



Sustento del uso justo  
de Materiales Protegidos  
derechos de autor para  
fines educativos



**UCI**

Universidad para la  
Cooperación Internacional

UCI  
Sustento del uso justo de materiales protegidos por  
derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI – para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes pertenecientes a los programas académicos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

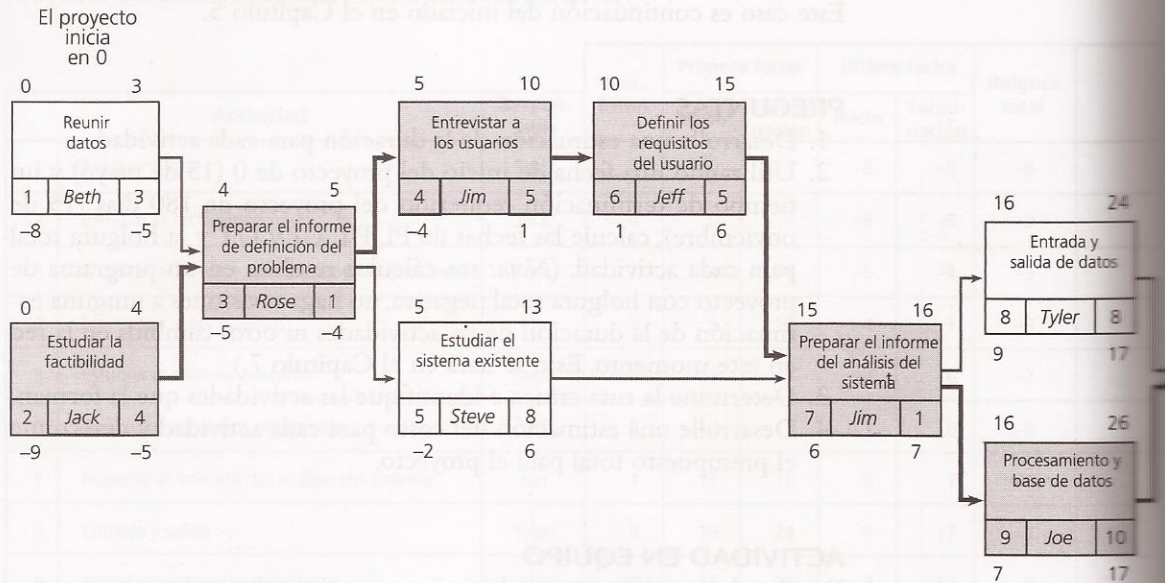
La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S, Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.

FIGURA 6.21 Diagrama de red para el proyecto del sistema de informes basado en Internet, que muestra la ruta crítica (formato actividad en el cuadro)

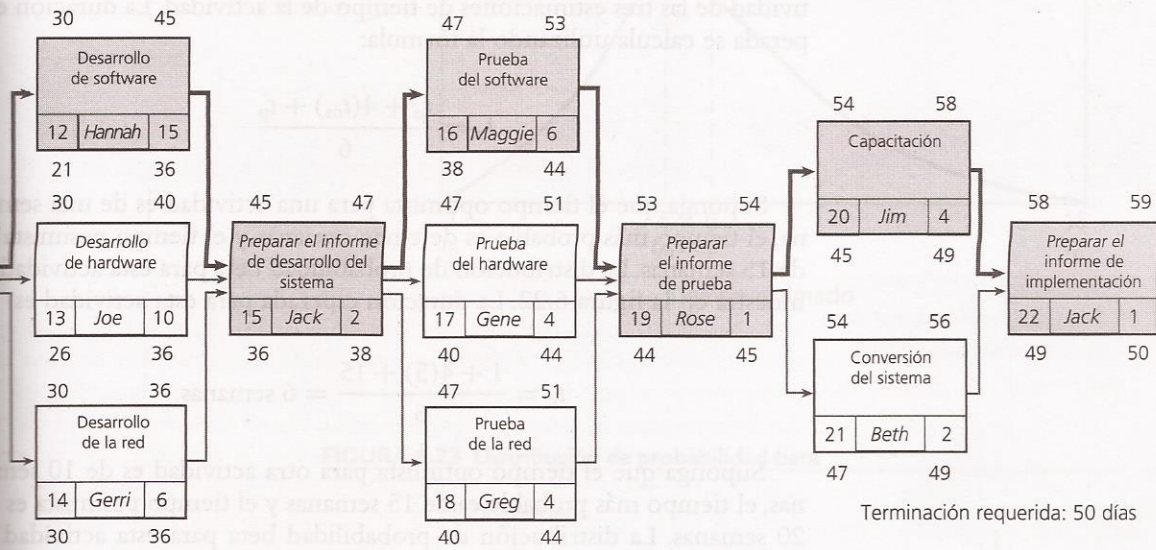


## APÉNDICE 1 Consideraciones sobre la probabilidad

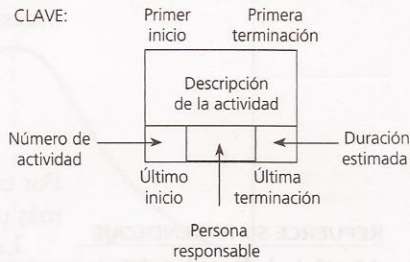
### ESTIMACIONES DE LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Recuerde que la estimación de la duración de cada actividad es el tiempo total transcurrido estimado desde el momento en que se inició la actividad hasta el momento cuando se termina. Con proyectos para los cuales hay un alto grado de incertidumbre con respecto a las estimaciones de duración de la actividad, es posible utilizar tres estimaciones para cada actividad:

1. *Tiempo optimista* ( $t_o$ ) es el tiempo en el cual una actividad en particular puede terminarse si todo sale a la perfección y no hay complicaciones. Una regla general es que debe haber sólo una oportunidad en 10 de terminar la actividad en menos tiempos que la estimación de tiempo optimista.
2. *Tiempo más probable* ( $t_m$ ) es el tiempo en el cual una actividad en particular se termina con frecuencia bajo condiciones normales. Si una actividad se ha repetido muchas veces, la duración real que ocurre con mayor frecuencia puede utilizarse como la estimación de tiempo más probable.



Terminación requerida: 50 días



3. *Tiempo pesimista* ( $t_p$ ) es el tiempo en el cual una actividad en particular puede terminarse bajo circunstancias adversas, como la presencia de complicaciones inusuales o imprevistas. Una regla general es que sólo debe haber una oportunidad en 10 de terminar la actividad en un tiempo menor que la estimación de tiempo pesimista.

Al establecer tres estimaciones de tiempo es posible tomar en cuenta la incertidumbre cuando se estima cuánto durará una actividad. El tiempo más probable debe ser mayor o igual al tiempo optimista, y el tiempo pesimista debe ser mayor o igual que el tiempo más probable.

No es necesario hacer tres estimaciones para cada actividad. Si alguien tiene amplia experiencia o datos sobre cuánto tiempo requirió la realización de actividades muy similares en proyectos terminados, tal vez sea preferible hacer sólo una estimación del tiempo que se espera que dure una actividad (como se estudió en el capítulo). Sin embargo, utilizar tres estimaciones de tiempo ( $t_o$ ,  $t_m$  y  $t_p$ ) puede ser útil cuando hay un alto grado de incertidumbre con respecto a cuánto durará una actividad.

Cap. 7  
Cap. 8  
Cap. 9

**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD BETA**

En la planeación de red, cuando se utilizan tres estimaciones para cada actividad, se supone que las tres estimaciones siguen una **distribución de probabilidad beta**. Con base en esta suposición, es posible calcular una duración esperada (también llamada media o promedio),  $t_e$ , para cada actividad de las tres estimaciones de tiempo de la actividad. La duración esperada se calcula utilizando la fórmula:

$$t_e = \frac{t_o + 4(t_m) + t_p}{6}$$

Suponga que el tiempo optimista para una actividad es de una semana, el tiempo más probable es de cinco semanas y el tiempo pesimista es de 15 semanas. La distribución de probabilidad beta para esta actividad se muestra en la figura 6.22. La duración esperada para esta actividad es

$$t_e = \frac{1 + 4(5) + 15}{6} = 6 \text{ semanas}$$

Suponga que el tiempo optimista para otra actividad es de 10 semanas, el tiempo más probable es de 15 semanas y el tiempo pesimista es de 20 semanas. La distribución de probabilidad beta para esta actividad se muestra en la figura 6.23. La duración esperada para esta actividad es

$$t_e = \frac{10 + 4(15) + 20}{6} = 15 \text{ semanas}$$

**REFUERCE SU APRENDIZAJE**

**15.** Calcule la probabilidad esperada y una probabilidad de 0.5 de que tomará menos tiempo que  $t_e$ . En la figura 6.22, la duración de una actividad que hay ahí es una probabilidad de 50% de que la actividad en realidad tomará más tiempo que las estimaciones siguientes: más de seis semanas y una probabilidad de 50% que tomará menos de seis semanas.

Por casualidad, sucede que esto es lo mismo que la estimación del tiempo más probable.

Los picos de las curvas de las figuras 6.22 y 6.23 representan los tiempos más probables para sus actividades respectivas. La duración esperada,  $t_e$ , divide el área total bajo la curva de probabilidad beta en dos partes iguales. En otras palabras, 50% del área bajo cualquier curva de probabilidad beta estará a la izquierda de  $t_e$  y 50% estará a la derecha. Por ejemplo, la figura 6.22 muestra que 50% del área bajo la curva está a la izquierda de seis semanas y 50% del área está a la derecha de seis semanas. Por tanto, hay una probabilidad de 50-50 de que una actividad en realidad requiera más o menos tiempo que la duración esperada. Dicho de otra forma, hay una probabilidad de 0.5 de que una actividad tome más tiempo que  $t_e$ ,  $t_m = 12$ , y  $t_p = 22$ .

Se supone que, a medida que el proyecto avanza, algunas actividades requerirán menos tiempo que su duración esperada y algunas actividades requerirán más tiempo que su duración esperada. Además se supone que, para la fecha cuando el proyecto completo se termine, la diferencia neta total entre todas las duraciones esperadas y todas las duraciones reales será mínima.

**CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD**

La planeación de red en la cual se utilizan tres estimaciones para cada actividad puede considerarse una *técnica estocástica* o *probabilística*, debido a que permite incertidumbre en la duración de la actividad al incorporar tres estimaciones que se suponen distribuidas según la distribución de

FIGURA 6.22 Distribución de probabilidad beta

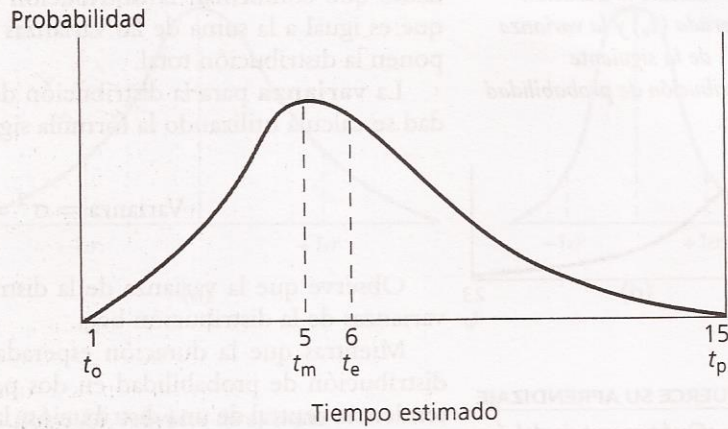
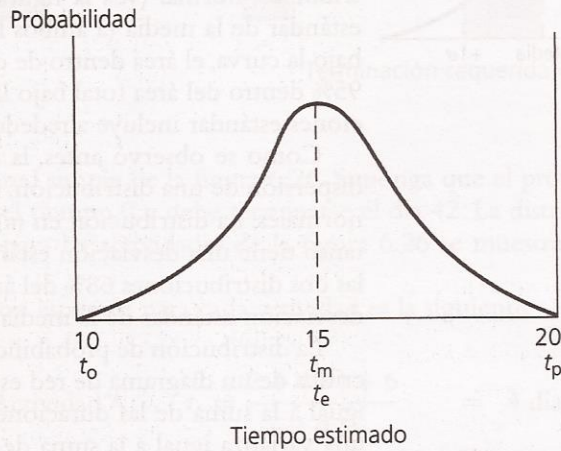


FIGURA 6.23 Distribución de probabilidad beta



probabilidad beta. Cualquier técnica que utiliza sólo una estimación de tiempo se considera una *técnica determinística*. Debido a que se supone que las tres estimaciones de tiempo para cada actividad siguen una distribución de probabilidad beta, es posible calcular la probabilidad, o posibilidad, de completar en realidad el proyecto antes del tiempo requerido. Si sólo se utiliza una estimación de tiempo para cada actividad, los cálculos de probabilidad no pueden hacerse.

Cuando se utilizan las tres estimaciones de tiempo, todas las actividades en la ruta crítica del diagrama de red pueden sumarse juntas para obtener una distribución de probabilidad total. El teorema del límite central establece que esta distribución de probabilidad total no es una distribución de probabilidad beta sino una **distribución de probabilidad normal**, que tiene forma de campana y es simétrica en torno a su valor medio. Además, esta distribución de probabilidad total tiene una duración espe-

Cap. 7  
 Cap. 8  
 Cap. 9

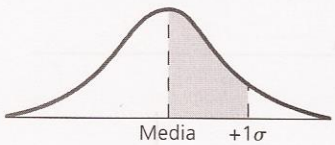
**REFUERCE SU APRENDIZAJE**

16. Calcule la duración esperada ( $t_e$ ) y la varianza ( $\sigma^2$ ) de la siguiente distribución de probabilidad beta.



**REFUERCE SU APRENDIZAJE**

17. ¿Qué porcentaje del área bajo esta curva normal está sombreado?



rada que es igual a la suma de las duraciones esperadas de todas las actividades que conforman la distribución total. También tiene una varianza que es igual a la suma de las varianzas de todas las actividades que componen la distribución total.

La **varianza** para la distribución de probabilidad beta de una actividad se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Varianza} = \sigma^2 = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$$

Observe que la varianza de la distribución normal es la suma de las varianzas de la distribución beta.

Mientras que la duración esperada, la cual divide el área bajo una distribución de probabilidad en dos partes iguales, es una medida de la tendencia central de una distribución, la varianza es una medida de la dispersión, o diseminación, de una distribución de su valor esperado. La **desviación estándar**,  $\sigma$ , es otra medida de la dispersión de una distribución y es igual a la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar proporciona una mejor representación visual de la desviación de una distribución de su media, o valor esperado, que la varianza. Para una distribución normal (vea la figura 6.24), el área dentro de una desviación estándar de la media (a ambos lados) incluye cerca de 68% del área total bajo la curva, el área dentro de dos desviaciones estándar incluye cerca de 95% dentro del área total bajo la curva y el área dentro de las tres desviaciones estándar incluye alrededor de 99% del área total bajo la curva.

Como se observó antes, la desviación estándar es una medida de la dispersión de una distribución. La figura 6.25 muestra dos distribuciones normales. La distribución en (a) de la figura 6.25 está más dispersa y por tanto tiene una desviación estándar mayor que en (b). Sin embargo, para las dos distribuciones 68% del área bajo la curva se incluye dentro de una desviación estándar de la media.

La distribución de probabilidad total de todas las actividades en la ruta crítica de un diagrama de red es una distribución normal, con una media igual a la suma de las duraciones esperadas de actividades individuales y una varianza igual a la suma de las varianzas de actividades individuales.

**FIGURA 6.24** Distribución de probabilidad normal

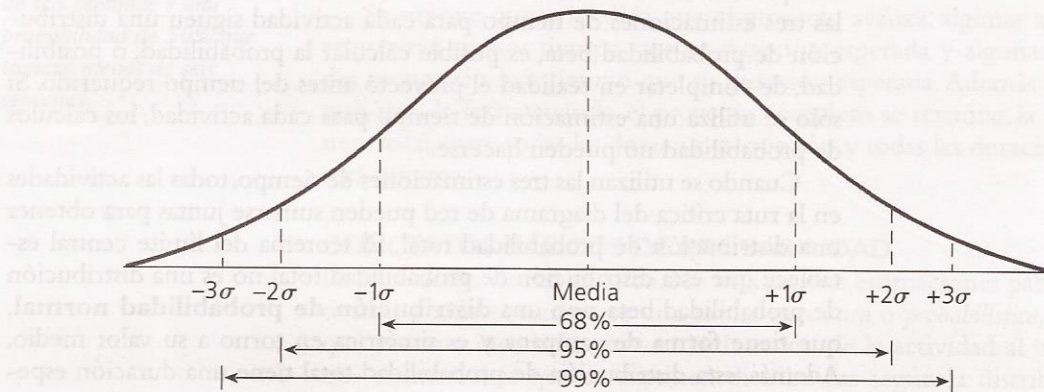


FIGURA 6.25 Distribución de probabilidad normal

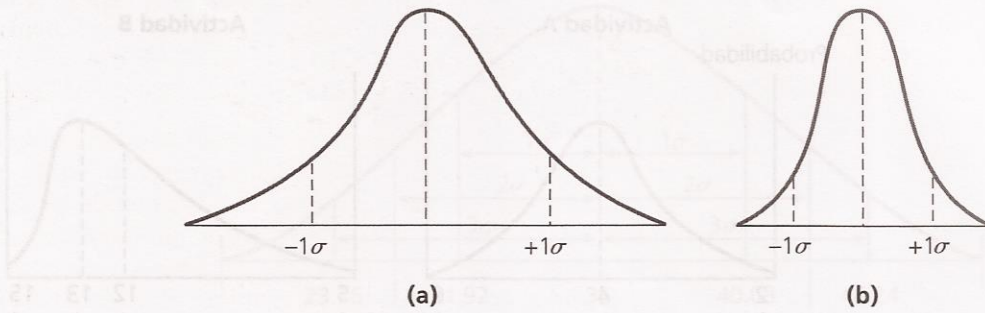
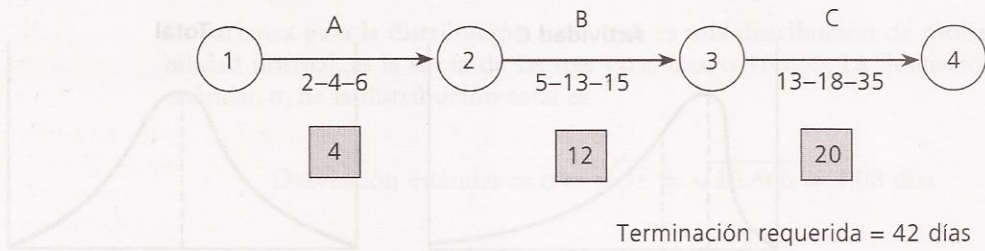


FIGURA 6.26 Proyecto de ejemplo



Considere la red simple de la figura 6.26. Suponga que el proyecto puede iniciarse en el tiempo 0 y debe terminarse el día 42. La distribución de probabilidad para las actividades de la figura 6.26 se muestran en la figura 6.27.

La duración esperada para cada actividad es la siguiente.

$$\text{Actividad A} \quad t_e = \frac{2 + 4(4) + 6}{6} = 4 \text{ días}$$

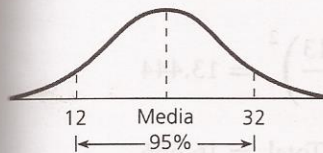
$$\text{Actividad B} \quad t_e = \frac{5 + 4(13) + 15}{6} = 12 \text{ días}$$

$$\text{Actividad C} \quad t_e = \frac{13 + 4(18) + 35}{6} = 20 \text{ días}$$

$$\text{Total} = 36 \text{ días}$$

**REFUERCE SU APRENDIZAJE**

18. Si 95% del área bajo la curva normal siguiente está entre los dos puntos etiquetados, ¿cuál es la desviación estándar? ¿Cuál es la varianza?



Si se suman las tres distribuciones, se obtiene una media total, o  $t_e$  total:

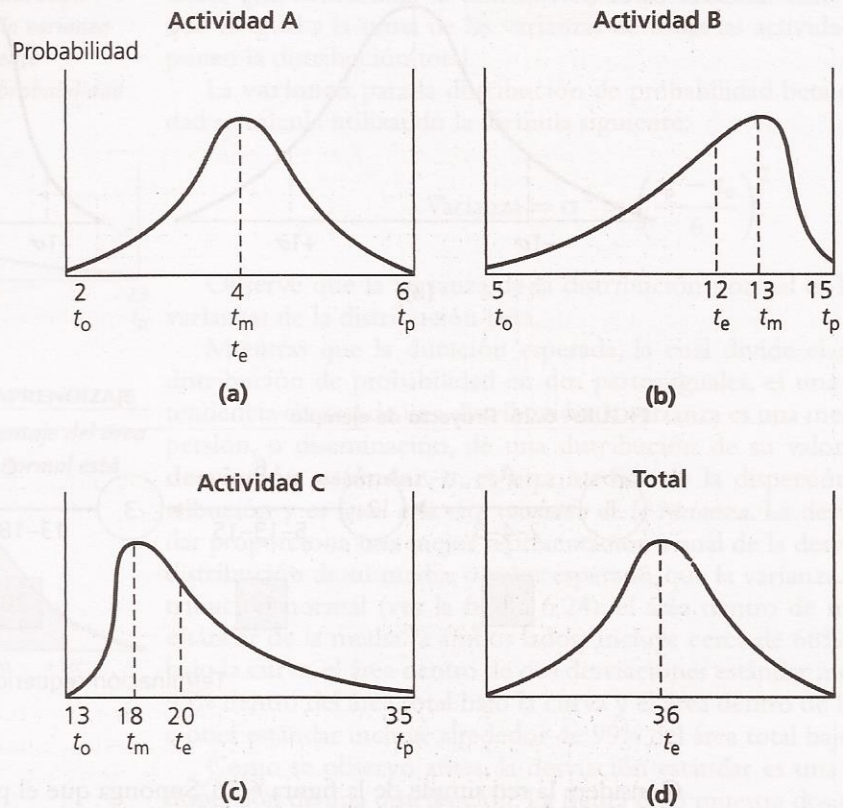
Actividad	$t_o$	$t_m$	$t_p$
A	2	4	6
B	5	13	15
C	13	18	35
Total	20	35	56

$$\text{Total } t_e = \frac{20 + 4(35) + 56}{6} = 36 \text{ días}$$

Cap. 7, 8, 9



FIGURA 6.27 Distribuciones de probabilidad



Este resultado es el mismo que la suma de las tres duraciones individuales esperadas que se calcularon con anterioridad:  $4 + 12 + 20 = 36$  días. La distribución de probabilidad total se muestra en (d) de la Figura 6.27. La duración total esperada para la ruta 1-2-3-4 es 36 días. Por tanto, el proyecto tiene una primera fecha de terminación del día 36. Como se mencionó antes, el proyecto tiene una fecha de terminación requerida del día 42.

La distribución total tiene un tiempo transcurrido medio igual a la suma de las tres medias o duraciones individuales esperadas. Hay una probabilidad de 0.5 de que el proyecto se termine antes del día 36 y una probabilidad de 0.5 de que se termine después del día 36.

Para el ejemplo simple de la figura 6.26, la varianza para las distribuciones beta de las tres actividades es la siguiente.

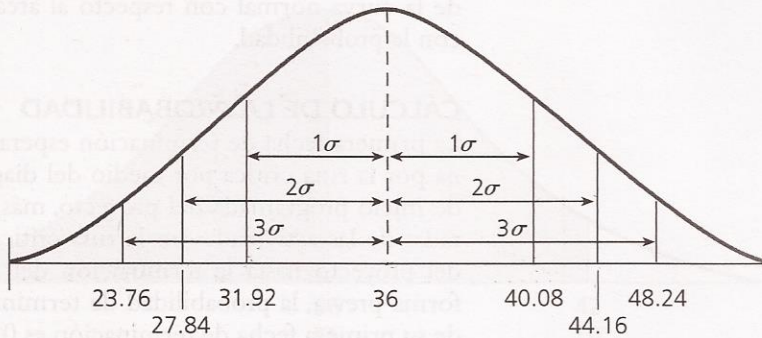
$$\text{Actividad A } \sigma^2 = \left( \frac{6-2}{6} \right)^2 = 0.444$$

$$\text{Actividad B } \sigma^2 = \left( \frac{15-5}{6} \right)^2 = 2.778$$

$$\text{Actividad C } \sigma^2 = \left( \frac{35-13}{6} \right)^2 = 13.444$$

$$\text{Total} = 16.666$$

FIGURA 6.28 Distribución de probabilidad normal para el proyecto de ejemplo



La varianza para la distribución total, que es una distribución de probabilidad normal, es la suma de las tres varianzas, o 16.666. La desviación estándar,  $\sigma$ , de la distribución total es

$$\text{Desviación estándar} = \sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{16.666} = 4.08 \text{ días}$$

La figura 6.28, al igual que la gráfica (d) de la figura 6.27, muestra la curva de probabilidad total, con la suma de las desviaciones estándar.

La figura 6.28 es una curva normal, así que 68% de su área total está contenida dentro de  $\pm 1\sigma$  (desviación estándar) de  $t_e$ , o entre 31.92 días y 40.08 días; 95% de su área está entre 27.84 días y 44.16 días, y 99% de su área está entre 23.76 días y 48.24 días. Esta distribución de probabilidad puede interpretarse como sigue:

- Hay 99% de posibilidades (probabilidad de 0.99) de terminar el proyecto en 23.76 a 48.24 días.
- Hay 95% de posibilidades (probabilidad de 0.95) de terminar el proyecto en 27.84 a 44.16 días.
- Hay 47.5% de posibilidades (probabilidad de 0.475) de terminar el proyecto en 27.84 a 36 días.
- Hay 47.5% de posibilidades (probabilidad de 0.475) de terminar el proyecto en 36 a 44.16 días.
- Hay 68% de posibilidades (probabilidad de 0.68) de terminar el proyecto en 31.92 a 40.08 días.
- Hay 34% de posibilidades (probabilidad de 0.34) de terminar el proyecto en 31.92 a 36 días.
- Hay 34% de posibilidades (probabilidad de 0.34) de terminar el proyecto en 36 a 40.08 días.
- Hay 13.5% de posibilidades (probabilidad de 0.135) de terminar el proyecto en 27.84 a 31.92 días.
- Hay 13.5% de posibilidades (probabilidad de 0.135) de terminar el proyecto en 40.08 a 44.16 días.
- Hay 0.5% de posibilidades (probabilidad de 0.005) de terminar el proyecto antes de 23.76 días.
- Hay 0.5% de posibilidades (probabilidad de 0.005) de terminar el proyecto después de 48.24 días.

Cap. 7  
Cap. 8  
Cap. 9

Por tanto, puede afirmarse que la razón del área bajo ciertas partes de la curva normal con respecto al área total bajo la curva se relaciona con la probabilidad.

### CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD

La primera fecha de terminación esperada para un proyecto se determina por la ruta crítica por medio del diagrama de red. Es igual a la fecha de inicio programada del proyecto, más la suma de las duraciones esperadas de las actividades en la ruta crítica, que conducen desde el inicio del proyecto hasta la terminación del mismo. Como se mencionó en forma previa, la probabilidad de terminar en realidad un proyecto antes de su primera fecha de terminación es 0.5, debido a que la mitad del área bajo la curva de distribución normal está a la izquierda de esta fecha esperada; la probabilidad de en realidad terminar un proyecto después de su primera fecha de terminación esperada es también 0.5, ya que la mitad del área bajo la curva normal está a la derecha de esta fecha esperada. Al saber el tiempo de terminación requerido para un proyecto es posible calcular la probabilidad de terminar en realidad el proyecto antes de esta fecha.

Con el fin de encontrar la probabilidad de terminar en realidad un proyecto antes del tiempo de terminación requerido, se utiliza la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{UT - PT}{\sigma_t}$$

Los elementos de esta fórmula son los siguientes:

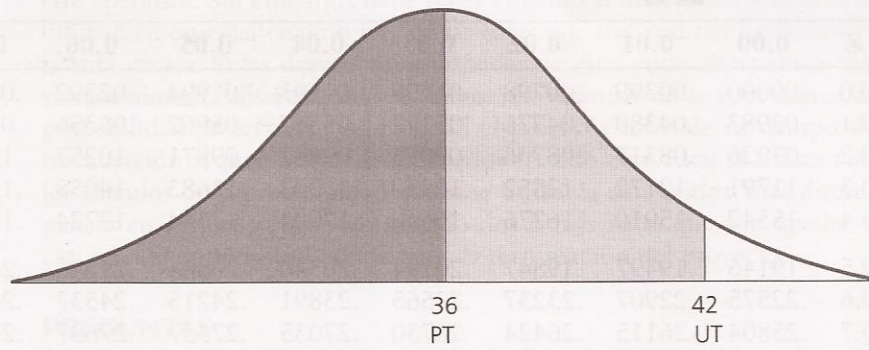
- UT es la fecha de terminación requerida (última terminación) del proyecto.
- PT es la primera fecha de terminación esperada para el proyecto (media de la distribución normal).
- $\sigma_t$  es la desviación estándar de la distribución total de las actividades en la ruta más larga (la que consume más tiempo) que conduce a la terminación del proyecto.

En la ecuación anterior, la  $Z$  mide el número de desviaciones estándar entre PT y UT en la curva de probabilidad normal. Este valor de  $Z$  debe convertirse en un número que da la proporción del área bajo la curva normal que se ubica entre PT y UT. Como el área total bajo una curva normal es igual a 1.0, la probabilidad de terminar el proyecto antes de su tiempo de terminación requerido es igual a la proporción del área bajo la curva que está a la izquierda de la UT.

La primera fecha de terminación (PT) esperada para la red simple de tres actividades de la figura 6.26 se calculó de 36 días. Recuerde que el tiempo de terminación requerido (TR) para el proyecto es de 42 días, o seis días después de la PT. La figura 6.29 muestra la curva normal para el proyecto, con la PT = 36 días y la UT = 42 días.

La proporción del área bajo la curva a la izquierda de la UT es igual a la probabilidad de terminar el proyecto antes de 42 días. La PT divide al área bajo la curva en dos partes iguales, cada una conteniendo la mitad del área, así que sabemos que la proporción del área a la izquierda de la PT es 0.5. Ahora debemos descubrir la proporción del área entre PT y UT y añadirla a este 0.5 para obtener la proporción del área total a la

FIGURA 6.29 Distribución de probabilidad normal para el proyecto de muestra



izquierda de la UT. Utilizando la ecuación anterior para hallar la proporción del área entre la PT y la UT, podemos calcular  $Z$ :

$$Z = \frac{PT - UT}{\sigma_t} = \frac{42 - 36}{4.08} = \frac{6}{4.08} = 1.47$$

El valor de  $Z$  de 1.47 indica que hay 1.47 desviaciones estándar (una desviación estándar de 4.08 días) entre la PT y la UT. Sin embargo, el valor de  $Z$  no da en forma directa la proporción del área bajo la curva entre la PT y la UT. Con el fin de determinar esta área, debemos convertir el valor de  $Z$  a un número que dé el área de manera directa, utilizando una tabla de conversión estándar como la tabla 6.1.

La primera columna y la fila superior de la tabla se utilizan para determinar el valor de  $Z$  deseado con una significancia de 0.01. Para calcular el área para un valor de  $Z$  de 1.47, primero se desplaza por la columna hacia abajo en el extremo izquierdo hasta 1.4, luego a lo largo de esta fila hasta la columna 0.07. El número que hay ahí es 0.42922. Esto significa que para un valor de  $Z$  de 1.47, la proporción del área bajo una curva normal es 0.42922. Este número indica que la probabilidad de terminar en realidad el proyecto entre PT y UT, o en 36 a 42 días, es 0.42922; por lo tanto, hay una posibilidad de 42.922%. No obstante, dado que estamos interesados en encontrar la probabilidad de terminar en realidad el proyecto en algún momento antes de 42 días, se debe sumar la probabilidad de terminar antes de 36 días. La probabilidad de terminar el proyecto en algún momento antes de 42 días es igual a la probabilidad de terminar antes de 36 días más la probabilidad de terminar entre 36 días y 42 días:

$$0.50000 + 0.42922 = 0.92922$$

La probabilidad de en realidad terminar el proyecto antes de su tiempo de terminación requerido de 42 días es 0.92922; hay una posibilidad de 92.922 por ciento.

### RESUMEN

Si cada actividad del diagrama de red para un proyecto tiene tres estimaciones de tiempo (optimista, lo más probable y pesimista), es posible calcular la probabilidad de terminar en realidad el proyecto antes de su

Capítulo 7

TABLA 6.1 Tabla de las áreas de la curva normal entre la ordenada máxima y valores de Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	.00000	.00399	.00798	.01197	.01595	.01994	.02392	.02790	.03188	.03586
0.1	.03983	.04380	.04776	.05172	.05567	.05962	.06356	.06749	.07142	.07535
0.2	.07926	.08317	.08706	.09095	.09483	.09871	.10257	.10642	.11026	.11409
0.3	.11791	.12172	.12552	.12930	.13307	.13683	.14058	.14431	.14803	.15173
0.4	.15542	.15910	.16276	.16640	.17003	.17364	.17724	.18082	.18439	.18793
0.5	.19146	.19497	.19847	.20194	.20540	.20884	.21226	.21566	.21904	.22240
0.6	.22575	.22907	.23237	.23565	.23891	.24215	.24537	.24857	.25175	.25490
0.7	.25804	.26115	.26424	.26730	.27035	.27337	.27637	.27935	.28230	.28524
0.8	.28814	.29103	.29389	.29673	.29955	.30234	.30511	.30785	.31057	.31327
0.9	.31594	.31859	.32121	.32381	.32639	.32894	.33147	.33398	.33646	.33891
1.0	.34134	.34375	.34614	.34850	.35083	.35314	.35543	.35769	.35993	.36214
1.1	.36433	.36650	.36864	.37076	.37286	.37493	.37698	.37900	.38100	.38298
1.2	.38493	.38686	.38877	.39065	.39251	.39435	.39617	.39796	.39973	.40147
1.3	.40320	.40490	.40658	.40824	.40988	.41149	.41309	.41466	.41621	.41774
1.4	.41924	.42073	.42220	.42364	.42507	.42647	.42786	.42922	.43056	.43189
1.5	.44319	.43448	.43574	.43699	.43822	.43943	.44062	.44179	.44295	.44408
1.6	.44520	.44630	.44738	.44845	.44950	.45053	.45154	.45254	.45352	.45449
1.7	.45543	.45637	.45728	.45818	.45907	.45994	.46080	.46164	.46246	.46327
1.8	.46407	.46485	.46562	.46638	.46712	.46784	.46856	.46926	.46995	.47062
1.9	.47128	.47193	.47257	.47320	.47381	.47441	.47500	.47558	.47615	.47670
2.0	.47725	.47778	.47831	.47882	.47932	.47982	.48030	.48077	.48124	.48169
2.1	.48214	.48257	.48300	.48341	.48382	.48422	.48461	.48500	.48537	.48574
2.2	.48610	.48645	.48679	.48713	.48745	.48778	.48809	.48840	.48870	.48899
2.3	.48928	.48956	.48983	.49010	.49036	.49061	.49086	.49111	.49134	.49158
2.4	.49180	.49202	.49224	.49245	.49266	.49286	.49305	.49324	.49343	.49361
2.5	.49377	.49396	.49413	.49430	.49446	.49461	.49477	.49492	.49506	.49520
2.6	.49534	.49547	.49560	.49573	.49585	.49598	.49609	.49621	.49632	.49643
2.7	.49653	.49664	.49674	.49683	.49693	.49702	.49711	.49720	.49728	.49736
2.8	.49744	.49752	.49760	.49767	.49774	.49781	.49788	.49795	.49801	.49807
2.9	.49813	.49819	.49825	.49831	.49836	.49841	.49846	.49851	.49856	.49861
3.0	.49865	.49869	.49874	.49878	.49882	.49886	.49889	.49893	.49897	.49900
3.1	.49903	.49906	.49910	.49913	.49916	.49918	.49921	.49924	.49926	.49929
3.2	.49931	.49934	.49936	.49938	.49940	.49942	.49944	.49946	.49948	.49950
3.3	.49952	.49953	.49955	.49957	.49958	.49960	.49961	.49962	.49964	.49965
3.4	.49966	.49968	.49969	.49970	.49971	.49972	.49973	.49974	.49975	.49976
3.5	.49977	.49978	.49978	.49979	.49980	.49981	.49981	.49982	.49983	.49983
3.6	.49984	.49985	.49985	.49986	.49986	.49987	.49987	.49988	.49988	.49989
3.7	.49989	.49990	.49990	.49990	.49991	.49991	.49992	.49992	.49992	.49992
3.8	.49993	.49993	.49993	.49994	.49994	.49994	.49994	.49995	.49995	.49995
3.9	.49995	.49995	.49996	.49996	.49996	.49996	.49996	.49996	.49997	.49997
4.0	.49997	.49997	.49997	.49997	.49997	.49997	.49998	.49998	.49998	.49998

tiempo de terminación requerido utilizando los métodos estudiados en este apéndice. Sin embargo, debe tener cuidado al interpretar esta probabilidad, en especial cuando hay varias rutas que son casi tan largas como la ruta crítica. Si las desviaciones estándar de estas rutas alternativas son sustancialmente diferentes de la desviación estándar de la ruta crítica, la probabilidad de terminar en realidad el proyecto antes de su tiempo de terminación requerido puede ser menor cuando estas rutas se utilizan en los cálculos de la probabilidad que si se utiliza la ruta crítica. Esta discrepancia en general surge sólo cuando dos o más rutas que son iguales o casi iguales en longitud conducen a la terminación del proyecto.

### PREGUNTAS

1. Cierto o falso: Con el fin de calcular la probabilidad de terminar un proyecto en su tiempo requerido, es necesario tener tres estimaciones para cada actividad y el tiempo de terminación requerido para el proyecto.
2. ¿Cuál es la duración esperada, la varianza y la desviación estándar para una actividad cuyas tres estimaciones de tiempo son  $t_o = 2$ ,  $t_m = 14$ , y  $t_p = 14$ ?
3. ¿Cuál de las medidas siguientes *no* es una medida de la dispersión, o diseminación, de una distribución: varianza, media o desviación estándar?
4. El primer tiempo de terminación esperado para un proyecto es 138 días, y su tiempo de terminación requerido es 130 días. ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto antes de su tiempo requerido si  $\sigma_t$  (la desviación estándar de la distribución total de las actividades en la ruta más larga) es 6?

## APÉNDICE 2 Microsoft Project

En este apéndice se estudiará cómo Microsoft Project puede utilizarse para apoyar las técnicas empleadas en este capítulo con base en el ejemplo del estudio del mercado de consumo. Para recuperar la información de su proyecto, en el menú File, haga clic en Open y localice el archivo del proyecto del estudio del mercado de consumo. Ahora estamos listos para introducir las duraciones estimadas para cada tarea como se vio en este capítulo.

Introduzca los datos de la duración directamente en la columna Duration. Observe la figura 6A.1 para ver los datos de la duración que debe introducir. Note que cuando se introduce la duración para cada tarea, la unidad de tiempo predeterminada es “d” para días. Puede introducir “m” después del número para representar los minutos; “h” para las horas; “d” para los días; “w” para las semanas, o “mon” para los meses. Por ejemplo, una entrada de “2w” sería igual a una estimación de la duración de dos semanas. A medida que modifique las estimaciones de la duración, el sistema actualiza de manera automática las fechas de inicio y terminación para cada tarea.

Observe en la figura 6A.1 la gráfica de Gantt actualizada. Las dependencias entre las tareas se muestran por medio de flechas. Puede resaltar la ruta crítica en rojo. Para hacerlo, en el menú Format, seleccione Gantt Chart Wizard (Asistente para gráfica de Gantt) y utilícelo para mostrar la ruta crítica en rojo.

Cap. 6  
7  
8  
9