

AUTOMATIZACIÓN DE REPORTES PARA GESTIÓN DE PROYECTOS PERT-CPM

LUISA FERNANDA CHAVES CASTELBLANCO

JULY CATHERINE ESPITIA POVEDA

INSTITUCION UNIVERSITARIA POLITECNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C

2017-1

AUTOMATIZACIÓN DE REPORTES PARA GESTIÓN DE PROYECTOS PERT-CPM

PRESENTADO A:

OSCAR JAVIER PARRA ORTEGA

PRESENTADO POR:

LUISA FERNANDA CHAVES CASTELBLANCO

JULY CATHERINE ESPITIA POVEDA

INSTITUCION UNIVERSITARIA POLITECNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS BASICAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C

2017-1

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO	3
LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE ILUSTRACIONES	5
INTRODUCCIÓN	6
1. JUSTIFICACIÓN.....	7
2. OBJETIVO GENERAL.....	8
2.1. Objetivos Específicos	8
3. MARCO TEÓRICO.....	9
3.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO CPM	10
3.1.1. Regla de tiempo de inicio más cercano:.....	10
3.1.2. Regla de tiempo de terminación más cercano:.....	10
3.1.3. Regla de tiempo de terminación más lejano:.....	11
3.1.4. Regla del tiempo de inicio más lejano:.....	11
3.1.5. Cálculo del tiempo de Holgura:	11
3.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO PERT.....	11
3.2.1. Tiempo optimista (a):	12
3.2.2. Tiempo pesimista (b):.....	12
3.2.3. Tiempo más probable (m):	12
3.2.4. Probabilidad.....	13
3.3. VENTAJAS PERT Y CPM.....	14
3.4. DIAGRAMA DE GANTT:	14
3.5. CONCEPTOS BASICOS DEL LENGUAJE DE PROGRAMACION EN VISUAL BASIC FOR APPLICATION.....	15
3.5.1. Tipos de dato	15
4. HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS CPM - PERT	17
4.1. HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS CPM	17
4.1.1. Actividad	19
4.1.2. Nombre de la actividad	19

4.1.3.	Predecesoras	20
4.1.4.	Duración	20
4.1.5.	Tiempos CPM.....	21
4.1.6.	Gráfica diagrama de Gantt CPM.....	22
4.2.	HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS PERT	23
4.2.1.	Ingreso de tiempos PERT	24
4.2.2.	Duración y varianza PERT	25
4.2.3.	Tiempos PERT	25
4.2.4.	Gráfica diagrama de Gantt PERT	26
4.2.5.	Probabilidad.....	26
	CONCLUSIONES.....	28
	RECOMENDACIONES	29
	REFERENCIAS	30
	ANEXOS.....	31
	GLOSARIO	38

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Principales diferencias PERT-CPM	9
Tabla 2. Ejemplo CPM	17
Tabla 3. Continuación ejemplo CPM	18
Tabla 4. Ejemplo PERT	23

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Distribución de probabilidades.....	12
Ilustración 2. Botón CPM	18
Ilustración 3. Datos de entrada CPM.....	18
Ilustración 4. Actividad CPM.....	19
Ilustración 5. Nombre de la actividad CPM	19
Ilustración 6. Predecesoras CPM	20
Ilustración 7. Duración CPM	20
Ilustración 8. Botón Ruta crítica	21
Ilustración 9. Tiempos CPM	21
Ilustración 10. Duración del proyecto CPM.....	22
Ilustración 11. Diagrama de Gantt.....	22
Ilustración 12. Botón Borrar datos	23
Ilustración 13. Botón PERT	24
Ilustración 14. Datos de entrada PERT	24
Ilustración 15. Tiempos PERT	24
Ilustración 16. Duración PERT	25
Ilustración 17. Resultado PERT	25
Ilustración 18. Diagrama Gantt PERT	26
Ilustración 19. Probabilidad PERT.....	27

INTRODUCCIÓN

Un proyecto se puede definir como una serie de trabajos relacionados Para la consecución de un objetivo o el desarrollo de un producto y para los cuales se requiere un periodo de tiempo. La administración de proyectos busca la planeación, dirección y el control de los recursos sujetos a , actividades críticas, actividades dependientes, holguras y tiempos de entrega; con el fin de estructurar la realización de un proyecto se han diseñado diferentes técnicas que permiten el direccionamiento del mismo, dentro de estas técnicas se destacan los modelos de planeación de redes, los más conocidos son la técnica de revisión y evaluación de proyectos (PERT) y el método de la ruta crítica (CPM).

Los avances tecnológicos del mundo actual permiten la automatización y diseño de aplicaciones que sirven para simplificar diferentes tareas y procesos necesarios para el uso de modelos o técnicas matemáticas dependiendo de cada caso en particular, Dentro del siguiente trabajo se diseñara una herramienta por medio de la plataforma Visual Basic for Application (VBA) de Excel, que permita la realización de los cálculos para las técnicas o modelos de planeación de redes PERT y CPM proporcionando tiempos tempranos, tiempos tardíos, holguras y probabilidades de finalización de las actividades o proyectos y de esta manera optimizar la ejecución del mismo.

1. JUSTIFICACIÓN

Dentro de la planeación y estructuración de un proyecto o proceso se hace necesario conocer información relevante, que permita la toma de decisiones acerca de la viabilidad y rentabilidad de llevar a cabo dicha actividad, los modelos de redes PERT y CPM permiten el establecimiento de una metodología para la ejecución de un proyecto, identificando rutas críticas o cuellos de botella que se traducen en problemas potenciales que pueden perjudicar el cumplimiento y desarrollo del programa que se propone para la ejecución del mismo.

Teniendo en cuenta las múltiples aplicaciones que ofrecen los modelos de red, se hace necesario contar con una herramienta automatizada para conocer la programación de un proyecto en tiempo real permitiendo a los usuarios la aplicación de los mismos; El presente trabajo describe el manual de usuario generado para la implementación de la herramienta diseñada por medio de la plataforma de Excel Visual Basic for Application, que permite la automatización para el uso de las técnicas PERT y CPM, facilitando el control, monitoreo y programación de los mismos.

2. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una herramienta por medio de la plataforma Visual Basic for Application (VBA) de Excel que permita la aplicación de las técnicas PERT y CPM estableciendo tiempos tempranos, tiempos tardíos, holguras y probabilidades para la ejecución de un proyecto o proceso determinado.

2.1. Objetivos Específicos

- Programar por medio de la plataforma de Excel Visual Basic for Application una herramienta que permita la automatización de los modelos de red PERT y CPM, para optimizar el proceso de análisis de datos.
- Diseñar un aplicativo de los modelos de red PERT y CPM que permita el cálculo de tiempos, holguras y probabilidades con el fin de facilitar el desarrollo de proyectos en los cuales se requiera una adecuada planificación.
- Generar un manual de usuario que explique el modo de utilización de la herramienta propuesta, haciendo que el usuario se familiarice con la plataforma diseñada y de esta manera facilitar la implementación de la misma.

3. MARCO TEÓRICO

La teoría acerca de los modelos de redes en la cual está centrada el presente trabajo fue tomada de la recopilación de libros referentes a la administración de operaciones existentes y que sirvieron de apoyo para describir la forma de aplicación de los mismos.

Los métodos de planificación de redes contribuyen con la vigilancia y el control de los proyectos, considerando el proyecto como un conjunto de actividades que se relacionan entre si y que pueden representarse visualmente por medio de un diagrama de red formado por nodos y arcos que describen las relaciones entre las actividades; Los modelos de planeación de redes más conocidos son la técnica de revisión y evaluación de proyectos (PERT) y el método de la ruta crítica (CPM), la principal diferencia entre estos dos métodos se basa en la manera en que se realizan los estimativos de tiempo, estas diferencias se ilustran en la tabla 1.

Tabla 1 Principales diferencias PERT-CPM

PERT	CPM
Probabilístico	Determinístico
Considera el tiempo como una variable desconocida de la cual solo hay datos estimados	Considera que el tiempo de las actividades es conocido y se pueden variar cambiando el nivel de recursos utilizados
Considera tres tiempos (tiempo estimado, tiempo optimista y tiempo pesimista)	

Fuente Elaboración propia 2017.

Los métodos de planificación de proyectos, al considerarlos como redes requieren la identificación de los datos y la organización e identificación de las relaciones reciprocas entre las actividades con el fin de estimar el tiempo de terminación de los proyectos y de esta manera llevar a cabo la planeación y contribuir a la realización de negociación con clientes y proveedores, adicional a ello se permite identificar las actividades clave para la culminación del proyecto y las actividades que se pueden retrasar sin que se afecte la fecha de culminación.

El marco de trabajo PERT y CPM siguen seis pasos básicos

1. Definir el proyecto
2. Identificar las actividades del proyecto
3. Establecer las precedencias
4. Estimar o determinar los tiempos para cada una de las actividades
5. Calcular el tiempo de la ruta critica

6. Utilizar la red como ayuda para planear, programar, supervisar y controlar el proyecto

3.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO CPM

Teniendo identificadas las actividades, sus predecesoras y los tiempos de cada actividad se determina la ruta crítica; aquella en donde la suma de los tiempos de las actividades es la más larga y si se afecta el tiempo de duración de alguna de las actividades que se encuentran dentro de ella esto retrasara el tiempo de culminación de todo el proyecto.

Para el encontrar la ruta crítica calculamos dos tiempos distintos de inicio y terminación para cada actividad estos son definidos de la siguiente manera:

Inicio más cercano (IC): el tiempo más cercano en el que puede comenzar una actividad, suponiendo que todas las actividades precedentes han concluido. (Render, 2009)

Terminación más cercana (TC): el tiempo más cercano en el que una actividad puede terminar. (Render, 2009)

Inicio más lejano (IL): tiempo más lejano en el que una actividad puede comenzar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. (Render, 2009)

Terminación más lejana (TI): el tiempo más lejano en el que una actividad puede terminar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. (Render, 2009)

Para determinar el programa de tiempos para cada actividad se inicia al principio de la red y se avanza hasta llegar al final, calculando los números correspondientes al inicio más cercano y el final más cercano

3.1.1. Regla de tiempo de inicio más cercano:

Antes de iniciar una Actividad todos sus predecesores inmediatos deben haber terminado.

- Si una actividad tiene solo un predecesor inmediato su **IC** es igual al **TC** de su predecesor.
- Si una actividad tiene múltiples predecesores inmediatos su **IC** es el máximo de todos los valores **TC** de sus precedentes, como se ilustra en la ecuación 1.

$$IC = \text{Máx}\{TC \text{ de todos los predecesores inmediatos}\} \quad (1)$$

3.1.2. Regla de tiempo de terminación más cercano:

El tiempo de terminación más cercana **TC** de una actividad es la suma de su tiempo de inicio más cercano **IC** y la duración de la actividad como se ilustra en la ecuación 2.

$$TC = IC + \text{tiempo de la actividad} \quad (2)$$

3.1.3. Regla de tiempo de terminación más lejano:

Antes de que una actividad pueda comenzar todos sus precedentes inmediatos deben haber terminado.

- Si una actividad es precedente inmediata 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 que la siguen inmediatamente como se ilustra en la ecuación 3.

$$TL = \text{Mín} \{IL \text{ de todas las actividades inmediatas que le siguen}\} \quad (3)$$

3.1.4. 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 como se ilustra en la ecuación 4.

$$IL = TL - \text{Tiempo de Actividad} \quad (4)$$

3.1.5. Cálculo del tiempo de Holgura:

Posterior de haber calculado los tiempos más cercanos y más lejanos para todas las actividades se procede a calcular la holgura, esta hacer referencia al tiempo libre o periodo que una actividad se puede demorar sin retrasar todo el proyecto, este cálculo puede realizarse por medio de la ecuación 5.

$$\text{Holgura} = IL - IC \quad \text{ó} \quad \text{Holgura} = TL - TC \quad (5)$$

Las actividades con tiempo de holgura cero (0) son las denominadas *actividades críticas* y hacen parte de la ruta crítica.

3.2. DESCRIPCION DEL MODELO PERT

La técnica de evaluación y revisión de programas (PERT), fue creada para manejar estimaciones inciertas de tiempo, por lo que en la aplicación de este modelo se cuenta con tres estimaciones de tiempos para cada actividad, estas estimaciones se utilizan para calcular los valores esperados y las desviaciones estándar de cada actividad y tiempos probables para la culminación del mismo.

Para la aplicación de esta técnica se siguen los mismos pasos descritos en la descripción del modelo CPM y se le adiciona el análisis PERT que implica el uso de la distribución de probabilidad con base en tres estimaciones de tiempo para cada actividad.

3.2.1. Tiempo optimista (a):

Tiempo que tomara una actividad si todo sale como se planeó. Al estimar este valor, solo hay una pequeña probabilidad de que el tiempo de la actividad sea $< a$. (Richard B. Chase, 2006)

3.2.2. Tiempo pesimista (b):

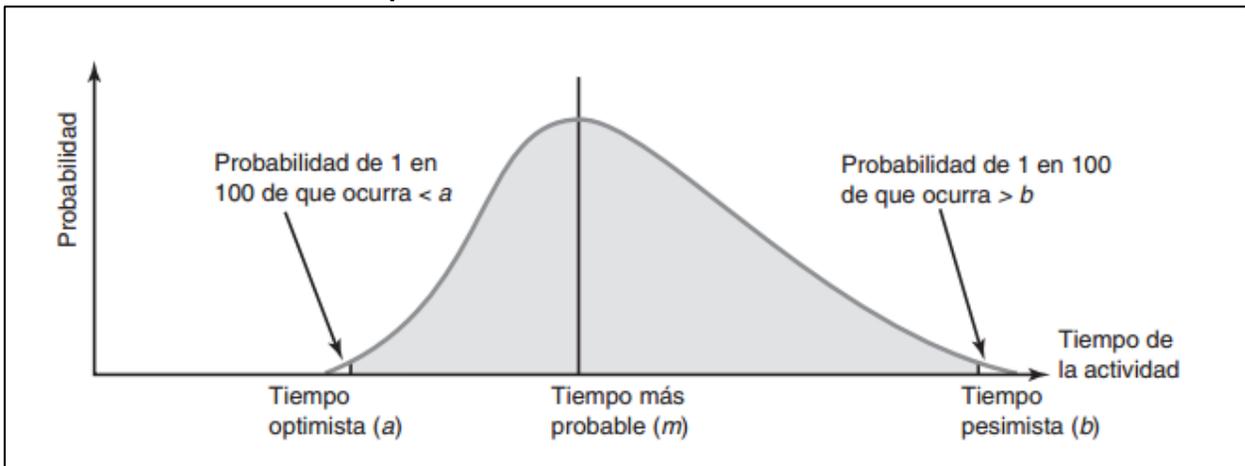
Tiempo que tomara una actividad suponiendo condiciones muy desfavorables. Al estimar este valor también debe haber solo una pequeña probabilidad de que el tiempo de la actividad sea $> b$. (Richard B. Chase, 2006)

3.2.3. Tiempo más probable (m):

La estimación más realista del tiempo requerido para terminar la actividad. (Richard B. Chase, 2006)

El tiempo que requiere cada actividad está asociado a una función probabilística beta. Esta distribución continua suele ser apropiada para determinar el valor esperado y la varianza de los tiempos de terminación de una actividad y se muestra en la ilustración 1.

Ilustración 1. Distribución de probabilidades



Fuente: Render, B (2009). *Principios de administración de operaciones*. Séptima edición. México: Pearson Educación. (Pág. 74)

Para encontrar el tiempo esperado de la actividad t , la distribución beta pondera las tres estimaciones de tiempo como se muestra en la ecuación 6.

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

La estimación de tiempo t calculada mediante la ecuación 6 para cada actividad se usa en la red de proyecto para calcular todos los tiempos más cercanos y más lejanos.

Para el cálculo de la varianza del tiempo de terminación de la actividad utilizamos la ecuación 7.

$$\sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{36} \quad (7)$$

3.2.4. Probabilidad

El análisis de la ruta crítica permite determinar el tiempo esperado para la culminación del proyecto, sin embargo se sabe que hay una variación significativa en las estimaciones de tiempo para algunas de las actividades. 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 como se muestra en la ecuación 8.

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= \text{varianza del proyecto} \\ &= \sum (\text{varianzas en la ruta crítica de las actividades}) \quad (8) \end{aligned}$$

Para conocer la desviación estándar y teniendo en cuenta que las actividades son independientes, se procede a sumar las varianzas de la ruta crítica y después obtener la raíz cuadrada como se muestra en la ecuación 9.

$$\sigma_p = \text{Desviación estándar del proyecto} = \sqrt{\sigma_p^2} \quad (9)$$

Para conocer la probabilidad que el proyecto termine en determinado periodo de tiempo se determina el área apropiada bajo la curva normal la ecuación estándar puede aplicarse como se ilustra en la ecuación 10.

$$z = \frac{\text{fecha de entrega} - \text{fecha de terminación esperada}}{\sigma_p} \quad (10)$$

Donde z es el número de desviaciones estándar que se aleja la fecha de entrega de la media o fecha esperada, este número es consultado en la tabla de la distribución normal e indica el porcentaje de probabilidad de terminación del proyecto en el tiempo determinado.

3.3. VENTAJAS PERT Y CPM

- Enseña una disciplina lógica para planificar y organizar un programa detallado de largo alcance.
- Proporciona una metodología Standard de comunicar los planes del proyecto mediante un cuadro de tres dimensiones (tiempo, personal; costo).
- Identifica los elementos (segmentos) más críticos del plan, en que problemas potenciales puedan perjudicar el cumplimiento del programa propuesto.
- Ofrece la posibilidad de simular los efectos de las decisiones alternativas o situaciones imprevistas y una oportunidad para estudiar sus consecuencias en relación a los plazos de cumplimiento de los programas.
- Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.
- En otras palabras: CPM es un sistema dinámico, que se mueve con el progreso del proyecto, reflejando en cualquier momento el STATUS presente del plan de acción.

3.4. DIAGRAMA DE GANTT:

El diagrama de Gantt es una herramienta de suma importancia en el proceso de gestión de proyectos ya que esta grafica permite la visualización y seguimiento del progreso y la secuencia de diferentes actividades o tareas del mismo a lo largo de un periodo de tiempo, esta herramienta fue diseñada por Henry Laurence a inicios del siglo XX¹.

La diagramación de esta herramienta se encuentra representada por líneas que hacen referencia a las tareas o actividades y las columnas representan el tiempo (segundos, minutos, horas, días, semanas etc.), el tiempo estimado para cada tarea es representado a través de una barra horizontal en la cual se indica el tiempo de inicio (extremo izquierdo) y tiempo de finalización (extremo derecho), las tareas se pueden diagramar de manera simultánea o en cadenas secuenciales para ello es importante tener en cuenta las precedencias de las mismas, y sus tiempos de finalización.

¹ Tomado de <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>. 17/05/2017

3.5. CONCEPTOS BASICOS DEL LENGUAJE DE PROGRAMACION EN VISUAL BASIC FOR APPLICATION.

La interfaz de Microsoft de Excel ofrece una herramienta de programación dada en el lenguaje Visual Basic Express y es una manera rápida y sencilla de crear programas para Microsoft Windows, disponiendo de un completo conjunto de herramientas que simplifiquen las tareas de desarrollo, visual hace referencia al método utilizado para crear la interfaz gráfica de usuario y Basic de Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code (Código de Instrucción Simbólico Todo Propósito para Principiantes), lenguaje utilizado para la programación.

Dentro de la programación se conocen las propiedades los métodos y los eventos, las propiedades se pueden considerar como los atributos de un objeto, los métodos como sus acciones y los eventos como las respuestas, es decir al describir un código este describe el comportamiento de un objeto con ciertas propiedades, cuando se produce un evento, al producirse este evento se genera el método que es la acción a seguir.

3.5.1. Tipos de dato

Para la descripción del código se encuentran los tipos de datos que se van a ingresar dentro de dicho código, estos tipos de datos pueden variar dependiendo la funcionalidad que queramos asignar y el tipo de datos que queramos almacenar a una variable.

3.5.1.1. Tipos de dato para números

Dentro de este tipo de datos encontramos todos los relacionados al factor número es decir para la representación de números de tipo entero, decimal, mayores a dos millones, etc. La definición del tipo de dato a utilizar varía dependiendo el tipo de dato numérico a almacenar y la funcionalidad que queramos programar dentro de esta variable.

3.5.1.2. Tipos de dato para texto

Son utilizados para mostrar algún tipo de información o para capturar texto escrito por el usuario, el texto normalmente se almacena como tipo string, que puede contener serie de letras, números, espacios y otros caracteres.

3.5.1.3. Otros tipos de datos.

Dentro de estos podemos encontrar o almacenar otros tipos de información como un valor verdadero o falso, una fecha o datos que tengan un significado especial para el programa. Estos tipos de datos se denominan Boolean que puede contener uno de dos valores posibles true o false.

Un programa puede realizarse con la programación de los distintos procedimientos que acompañan a cada control y objeto, adicional a ello se deben seguir unos pasos para su construcción estos pasos se centran en:

- **Análisis:** la finalidad es conocer y comprender el problema, se deben definir los datos necesarios, que debe hacer el programa y cuáles son los datos que debe arrojar.
- **Diseño:** especifica cómo se resuelve el problema, se establece la secuencia de los pasos que deben seguirse para la obtención de la solución, es un esquema con base a la cual se escribirá el código del programa.
- **Codificación:** Es la traducción de cada uno de los pasos especificados en el diseño a un lenguaje de programación, siguiendo las reglas de sintaxis del mismo, el resultado de esta fase será el código fuente.
- **Ejecución y pruebas:** Se ejecuta el programa para observar su funcionamiento y detectar posibles fallas y corregirlas.

4. HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS CPM - PERT

La herramienta diseñada es un libro de Excel donde la hoja se encuentra dividida en 4 partes, tanto para el ingreso y cálculo de datos en la herramienta CPM Y PERT, las partes son:

- Datos de entrada
- Tiempos
- Botones
- Grafica

4.1. HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS CPM

Tomando como ejercicio aplicativo el ejemplo que se ilustra en el libro investigación de operaciones (Taha, 2004) pág. 270 y el cual se desarrollara paso a paso por medio de la herramienta programada, en la tabla 2 se muestran los datos del ejercicio tales como la descripción de la actividad, predecesoras y duración en días.

Tabla 2. Ejemplo CPM

	Actividad	Predecesor(es)	Duración (días)
A	Desmontar el sitio	-	1
B	Llevar servicios al sitio	-	2
C	Excavar	A	1
D	Colar los cimientos	C	2
E	Plomería exterior	B,C	6
F	Cimbrar la casa	D	10
G	Instalación eléctrica	F	3
H	Tender el piso	G	1
I	Colar el techo	F	1
J	Plomería interior	E,H	5
K	Tejado	I	2
L	Recubrimiento aislante exterior	F,J	1
M	Instalar ventanas y puertas exteriores	F	2
N	Poner ladrillo	L,M	4
O	Aislar paredes y techo	G,J	2
P	Aplanado de paredes y techo	O	2

Fuente: (Taha, 2004)

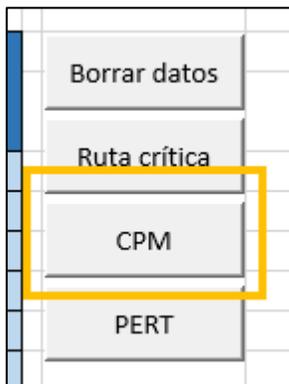
Tabla 3. Continuación ejemplo CPM

	Actividad	Predecesor(es)	Duración (días)
Q	Aislar techo	I,P	1
R	Acabados interiores	P	7
S	Acabados exteriores	I,N	7
T	Acondicionar terreno	S	3

Fuente: (Taha, 2004)

Una vez tenemos el ejemplo planteado, identificamos el método de red al cual hace referencia y procedemos a seleccionar el botón para el tipo de ejercicio a solucionar, en este caso seleccionamos el que dice “CPM”, como se muestra en la ilustración 2.

Ilustración 2. Botón CPM



Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el botón de CPM, en la parte de los datos de entrada aparecen los espacios correspondientes para el ingreso de la información requerida, como se observa en la ilustración 3.

Ilustración 3. Datos de entrada CPM

Datos				
No. Actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración
1				
2				
3				
4				

Fuente: Elaboración propia

En los datos de entrada CPM se deben ingresar los datos de la siguiente manera:

4.1.1. Actividad

En este espacio se ingresa la letra o los caracteres con los que se va denominar la actividad. Se debe tener en cuenta que los caracteres no pueden ser numéricos, siempre tiene que ir acompañados de una letra, Ejemplo: {A, AB1, AB2} o como se muestra en la ilustración 4.

Ilustración 4. Actividad CPM

Datos				
id	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración
	A			
	B			
	C			
	D			
	E			
	F			
	G			
	H			

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Nombre de la actividad

En la casilla Nombre de la actividad se le asigna el nombre o descripción a la actividad, como se observa en la ilustración 5.

Ilustración 5. Nombre de la actividad CPM

Datos				
No. actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración
1	A	Desmontar el sitio		
2	B	Llevar servicios al sitio		
3	C	Excavar		
4	D	Colar los cimientos		
5	E	Plomería exterior		
6	F	Cimbrar la casa		
7	G	Instalación eléctrica		
8	H	Tender el piso		
9	I	Colar el terreno		

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Predecesoras

En esta columna se escribe la actividad predecesora, Si la actividad no posee una predecesora se escribe en la celda un guion (-), si la actividad tiene dos o más predecesoras se separan por coma (,) sin espacios. Como se muestra en la ilustración 6.

Ilustración 6. Predecesoras CPM

Datos				
Actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración
	A	Desmontar el sitio	-	
	B	Llevar servicios al sitio	-	
	C	Excavar	A	
	D	Colar los cimientos	C	
	E	Plomería exterior	B,C	
	F	Cimbrar la casa	D	
	G	Instalación eléctrica	F	
	H	Tender el piso	G	
	I	Colar el techo	F	

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Duración

Para finalizar se ingresa el tiempo de duración de la actividad, se debe tener en cuenta que al ingresar la información del tiempo esta debe estar en una misma unidad para todas las actividades, es decir en minutos, días, semanas, etc.

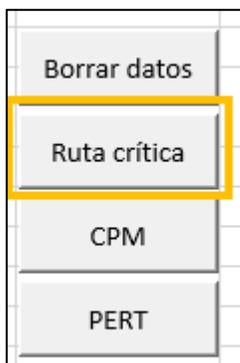
Ilustración 7. Duración CPM

Datos				
No. actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración
1	A	Desmontar el sitio	-	1,000
2	B	Llevar servicios al sitio	-	2,000
3	C	Excavar	A	1,000
4	D	Colar los cimientos	C	2,000
5	E	Plomería exterior	B,C	6,000
6	F	Cimbrar la casa	D	10,000
7	G	Instalación eléctrica	F	3,000
8	H	Tender el piso	G	1,000
9	I	Colar el techo	F	1,000

Fuente: Elaboración propia

Una vez se han ingresado los datos, seleccionamos el botón que dice “Ruta crítica” como se muestra en la ilustración 8.

Ilustración 8. Botón Ruta crítica



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Tiempos CPM

Al hacer “click” en el botón Ruta crítica, la herramienta ejecuta los tiempos tempranos y los tiempos tardíos, cada uno de estos con su inicio, su fin y la holgura, las Actividades que presentan holgura en 0 son resaltados de color rojo como se evidencia en la ilustración 9 ya que estas corresponden a la ruta crítica.

Ilustración 9. Tiempos CPM

	Tiempos tempranos		Tiempos tardíos		Holguras	Gráfica holgura	Gráfica duración
	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
	0,000	2,000	10,000	12,000	10,000	8,000	2,000
	1,000	2,000	1,000	2,000	0,000	0,000	0,000
	2,000	4,000	2,000	4,000	0,000	0,000	0,000
	2,000	8,000	12,000	18,000	10,000	4,000	6,000
	4,000	14,000	4,000	14,000	0,000	0,000	0,000
	14,000	17,000	14,000	17,000	0,000	0,000	0,000
	17,000	18,000	17,000	18,000	0,000	0,000	0,000
	14,000	15,000	27,000	28,000	13,000	12,000	1,000
	18,000	23,000	18,000	23,000	0,000	0,000	0,000
	15,000	17,000	36,000	38,000	21,000	19,000	2,000
	23,000	24,000	23,000	24,000	0,000	0,000	0,000
	14,000	16,000	22,000	24,000	8,000	6,000	2,000

Fuente: Elaboración propia

Adicional a ellos el programa muestra el tiempo de finalización del proyecto establecido con los cálculos determinados, En este caso la finalización del proyecto es 38 días, como se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 10. Duración del proyecto CPM

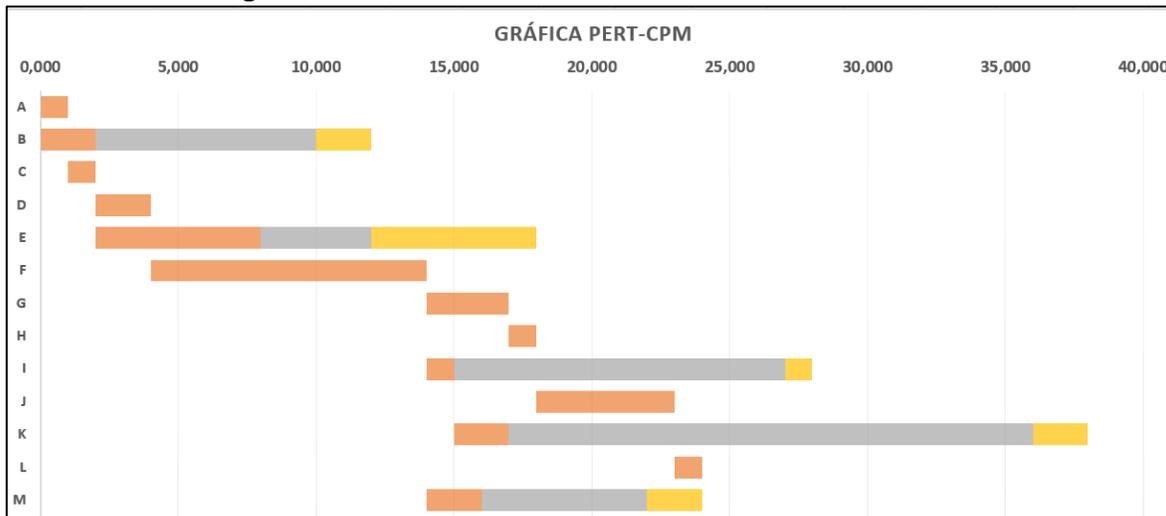
Datos				Tiempos tempranos		Tiempos tardíos		Holguras
Id	Nombre de la actividad	Predecesoras	Duración	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
	Aplanado de parece y techo	O	2,000	25,000	27,000	29,000	31,000	4,000
	Aislar techo	I,P	1,000	27,000	28,000	37,000	38,000	10,000
	Acabados interiores	P	7,000	27,000	34,000	31,000	38,000	4,000
	Acabados exteriores	I,N	7,000	28,000	35,000	28,000	35,000	0,000
	Acondicionar terreno	S	3,000	35,000	38,000	35,000	38,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Gráfica diagrama de Gantt CPM

Ya teniendo toda la información ingresada se genera el diagrama de Gantt que permite el análisis del tiempo de duración de cada actividad, como se evidencia en la ilustración 11.

Ilustración 11. Diagrama de Gantt



Fuente: Elaboración propia

La interpretación de los colores es la siguiente:

- El Naranja se refiere la duración de la actividad.
- El Gris muestra cuando la holgura de la actividad.
- El Amarillo indica cual podría ser el inicio de la actividad para evitar el tiempo de holgura o tiempo ocioso.

Cuando se ha finalizado el cálculo del proyecto y se quiere ingresar uno nuevo nos devolvemos a la parte de los botones y seleccionamos el botón que dice “Borrar datos” como se muestra en la ilustración 12.

Ilustración 12. Botón Borrar datos



Fuente: Elaboración propia

4.2. HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS PERT

Tomando como ejercicio aplicativo el ejemplo que se ilustra en el libro investigación de operaciones (Taha, 2004) pág. 284 y el cual se desarrollara paso a paso por medio de la herramienta programada, en la tabla 4 se muestran los datos del ejercicio tales como la descripción de la actividad, predecesoras, tiempo optimista (a), tiempo pesimista (b) y tiempo más probable (m).

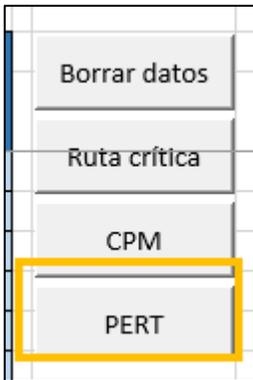
Tabla 4. Ejemplo PERT

Actividad	Predecesor(es)	(a)	(m)	(b)
A	-	3	5	7
B	-	4	6	8
C	A,B	1	3	5
D	A	5	8	11
E	B	1	2	3
F	B	9	11	13
G	D	1	1	1
H	E	10	12	14

Fuente: (Taha, 2004)

Como ya tenemos identificado el tipo de técnica a utilizar en el ejemplo planteado seleccionamos el botón “PERT”, como se muestra en la ilustración 13.

Ilustración 13. Botón PERT



Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el botón PERT nuestra sección Datos de entrada cambia con los siguientes campos, como se muestra en la ilustración 14.

Ilustración 14. Datos de entrada PERT

Datos								
No. Actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo pesimista	Duración	Varianza
1								
2								
3								
4								

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Ingreso de tiempos PERT

Los campos de actividad, nombre de la actividad y predecesoras se ingresan de la misma manera como se ingresan en cuando le damos la opción de CPM. En el caso de PERT adicionalmente se ingresan lo datos de tiempo optimista, tiempo más probable y tiempo pesimista, como se evidencia en la ilustración 15.

Ilustración 15. Tiempos PERT

Datos							
No. actividad	Actividad	Nombre de la actividad	Predecesoras	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo pesimista	D
1	A	A	-	3	5	7	
2	B	B	-	4	6	8	
3	C	C	A,B	1	3	5	
4	D	D	A	5	8	11	
5	E	E	B	1	2	3	
6	F	F	B	9	11	13	
7	G	G	D	1	1	1	
8	H	H	E	10	12	14	
9							

Fuente: Elaboración propia

Una vez hayamos ingresado estos datos nos vamos a la parte donde se encuentran los botones y seleccionamos el botón de ruta crítica como lo habíamos evidenciado en la ilustración 8.

4.2.2. Duración y varianza PERT

Al ejecutar este botón nos da como resultado el tiempo de duración de acuerdo a la ecuación 6, y la varianza de cada actividad como se muestra en la ilustración 16.

Ilustración 16. Duración PERT

Datos						
Nombre de la actividad	Predecesoras	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo pesimista	Duración	Varianza
A	-	3	5	7	5,000	0,444
B	-	4	6	8	6,000	0,444
C	A,B	1	3	5	3,000	0,444
D	A	5	8	11	8,000	1,000
E	B	1	2	3	2,000	0,111
F	B	9	11	13	11,000	0,444
G	D	1	1	1	1,000	0,000
H	E	10	12	14	12,000	0,444

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Tiempos PERT

El análisis de los tiempos en PERT es el mismo que se realiza en CPM, en el ejemplo enunciado el proyecto finaliza en una unidad de tiempo de 20 como se evidencia en la ilustración 17.

Ilustración 17. Resultado PERT

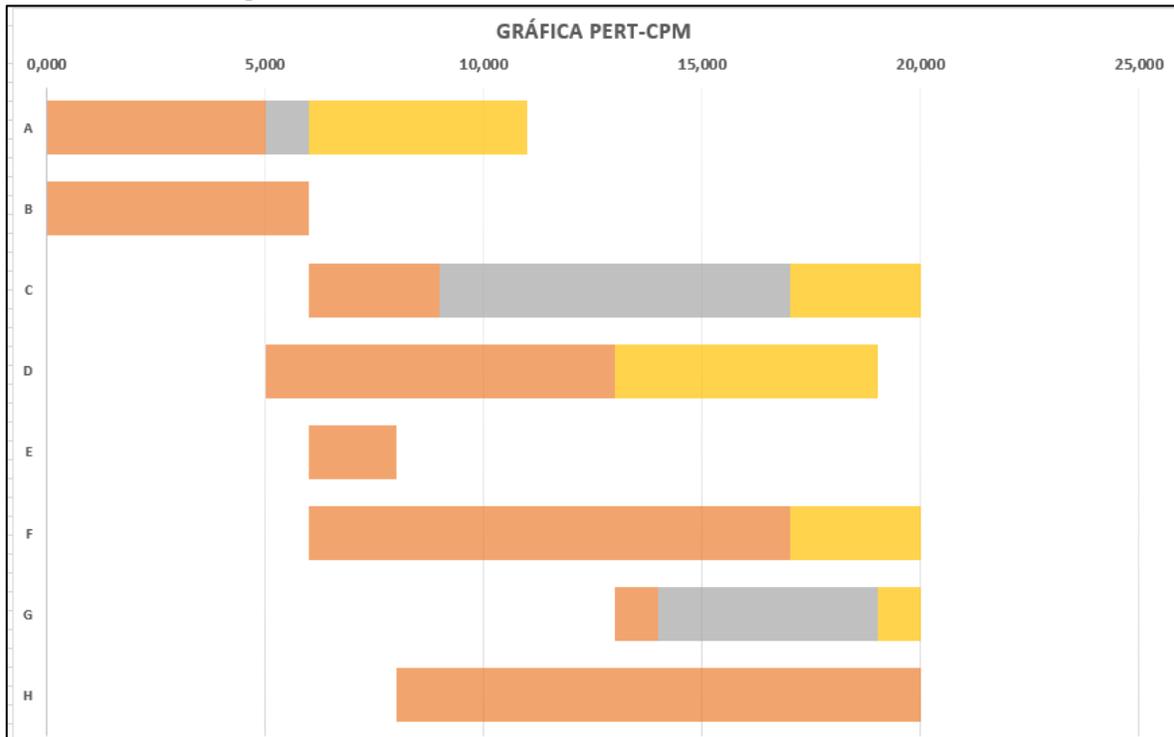
Tiempos tempranos		Tiempos tardíos		Holguras	Gráfica holgura	Gráfica duración
Inicio	Fin	Inicio	Fin			
0,000	5,000	6,000	11,000	6,000	1,000	5,000
0,000	6,000	0,000	6,000	0,000	0,000	0,000
6,000	9,000	17,000	20,000	11,000	8,000	3,000
5,000	13,000	11,000	19,000	6,000	0,000	6,000
6,000	8,000	6,000	8,000	0,000	0,000	0,000
6,000	17,000	9,000	20,000	3,000	0,000	3,000
13,000	14,000	19,000	20,000	6,000	5,000	1,000
8,000	20,000	8,000	20,000	0,000	0,000	0,000

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Gráfica diagrama de Gantt PERT

En el caso del diagrama de Gantt también se interpreta de la misma manera como se interpreta cuando estamos analizando un proyecto CPM, la gráfica del ejemplo expresado se muestra en la ilustración 18.

Ilustración 18. Diagrama Gantt PERT



Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Probabilidad

Teniendo en cuenta que la técnica de PERT es una herramienta probabilística que permite alcanzar exitosamente la culminación de los proyectos en los plazos estimados, la herramienta diseñada permite calcular la probabilidad de terminar un proyecto.

En el caso del ejemplo enunciado el proyecto finaliza en una unidad de tiempo de 20, en el cuadro que aparece en la parte inferior de los botones como se muestra en la ilustración 19 vamos a cambiar el número 20 por 18 ya queremos saber cuál es la probabilidad de que se finalice el proyecto en este tiempo. Esta probabilidad la obtenemos de acuerdo a las ecuaciones 8, 9 y 10.

Ilustración 19. Probabilidad PERT

Tiempo	18,000
Probabilidad	2,28%

Fuente: Elaboración propia.

En este caso la probabilidad de finalizar el proyecto en una unidad de tiempo de 18 es de 2,28%

CONCLUSIONES

- Se programó por medio de la interfaz que ofrece Excel Microsoft- Visual Basic for Application, un código fuente que realiza de manera automática los cálculos requeridos para los modelos de redes PERT y CPM facilitando a los usuarios el uso de los mismos y brindando mayor confiabilidad de los resultados obtenidos, ya que por medio de esta se logra una mayor precisión agilizando los procesos de análisis que deben ser llevados a cabo para el control y programación de un proyecto determinado.
- Se realizó el diseño de una herramienta de fácil aplicación y entendimiento para el ingreso y cálculo de datos correspondientes a los modelos de redes PERT y CPM, proporcionando información de tiempo de finalización holguras y probabilidades dependiendo el caso, adicional a ello la herramienta permite la visualización del avance del proyecto por medio de un diagrama de Gantt, lo que permite al usuario tener una comprensión más global de la programación del proyecto permitiendo realizar un análisis y toma de datos para la optimización del mismo.
- Se generó un manual de usuario que identifica la manera correcta de hacer uso de la herramienta propuesta y llevar a cabo su correcta implementación en los proyectos que se requieran desarrollar y programar utilizando las técnicas de los modelos de redes correspondientes.

RECOMENDACIONES

- Para la utilización de la herramienta el usuario debe contar con un conocimiento básico acerca de la utilidad que ofrecen los modelos de redes y su finalidad.
- Para propuestas de automatización de redes futuras se puede incluir el cálculo de los costos para cada una de las actividades con el fin de analizar el presupuesto que se requiere para la implementación del mismo.
- El diagrama que ofrece la red se realizó por medio de la herramienta grafica Gantt sin embargo en futuras aplicaciones puede programarse la generación del diagrama de red que incluya los nodos y arcos que identifican a este tipo de modelos y que ya por motivo de tiempo se hizo dificulto su diseño.

REFERENCIAS

- Amelot, M. (2016). *VBA Excel 2016 Programacion en excel: Macros y lenguaje VBA*. Barcelona: ENI ediciones.
- Hillier, F. S. (2010). *Introducción a la investigacion de operaciones*. Mc Graw Hill.
- Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones. Septima edición*. Mexico: Pearson educacion.
- Richard B. Chase, F. R. (2006). *Administracion de operaciones producción y cadena de suministros*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Taha, H. A. (2004). *Invesrtigacion de operaciones*. Mexico: Peaeson Educación.

ANEXOS

Anexo A. Documento en Excel

Herramienta para automatización de reportes CPM-PERT

Anexo B. Presentación Power Point

Automatización de Reportes CPM – PERT

Anexo C. Código Herramienta

```
Dim nActividades As Long

Sub IniciarActividades()
    'nActividades = Número de actividades
    If Cells(6, 2) = "" Then
        nActividades = 0
    Else
        nActividades = Cells(5, 2).End(xlDown).Row - 5
    End If
End Sub

Sub borrar_formato()

    With Range(Cells(6, 1), Cells(105, 9)).Interior
        .Pattern = xlSolid
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorAccent1
        .TintAndShade = 0.599993896298105
        .PatternTintAndShade = 0
    End With

    With Range(Cells(6, 11), Cells(105, 17)).Interior
        .Pattern = xlSolid
        .PatternColorIndex = xlAutomatic
        .ThemeColor = xlThemeColorAccent1
        .TintAndShade = 0.599993896298105
        .PatternTintAndShade = 0
    End With

End Sub
```

```

Sub boton_borrar()

    Application.ScreenUpdating = False
    Range(Cells(6, 2), Cells(105, 9)).ClearContents
    Range(Cells(6, 11), Cells(105, 17)).ClearContents
    Range(Cells(12, 20), Cells(13, 20)).ClearContents
    borrar_formato
    Application.ScreenUpdating = True

End Sub

Sub boton_pert()
    Columns("E:G").EntireColumn.Hidden = False
    Columns("I").EntireColumn.Hidden = False
End Sub

Sub boton_cpm()
    Columns("E:G").EntireColumn.Hidden = True
    Columns("I").EntireColumn.Hidden = True
End Sub

```

```

Sub boton_ruta_critica()

    IniciarActividades
    If nActividades = 0 Then
        MsgBox "No hay datos.", vbInformation, "Error"
        Exit Sub
    End If
    If Cells(6, 6) <> "" Then
        Range(Cells(6, 8), Cells(5 + nActividades, 8)).FormulaR1C1 = "=(RC[-3]+4*RC[-2]+RC[-1])/6"
        Range(Cells(6, 9), Cells(5 + nActividades, 9)).FormulaR1C1 = "=(RC[-2]-RC[-4])/6^2"
    End If
    Dim Actividades() As String
    ReDim Actividades(1 To nActividades)
    For i = 1 To nActividades
        If IsNumeric(Cells(5 + i, 2)) Then
            MsgBox "Las actividades no pueden tener un número como nombre", vbInformation, "Error"
            Exit Sub
        End If
    Next i

    Application.ScreenUpdating = False

    Dim S As Range
    Set S = Selection

    borrar_formato

    For i = 1 To nActividades
        Actividades(i) = Cells(5 + i, 2)
    Next i

```

```

'nPredecesoras = Número de actividades predecesoras
Dim nPredecesoras As Long
nPredecesoras = 0
For i = 1 To nActividades
    If Cells(5 + i, 4) <> "-" Then
        nPredecesoras = Len(Cells(5 + i, 4)) - Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(Cells(5 + i, 4), "-", "")) + 1 + nPredecesoras
    End If
End If
Next i

'AyP = Actividad y predecesor
Dim AyP() As String
ReDim AyP(1 To nPredecesoras, 1 To 2)

```

```

'nPreAct = Número de predecesores de la actividad i
Dim nPreAct, nFila As Long
nFila = 1
For i = 1 To nActividades
    If Cells(5 + i, 4) <> "-" Then
        nPreAct = Len(Cells(5 + i, 4)) - Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(Cells(5 + i, 4), "-", "")) + 1
    Else
        nPreAct = 0
    End If
End If

```

```

If nPreAct > 0 Then
    If nPreAct = 1 Then
        AyP(nFila, 1) = Actividades(i)
        AyP(nFila, 2) = Cells(5 + i, 4)
        nFila = nFila + 1
    Else
        Dim txt As String
        txt = Cells(5 + i, 4)
        For j = 1 To nPreAct
            If j < nPreAct Then
                AyP(nFila, 1) = Actividades(i)
                AyP(nFila, 2) = Mid(txt, 1, Application.WorksheetFunction.Find(",", txt, 1) - 1)
                txt = Mid(txt, Application.WorksheetFunction.Find(",", txt, 1) + 1, Len(txt))
                nFila = nFila + 1
            Else
                AyP(nFila, 1) = Actividades(i)
                AyP(nFila, 2) = txt
                nFila = nFila + 1
            End If
        Next j
    End If
End If
Next i

```

```

'nPyS = Número de predecesores (i,1) y sucesores (i,2)
'maxPre = Número máximo de predecesores
'maxSu = Número máximo de sucesores
Dim nPyS() As Long
ReDim nPyS(1 To nActividades, 1 To 2)
Dim maxPre, maxSu As Long

maxPre = 0
maxSu = 0

```

```

For i = 1 To nActividades
    nPyS(i, 1) = 0
    nPyS(i, 2) = 0
    For j = 1 To nPredecesoras
        If Actividades(i) = AyP(j, 1) Then
            nPyS(i, 1) = nPyS(i, 1) + 1
        End If
        If Actividades(i) = AyP(j, 2) Then
            nPyS(i, 2) = nPyS(i, 2) + 1
        End If
    Next j
    If maxPre < nPyS(i, 1) Then
        maxPre = nPyS(i, 1)
    End If
    If maxSu < nPyS(i, 2) Then
        maxSu = nPyS(i, 2)
    End If
Next i

```

```

'Cambia la forma de cálculo de tiempos
'
'
'Predecesoras = Actividades predecesoras de la actividad i
'Sucesoras = Actividades sucesoras de la actividad i
Dim Predecesoras(), Sucesoras() As Long
ReDim Predecesoras(1 To nActividades, 1 To maxPre)
ReDim Sucesoras(1 To nActividades, 1 To maxSu)
Dim nColumna As Long
'
For i = 1 To nActividades
    nColumna = 1
    For j = 1 To nPredecesoras
        If Actividades(i) = AyP(j, 1) Then
            For k = 1 To nActividades
                If Actividades(k) = AyP(j, 2) Then
                    Predecesoras(i, nColumna) = k
                    nColumna = nColumna + 1
                End If
            Next k
        End If
    Next j
Next i

```

```

For i = 1 To nActividades
    nColumna = 1
    For j = 1 To nPredecesoras
        If Actividades(i) = AyP(j, 2) Then
            For k = 1 To nActividades
                If Actividades(k) = AyP(j, 1) Then
                    Sucesoras(i, nColumna) = k
                    nColumna = nColumna + 1
                End If
            Next k
        End If
    Next j
Next i

```

```

Dim TiemposTempranosInicio As String
For i = 1 To nActividades
    If nPyS(i, 1) = 0 Then
        TiemposTempranosInicio = "0"
    ElseIf nPyS(i, 1) = 1 Then
        TiemposTempranosInicio = "=R" & 5 + Predecesoras(i, 1) & "C12"
    Else
        For j = 1 To nPyS(i, 1)
            If j = 1 Then
                TiemposTempranosInicio = "=MAX(R" & 5 + Predecesoras(i, j) & "C12,"
            ElseIf j = nPyS(i, 1) Then
                TiemposTempranosInicio = TiemposTempranosInicio + "R" & 5 + Predecesoras(i, j) & "C12)"
            Else
                TiemposTempranosInicio = TiemposTempranosInicio + "R" & 5 + Predecesoras(i, j) & "C12,"
            End If
        Next j
    End If
    Cells(5 + i, 11).FormulaR1C1 = TiemposTempranosInicio
    Cells(5 + i, 12).FormulaR1C1 = "=RC[-1]+RC[-4]"

```

```

' TiemposTempranosInicio = Empty
Next i
'
Dim TiemposTardiosFin As String
For i = 1 To nActividades
    If nPyS(i, 2) = 0 Then
        TiemposTardiosFin = "=MAX(R" & 6 & "C11:R" & 5 + nActividades & "C12)"
    ElseIf nPyS(i, 2) = 1 Then
        TiemposTardiosFin = "=R" & 5 + Sucesoras(i, 1) & "C13"
    Else
        For j = 1 To nPyS(i, 2)
            If j = 1 Then
                TiemposTardiosFin = "=MIN(R" & 5 + Sucesoras(i, j) & "C13,"
            ElseIf j = nPyS(i, 2) Then
                TiemposTardiosFin = TiemposTardiosFin + "R" & 5 + Sucesoras(i, j) & "C13)"
            Else
                TiemposTardiosFin = TiemposTardiosFin + "R" & 5 + Sucesoras(i, j) & "C13,"
            End If
        Next j
    End If

```

```

Cells(5 + i, 14).FormulaR1C1 = TiemposTardiosFin
Cells(5 + i, 13).FormulaR1C1 = "=RC[1]-RC[-5]"
TiemposTardiosFin = Empty
'=L6-J6
Cells(5 + i, 15).FormulaR1C1 = "=RC[-2]-RC[-4]"
'=MAX(0;N6-H6)
Cells(5 + i, 16).FormulaR1C1 = "=MAX(0,RC[-1]-RC[-8])"
'=SI(N6<H6;N6;H6)
Cells(5 + i, 17).FormulaR1C1 = "=IF(RC[-2]<RC[-9],RC[-2],RC[-9])"
Next i

```

```

For i = 1 To nActividades
  If Cells(5 + i, 15) = 0 Then
    With Range(Cells(5 + i, 1), Cells(5 + i, 9)).Interior
      .Pattern = xlSolid
      .PatternColorIndex = xlAutomatic
      .ThemeColor = xlThemeColorAccent2
      .TintAndShade = -0.2499771111117893
      .PatternTintAndShade = 0
    End With
  End If
Next i

```

```

End With
With Range(Cells(5 + i, 11), Cells(5 + i, 17)).Interior
  .Pattern = xlSolid
  .PatternColorIndex = xlAutomatic
  .ThemeColor = xlThemeColorAccent2
  .TintAndShade = -0.2499771111117893
  .PatternTintAndShade = 0
End With

```

```

      End With
    End If
  Next i

  If Cells(6, 6) <> "" Then
    Dim FormulaProbabilidad As String
    Dim k1, k2 As Long
    k1 = 1
    k2 = 0
    For i = 1 To nActividades
      If Cells(5 + i, 15) = 0 Then
        k2 = k2 + 1
      End If
    Next i
  End If
Next i

```

```

For i = 1 To nActividades
  If Cells(5 + i, 15) = 0 Then
    RutaCritica(k1) = i
    k1 = k1 + 1
  End If
Next i

For i = 1 To k2
  If i = 1 Then
    FormulaProbabilidad = "=NORM.S.DIST((R[-1]C-MAX(R6C12:R" & 5 + nActividades & "C12))/SQRT(R" & 5 + RutaCritica(i) & "C9"
  ElseIf i = k2 Then
    FormulaProbabilidad = FormulaProbabilidad & "+R" & 5 + RutaCritica(i) & "C9),TRUE)"
  Else
    FormulaProbabilidad = FormulaProbabilidad & "+R" & 5 + RutaCritica(i) & "C9"
  End If
Next i

Cells(12, 20).FormulaR1C1 = "=MAX(R6C12:R" & 5 + nActividades & "C12)"
Cells(13, 20).FormulaR1C1 = FormulaProbabilidad
End If

```

```

ActiveSheet.ChartObjects("TiemposTempranos").Activate
ActiveChart.FullSeriesCollection(1).Values = "'Datos de entrada'!$K$6:$K$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(2).Values = "'Datos de entrada'!$H$6:$H$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(3).Values = "'Datos de entrada'!$P$6:$P$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(4).Values = "'Datos de entrada'!$Q$6:$Q$" & 5 + nActividades
ActiveChart.Axes(xlCategory).Select
ActiveChart.FullSeriesCollection(1).XValues = "'Datos de entrada'!$B$6:$B$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(2).XValues = "'Datos de entrada'!$B$6:$B$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(3).XValues = "'Datos de entrada'!$B$6:$B$" & 5 + nActividades
ActiveChart.FullSeriesCollection(4).XValues = "'Datos de entrada'!$B$6:$B$" & 5 + nActividades
S.Select

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

```

```

Sub boton_probabilidad()

End Sub

```

GLOSARIO

Actividad: trabajo que se debe llevar a cabo como parte de un proyecto.

Lista de actividades: Es una lista cuidadosa y ordenada donde se recopilan todas las diferentes actividades que intervienen en la realización de un proyecto.

Diagrama de red: Es una red de círculos numerados y conectados con flechas, donde se muestran todas las actividades que intervienen en un determinado proyecto y la relación de prioridad entre las actividades en la red.

Probabilidad: Medida de incertidumbre asociada a un evento futuro y la posibilidad de su ocurrencia.

Optimizar: cuando se habla de optimización se hace referencia a encontrar el método adecuado para realizar una actividad o un proceso determinado permitiendo la disminución de costos o tiempos de entrega.

Programar: Utilizar un lenguaje de programación específico con el fin de diseñar, codificar y depurar creando un programa que realice las funciones deseadas para la obtención de diferentes datos.

Visual Basic for Application (VBA): Es el lenguaje de macros de Microsoft utilizado para la programación de aplicaciones de Windows.