structure in place	9 months	16
18. Exterior skin/roofing	4 months	17
19. Interior buildout	12 months	17
20. Building inspections	5 weeks	15, 19
21. Occupancy	1 month	20

^aThis list of activities is abbreviated for purposes of this case study. For simplification, assume each week = .25 months (i.e., 2 weeks = .5 month, 6 weeks = 1.5 months, etc.).

¡GRACIAS POR LA ATENCIÓN!
eladio.martinez@upa.edu.py