

Propuesta de diseño de una aplicación móvil para gestionar la información de consumo de energía en los hogares de Bogotá

Gestión del Alcance, EDT, PERT y CPM

Laura Herrera
Julian Avila
Bryan Martinez

October 23, 2025

Índice

1. Gestión del Alcance del Proyecto	3
1.1. Planificar la Gestión del Alcance	3
1.2. Recopilar Requisitos	3
1.3. Definir el Alcance	3
1.4. Crear la EDT/WBS (Estructura de Desglose del Trabajo)	4
1.4.1. Estructura Jerárquica de la EDT	4
1.4.2. Diccionario de la EDT	5
1.5. Validar el Alcance	5
1.6. Controlar el Alcance	5
2. Gestión del Cronograma (PERT y CPM)	6
2.1. Estimación de Duración (PERT)	6
2.1.1. Metodología PERT	6
2.1.2. Tabla de Estimaciones PERT	6
2.2. Método de la Ruta Crítica (CPM)	8
2.2.1. Dependencias de Actividades	8
2.2.2. Cálculo de Tiempos y Holgura	8
2.3. Identificación de la Ruta Crítica	10
2.3.1. Conclusiones del Análisis	10

1. Gestión del Alcance del Proyecto

La gestión del alcance del proyecto es el conjunto de procesos necesarios para asegurar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito.

1.1. Planificar la Gestión del Alcance

Este proceso crea el Plan de Gestión del Alcance, que documenta cómo se definirá, validará y controlará el alcance. Para este proyecto, el plan establece:

- **Definición del Alcance:** El alcance se definirá en el Enunciado del Alcance del Proyecto, basado en los requisitos de negocio y de los interesados.
- **Creación de la EDT/WBS:** El alcance total se descompondrá jerárquicamente en fases (Nivel 2), entregables (Nivel 3) y paquetes de trabajo (Nivel 4).
- **Validación del Alcance:** Cada entregable (ej. prototipo funcional, estudio de mercado) será formalmente aceptado mediante validación contra los requisitos.
- **Control del Alcance:** Se monitoreará el estado del alcance y se gestionarán los cambios a la línea base mediante un proceso formal de control de cambios.

1.2. Recopilar Requisitos

Este es el proceso de determinar, documentar y gestionar las necesidades y los requisitos de los interesados. Los requisitos del proyecto se documentan formalmente en el entregable 1.1.2 e incluyen:

- **Requisitos Funcionales:** Características que debe tener el software, como la comunicación con el medidor, la visualización de gráficos de consumo, sistema de identificación, etc..
- **Requisitos No Funcionales:** Criterios de calidad como rendimiento, compatibilidad multiplataforma, usabilidad y seguridad.
- **Requisitos de Negocio:** Objetivos de alto nivel, como “minimizar la incertidumbre sobre el consumo de energía”.
- **Matriz de Trazabilidad de Requisitos:** Documento que vincula los requisitos con su origen y los entregables.

1.3. Definir el Alcance

Este proceso desarrolla una descripción detallada del proyecto y del producto. El resultado clave es el Enunciado del Alcance del Proyecto, que conforma el primer elemento de la Línea Base del Alcance.

Cuadro 1: Enunciado del Alcance del Proyecto

Elemento	Descripción
Descripción del Alcance del Producto	Propuesta de diseño y desarrollo de un prototipo/modelo de simulación de una aplicación móvil para gestionar la información de consumo de energía en hogares de Bogotá, procesando datos de medidores inteligentes. El software debe ser multiplataforma, comunicarse con un servidor y presentar datos de consumo, costos y consejos de ahorro.
Entregables Principales (Nivel 3)	<p>Los entregables principales del proyecto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1.1.1: Elaboración del Estudio de Mercado. ▪ 1.1.2: Documentación de Requisitos de la Aplicación. ▪ 1.2.1: Estudio Técnico y Arquitectura de Software. ▪ 1.2.2: Diseño y Desarrollo del Prototipo/Simulación. ▪ 1.2.3: Pruebas y Verificación del Aplicativo. ▪ 1.2.4: Mantenimiento del Aplicativo (Plan). ▪ 1.3.1: Análisis Económico y Financiero. ▪ 1.3.2: Elaboración del Marco Legal (Normograma).
Criterios de Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El prototipo debe cumplir con todos los requisitos funcionales y no funcionales documentados. ▪ El análisis financiero debe demostrar viabilidad mediante indicadores TIR y VPN. ▪ El estudio de mercado debe validar la demanda y canales de comercialización.
Exclusiones del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El despliegue comercial masivo de la aplicación (el proyecto se centra en el diseño y simulación/prototipo). ▪ Desarrollo o instalación de hardware (medidores inteligentes). ▪ Soporte a usuarios fuera de Bogotá o sin medidores inteligentes.

1.4. Crear la EDT/WBS (Estructura de Desglose del Trabajo)

Este es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y manejables.

1.4.1. Estructura Jerárquica de la EDT

La EDT organiza y define el alcance total del proyecto, descomponiéndolo en Fases (Nivel 2), Entregables (Nivel 3) y Paquetes de Trabajo (Nivel 4). Las tres fases principales son:

1. **Estudio de Mercado y Requisitos**
2. **Diseño Técnico y Desarrollo (Prototipo/Simulación)**
3. **Gestión Legal y Financiera**

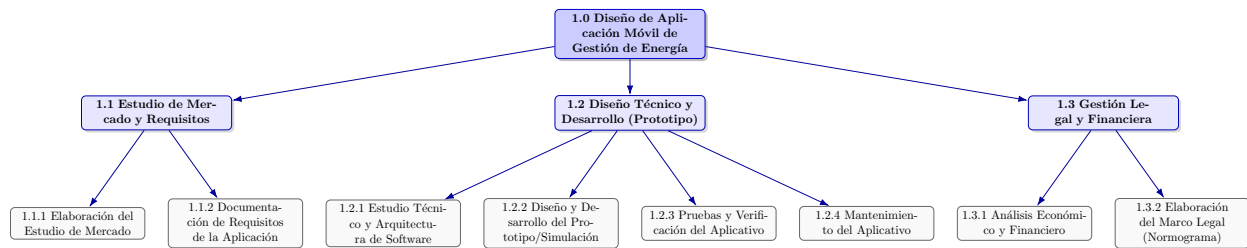


Figura 1: Diagrama de la EDT (Niveles 1, 2 y 3).

1.4.2. Diccionario de la EDT

El diccionario de la EDT proporciona detalles sobre los paquetes de trabajo (Nivel 4). Por ejemplo, el entregable 1.1.1 se descompone en:

- **1.1.1.1 Recopilación de datos de demanda:** Investigar y recolectar datos sobre el consumo y la demanda actual.
- **1.1.1.2 Segmentación de la demanda y proyección:** Analizar los datos por estrato socioeconómico y proyectar la adopción.
- **1.1.1.3 Análisis de la oferta y precios:** Estudiar competidores y definir modelos de precios.
- **1.1.1.4 Determinación de canal de comercialización:** Definir cómo se distribuirá la aplicación.

Los detalles de todos los paquetes de trabajo (Nivel 4) se encuentran en las siguientes tablas de estimación.

1.5. Validar el Alcance

Es el proceso de formalizar la aceptación de los entregables completados. En este proyecto, esto ocurre, por ejemplo, en la actividad **1.2.3.2 Validación del Cumplimiento de Requerimientos**, donde el prototipo se compara formalmente con la documentación de requisitos (entregable 1.1.2).

1.6. Controlar el Alcance

Es el proceso de monitorear el estado del alcance y gestionar cambios a la línea base. Si durante la “Ejecución de Pruebas” (1.2.3.1) se descubre una desviación o un nuevo requisito, se debe gestionar a través de un control de cambios formal para evitar la corrupción del alcance.

2. Gestión del Cronograma (PERT y CPM)

Una vez definida la EDT, se procede a estimar la duración de las actividades y a secuenciarlas.

2.1. Estimación de Duración (PERT)

Debido a la incertidumbre en un proyecto de desarrollo de software, se utiliza la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT) para estimar la duración de los Paquetes de Trabajo (Nivel 4).

2.1.1. Metodología PERT

Para cada actividad, se definen tres estimaciones de tiempo:

- **Tiempo Optimista (T_O):** Duración mínima si todo es favorable.
- **Tiempo Pesimista (T_P):** Duración máxima en condiciones desfavorables.
- **Tiempo Más Probable (T_M):** Duración más realista (la estimación base).

El Tiempo Esperado (T_E) se calcula usando una distribución beta ponderada:

$$T_E = \frac{T_O + 4T_M + T_P}{6}$$

2.1.2. Tabla de Estimaciones PERT

A continuación, se presentan las estimaciones T_O , T_M (Base) y T_P , junto con el cálculo de T_E para todos los paquetes de trabajo (Nivel 4).

Cuadro 2: Estimación PERT para Paquetes de Trabajo (Unidad: Días)

ID	Paquete de Trabajo	T_O (Opt.)	T_M (Base)	T_P (Pes.)	T_E (Esp.)
1.1 Estudio de Mercado y Requisitos					
1.1.1.1	Recopilación de datos de demanda	7.5	10	15	10.42
1.1.1.2	Segmentación de la demanda y proyección	7.5	10	15	10.42
1.1.1.3	Análisis de la oferta y precios	3	5	8	5.17
1.1.1.4	Determinación de canal de comercialización	3	5	8	5.17
1.1.2.1	Definición de Requisitos Funcionales	5	10	20	10.83
1.1.2.2	Definición de Requisitos No Funcionales	7.5	10	15	10.42
1.1.2.3	Definición de Requisitos de Negocio	3	5	8	5.17
1.1.2.4	Matriz de Trazabilidad de Requisitos	3	5	8	5.17
1.2 Diseño Técnico y Desarrollo (Prototipo/Simulación)					
1.2.1.1	Determinación de Características de Hardware	2	3	5	3.17
1.2.1.2	Determinación de Características de Software	1	2	3	2.00
1.2.1.3	Establecimiento de Protocolo de Comunicación	1	2	5	2.33
1.2.2.1	Despliegue de la Estructura del Aplicativo (Planteamiento)	3	5	8	5.17
1.2.2.2	Definición del Lenguaje y Base de Datos (Diseño)	15	20	25	20.00
1.2.2.3	Implementación y Conexión con Servidor y BD	7	10	15	10.33
1.2.3.1	Ejecución de Pruebas de Funcionamiento	5	10	15	10.00
1.2.3.2	Validación del Cumplimiento de Requerimientos	7	10	13	10.00
1.3 Gestión Legal y Financiera					
1.3.1.1	Cálculo de Costos y Recursos	7.5	10	15	10.42
1.3.1.2	Proyección de Ingresos y Flujo de Caja	7.5	10	15	10.42
1.3.1.3	Determinación de Viabilidad (TIR y VPN)	3	5	8	5.17
1.3.2.1	Identificación de Leyes Ambientales y de Uso	10	15	20	15.00
1.3.2.2	Definición de Licencia y Condiciones de Uso	3	5	8	5.17

2.2. Método de la Ruta Crítica (CPM)

El Método de la Ruta Crítica (CPM) utiliza los Tiempos Esperados (T_E) de PERT y las dependencias lógicas para calcular la duración total del proyecto.

2.2.1. Dependencias de Actividades

Se establecieron dependencias de Finalización a Inicio (FS) basadas en el flujo lógico del proyecto. La siguiente tabla resume las duraciones T_E y los predecesores inmediatos.

Cuadro 3: Paquetes de Trabajo, Duración Esperada y Predecesores

ID	Paquete de Trabajo	T_E	Predecesor(es)
1.1.1.1	Recopilación de datos de demanda	10.42	-
1.1.1.2	Segmentación de la demanda y proyección	10.42	1.1.1.1
1.1.1.3	Análisis de la oferta y precios	5.17	-
1.1.1.4	Det. canal comercialización	5.17	1.1.1.2, 1.1.1.3
1.1.2.1	Definición de Requisitos Funcionales	10.83	1.1.1.4
1.1.2.2	Definición de Requisitos No Funcionales	10.42	1.1.1.4
1.1.2.3	Definición de Requisitos de Negocio	5.17	1.1.1.4
1.1.2.4	Matriz de Trazabilidad de Requisitos	5.17	1.1.2.1, 1.1.2.2, 1.1.2.3
1.2.1.1	Determinación de Características de Hardware	3.17	1.1.2.4
1.2.1.2	Determinación de Características de Software	2.00	1.1.2.4
1.2.1.3	Establecimiento de Protocolo de Comunicación	2.33	1.2.1.1, 1.2.1.2
1.2.2.1	Despliegue de la Estructura del Aplicativo (Planteamiento)	5.17	1.2.1.3
1.2.2.2	Definición del Lenguaje y Base de Datos (Diseño)	20.00	1.2.2.1
1.2.2.3	Implementación y Conexión con Servidor y BD	10.33	1.2.2.2
1.2.3.1	Ejecución de Pruebas de Funcionamiento	10.00	1.2.2.3
1.2.3.2	Validación del Cumplimiento de Requerimientos	10.00	1.2.3.1
1.3.1.1	Cálculo de Costos y Recursos	10.42	1.1.2.4
1.3.1.2	Proyección de Ingresos y Flujo de Caja	10.42	1.3.1.1
1.3.1.3	Determinación de Viabilidad (TIR y VPN)	5.17	1.3.1.2
1.3.2.1	Iden. Leyes Ambientales y de Uso	15.00	1.1.2.4
1.3.2.2	Def. Licencia y Condiciones de Uso	5.17	1.3.2.1

2.2.2. Cálculo de Tiempos y Holgura

Mediante el pase hacia adelante (cálculo de ES/EF) y el pase hacia atrás (cálculo de LS/LF), se determina la Holgura ($H = LS - ES$) de cada actividad.

Cuadro 4: Cálculo del Método de la Ruta Crítica (CPM) (Unidad: Días)

ID	Paquete de Trabajo	T_E	ES	EF	LS	LF	Holgura
Ruta Crítica (Holgura = 0)							
1.1.1.1	Recopilación de datos de demanda	10.42	0.00	10.42	0.00	10.42	0.00
1.1.1.2	Segmentación de la demanda y proyección	10.42	10.42	20.84	10.42	20.84	0.00
1.1.1.4	Det. canal comercialización	5.17	20.84	26.01	20.84	26.01	0.00
1.1.2.1	Definición de Requisitos Funcionales	10.83	26.01	36.84	26.01	36.84	0.00
1.1.2.4	Matriz de Trazabilidad de Requisitos	5.17	36.84	42.01	36.84	42.01	0.00
1.2.1.1	Det. Caract. Hardware	3.17	42.01	45.18	42.01	45.18	0.00
1.2.1.3	Establecimiento de Protocolo de Comunicación	2.33	45.18	47.51	45.18	47.51	0.00
1.2.2.1	Despliegue de la Estructura (Planteamiento)	5.17	47.51	52.68	47.51	52.68	0.00
1.2.2.2	Definición del Lenguaje y Base de Datos (Diseño)	20.00	52.68	72.68	52.68	72.68	0.00
1.2.2.3	Implementación y Conexión con Servidor y BD	10.33	72.68	83.01	72.68	83.01	0.00
1.2.3.1	Ejecución de Pruebas de Funcionamiento	10.00	83.01	93.01	83.01	93.01	0.00
1.2.3.2	Validación del Cumplimiento de Requerimientos	10.00	93.01	103.01	93.01	103.01	0.00
Actividades No Críticas (Con Holgura)							
1.1.1.3	Análisis de la oferta y precios	5.17	0.00	5.17	15.67	20.84	15.67
1.1.2.2	Definición de Requisitos No Funcionales	10.42	26.01	36.43	26.42	36.84	0.41
1.1.2.3	Definición de Requisitos de Negocio	5.17	26.01	31.18	31.67	36.84	5.66
1.2.1.2	Determinación de Características de Software	2.00	42.01	44.01	43.18	45.18	1.17
Actividades de Gestión Legal y Financiera (Ruta No Crítica)							
1.3.1.1	Cálculo de Costos y Recursos	10.42	42.01	52.43	87.68	98.10	45.67
1.3.1.2	Proyección de Ingresos y Flujo de Caja	10.42	52.43	62.85	98.10	108.52	45.67
1.3.1.3	Determinación de Viabilidad (TIR y VPN)	5.17	62.85	68.02	108.52	113.69	45.67
1.3.2.1	Iden. Leyes Ambientales y de Uso	15.00	42.01	57.01	82.84	97.84	40.83
1.3.2.2	Def. Licencia y Condiciones de Uso	5.17	57.01	62.18	97.84	103.01	40.83

2.3. Identificación de la Ruta Crítica

El análisis del CPM arroja una duración total esperada del proyecto de 103.01 Días.

La Ruta Crítica está compuesta por todas las actividades con Holgura (H) igual a cero. Cualquier retraso en estas actividades impactará directamente la fecha de finalización del proyecto.

La Ruta Crítica identificada es: **1.1.1.1 → 1.1.1.2 → 1.1.1.4 → 1.1.2.1 → 1.1.2.4 → 1.2.1.1 → 1.2.1.3 → 1.2.2.1 → 1.2.2.2 → 1.2.2.3 → 1.2.3.1 → 1.2.3.2**

2.3.1. Conclusiones del Análisis

- El camino crítico demuestra que la Fase 1.2 (Diseño Técnico y Desarrollo de Software) es la que define la duración total del proyecto.
- La Fase 1.3 (Gestión Legal y Financiera) es una ruta no crítica y posee una holgura significativa (ej. 1.3.2.2 tiene 40.83 días de holgura), lo que significa que sus tareas pueden retrasarse sin afectar la entrega final del proyecto.
- La actividad individual más larga en la ruta crítica es **1.2.2.2 (Definición del Lenguaje y Base de Datos)**, con una duración esperada de 20.00 días. Esta actividad representa un punto clave para el monitoreo y control del proyecto.