



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**ELABORACIÓN DE CURVAS 'S' PATRÓN PARA PLANEACIÓN DE  
CONSTRUCCIÓN DE AGUA POTABLE (CURVAS DE INVERSIÓN) EN LA  
PROVINCIA DE PICHINCHA.**

**Autor:**

**Andrea Karina Granja Carrera.**

**2018-2019**

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.	V
ÍNDICE DE TABLAS.	VIII
1. ANTECEDENTES.	1
1.1. Introducción.	1
1.2. Objetivos.	3
1.2.1. Objetivo General.	3
1.2.2. Objetivos Específicos.	3
1.3. Marco Conceptual.	3
1.4. Construcción red de agua potable.	5
1.4.1. Etapas de presentación de un proyecto.	5
1.4.2. Captaciones.	6
1.4.3. Aducción y conducción de agua.	6
1.4.4. Tratamiento.	7
1.4.5. Reserva.	8
1.4.6. Red de distribución.	8
1.4.7. Estaciones de bombeo.	9
1.4.8. Conexiones domiciliarias.	10
2. LA CURVA “S”.	11
2.1. Definición.	11
2.2. Programación.	11
2.2.1. Desglose de trabajo o identificación de las actividades.	14
2.2.2. Estimación de las duraciones.	15
2.2.3. Explicación de las precedencias.	17
2.2.4. Diagrama de RED y de GANTT.	17

2.2.5.	Campana de Gauss - Interpretación de resultados.	18
2.2.6.	Adecuación del cronograma.	24
2.3.	Método del Valor Ganado.	25
2.3.1.	Valor planificado. (PV)	26
2.3.2.	Valor ganado. (EV)	27
2.3.3.	Costo Real. (AC)	27
2.3.4.	Variación de costo. (CV)	28
2.3.5.	Variación de cronograma. (SV)	29
2.3.6.	Índice de desempeño del cronograma. (SPI)	30
2.3.7.	Índice de desempeño del costo. (CPI)	31
2.3.8.	Índice de desempeño del trabajo por completar. (TCPI)	32
2.3.9.	Proyección del Valor Ganado.	32
2.3.9.1.	Presupuesto a la Conclusión. (BAC)	32
2.3.9.2.	Estimación a la conclusión. (EAC)	32
2.3.9.3.	Variación a la conclusión. (VAC)	33
2.3.10.	Representación gráfica de la Curva "S".	35
3.	INVESTIGACIÓN.	36
3.1.	Encuestas.	39
3.1.1.	Resultado de las encuestas.	41
3.2.	Estandarización de Curva "S" Patrón.	53
3.2.1.	Ajuste logístico mediante el método de mínimos cuadrados discreto.	53
3.2.2.	Curva Patrón de proyectos de Agua Potable.	61
3.2.2.1.	Ejemplo de aplicación del modelo.	62
3.2.2.2.	Análisis de los distintos proyectos.	65
3.2.3.	Ventajas.	98
3.2.4.	Programación.	102
4.	CONCLUSIONES.	105

<b>5. RECOMENDACIONES</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>114</b>
<b>Anexo 1 MODELO GENERAL DE CARTA ENVIADA PARA LA INVESTIGACIÓN.</b>	<b>114</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Análisis del coeficiente de correlación (r) _____	5
<b>Figura 2.</b> Envoltentes de las líneas piezométricas, en trazo discontinuo, del conjunto de tuberías que permitirían conducir un caudal $q$ con altura de presión $h$ a la toma o boca del nudo N y un caudal $Q$ al depósito B2 (no se han representado las pérdidas de carga localizada y ni l altura correspondiente al sumando cinético) _____	7
<b>Figura 3.</b> Tanque subterráneo. _____	8
<b>Figura 4.</b> Tanque elevado. _____	8
<b>Figura 5.</b> Red mallada. _____	9
<b>Figura 6.</b> Ejemplo red ramificada. _____	9
<b>Figura 7.</b> Esquema de conexión de agua potable (con medidor fuera de la vivienda) _____	10
<b>Figura 8.</b> CICLO PDCA. _____	12
<b>Figura 9.</b> Estructura de desglose de trabajo (EDT) de un proyecto de agua potable. _____	14
<b>Figura 10.</b> RED PERT. _____	19
<b>Figura 11.</b> Distribución afectada por tamaño de muestras. _____	21
<b>Figura 12.</b> Gráfica de Pareto. _____	22
<b>Figura 13.</b> Cronograma ASAP y ALAP. _____	25
<b>Figura 14.</b> Curva del Valor Planificado. (PV) _____	26
<b>Figura 15.</b> Curva de Valor Ganado. (EV) _____	27
<b>Figura 16.</b> Curva 'S' con las variables del método del valor ganado. _____	35
<b>Figura 17.</b> Mapa político de la provincia de Pichincha. _____	37
<b>Figura 18.</b> Resultados de la pregunta: ¿En cuántos proyectos de agua potable ha participado usted en los últimos 5 años? _____	41
<b>Figura 19.</b> Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 0- 5 proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)? _____	42
<b>Figura 20.</b> Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 6- 10 proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)? _____	42
<b>Figura 21.</b> Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 11 o más proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)? _____	43
<b>Figura 22.</b> Resultados de la pregunta: De los proyectos no terminados dentro del plazo inicial, indique las tres causas más importantes que usted considere inciden en el retraso en cada tipo de proyecto. _____	44

<b>Figura 23.</b> Resultados de la pregunta: De los proyectos de agua potable no ejecutados dentro del plazo inicial, ¿en qué componentes se producen los retrasos? _____	45
<b>Figura 24.</b> Resultados de la pregunta: ¿Qué acciones se tomaron para corregir los retrasos? _____	47
<b>Figura 25.</b> Resultados de la pregunta: Califique la efectividad de las acciones tomadas. _____	48
<b>Figura 26.</b> Resultados de la pregunta: ¿Cómo realiza usted la planificación y control de proyectos? _____	49
<b>Figura 27.</b> Resultados de la pregunta: De los siguientes programas, ¿cuáles ha empleado usted para planificación y control de proyectos? _____	50
<b>Figura 28.</b> Resultados de la pregunta: ¿En qué etapas del proyecto se usaron estas herramientas? _____	51
<b>Figura 29.</b> Ajuste logístico a) y gompertziano b) de la nube de puntos. _____	53
<b>Figura 30.</b> Gráfica de ejemplo de un ajuste lineal. _____	54
<b>Figura 31.</b> Nube de puntos ( $t_i, y_i$ ) y recta ajustada con el método de los mínimos cuadrados discreto. _____	59
<b>Figura 32.</b> Curva 'S' Patrón para planeación de construcción de agua potable en la provincia de Pichincha. _____	61
<b>Figura 33.</b> Gráfica de curva 'S' del ejemplo de aplicación _____	62
<b>Figura 34.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Míndo. _____	66
<b>Figura 35.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto San José de Minas _____	68
<b>Figura 36.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Gualea. _____	70
<b>Figura 37.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Guamaní. _____	72
<b>Figura 38.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Guangopolo. _____	74
<b>Figura 39.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores _____	76
<b>Figura 40.</b> Gráfica de curva 'S' proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. _____	79
<b>Figura 41.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Camal Metropolitano _____	81
<b>Figura 42.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Cariacu red de conducción. _____	83
<b>Figura 43.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Comuna Miraflores. _____	84
<b>Figura 44.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Pintag. _____	86
<b>Figura 45.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Calderón. _____	88
<b>Figura 46.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Tanlahua. _____	90
<b>Figura 47.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Singuna. _____	92

<b>Figura 48.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui. (Pedro Vicente Maldonado)	94
<b>Figura 49.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Cuendina Albornoz.	96
<b>Figura 50.</b> Gráfico de curvas 'S' proyecto Patagua.	98
<b>Figura 51.</b> Ejemplo curva del valor ganado (EV) Vs. curva 'S' PATRÓN	99
<b>Figura 52.</b> Representación de culminación de proyecto en 7 meses.	100
<b>Figura 53.</b> Representación de culminación de proyecto en 5 meses.	101
<b>Figura 54.</b> Representación de las dos posibles soluciones de programación para culminación de proyecto.	101
<b>Figura 55.</b> Ingreso de datos.	102
<b>Figura 56.</b> Matriz de cálculo de la curva 'S' estandarizada en proyectos de agua potable.	102
<b>Figura 57.</b> Gráfica y resultados de la curva 'S' modelo.	103
<b>Figura 58.</b> Ingreso de datos del valor ganado (EV).	103
<b>Figura 59.</b> Matriz de cálculo EVM	104
<b>Figura 60.</b> Gráfica PV Vs. EV.	104
<b>Figura 61.</b> Anexo modelo carta enviada para la investigación.	114

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Formato de tabla de duración y recursos. _____	16
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las tres variables principales EVM _____	28
<b>Tabla 3.</b> Resumen de la variación de costo. (CV) _____	29
<b>Tabla 4.</b> Resumen de la variación de cronograma. (SV) _____	30
<b>Tabla 5.</b> Resumen del índice de desempeño del cronograma. (SPI) _____	31
<b>Tabla 6.</b> Resumen índice de desempeño del costo. (CPI) _____	31
<b>Tabla 7.</b> Resumen de la variación a la conclusión. (VAC) _____	34
<b>Tabla 8.</b> Cantones de la Provincia de Pichincha. _____	36
<b>Tabla 9.</b> Parámetro estadístico para cálculo de población finita e infinita. (Tamaño muestral) _____	40
<b>Tabla 10.</b> Ejemplo de algunos proyectos de agua potable previo a la estandarización. _____	57
<b>Tabla 11.</b> Ejemplo de algunos proyectos de agua potable analizados (estandarización). _____	57
<b>Tabla 12.</b> Aplicación de fórmula de la curva 'S' estandarizada en el ejemplo. _____	62
<b>Tabla 13.</b> Resumen de los proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha _____	64
<b>Tabla 14.</b> Valor planificado de proyecto Mindo (PV) _____	65
<b>Tabla 15.</b> Valor ganado de proyecto Mindo (EV) _____	65
<b>Tabla 16.</b> Valores de la curva 'S' estandarizada de proyecto Mindo (MODELO) _____	65
<b>Tabla 17.</b> Valor planificado de proyecto San José de Mina. (PV) _____	67
<b>Tabla 18.</b> Primera reprogramación del proyecto San José de Minas (PV1) _____	67
<b>Tabla 19.</b> Valor ganado de proyecto San José de Minas (EV) _____	67
<b>Tabla 20.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada en proyecto San José de Minas (MODELO) _____	68
<b>Tabla 21.</b> Valor planificado de proyecto de Gualea _____	69
<b>Tabla 22.</b> Valor ganado de proyecto Gualea. (EV) _____	69
<b>Tabla 23.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Gualea. (MODELO) _____	69
<b>Tabla 24.</b> Valor planificado de proyecto Guamaní (PV) _____	71
<b>Tabla 25.</b> Valor ganado de proyecto Guamaní (EV) _____	71
<b>Tabla 26.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Guamaní. (MODELO) _____	71
<b>Tabla 27.</b> Valor planificado de proyecto Guangopolo. (PV) _____	73
<b>Tabla 28.</b> Primera reprogramación de proyecto Guangopolo. (PV1) _____	73

<b>Tabla 29.</b> Segunda reprogramación de proyecto Guangopolo. (PV2)	73
<b>Tabla 30.</b> Valor ganado proyecto Guangopolo. (EV)	74
<b>Tabla 31.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada proyecto Guangopolo. (MODELO)	74
<b>Tabla 32.</b> Valor planificado de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (PV)	75
<b>Tabla 33.</b> Valor ganado de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (EV)	76
<b>Tabla 34.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (MODELO)	76
<b>Tabla 35.</b> Valor planificado de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV)	77
<b>Tabla 36.</b> Primera reprogramación de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV 1)	78
<b>Tabla 37.</b> Segunda reprogramación de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV 2)	78
<b>Tabla 38.</b> Valor ganado de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (EV)	78
<b>Tabla 39.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (MODELO)	79
<b>Tabla 40.</b> Valor planificado de proyecto Camal Metropolitano (PV)	80
<b>Tabla 41.</b> Primera reprogramación de proyecto Camal Metropolitano (PV 1)	80
<b>Tabla 42.</b> Valor ganado de proyecto Camal Metropolitano (EV).	81
<b>Tabla 43.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Camal Metropolitano. (MODELO)	81
<b>Tabla 44.</b> Valor planificado de proyecto Cariacu red de conducción. (PV)	82
<b>Tabla 45.</b> Valor ganado de proyecto Cariacu red de conducción. (EV)	82
<b>Tabla 46.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cariacu red de conducción. (MODELO)	82
<b>Tabla 47.</b> Valor planificado de proyecto Comuna Miraflores. (PV)	83
<b>Tabla 48.</b> Valor ganado de proyecto Comuna Miraflores. (EV)	84
<b>Tabla 49.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Comuna Miraflores. (MODELO)	84
<b>Tabla 50.</b> Valor planificado de proyecto Altos de Pintag	85
<b>Tabla 51.</b> Primera reprogramación de proyecto Altos de Pintag. (PV 1)	85
<b>Tabla 52.</b> Valor ganado de proyecto Altos de Pintag. (EV)	86

<b>Tabla 53.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Altos de Pintag. (MODELO)	86
<b>Tabla 54.</b> Valor planificado de proyecto Calderón. (PV)	87
<b>Tabla 55.</b> Valor ganado de proyecto Calderón. (EV)	87
<b>Tabla 56.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Calderón. (MODELO)	88
<b>Tabla 57.</b> Valor planificado de proyecto Tanlahua. (PV)	89
<b>Tabla 58.</b> Valor ganado de proyecto Tanlahua. (EV)	89
<b>Tabla 59.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Tanlahua. (MODELO)	90
<b>Tabla 60.</b> Valor planificado de proyecto Singuna. (PV)	91
<b>Tabla 61.</b> Valor ganado de proyecto Singuna. (EV)	91
<b>Tabla 62.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Singuna. (MODELO)	91
<b>Tabla 63.</b> Valor planificado de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui (Pedro Vicente Maldonado) (PV).	93
<b>Tabla 64.</b> Valor ganado de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui (Pedro Vicente Maldonado) (EV)	93
<b>Tabla 65.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui. (Pedro Vicente Maldonado) (MODELO)	94
<b>Tabla 66.</b> Valor planificado de proyecto Cuendina Albornoz. (PV)	95
<b>Tabla 67.</b> Valor ganado de proyecto Cuendina Albornoz. (EV)	95
<b>Tabla 68.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cuendina Albornoz. (MODELO)	95
<b>Tabla 69.</b> Valor planificado de proyecto Patagua. (PV)	97
<b>Tabla 70.</b> Valor ganado de proyecto Patagua. (EV)	97
<b>Tabla 71.</b> Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Patagua. (MODELO).	97
<b>Tabla 72.</b> Cálculo de curva 'S' estandarizada de dos meses.	100
<b>Tabla 73.</b> Valores de la programación de los dos últimos meses.	100

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres y mi hermano que son el pilar fundamental en mi vida, gracias por su apoyo incondicional.

A los profesores de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por sus enseñanzas impartidas y por otorgarme las bases suficientes para culminar con éxito mi carrera de Ingeniera Civil, especialmente al Ing. Juan Merizalde por su guía, por darme la oportunidad de ser parte del proyecto de investigación y haber concluido con éxito.

## **DEDICATORIA.**

Dedico la tesis a mi familia, amigos y a los profesores que fueron parte del proyecto de investigación.

La tesis va dirigida a todos los profesionales en el área de planificación y construcción en proyectos de agua potable de la provincia de Pichincha.

## **1. ANTECEDENTES.**

### **1.1. Introducción.**

“Los mejores esfuerzos para ser efectivos, necesitan orientación en la dirección correcta”

**Edward Deming.**

Se considera que el éxito de todo proyecto se consigue cuando se logran los objetivos y no se excede el presupuesto planificado en un tiempo establecido; todo gerente de proyecto busca herramientas para optimizar el tiempo y el costo. Por la necesidad que se tiene de utilizar este tipo de herramientas se hizo necesario realizar esta investigación, para que en la programación de las obras de agua potable se pueda cumplir con el cronograma de ejecución y se eviten retrasos.

Esta investigación tiene un enfoque hacia el sector público ya que anteriormente, cuando se hacía la respectiva propuesta de construcción o licitación de algún proyecto en el SERCOP se ponía un cronograma o presupuesto que no se lo desarrollaba con precisión, esto se hacía por ganar la contratación y cuando se ganaba se pedía ya sea incremento de cantidades, creación de rubros nuevos o el 35% del incremento de lo presupuestado, el cual permitía una autorización del 70% más de lo presupuestado, esto dio como resultados sobrevaloración en los distintos proyectos; por ende, se realizó la modificación en el art. 87 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública en marzo del 2017, donde solo permite un incremento del 15% del valor del contrato principal, y el valor de los contratos complementarios de consultoría no podrá exceder del quince por ciento (15%) del valor del contrato principal. Se podrá pedir un aumento del 35% del valor del contrato que se realizó, solo en casos justificables y previa autorización del Contralor General del Estado. (Ley 1, 2017).

En caso de que se superen dichos montos, los adjudicatarios de la ejecución del contrato, se verían en la obligación de terminar el respectivo contrato, esto obliga a los oferentes, antes de entregar sus propuestas, realizar cronogramas y presupuestos veraces y confiables.

Alrededor del mundo se han realizado varias investigaciones para la predicción de curvas “S”, la misma que es la representación gráfica de la relación entre egresos (eje horizontal) y el tiempo (eje vertical) de un proyecto. Estas curvas están enfocadas en predecir el flujo

de gastos de un proyecto de construcción, a la vez que permiten analizar cómo variarán los costos durante la ejecución del proyecto, esta información es muy importante para el ingeniero, el cual dependiendo de su habilidad, experiencia y enfoque como constructor, podrá conseguir una mayor eficiencia en el uso de los recursos técnicos, financieros, humanos y tiempo, logrando un buen manejo del proyecto cumpliendo con los plazos y costos establecidos.

Ashley y Teicholzen (1997) (citados por Cheng, Yu y Wang 2011) definieron tres curvas: la curva de ganancias, la curva de pagos y la curva de costos, esto sirvió como base para hacer un modelo de planificación de flujo de caja. Otro investigador fue Peer (1982) (citado por Cheng, Yu y Wang 2011), quien utilizó la regresión polinomial para predecir los flujos mensuales de construcción de viviendas y proyectos de construcción pública. También existen modelos polinómicos, división de secciones y costos mensuales los cuales sirvieron para pronósticos y actualización del flujo de caja para proyectos de construcción.

Boussabaine y Kaka (1998) utilizaron redes neuronales para predecir el flujo de costos de los proyectos de construcción. Kenley y Wilson (1986) combinaron técnicas de regresión con datos históricos para diseñar un modelo de flujo de costos ideográfico. Chen (2007) propuso un modelo de respuesta de costos a nivel de empresa basado en variables financieras y macroeconómicas internas. Chao (2009) utilizó el funcionamiento polinómico y las redes neuronales para estimar la curva 'S'. (Cheng, Yu, y Wang, 2011, pág. 933)

Otro investigador Kaka (2003) (citado por Cheng, Yu y Wang 2011), dio a conocer un modelo dinámico de previsión de flujo de caja, esto ayudó a que las personas que usaban este tipo de flujo puedan trabajar de una mejor manera con sus proyectos.

Cabe recalcar que entre las características de las curvas 'S', se puede mencionar que éstas pueden llegar a ser muy sensibles y flexibles a través del tiempo, pues se basan en la dinámica de la vida real de un proyecto de construcción y como éste responde a través del tiempo. Por ello, es de gran importancia, comparar una curva "S" patrón con la curva "S" desarrollada en la programación durante la gestión del proyecto y de este modo controlar el cronograma, evitando retrasos, así como el costo del proyecto, de tal manera que éste no exceda lo planificado.

## 1.2.Objetivos.

### 1.2.1. Objetivo General.

Elaborar curvas 'S' patrón para planeación de construcción en proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha

### 1.2.2. Objetivos Específicos.

- Analizar diagramas de Gantt y avances de obra de los diferentes proyectos.
- Analizar los avances de los diferentes proyectos de agua potable.
- Investigar el comportamiento de avance de diferentes proyectos de agua potable realizados en la provincia Pichincha.
- Estandarizar curvas 'S' en construcción de redes de agua potable.

## 1.3.Marco Conceptual.

- **Curva S:** “es la curva que muestra la línea base del desempeño esperado del proyecto” (Ernest, William, 2011, pág. 1)
- **Costos:** “En los negocios y la contabilidad, el costo es el valor monetario que una empresa ha invertido para producir un producto o servicio.” (Rodriguez, Rodriguez, Velandia, y Rodriguez, 2018, pág. 16)
- **Patrón:** Modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual.
- **Sistema de agua potable:** “consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.” (Cardenas y Patiño, 2010, pág. 1)
- **Servicio Nacional de Contratación Pública** “es la entidad rectora del Sistema Nacional de Contratación Pública (SNCP), responsable de desarrollar y administrar el Sistema Oficial de Contratación Pública del Ecuador y de establecer las políticas y condiciones de la contratación pública a nivel nacional.” (SERCOP, 2018)

La contratación pública ha beneficiado mucho ya que ha permitido que varias empresas pequeñas, micro y medianas puedan participar, por ejemplo, un 28,5% en administración de Estado, 21,2 % en los GAD municipales y 18% en Empresas públicas

SERCOP tiene un eje transversal que es la “TRANSPARENCIA”, el cual es puntal de 5 ejes los cuales son calidad, control, eficiencia, regulación y eficacia, por ello para que se siga fortaleciendo a la economía del país se va a proyectar para obtener un certificado 37001, el cual es una CERTIFICACION DE SISTEMAS DE GESTION ANTISOBORNO.

- **Ruta crítica:** La fecha de inicio de la ruta coincide con la fecha de inicio del proyecto, con dicha ruta “sabremos la duración total del mismo y el estado de urgencia de las actividades.” (Canive, s.f, s.p)
- **Holgura:** “Plazo que la actividad se puede retrasar, afectando o no a sus antecesoras, pero sin afectar al final del proyecto.” (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág 117)
- **Desviación estándar:** “es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.” (Minitab, 2018)
- **Histograma de recursos:** “Un diagrama de barras que muestra la cantidad de tiempo que un recurso está planificado para trabajar durante una serie de periodos.” (ALICANTE Glosario Términos estadísticos, 2017)
- **Coefficiente de determinación, R<sup>2</sup>:** Dicho coeficiente permite saber que tan ajustado esta un modelo de los datos reales; R<sup>2</sup> avanza de 0 a 1, donde el 1 representa el mayor ajuste y 0 el menor ajuste.

Ecuación del coeficiente de determinación, R<sup>2</sup> (López F. , s.f.) :

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (1.)$$

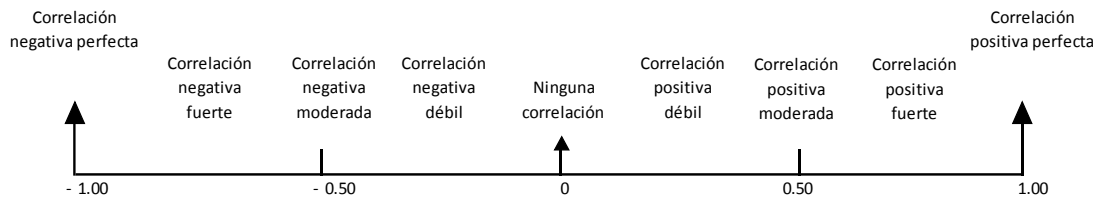
Donde:

$\hat{Y}_t$  = Valores estimados.

Y = Promedio de los valores de Y

$\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2$  = Varianza.

- **Correlación (r):** Es aquel que permite medir la intensidad que existe entre dos variables, los valores van de -1 a 1 y según como se obtengan los datos va a tener un significado. “La correlación es igual a la raíz cuadrada del coeficiente de determinación.” (Emagister Servicio de Formación S.L., 2007, pág. 17). Mediante el coeficiente de correlación se puede hacer un análisis entre variables:



**Figura 1.** Análisis del coeficiente de correlación ( $r$ ) (Emagister Servicio de Formación S.L., 2007, pág. 17)

Si se observa la **figura 1**, donde existe una correlación aceptada entre datos es entre -1 a -0,50 o entre 0,50 a 1:

$$-1 \leq r \leq -\frac{1}{2} \quad \vee \quad \frac{1}{2} \leq r \leq 1$$

Esto indica que el coeficiente de determinación esta entre:

$$-\frac{1}{4} r \leq r^2 \leq -r \quad \vee \quad \frac{1}{4} r \leq r^2 \leq r$$

#### 1.4. Construcción red de agua potable.

Es de vital importancia, tener agua potable en nuestros hogares, oficinas o universidades y tener acceso al líquido vital, pero de una manera confiable.

En estudios estadísticos las personas pueden vivir sin alimentos de 30 a 40 días, pero sin agua, solamente de 2 a 3 días; por ello es necesario que las personas tengan acceso al líquido vital, además que en la Constitución de la República del Ecuador en el art. 12 y art. 318 menciona que el derecho al agua es fundamental, que no se puede renunciar, que “constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 12). La calidad del agua potable es sumamente importante para la distribución a sus beneficiarios.

##### 1.4.1. Etapas de presentación de un proyecto.

Antes de presentar y ejecutar cualquier proyecto de agua potable es necesario realizar tres estudios.

Primero se debe hacer un estudio de pre factibilidad esto es con el objetivo de identificar posibles soluciones. Para ello se debe recopilar datos, determinar la dotación y el caudal medio, información de cartas, planos, el respectivo pre diseño, costos, y de cada estudio de pre factibilidad ver las ventajas y desventajas. En esta etapa se podría elegir entre dos

a tres alternativas posibles. Con todo esto ya realizado se empezará con el estudio de factibilidad. (CO 10.07-601, 1992)

En el estudio de factibilidad el objetivo es comparar alternativas para seleccionar la mejor opción. Ya en el estudio se debe caracterizar a la zona, levantamiento de información para empezar con el diseño, costos y la comparación de alternativas mediante evaluaciones económicas, financieras, técnicas, ambientales y de participación ciudadana; por último, se elige la mejor alternativa. (CO 10.07-601, 1992)

El tercer paso es estudios y diseños definitivos, se debe hacer la respectiva memoria técnica los cuales incluyen estudio de ingeniería básica, obras nuevas, cálculos, planos de construcción, presupuesto, cronograma valorado, especificaciones, manual de operación y mantenimiento, y el respectivo estudio ambiental. Finalmente, con la respectiva aprobación ejecutarlo. (CO 10.07-601, 1992)

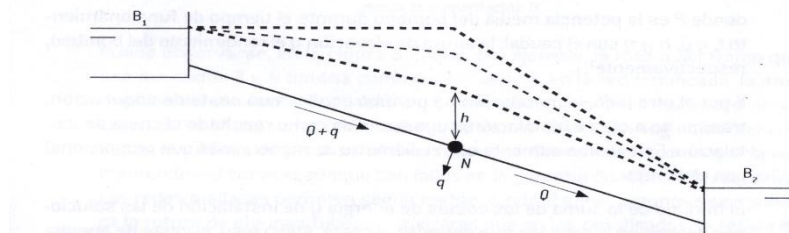
#### **1.4.2. Captaciones.**

El agua se puede obtener de distintas maneras, ya sea por aguas superficiales como ríos, lagos, embalses, etc., o también se puede obtener de aguas subterráneas. Para la captación de aguas superficiales, se puede hacer por toma directa con canal o sin canal, toma lateral, pozo de infiltración, entre otras; para la captación de aguas subterráneas se la puede hacer mediante pozo de bombeo.

Los distintos tipos de captación de agua dependen del caudal que se requiera, de las características geológicas, hidrológicas y topográficas de la zona. (USAID, 2016)

#### **1.4.3. Aducción y conducción de agua.**

La aducción es una línea de conducción de agua, la cual lleva agua desde la fuente hacia la planta de tratamiento. La línea de conducción de agua transporta agua ya tratada por gravedad o por bombeo; para ello se debe saber las longitudes y pendientes, diámetros y secciones. (New Hampshire Department of Environmental Services. NH., 1986)



**Figura 2.** Envolventes de las líneas piezométricas, en trazo discontinuo, del conjunto de tuberías que permitirían conducir un caudal  $q$  con altura de presión  $h$  a la toma o boca del nudo  $N$  y un caudal  $Q$  al depósito  $B_2$  (no se han representado las pérdidas de carga localizada y ni la altura correspondiente al sumando cinético) (Sánchez Calvo, Castañón Li3n, & Rodr3guez, 2012)

Como se observa en la **figura 2**, si solo se va a llevar un caudal  $Q$  de un dep3sito  $B_1$  a un dep3sito  $B_2$ , ser3a necesario solo un tipo de tuber3a. “Esta vendr3a dada por la determinaci3n del di3metro  $D$  que para caudal  $Q$  diese lugar a unas p3rdidas de carga iguales al desnivel entre los dos dep3sitos  $B_1$  y  $B_2$ . El di3metro a instalar, en principio y salvo otras consideraciones, ser3 el inmediato superior en la serie comercial de tubos” (S3nchez Calvo, Casta3n3n Li3n, y Rodr3guez, 2012, p3g. 43)

En la realidad las conducciones a presi3n, tiene varias soluciones, ya que var3a el caudal  $Q$ , la altura de presi3n y la energ3a, por lo tanto, se tendr3a que hacer combinaci3n de los di3metros de las tuber3as. (S3nchez Calvo, Casta3n3n Li3n, y Rodr3guez, 2012)

#### 1.4.4. Tratamiento.

En el agua existe organismos que son “capaces de infectar al ser humano como son bacterias, protozoarios, helmintos, virus y hongos” (Geyer, Okun y Fair, 1976, p3g. 43), los cuales son portadores de enfermedades; tambi3n en el agua est3n presentes contaminantes f3sicos y qu3micos, tales como sedimentos, componentes org3nicos e inorg3nicos, por ello la importancia de su tratamiento.

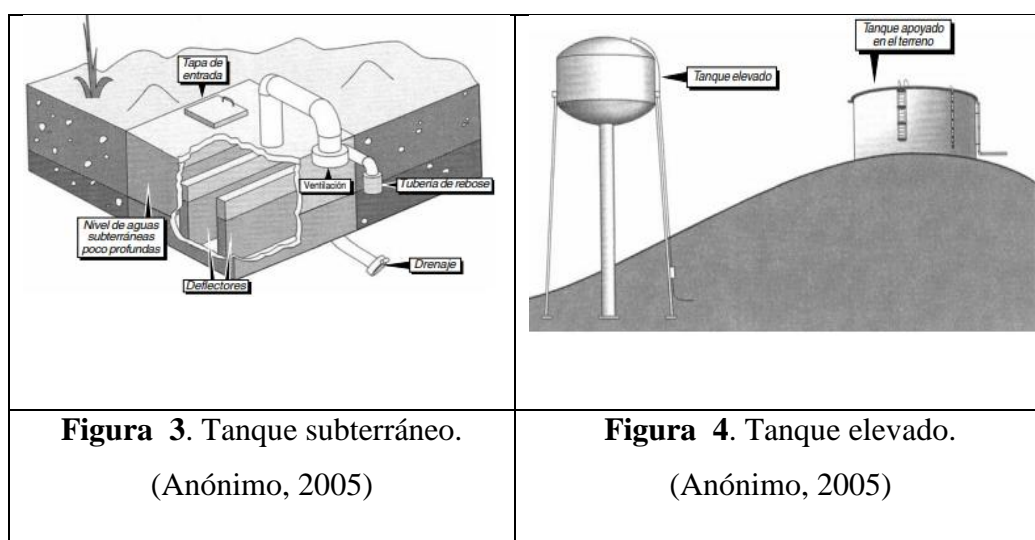
Existen algunos procesos de tratamientos como son cribado, coagulaci3n- floculaci3n, sedimentaci3n, aereadores, filtros y desinfecci3n. De los procesos de tratamiento se debe tener en cuenta su capacidad, accesorios, su estado de conservaci3n y mantenimiento del mismo.

Es necesario dentro del funcionamiento de las plantas de tratamiento mantener los par3metros y rangos de dise3o de las mismas para as3 asegurar la calidad del agua. (Chulluncuy, 2011)

#### 1.4.5. Reserva.

La reserva de agua se refiere en donde va a estar almacenada el agua. Para ello se debe hacer el respectivo cálculo, según la capacidad, altura con respecto a la población, materiales, la cubierta, válvulas y registros de consumos. El objetivo principal es tener en reserva el líquido vital para mantener la continuidad del servicio a través del tiempo. (López J. , 2007)

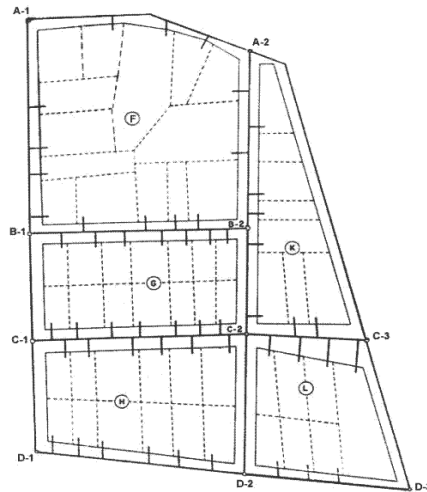
Los reservorios pueden ser por medio de tanques subterráneos (**figura 3**) o elevados (**figura 4**).



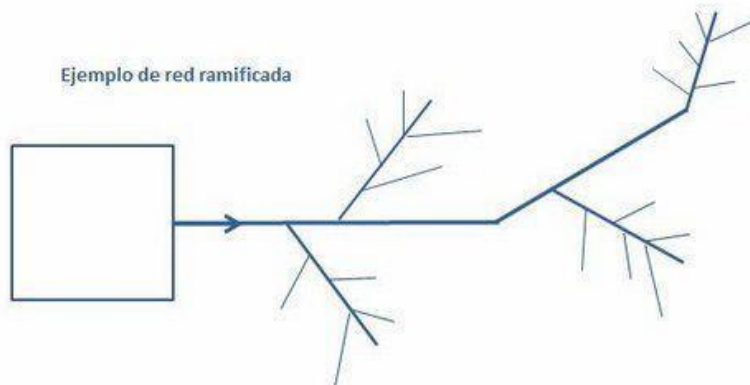
#### 1.4.6. Red de distribución.

La red de distribución de agua potable debe cumplir dos funciones, la primera es la distribución de agua potable desde la planta de tratamiento hasta llegar al punto del suministro y la segunda, tener agua con suficiente presión para el sistema contra incendios. En la distribución del agua potable se debe tomar en cuenta, la dimensión y características técnicas de la tubería, grifos públicos, hidrantes, las horas de servicios y presiones disponibles.

Para llevar el agua a los diferentes puntos de consumo se lo hace mediante una red; puede ser mallada, la cuál va formando cuadrículas para que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo (**figura 5**) o ramificada, la cual va uniendo los diferentes puntos de consumos a una única tubería (**figura 6**). (Moliá, 1987)



**Figura 5.** Red mallada. (Anónimo, 2011)



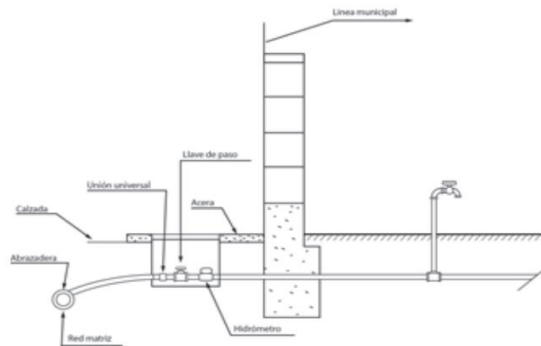
**Figura 6.** Ejemplo red ramificada. (Fernández, 2014)

#### 1.4.7. Estaciones de bombeo.

Al hacer los respectivos cálculos, se nota que en la distribución del agua no alcanzará el cumplimiento de la demanda requerida, o se necesita elevar la línea de gradiente, es necesario realizar sistemas de bombeo; para ello se debe saber la capacidad de las bombas, el estado de los equipos, sus costos, potencia y las horas de funcionamiento de dichas bombas. (Sánchez Calvo, Castañón León, y Rodríguez, 2012, pág. 75)

#### 1.4.8. Conexiones domiciliarias.

Las conexiones domiciliarias son tuberías que se conectan desde la red pública hacia la fachada domiciliaria. La instalación incluye llave de paso, medidor y tuberías de conducción.



**Figura 7.** Esquema de conexión de agua potable (con medidor fuera de la vivienda)  
(Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico [SENASBA], 2008)

## **2. LA CURVA “S”.**

### **2.1. Definición.**

Es la curva que vincula el tiempo y el costo de un proyecto; se usan comúnmente para prever el comportamiento del flujo de caja, son muy eficaces para analizar cómo está el proyecto y predecir cómo irá avanzando en un futuro y se le denomina, curva ‘S’, porque al inicio y al final es plana, y en el medio es pronunciada.

La curva ‘S’ es una "visualización gráfica de costos acumulados, horas de trabajo, porcentaje de trabajo u otras cantidades, trazadas en función del tiempo". (Project Management Institute, 2013, pág. 169)

Según Murmis (1997), las actividades suelen ser intensivas en las etapas iniciales y finales en proyectos grandes, y en las etapas intermedias se necesitan un gran grupo de personas, suministros que resultan más costoso. También se forma una curva S ya que en las etapas intermedias se realizan actividades simultáneas, por ende, el progreso es más rápido y el costo alto.

### **2.2. Programación.**

Una de las ventajas de hacer la respectiva planificación de obra, es tener una idea muy clara del proyecto, por ejemplo, el tiempo, métodos de construcción y la productividad en cada proceso, también ayuda a prevenir problemas, es decir, si existe una situación donde puede atrasar al proyecto, se podrá tomar las respectivas soluciones. Al realizar el respectivo análisis de precios, es algo empírico, porque varían mucho del rendimiento y la productividad de los recursos; mediante la planificación y el respectivo control se podrá tomar mejores decisiones, ya sea nivelando o aplazando la asignación de los recursos.

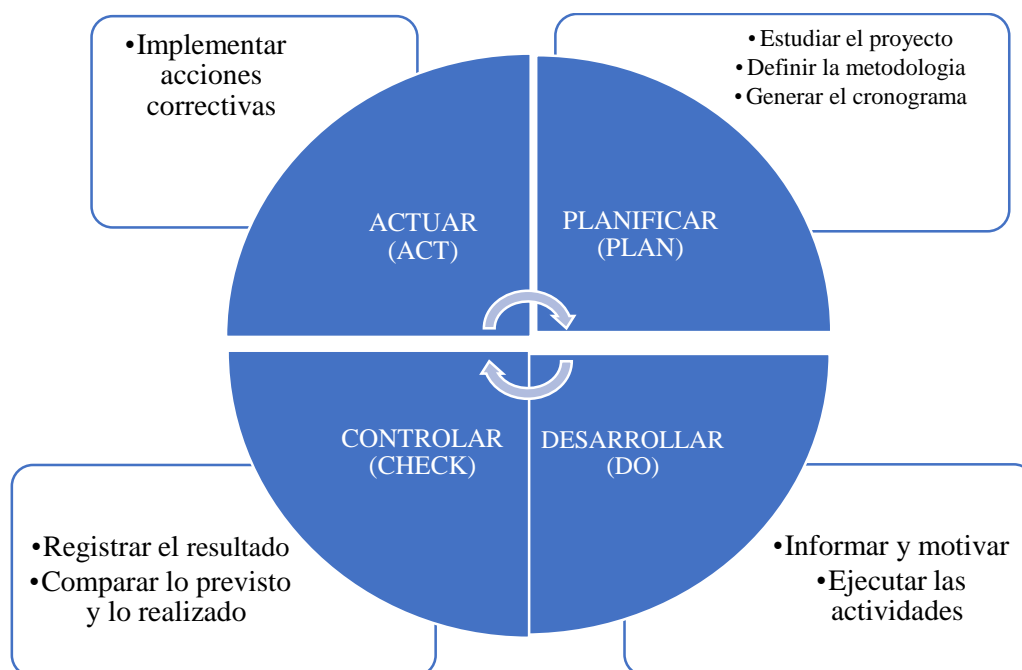
Es muy importante tener presente la línea base; la línea base establece la ruta del proyecto para cumplir en el tiempo y costo planificado, esto permite, mientras va avanzando la obra hacer la respectiva comparación, controlar, ver el tiempo de ejecución del proyecto y si su costo se está desviando del cronograma inicial.

Existen varios criterios para planificar; se debería hacer la planificación desde el inicio hasta el final del proyecto, al inicio los procesos no son muy detallados, pero mientras va avanzando el proyecto, como se tiene datos más precisos se lo puede detallar de mejor manera, para el respectivo control con la línea base original.

El tener procedimientos ya analizados, ayuda en la planificación y así evitar que se atrase o se presenten problemas mientras avanza el proyecto; existen actividades que perjudican al precio inicial, los cuales dependen de terceras personas como son permisos, licencias ambientales, expropiaciones, por ello al momento de realizar la planificación se las debe tomar en cuenta.

Siempre en un proyecto debe haber el respectivo control, el cual debe ser permanente y a veces puede llegar a ser este trabajo muy tedioso e incluso en ocasiones complicado, pero los beneficios serían, tener un buen desarrollo del proyecto y que se pueda concluir a tiempo, un mecanismo que ayuda a tener un buen control del proyecto es el CICLO PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACT), este ciclo lo desarrollo Edwards Deming en los años 50; dicho ciclo es “ un conjunto de acciones ordenadas e interconectadas, dispuestas en un círculo en el que cada cuadro corresponde a una fase del proceso.” (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 49)

A continuación, el resumen del CICLO PDCA.



**Figura 8. CICLO PDCA.**

Este ciclo permite controlar las actividades y tener resultados verídicos, mediante la aplicación del mismo en las distintas actividades. Para tener buenos resultados se recomienda aplicar este sistema.

Ahora se explicará con mayor detalle cada una de las etapas del ciclo PDCA.

### *PLANIFICAR*

En esta etapa el equipo de planificación realiza el análisis constructivo y pone los respectivos objetivos; la planificación debe tomar en cuenta la evaluación actual del proyecto, realizar visitas, materiales a emplearse, personal requerido, para así realizar el respectivo cronograma de actividades. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014)

### *DESARROLLAR*

Es cuando ya empieza la obra, en esta etapa es necesario informar cómo se va a realizar la obra, la metodología utilizada para así lograr cumplir los objetivos planteados anteriormente. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014)

### *CONTROLAR*

En esta etapa se evalúa lo que se realizó anteriormente con su respectivo control, esto permite comparar costos, recursos, tiempos y que se cumpla con los objetivos ya establecidos. Esta parte es fundamental ya que permite visualizar atrasos o adelantos y las consecuencias.

Es importante analizar muy bien las tendencias del proyecto, ya que, si se va a realizar un proyecto similar hay que tomarlo en cuenta. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014)

### *ACTUAR*

Es el último paso, este es muy importante ya que permite identificar los problemas, mejorar los métodos y los errores cometidos. Cuando se note que las desviaciones no fueron muchas, se podría evaluar la posibilidad de reducir el plazo.

La importancia de realizar este método es la posibilidad de repetirlo en todos los procesos, para así garantizar que se cumplan los objetivos, tomar medidas y tener la posibilidad de usar en cualquier proyecto. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014)

Para realizar la planificación se debe cumplir con seis pasos importantes.

1. Desglose de trabajo o identificación de las actividades.

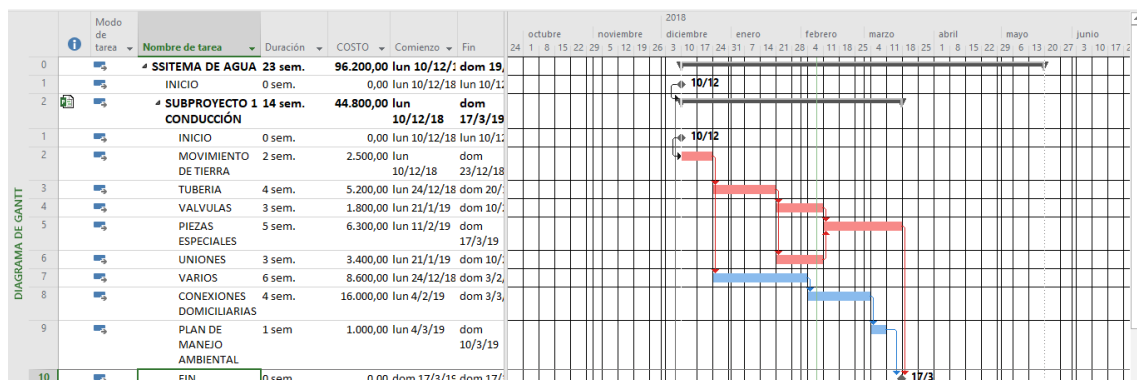
2. Estimar las Duraciones.
3. Precedencia.
4. Diagrama de RED y de GANTT.
5. Interpretación de resultados.
6. Adecuación del cronograma.

### 2.2.1. Desglose de trabajo o identificación de las actividades.

En esta etapa, se identifica las actividades a realizarse en el proyecto para incluir en el cronograma. Para identificar las actividades es necesario que trabaje todo un equipo especializado, que conozca muy bien del tema, que pueda interpretar planos y especificaciones, vinculando las actividades entre sí para evitar problemas en el futuro del proyecto.

Es necesario en la planificación subdividir las actividades ya que así se puede analizar con mayor facilidad, es decir, que se pueda colocar las respectivas duraciones, mano de obra y análisis de precios.

La estructura de desglose de trabajo (EDT) es "una descomposición jerárquica orientada al trabajo que será ejecutado por el equipo del proyecto para lograr los objetivos de este y crear los entregables requeridos." (Project Management Institute, 2013, pág. 126). Dicha descomposición se hace por partes físicas, por capítulos, por oficios, por contratos. La estructura de desglose de trabajo (EDT) en los diferentes programas se lo representa de forma de lista (**figura 9**), también se lo puede hacer como un mapa mental.



**Figura 9.** Estructura de desglose de trabajo (EDT) de un proyecto de agua potable

### 2.2.2. Estimación de las duraciones.

El estimar las duraciones permite saber el plazo total de la obra. Como se sabe al realizar las duraciones van a existir errores, ya que al momento de realizarlas son solo estimaciones y van a variar según la experiencia del que esté realizando dicho trabajo. Mediante el cálculo de la duración se obtiene lo siguiente: plazo total, fechas iniciales y finales de las actividades, se puede identificar las actividades críticas, holguras, nivelar recursos.

En ciertos proyectos asignan el plazo total del proyecto, por ello se recomienda que se realice mediante el cálculo de duraciones y cuando se obtenga el plazo total, realizar los respectivos ajustes o mirar alternativas para llegar a cumplir el plazo estipulado; es necesario que se trate cada duración de cada actividad por separado.

Existen actividades las cuales sus duraciones ya son fijas y otras que varían según la cantidad de recursos, para estimar la duración se debe basar en la descomposición de precios unitarios, los cuales incluyen, la productividad, rendimiento y producción.

Mediante el cálculo de la productividad y el rendimiento, se puede calcular las duraciones y número de equipos.

Fórmula para el cálculo de la duración de las actividades. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014, pág. 76) :

$$DURACION = \frac{CANTIDAD}{PRODUCTIVIDAD * \# DE RECURSOS} \quad (2.)$$

Fórmula para el cálculo del trabajo. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014, pág. 76) :

$$TRABAJO (Hh) = \frac{CANTIDAD * RENDIMIENTO}{\# RECURSOS} \quad (3.)$$

Fórmula para el cálculo de la duración de las actividades en función del trabajo (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014, pág. 77):

$$DURACION = \frac{TRABAJO}{NUMERO DE RECURSOS * JORNADA} \quad (4.)$$

Se debe tomar en cuenta, que cuando se observe que existen datos no coherentes es necesario encontrar un equilibrio, para así asegurar que el trabajo y la duración sea la óptima.

A continuación, se presenta el formato de tabla de duración y recursos.

ACTIVIDAD	CANTIDAD	CUADRILLA			RENDIMIENTO	JORNADA	DÍAS	DURACIÓN	# EQUIPOS	RECURSOS		
		ALBAÑIL	AYUDANTE	PEÓN						ALBAÑIL	AYUDANTE	PEÓN

**Tabla 1.** Formato de tabla de duración y recursos.

Existen métodos para calcular de forma rápida las duraciones y equipos, esto se calcula mediante la siguiente proporción según Guadalupe y Valderrama (s.f.)

$$\frac{DURACION}{COSTO} = \frac{PLAZO}{COSTO OBRA} \quad (5.)$$

Esta proporción quiere decir que el valor del costo es igual a la duración del plazo de la obra, con esto se entiende que al sumar todas las duraciones va a ser igual al plazo de la obra.

Para obtener una duración más realista, se podría calcular mediante el promedio de la simultaneidad de las actividades (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 82):

$$DURACION = \frac{PLAZO OBRA * COSTO ACTIVIDAD}{COSTO OBRA * ACTIVIDADES SIMULTANEAS} \quad (6.)$$

Fórmula para el cálculo de las actividades simultáneas (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 83):

$$ACTIVIDADES SIMULTANEAS = \sqrt{\# ACTIVIDADES} \quad (7.)$$

Con la duración se puede obtener el número de equipos mediante la fórmula (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 87):

$$EQUIPOS = \frac{DURACION}{PLAZO * JORNADA} \quad (8.)$$

### 2.2.3. Explicación de las precedencias.

Para continuar con la planificación es necesario que las actividades sigan una lógica, por lo que se debe definir las actividades predecesoras y sucesoras; la predecesora depende de otra actividad y se realiza antes y la sucesora se la realiza cuando la actividad anterior se culmina. Al momento de entrelazar las actividades hay que tomar en cuenta que existen actividades que dependen de otra obligatoriamente, y otras que no tienen predecesoras, dichas actividades son más fáciles de manejarlas ya que al momento de planificarlas pueden empezar cuando se tenga los recursos necesarios.

Existen varios tipos de enlaces, el más usado es el enlace tipo FC (FIN-COMIENZO). Existen otros enlaces como son CC (COMIENZO- COMIENZO) este enlace es cuando las actividades empiezan al mismo tiempo; FF (FIN-FIN), se utiliza cuando las actividades finalizan al mismo tiempo, también se puede retardar o adelantar las actividades.

Los hitos controlan el proyecto. Los proyectos tienen restricciones y fechas límite, si se aumenta el plazo, las holguras de las actividades aumentan por ello dejarían de ser críticas, en cambio sí se disminuye el plazo hay riesgos que no se cumpla el tiempo establecido.

Para el planificador es importante tener un gran detalle de las actividades, esto permitirá no tener retrasos y la relación debe ser FC (FIN- COMIENZO), toda actividad debe tener al menos una predecesora y una sucesora, para así permitir un buen desarrollo del proyecto.

### 2.2.4. Diagrama de RED y de GANTT.

El Diagrama de Red se lo realiza cuando ya se tiene las respectivas duraciones, en donde se colocan las fechas de inicio, holguras y la ruta crítica. Las ventajas de tener los diagramas son, identificar las actividades, ver alternativas, observar la secuencia de una manera más clara y precisa.

El Diagrama de Red se lo hace mediante el diagrama de flechas o diagrama de bloques donde cada flecha nace de una y culmina en otra, se debe tomar en cuenta que cada actividad tiene su propio código, porque no pueden existir dos actividades con el mismo

inicio y fin. En cambio, el diagrama de bloques, se lo representa en forma de bloques y con vínculos para representar la organización del proyecto.

El Diagrama de Gantt es una técnica utilizada para realizar la programación de tareas en un tiempo ya especificado. Por su fácil manejo, y visualización se puede hacer el respectivo seguimiento, control de los proyectos. Se pueden observar las tareas con sus duraciones de una forma más detallada.

Este diagrama fue desarrollado por Henry Laurence Gantt en la década de 1910, el cual es un “gráfico de barras horizontales ordenadas por actividades a realizar en secuencias de tiempo concretas.” (OBS Business School, 2000, s.p)

Dicho diagrama se utiliza mucho en proyectos de construcción, por su facilidad y por qué ayuda a tener un mejor control y una eficaz planificación.

Para elaborar el respectivo Diagrama de Gantt se debe hacer lo siguiente:

- Realizar una lista con cada una de las actividades del proyecto, existen proyectos en los cuales involucran a muchas actividades, pero se puede tratar cada etapa como un subproyecto y después se vincularía en uno general.
- El Diagrama de Gantt es muy esquemático permitiendo así un buen entendimiento y también ayuda a tener un mejor monitoreo del proyecto.

Dicho diagrama tiene dos ejes, el eje de las ordenadas donde están las tareas que se van a realizar desde el principio hasta el final y en el eje horizontal están los tiempos. Existe una barra longitudinal, en la cual se puede identificar la duración. El tiempo puede estar en días, semanas, meses, años o semestres.

Cada tarea está representada por un recuadro el cual indica el grado de avance y el tiempo restante para que se ejecute completamente. Cuando existan tareas que son críticas es necesario ponerlas de otro color.

#### **2.2.5. Campana de Gauss - Interpretación de resultados.**

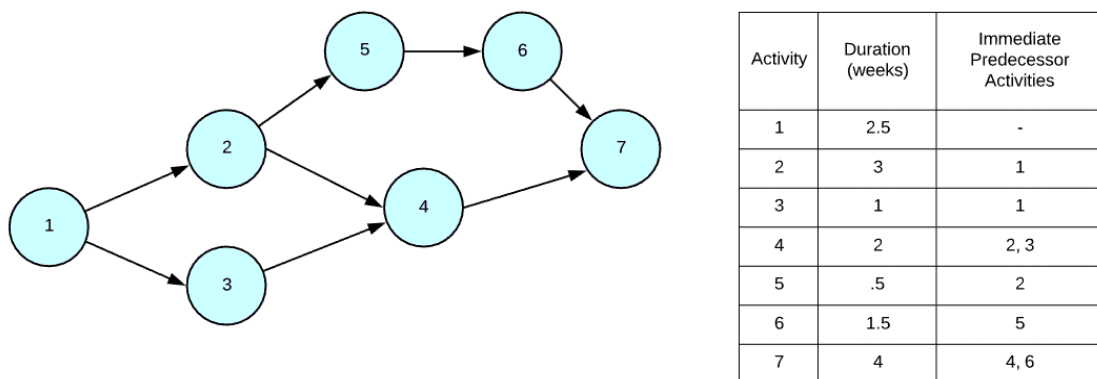
Para la respectiva interpretación de lo anteriormente realizado se debe analizar el proyecto por dos métodos:

- Ruta Crítica.
- Técnica de evaluación y revisión de programas (PERT).

La ruta crítica es un método para lograr el cumplimiento de la obra en el plazo planificado, este permite saber la duración total del proyecto y las actividades que se deben hacer en ese tiempo estipulado. La ruta crítica es también llamada CPM (Critical Path Method) el cual, al vincularse una tarea con otra, va a indicar el plazo del proyecto, es decir, que si se llegara a atrasarse alguna de esas tareas el proyecto total se atrasaría. Uno de sus aportes, es la propuesta de reducir las duraciones de las actividades que se encuentran en la ruta crítica.

Para obtener la ruta crítica es necesario poner todas las tareas que se van a ejecutar y vincular, después de esto se establece el tiempo de cada actividad y se puede desarrollar la respectiva red.

El método PERT hace una representación gráfica a través de una cadena, la cual permite alcanzar el objetivo final del proyecto. Este es muy sencillo y ayuda a determinar las rutas de trabajos óptimos. Se basa en las duraciones de las actividades y permite hacer un buen análisis de los diferentes cambios cuando se está ejecutando el proyecto. La propuesta de PERT es el uso de duraciones probabilísticas, el cual indica tres tipos de plazo el optimista, pesimista, y el más probable.



**Figura 10.** RED PERT (Anónimo, s.f.)

El sistema PERT tiene un enfoque probabilístico, el cual se basa en la distribución beta. La desviación estándar es la sexta parte de las distancias entre los tres tiempos y la media o duración esperada es la media de las duraciones óptimas, pesimistas y más probables, la cual se asigna a la duración más probable un peso cuatro veces superior a los otros dos tiempos. Mediante la distribución beta se calcula la varianza la cual es la resta del tiempo pesimista con el optimista divididos para seis y elevada al cuadrado y la desviación es a la raíz de la varianza. (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014.)

El tiempo más probable es la duración que se puede ejecutar en situaciones normales, el tiempo optimista es cuando se ejecuta en las mejores condiciones, aunque su probabilidad es muy baja y el tiempo pesimista es cuando se realiza el proyecto con todas las actividades adversas. La duración esperada se puede calcular mediante la fórmula (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 151):

$$De = \frac{to+4tm+tp}{6} \quad (9.)$$

Donde

De: Duración esperada.

to: tiempo optimista.

tm: tiempo más probable.

tp: tiempo pesimista.

La distribución Beta en la mayoría de las veces es asimétrica ya que el tiempo pesimista y el optimista están a una distancia variada con el tiempo más probable. Si se dice que hay un porcentaje de probabilidad que suceda, significa que es el porcentaje de probabilidad de que permanezca debajo de esa duración y la diferencia de que se supere. Si la curva está ubicada hacia el lado derecho, la duración que se espera es mayor que la duración más probable ya que el valor de la duración total va a ser mayor que la suma de los valores más probables de las actividades por separado.

Las técnicas PERT y CPM ayudan a programar un proyecto con el costo mínimo y la duración más adecuada. Hay que tomar en cuenta que las actividades que no se encuentran dentro del camino crítico se deberán trabajar cuando se tenga los recursos necesarios, ya que se debe destinar la mayoría de los recursos a las actividades críticas especialmente en las fases más complicadas del proyecto.

Estos dos métodos tienen ciertas limitaciones, claro que dichos métodos están relacionados con la gestión de proyectos. El método PERT se basa solo en las relaciones y duraciones de las actividades, mientras que el CPM ayuda a visualizar de mejor manera la ruta crítica.

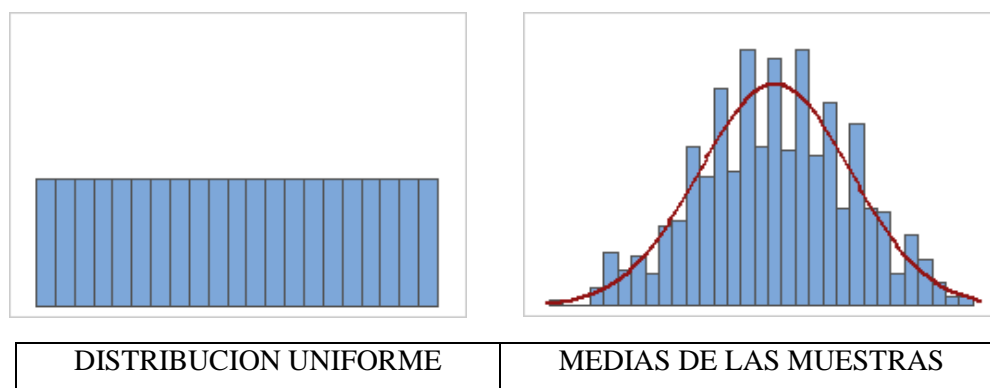
Las actividades cuando tiene holgura pueden tener cierta flexibilidad sin perjudicar la fecha de finalización del proyecto. Para ello existen dos opciones el ASAP (as soon as possible) y ALAP (as late as possible) la importancia de usarlos es para hacer la respectiva nivelación. El ASAP incurre en las primeras fechas de inicio y finalización y el ALAP en

cambio sucede en las últimas fechas, cuando se les desplaza de esas fechas la actividad se vuelve crítica. Dentro de esos límites se puede mover las actividades, esto permite que las actividades no se acumulen, para así reducir el costo.

La holgura dependiente e independiente es el tiempo máximo que se tiene para realizar la actividad, las dos holguras van desde la fecha última de finalización más tardía de sus antecesoras; la holgura dependiente va hasta la última fecha de finalización y la holgura independiente hasta la fecha de inicio de sus antecesoras.

Para el cálculo del camino crítico probabilístico, las fechas se obtienen con las fórmulas anteriores. El camino crítico probabilístico se basa en un teorema que es limite central, dicho teorema es la “distribución de la media de una muestra aleatoria proveniente de una población con varianza finita” (Minitab, 2018)

Si se tiene suficientes valores la distribución es normal; la ventaja de este teorema que se puede aplicar a cualquier población, a continuación, se presenta gráficas donde muestran ejemplos de cómo, puede la distribución afectar el tamaño de las muestras.



**Figura 11.** Distribución afectada por tamaño de muestras (Minitab, 2018).

Uno de los requerimientos del método PERT menciona que debe haber una significativa diferencia entre la duración del camino crítico y otras posibles alternativas, "para evitar que rutas cuya suma de las duraciones medias es más corta pero con holguras pequeñas y desviación estándar alta tengan duraciones probabilísticas mayores que el camino crítico obtenido"(Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 159); el método PERT también ayuda a saber entre varias posibilidades cual es el mejor camino crítico para aplicarlo, mediante la comparación de las desviaciones.

Como se sabe, se planifica mediante la experiencia, la lógica y su criterio para tener un plazo (Ts.), como se vino analizando anteriormente el tiempo calculado es mediante probabilidades, es decir, que se va a tener cierta incertidumbre. Para saber la probabilidad

de cumplir un proyecto se ocupará la siguiente formula (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014).

$$Z = \frac{T_s - T.E.T.}{\sqrt{\epsilon(\text{varianzas})_{act.criticas}}} \quad (10.)$$

Donde

**Z**= probabilidad

**T<sub>s</sub>**= plazo contractual

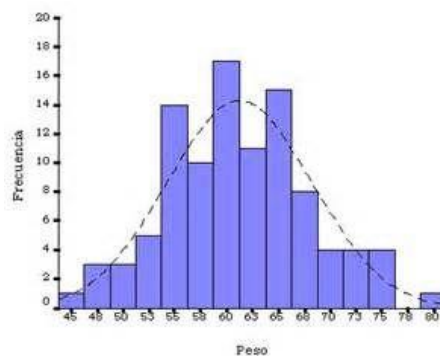
**T.E.T**= Duración de la ruta critica

Sumatoria de la varianza calculada de las actividades que son criticas

Así de igual forma se puede despejar T.E.T para determinar la duración si se impone una probabilidad.

Uno de los inconvenientes que tiene el método PERT, a pesar de ser un método antiguo no se ha creado bases de datos, por su variabilidad puede llegar a perderse el sentido entre la moda y la media. Por ello existen otros métodos los cuales son distribución triangular y método de Montecarlo

El Método de Montecarlo fue creado en 1940, el cual funciona mediante datos aleatorios entre más datos tengas más te acercas al resultado verdadero, el error es de  $\sqrt{N}$ , donde N es el número de veces y se debe establecer una base por dónde empezar, por ello las duraciones no deben ser aleatorias. Asignando números aleatorios entre 0- 100 se puede calcular el costo y la duración del proyecto; esto se puede repetir varias veces, para así obtener varios valores y representarles en una gráfica, con ello calcular la distribución estadística y por ende saber el porcentaje que se va a cumplir el plazo. Si este porcentaje es inferior significa que no es factible el proyecto.



**Figura 12.** Gráfica de Pareto (Garriga, 2015).

Otras de las ventajas del método de Montecarlo, es la utilización en la ruta crítica ya que permite estimar la duración y dar una noción del tiempo, que si se llegan a pasar de esos valores hay riesgo que no se cumpla el objetivo.

La fórmula para encontrar la duración va a variar según:

Si  $T_s < t_m$ . (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 166):

$$T_s = t_o + \sqrt{p * (t_p - t_o) * (t_m - t_o)} \quad (11.)$$

Si  $T_s > t_m$ . (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 166):

$$T_s = t_p - \sqrt{(1 - p) * (t_p - t_m) * (t_p - t_o)} \quad (12.)$$

Donde

**T<sub>s</sub>**= tiempo contractual.

**t<sub>o</sub>**= tiempo optimista.

**t<sub>p</sub>**= tiempo pesimista.

**t<sub>m</sub>**= tiempo más probable.

La distribución triangular se basa en los mismos parámetros del método PERT, pero su forma es triangular la duración esperada es (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 164):

$$t_e = \frac{t_o + t_p + t_m}{3} \quad (13.)$$

Cálculo de la varianza (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 164):

$$\sigma = \frac{t_o^2 + t_p^2 + t_m^2 - (t_o * t_p) - (t_o * t_m) - (t_m * t_p)}{18} \quad (14.)$$

Donde

**t<sub>e</sub>**= tiempo esperado

**σ** = varianza

La distribución triangular es una distribución continua en la cual se puede ver los valores mínimos, moda y sus máximos permite dar estimaciones de costos.

La distribución puede dar un triángulo equilátero si solo se tiene los valores máximos y mínimos, pero si ya se tiene la otra variable ya no es equilátero, dicha distribución se usa cuando se tiene una limitación de datos.

#### **2.2.6. Adecuación del cronograma.**

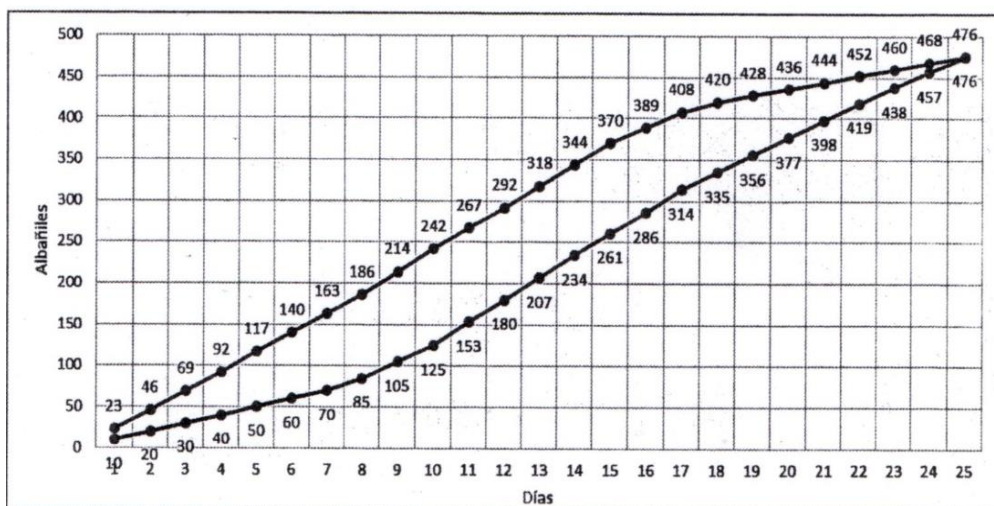
La mayoría de las veces al hacer la planificación existen restricciones tales como el plazo, y no se cuenta con todos los recursos necesarios para desarrollar los proyectos, mediante el histograma se puede saber la cantidad de recursos necesarios.

Los recursos se dividen en:

- Mano de obra.
- Materiales requeridos para la construcción.
- Equipamiento.
- Recursos financieros.

La asignación de recursos consiste en consignar a las distintas actividades planificadas en el proyecto para ser ejecutadas. Mediante el ALAP (as late as possible) y el ASAP (as soon as possible), se puede hacer la respectiva nivelación de recursos sin perjudicar el plazo total del proyecto. La curva de histéresis o banana es la curva de los recursos acumulados, los cuales muestran cómo va avanzando a través del tiempo los recursos o el costo, se puede graficar la curva referente al ASAP Y ALAP, la cual se asemeja a una banana.

En la **figura 13** se puede dar cuenta que en los primeros días el ASAP realiza una mayor inversión en los recursos y el ALAP la inversión es menor y en las partes finales del proyecto aumentan considerablemente; el seguir el cronograma de ALAP y ASAP, sirve para saber los respectivos límites, pero se puede ocupar otros histogramas de recursos, una opción puede ser que la curva 'S', la cual está en el intermedio de las dos.



**Figura 13.** Cronograma ASAP y ALAP (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014,pág. 191)

El objetivo de la nivelación de recursos es para amalgamar el histograma y que sea mucho más factible realizar la obra; el procedimiento consiste en mover las actividades que no sean críticas dentro de sus holguras y que los recursos puedan ser más uniformes, es decir, que en obra se pueda trabajar con ese recurso.

Las ventajas de la nivelación de recursos son varias, por ejemplo, es mejor tener trabajadores de forma permanente; el costo se hace más homogéneo para la financiación y se mejora el flujo de caja. Cuando los proyectos son pequeños la nivelación se puede hacer de forma manual, pero si es grande un proyecto se debe analizar todas las actividades de forma conjunta según su prioridad y así evitar desnivelaciones.

Cuando se complica la nivelación de recursos, por la disponibilidad se recomienda aumentar el plazo de los proyectos: otras limitaciones es el gasto total, en esos casos se debería aplazar el proyecto o pedir algún préstamo.

### 2.3.Método del Valor Ganado.

En inglés Earned Value Method (EVM), es un método que permite obtener información exacta del tiempo y el costo, y determinar el alcance, cronograma y recursos para valorar el desarrollo del proyecto. “Integra la línea base del alcance con la línea base de costos, junto con la línea base del cronograma, para generar la línea base

para la medición del desempeño” (Project Management Institute, 2013, pág. 217), así ayuda a que el planificador pueda tener una idea mucho más clara del avance del proyecto y qué medidas tomar.

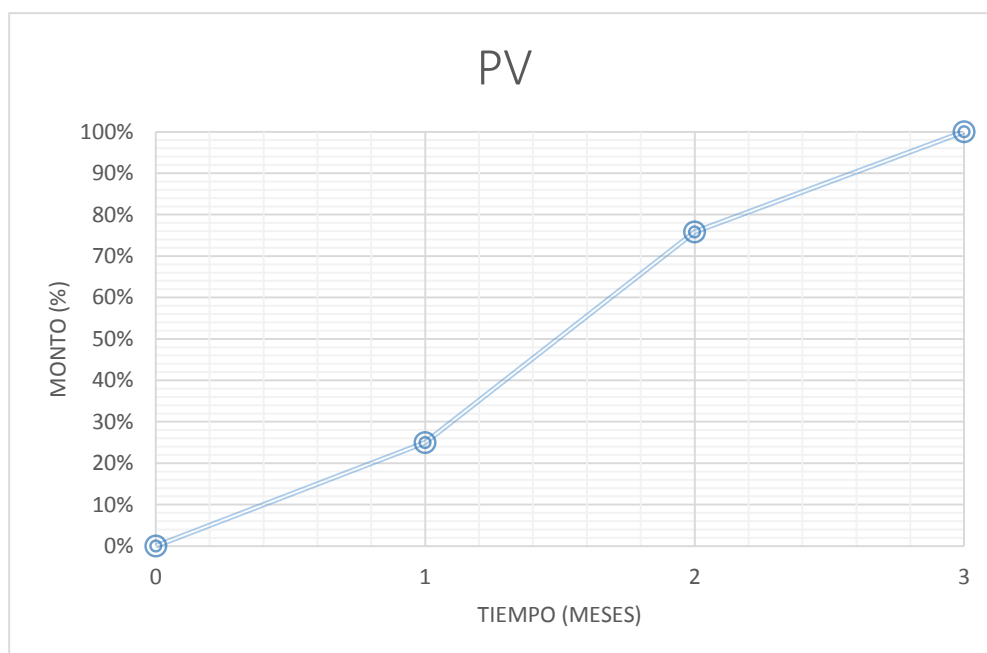
EVM monitorea tres puntos los cuales son:

- El valor planificado.
- El valor ganado.
- Costo real.

### 2.3.1. Valor planificado. (PV)

Es el presupuesto destinado al proyecto para cumplir con lo que se programó en cada actividad en un lapso. Con el PV total se puede medir el desempeño del proyecto a través de su línea base. (Mattos, González Fernández de Valderrama, & Sainz Avía, 2014)

Por ejemplo, determinada actividad se planificó que costaría \$3.000, pero lo que realmente costó fue \$1.500, lo que se podría concluir que se redujeron los gastos en esa actividad y que el proyecto está avanzando bien, pero esto solo es en la parte económica, también se debería ver otros parámetros y cuál fue la causa del ahorro, para así evaluar.

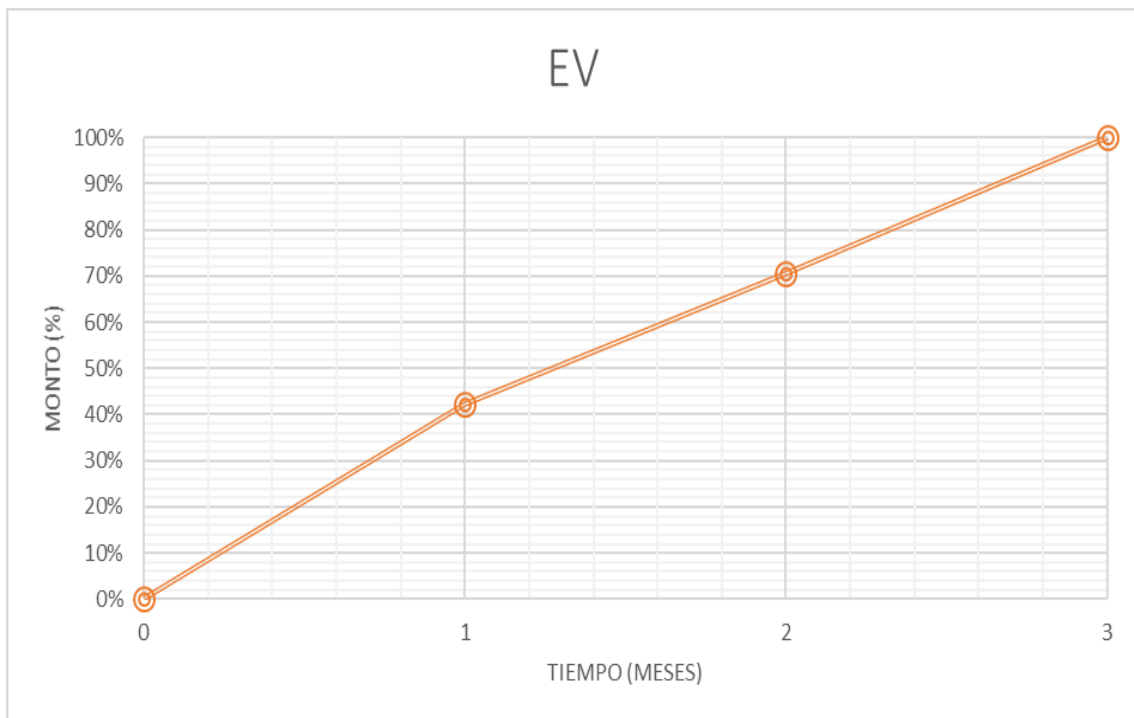


**Figura 14.** Curva del Valor Planificado. (PV)

### 2.3.2. Valor ganado. (EV)

Es el presupuesto de lo que se realizó en el proyecto, dicho valor se lo representa en las planillas y se lo usa para el cálculo del porcentaje de avance del proyecto.

El cálculo se lo realiza de la siguiente manera: si la actividad se la puede medir físicamente se debe dividir lo que se ejecuta por el total y si son actividades temporales se lo hace en función de la duración que va a tener la actividad. Para el respectivo control se lo hace mediante EV para así poder saber el estado actual del proyecto, el total acumulado y lo que puede pasar en un futuro. (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 277)



**Figura 15.** Curva de Valor Ganado. (EV)

### 2.3.3. Costo Real. (AC)

Es la inversión o el costo real de la actividad en el tiempo especificado para llevar a cabo lo que se planificó por el Valor Ganado, es decir, que es el costo de lo que se requiere físicamente. Para esta investigación no se pudo obtener el costo real de los proyectos.

VARIABLE		SIGNIFICADO
<b>VALOR PLANIFICADO</b>	<b>PV</b>	Cuánto debería haberse ejecutado, de acuerdo con el cronograma
<b>VALOR GANADO</b>	<b>EV</b>	Cuánto debería haber costado lo que se ha ejecutado
<b>COSTO REAL</b>	<b>AC</b>	Cuánto ha costado lo que se ha ejecutado

**Tabla 2.** Resumen de las tres variables principales EVM (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 277)

Mediante dichas variables se puede obtener indicadores los cuales son:

- Variación de costo (CV)
- Variación del cronograma (SV)
- Índice de desempeño del costo (CPI)
- Índice de desempeño del cronograma (SPI)

#### 2.3.4. Variación de costo. (CV)

La variación de costo (CV) es la diferencia entre el valor ganado y el costo real, es decir, el déficit o superávit del presupuesto, esta diferencia indica la eficiencia del costo del proyecto o la relación que existe entre el desarrollo real y lo que realmente se gastó. A continuación, se presenta la fórmula para el cálculo de la variación de costo (CV) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 278)

$$CV = EV - AC \quad (15.)$$

Valores	Significado	Razones posibles
<b>EV &gt; AC</b> <b>CV &gt; 0</b>	El proyecto está por debajo del presupuesto porque se ha gastado menos de lo esperado para realizarlo.	Buena negociación de precios. Control de costos. Ahorros por mala calidad de la ejecución o de los materiales. <b>Medidas.</b> Identificar el origen del ahorro. Mantener el ritmo de trabajo.

<b>EV=AC</b> <b>CV=0</b>	El proyecto está justo en el presupuesto porque se ha gastado exactamente lo esperado para realizarlo.	<b>Medidas</b> Mantener el ritmo de trabajo.
<b>EV &lt; AC</b> <b>CV&lt;0</b>	El proyecto está por encima del presupuesto porque se ha gastado más de lo esperado para realizarlo.	La productividad real no llegó a la productividad estimada. Contratiempos que han encarecido los trabajos: cambios del proyecto, lluvia, huelgas, escasez de material, etcétera. <b>Medidas.</b> Identificar el origen de las pérdidas. Adoptar medidas para prevenir más pérdidas.

**Tabla 3.** Resumen de la variación de costo. (CV) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 278)

### 2.3.5. Variación de cronograma. (SV)

Variación de cronograma (SV) es la diferencia entre el valor ganado y el planificado, el cual mide el desempeño del cronograma; ayuda a identificar si el proyecto está adelantado o atrasado con la fecha final y así tomar medidas con respecto a la línea base del cronograma. Se recomienda usar esta variación conjuntamente con la programación, ruta crítica CPM y la gestión de riesgos.

Fórmula para el cálculo de la variación de cronograma (SV) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 278)

$$SV = EV - PV \quad (16.)$$

<b>Valores</b>	<b>Significado</b>	<b>Razones posibles</b>
EV>PV SV>0	El proyecto está adelantado porque se ha construido más de lo que estaba previsto en la planificación.	La productividad real superó a la estimada. Ejecución excesivamente rápida y de poca calidad. Medidas Identificar el origen del ahorro. Mantener el ritmo de trabajo
EV=PV SV=0	El proyecto está en plazo porque se ha construido exactamente lo que estaba previsto en la planificación.	Medidas Mantener el ritmo de trabajo.
EV<PV SV<0	El proyecto está retrasado porque se ha construido menos de lo que estaba previsto en la planificación.	La productividad real no llegó a la productividad estimada, tal vez los equipos tienen poco personal. Contratiempos que han atrasado el proyecto: cambios de proyecto, lluvia, huelgas, escasez de material, etcétera. Medidas Identificar el origen de las pérdidas. Adoptar medidas para corregir el ritmo insuficiente.

**Tabla 4.** Resumen de la variación de cronograma. (SV) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 279)

### 2.3.6. Índice de desempeño del cronograma. (SPI)

El índice de desempeño del cronograma (SPI) es la relación entre el valor ganado y el valor planificado, el cual ayuda a identificar la eficiencia del cronograma, ver cómo va avanzando el proyecto, es decir, como los trabajadores están ocupando el tiempo para cumplir cada una de las actividades.

A continuación, se presenta la respectiva fórmula para el cálculo del índice de desempeño del cronograma (SPI) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 280):

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (17.)$$

<b>EV</b>	<b>SPI</b>	<b>SV</b>	<b>Significado</b>
<b>EV &gt; PV</b>	<b>SPI &gt; 1</b>	<b>SV &gt; 0</b>	Se ha realizado más trabajo del previsto: el proyecto va adelantado
<b>EV = PV</b>	<b>SPI = 1</b>	<b>SV = 0</b>	El trabajo se está llevando a cabo a la velocidad prevista.
<b>EV &lt; PV</b>	<b>SPI &lt; 1</b>	<b>SV &lt; 0</b>	Se ha realizado menos trabajo de lo previsto: el proyecto va retrasado.

**Tabla 5.** Resumen del índice de desempeño del cronograma. (SPI) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 280)

### 2.3.7. Índice de desempeño del costo. (CPI)

El índice de desempeño del costo (CPI) es la relación entre el valor ganado y el costo, el cual ayuda a medir la eficiencia de los costos de lo que se presupuestó y también para saber qué tan eficiente, que el costo del trabajo se complete.

Fórmula para el respectivo cálculo del índice de desempeño del costo (CPI) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 280):

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (18.)$$

<b>EV</b>	<b>CPI</b>	<b>CV</b>	<b>Significado</b>
<b>EV &gt; PV</b>	<b>CPI &gt; 1</b>	<b>CV &gt; 0</b>	El costo real es menor de lo presupuestado por el trabajo realizado, por lo que el proyecto está resultando más barato.
<b>EV = PV</b>	<b>CPI = 1</b>	<b>CV = 0</b>	Hasta la fecha, el trabajo ha costado exactamente la cantidad presupuestada.
<b>EV &lt; PV</b>	<b>CPI &lt; 1</b>	<b>CV &lt; 0</b>	El trabajo se llevó a cabo a un costo mayor de lo previsto, por lo que está resultando más caro.

**Tabla 6.** Resumen índice de desempeño del costo. (CPI) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 280)

### **2.3.8. Índice de desempeño del trabajo por completar. (TCPI)**

El índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) es un índice que ayuda a saber cuántos recursos faltan para cumplir el objetivo del proyecto; se lo obtiene mediante la relación entre el costo del trabajo restante y el presupuesto, este índice permite realizar una proyección del desempeño del costo, para lograr con el cumplimiento de la meta del trabajo que falte por realizar. En caso de que se note que el BAC ya no es factible se debería cambiar el BAC por el EAC y así calcular este índice.

Fórmula del cálculo del índice de desempeño del trabajo por completar (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 284):

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (19.)$$

### **2.3.9. Proyección del Valor Ganado.**

#### **2.3.9.1. Presupuesto a la Conclusión. (BAC)**

El presupuesto a la conclusión (BAC) es el presupuesto total que se predijo del proyecto, cabe recalcar que al finalizar el proyecto el Valor Ganado es igual al presupuesto a la conclusión.

#### **2.3.9.2. Estimación a la conclusión. (EAC)**

La estimación a la conclusión (EAC), permite saber cuánto se puede gastar hasta la finalización. Al hacer el respectivo pronóstico EAC se realiza proyecciones de las condiciones y eventos que pueden suceder en un futuro, para el respectivo cálculo se debe ocupar el CPI y SPI acumulados.

- Estimación a la conclusión optimista:

Significa, lo que falta para concluir la obra, se realizará con el presupuesto que se tenía al inicio del proyecto.

Fórmula para el cálculo respectivo de la estimación a la conclusión optimista (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 282):

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (20.)$$

- Estimación a la conclusión realista.

Significa que el trabajo faltante se hará con los costos obtenidos hasta ahora, se mantendrá el mismo estándar inicial, por ende, el ajuste se hace con CPI (índice de desempeño del costo)

Fórmula para el cálculo respectivo de la estimación a la conclusión realista (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 282):

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI} \quad (21.)$$

- Estimación a la conclusión pesimista

Significa que el trabajo faltante se hará con los costos obtenidos hasta ahora, por ende, el ajuste se debe hacer con el SPI y CPI.

Fórmula para el cálculo respectivo de la estimación a la conclusión pesimista (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 282):

$$EAC = AC + \frac{BAC - EV}{CPI * SPI} \quad (22).$$

Cuando se hace la respectiva estimación del EAC permite tener datos más veraces, es decir, que pueden existir cambios en las actividades como es en el presupuesto, tiempo, recursos, etc. Si el EAC se llega a basar del presupuesto original, significará que el resto de las actividades se harán con el mismo valor, en ese instante el planificador debe saber si esto está apegado a la realidad o no.

Los planificadores utilizan la que es basada por el CPI y SPI, ya que esto permite un mejor control y representa el peor escenario posible.

### **2.3.9.3. Variación a la conclusión. (VAC)**

La variación a la conclusión (VAC) es igual a la diferencia del presupuesto a la conclusión (BAC) y la estimación del costo a la conclusión (EAC), el resultado ayuda a identificar si el proyecto va a concluir por encima o debajo de lo presupuestado.

A continuación, se presenta la respectiva fórmula para el cálculo de la variación a la conclusión (VAC) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 283)

$$VAC = BAC - EAC \quad (23.)$$

<b>BAC</b>	<b>VAC</b>	<b>Significado</b>
<b>BAC &gt; EAC</b>	<b>VAC &gt; 1</b>	El costo proyectado es inferior al presupuesto total: ahorro (resultado positivo).
<b>BAC = EAC</b>	<b>VAC = 1</b>	El costo previsto es igual al presupuesto total: presupuesto exacto.
<b>BAC &lt; EAC</b>	<b>VAC &lt; 1</b>	El costo proyectado es superior al presupuesto total: pérdida (resultado negativo)

**Tabla 7.** Resumen de la variación a la conclusión. (VAC) (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 283)

Por último, en todo proyecto se debe realizar un análisis de desempeño ya que permite determinar la variación del proyecto respecto al costo, las actividades que pueden exceder lo planificado y saber qué medidas tomar, para ello el EVM recomienda:

- Análisis de variación.
- Análisis de tendencias.
- Desempeño del valor ganado

El análisis de variación permite saber las causas, impactos y las respectivas acciones que se debe realizar. En el caso de los costos se calcula la variación de costo (CV), en el cronograma se calcula la variación del cronograma (SV) y también se debe calcular la variación a la conclusión (VAC). Si el planificador desea puede realizar un análisis más detallado para saber las causas y los grados de desviación. Lo más importante es analizar el costo ya que esto permite saber el grado de desviación del proyecto y saber si es necesario tomar medidas correctivas en ese momento o solo prevenir.

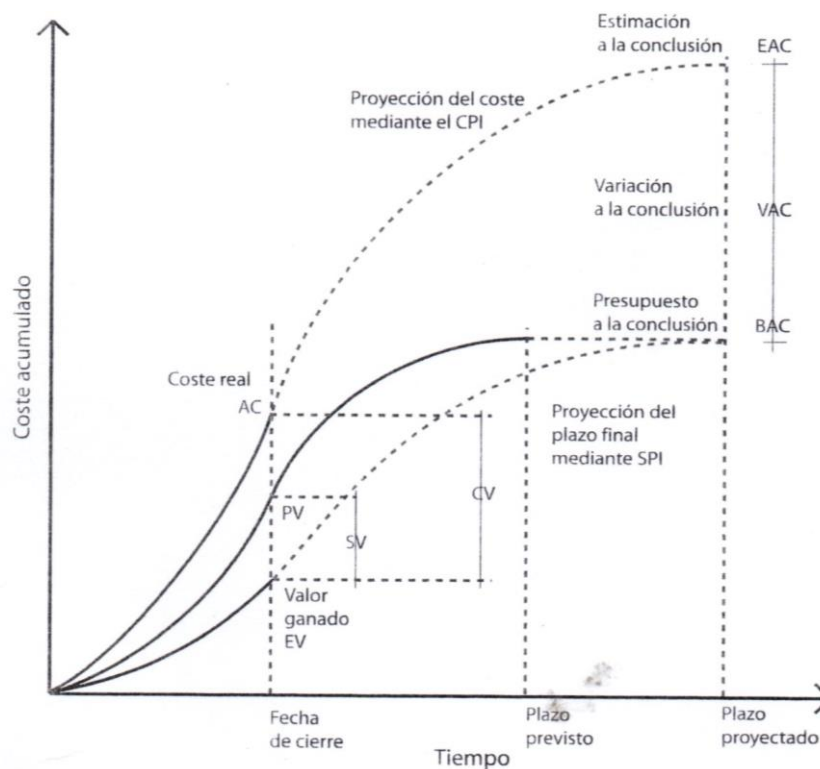
En cambio, el análisis de tendencias permite saber el desarrollo del proyecto en un plazo de tiempo, para ello se recomienda realizar análisis gráficos para comparar entre el presupuesto a la conclusión (BAC) con respecto a la estimación a la conclusión (EAC) y las fechas de finalización.

El desempeño del valor ganado permite comparar la línea base con el desarrollo del cronograma y costo, en caso de que no se llegue a usar el método del valor ganado “el análisis de la línea base de costos con respecto a los costos reales para el trabajo realizado se usan para realizar comparaciones del rendimiento del costo” (Project Management Institute, 2013, pág. 223)

También se debe hacer un control de las reservas en caso de que se deba tomar medidas y si no se llegue a utilizarlas en proyectos de altos riesgos se pueden retirar del presupuesto.

En ocasiones se debe utilizar software donde calculan las tres dimensiones principales las cuales son valor planificado (PV), valor ganado (EV) y el costo real (AC), la cual se la puede representar gráficamente. En caso de que se desee realizar modificaciones en el proyecto se debe especificar porque se lo hace ya sea de forma preventiva o por ahorro, por ende, se debe actualizar el plan de dirección del proyecto, es decir, actualizar la línea base de los costos.

### 2.3.10. Representación gráfica de la Curva “S”.



**Figura 16.** Curva ‘S’ con las variables del método del valor ganado. (Mattos, González Fernández de Valderrama, y Sainz Avía, 2014, pág. 286)

En esta gráfica se indica cada uno de los parámetros que tiene la Curva “S” desde el inicio hasta el fin del proyecto, aquí se puede observar como la curva “S” se la representa desde el inicio del proyecto y en base de esta se realiza la respectiva comparación con los demás indicadores.

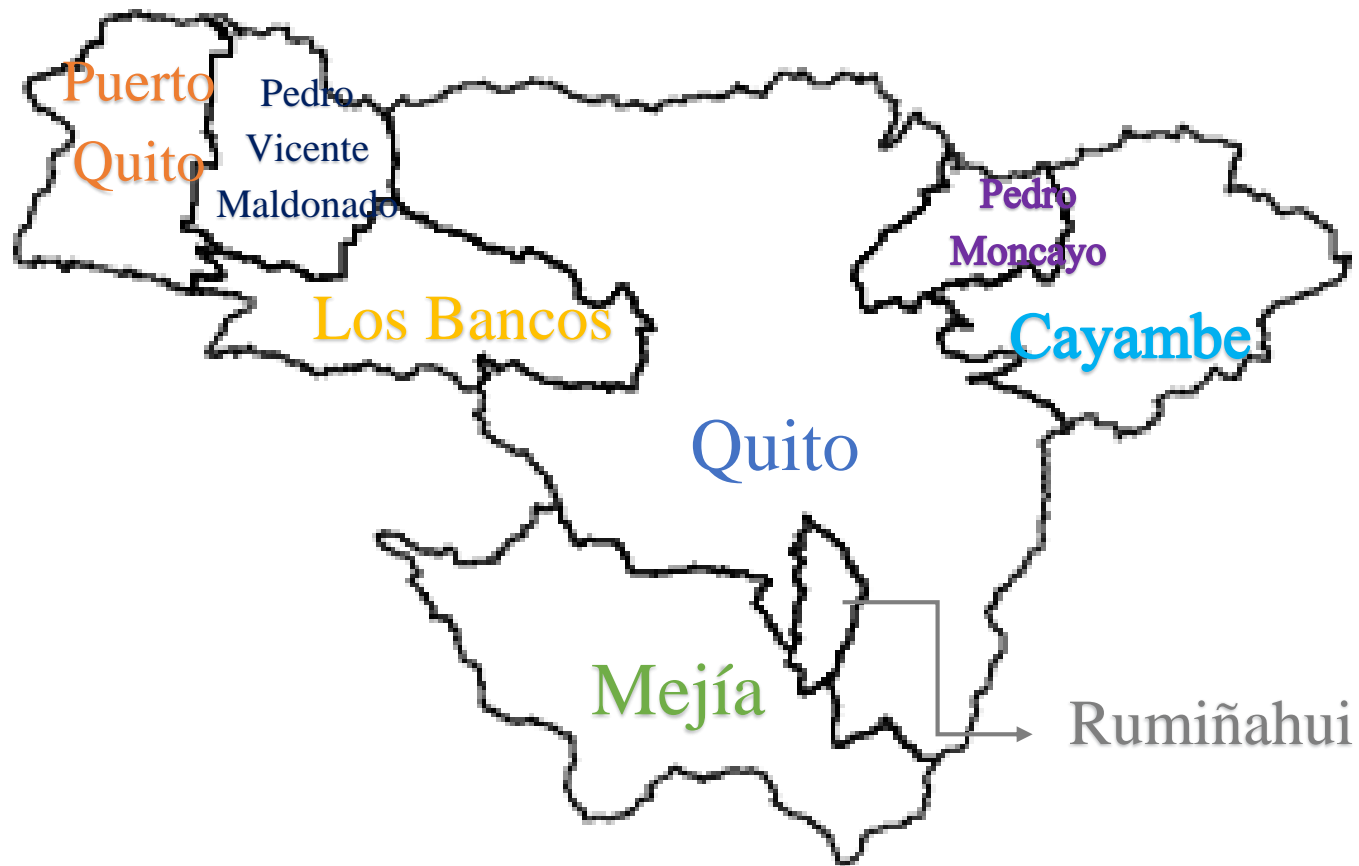
### 3. INVESTIGACIÓN.

El proyecto de investigación se lo realizó en la provincia de Pichincha, especialmente en la ciudad de Quito ya que se obtuvo la mayor cantidad de proyectos para el estudio.

Pichincha está conformada por 8 cantones los cuales son:

1.1. Quito (CAPITAL DE PICHINCHA)
1.2. Pedro Moncayo
3. Cayambe
4. Rumiñahui
5. Mejía
6. San Miguel de los Bancos
7. Pedro Vicente Maldonado
8. Puerto Quito

**Tabla 8.** Cantones de la Provincia de Pichincha.



**Figura 17.** Mapa político de la provincia de Pichincha. (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2010)

La investigación recopila la mayor cantidad de información de proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha. Para obtener dichos datos se tuvo que hacer acercamientos a los respectivos Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales ya que cada Gobierno Autónomo Descentralizado de cada cantón, según el Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización: “El fortalecimiento del rol del Estado mediante la consolidación de cada uno de sus niveles de gobierno, en la administración de sus circunscripciones territoriales, con el fin de impulsar el desarrollo nacional y garantizar el pleno ejercicio de los derechos sin discriminación alguna, así como la prestación adecuada de los servicios públicos;”. (COOTAD, 2010, art 2, literal c.)

Así, también, fue necesario el acercamiento a los gobiernos parroquiales rurales para obtener esta información, pero los que se encargan en la construcción de los proyectos de agua potable es su superior según el nivel de organización territorial dirigido por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, según la “Facultad normativa de los gobiernos parroquiales rurales.- en sus respectivas circunscripciones territoriales y en el ámbito de sus competencias y de las que les fueren delegadas, los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales tienen capacidad para dictar acuerdos y resoluciones, así- como normas reglamentarias de carácter administrativo, que no podrán contravenir las disposiciones constitucionales, legales ni la normativa dictada por los consejos regionales, consejos provinciales, concejos metropolitanos y concejos municipales.” (COOTAD, 2010, art 8)

Para lograr el acercamiento a las entidades públicas fue necesario enviar cartas (ANEXO 1) a los alcaldes y alcaldesas de los cantones de la provincia de Pichincha, y obtener la aprobación de la investigación, cabe recalcar que no en todos los cantones se tuvo la apertura. Con la aprobación del alcalde o alcaldesa del GAD Municipal se derivó a distintas áreas como obras públicas, planeación y el área de fiscalización, donde se pidió los proyectos de agua potable de los últimos diez años, con su cronograma inicial de obra, plazo de ejecución, reprogramaciones realizadas, planilla de avance de obras, planilla de liquidación, informes de fiscalización. (ANEXO 1 MODELO DE CARTA ENVIADA) Después de tener la respectiva aprobación se solicitó información a la persona encargada de cada área para así obtener los proyectos de agua potable. En algunas entidades se tuvo que ir personalmente a recopilar los datos requeridos y en otras entidades la persona encargada facilitó la información. Pero en ciertos cantones no se pudo obtener

información ya que el proyecto de agua potable se ha construido hace unos 15 años o 20 años y solo han realizado ampliaciones por administración directa.

Algunas planillas de los proyectos de agua potable están en archivos formato PDF y fue necesario digitalizarlos; en otros casos las planillas están en el sistema de servicio nacional de contratación pública (SERCOP) y en el Modelo Facilitador de la Contratación Pública Ofertas; cabe recalcar, que toda obra concluida se debe subir al portal SERCOP según el Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública que establece “de no haberse realizado los procedimientos de régimen especial a través del portal [www.compraspublicas.gov.ec](http://www.compraspublicas.gov.ec), la máxima autoridad o su delegado tiene la obligación de una vez realizada la contratación, publicar en el portal [www.compraspublicas.gov.ec](http://www.compraspublicas.gov.ec) la información relevante de cada proceso, según lo dispuesto en el Art. 13 de este Reglamento General, en lo que fuera aplicable” (Decreto Ejecutivo 1700, 2009, art.70), es decir, que en el portal debe constar con cronogramas, planillas, rubros nuevos, costo más porcentaje, papeles pedidos en la oferta, etc. En la EPMAPS-QUITO, se facilitó con el número del contrato para entrar al sistema y ahí obtener los datos que se requería.

Para la investigación se logró recopilar varios proyectos de red de agua potable. Por motivos de esta investigación no se contempló el componente de plantas de tratamiento dado la dificultad que se presenta al tratar de estandarizar este elemento entre los distintos proyectos. Para estandarizar la curva de inversión se basó en los diferentes capítulos que tiene o que involucra construir un proyecto de agua potable.

Después de digitalizar todas las planillas, cronogramas valorados, se procederá a hacer la respectiva curva de inversión.

De los proyectos obtenidos, en Quito se analizó el 76%, en Pedro Moncayo se analizó el 6%, en Cayambe se analizó el 6%, en Rumiñahui se analizó el 6%, San Miguel de los Bancos el 6% y en los cantones Mejía, Pedro Vicente Maldonado y Puerto Quito no se obtuvo proyectos.

### **3.1. Encuestas.**

Para la respectiva investigación se realizó encuestas acerca de la planificación de obra en proyectos de agua potable a nivel de Pichincha con el objetivo de saber las causas de los retrasos, técnicas que utilizan para la planificación, en que etapas del proyecto se producen los retrasos y entender la importancia de hacer la investigación. Al final del

estudio se comparó y analizó las respuestas de la encuesta que tenían relación acerca de la planificación y control de obra, con el desarrollo de avance de obra de los proyectos analizados.

Enlace de la encuesta: <https://goo.gl/forms/gbimEHw0fodPF5m53>.

A nivel nacional son alrededor de 25.000 Ingenieros Civiles graduados, en Pichincha son alrededor de 8.000 Ingenieros Civiles, entre graduados y activos. Para que la encuesta tenga datos válidos se debe obtener el tamaño de la muestra de la población; para el cálculo existe dos opciones la población infinita y población finita.

- Población desconocida infinita (Estrella, 2011, pág. 1):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{i^2} \quad (24.)$$

- Población conocida Finita (Estrella, 2011, pág. 1):

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (25.)$$

Donde:

$Z_{\alpha}$  = Parámetro estadístico para cálculo de población conocida o desconocida.

(Depende del Nivel de confianza.)

NIVEL DE CONFIANZA	Z
99,70%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

**Tabla 9.** Parámetro estadístico para cálculo de población finita e infinita. (Tamaño muestral)

$i$ =error de estimación máximo aceptado (5%)

$p$ = probabilidad que ocurre el evento (45%)

$q$ = (1- $p$ ) = 55%

$N$ = Total de la población.

NOTA: En los datos de nivel de confianza, la probabilidad es en base a la subjetividad del encuestador.

### 3.1.1. Resultado de las encuestas.

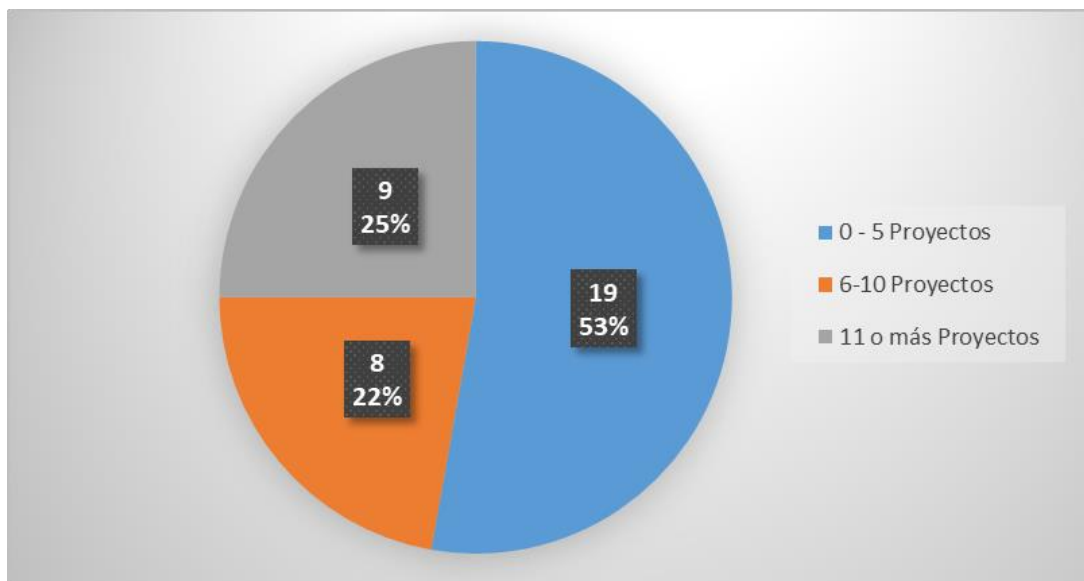
Para el tamaño de la muestra se ocupó la fórmula de población finita, dando como resultado 45 respuestas con un nivel de confianza del 50%, cabe mencionar que en los meses de febrero y marzo del 2019 se obtuvo 36 respuestas, a pesar de que no se obtuvo el tamaño de la muestra requerida las respuestas fueron confiables.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{0,674^2 * 8000 * 0,45 * 0,55}{0,05^2(8000 - 1) + 0,674^2 * 0,45 * 0,55} \quad (26.)$$

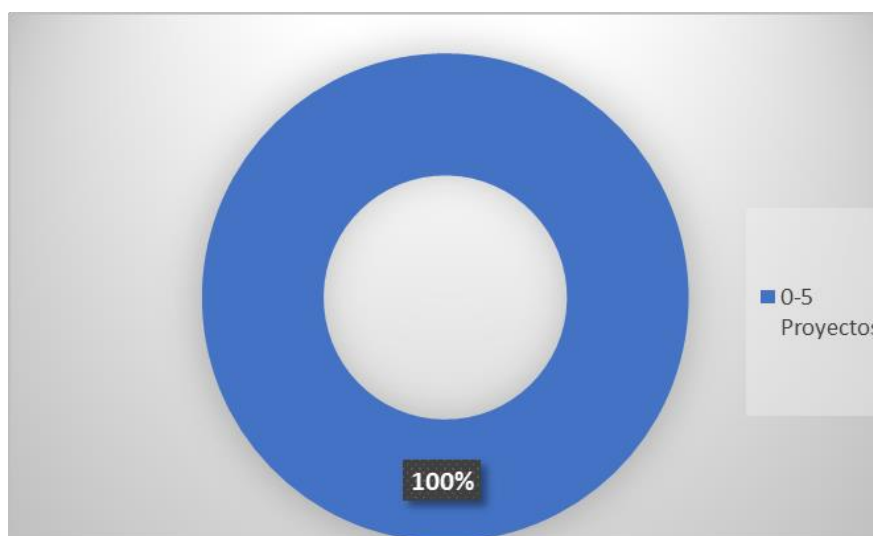
$$n = 44,73 \approx 45$$

A continuación, se presenta los resultados:



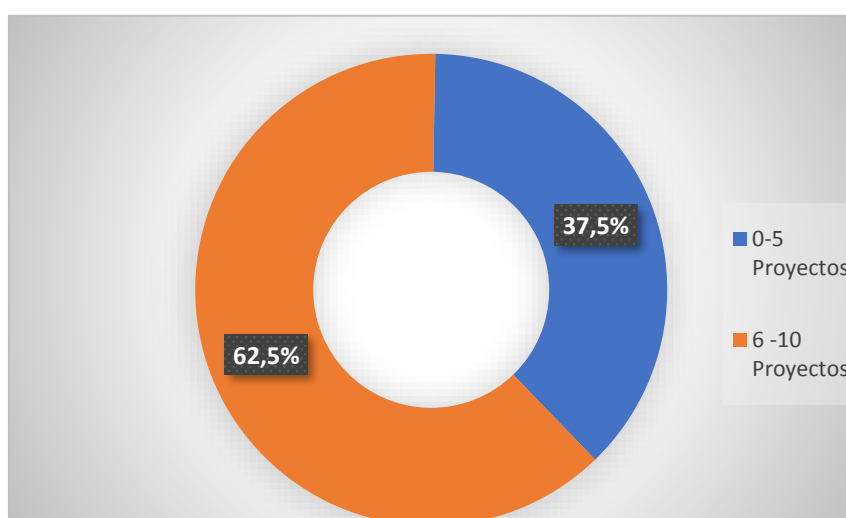
**Figura 18.** Resultados de la pregunta: ¿En cuántos proyectos de agua potable ha participado usted en los últimos 5 años?

El 53,00% de los encuestados han participado entre 0 a 5 proyectos, el 22,00% han participado entre 6- 10 proyectos y el 25,00% han participado en 11 o más proyectos.



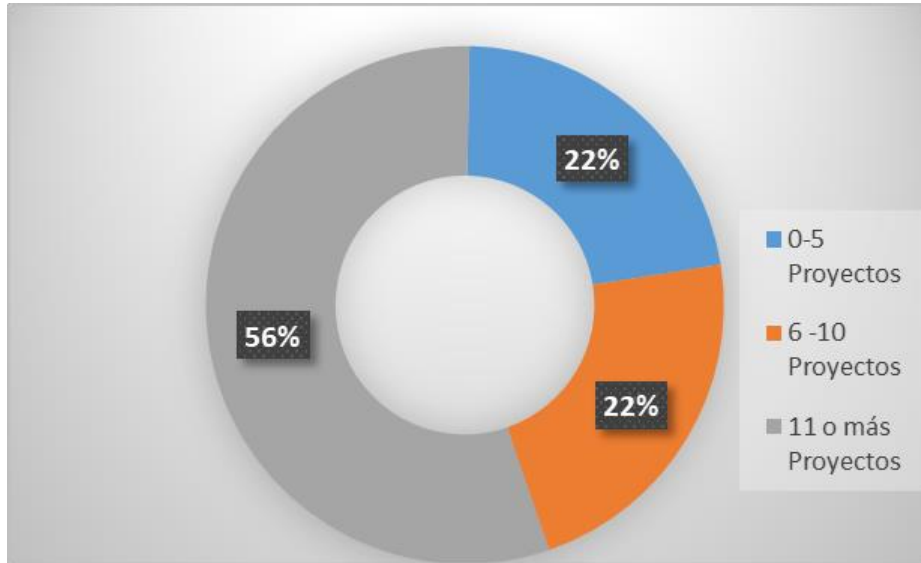
**Figura 19.** Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 0- 5 proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)?

El 100,00% de los encuestados ejecutaron de 0 a 5 proyectos dentro del plazo contractual.



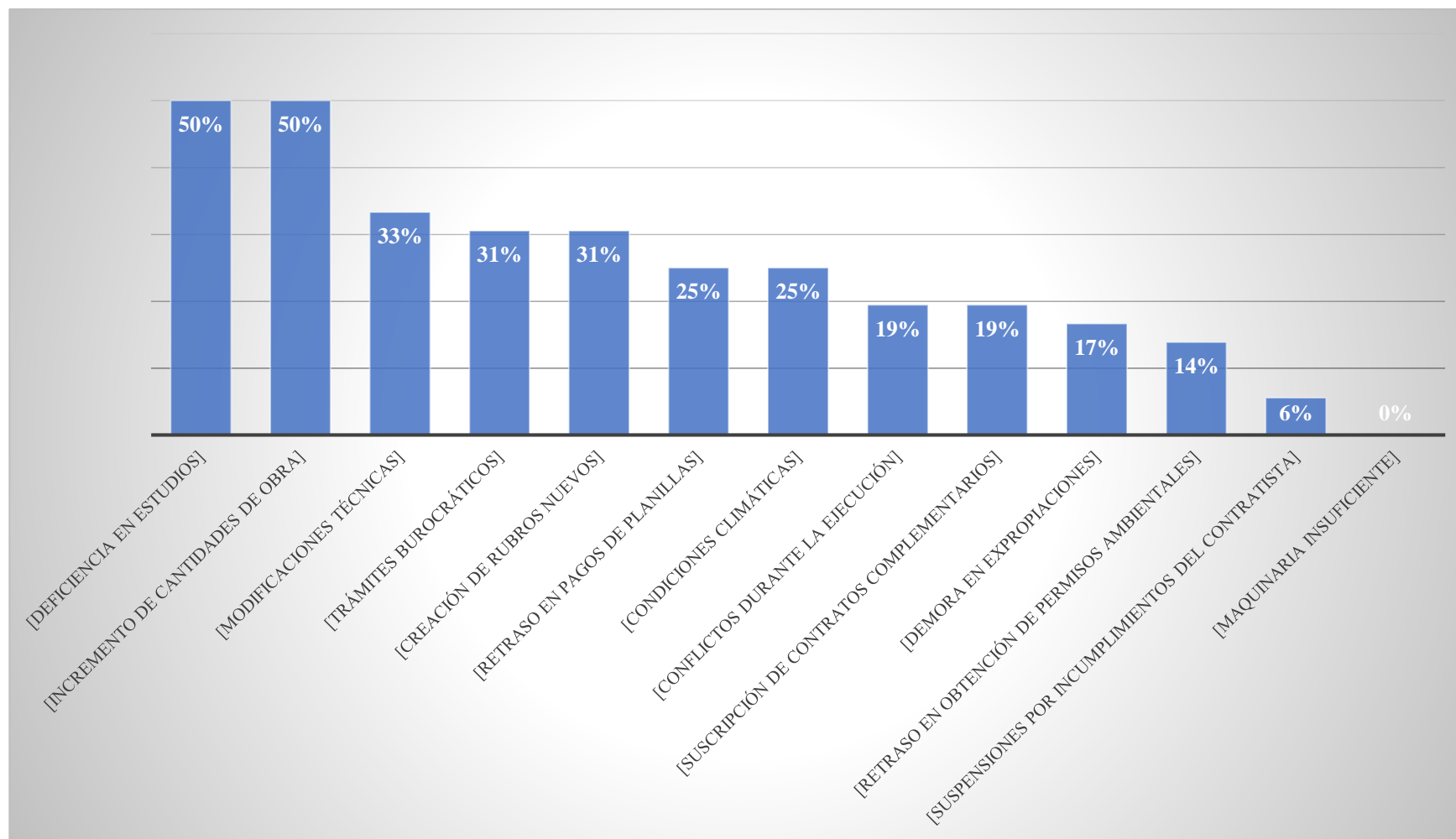
**Figura 20.** Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 6- 10 proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)?

El 63,00% de los encuestados ejecutaron de 6 a 10 proyectos dentro del plazo contractual y el 38,00% de los encuestados ejecutaron de 0 a 5 proyectos dentro del plazo contractual.



**Figura 21.** Resultados de la pregunta: De los encuestados que han participado en 11 o más proyectos ¿Cuántos se han ejecutado dentro del plazo inicial (contractual)?

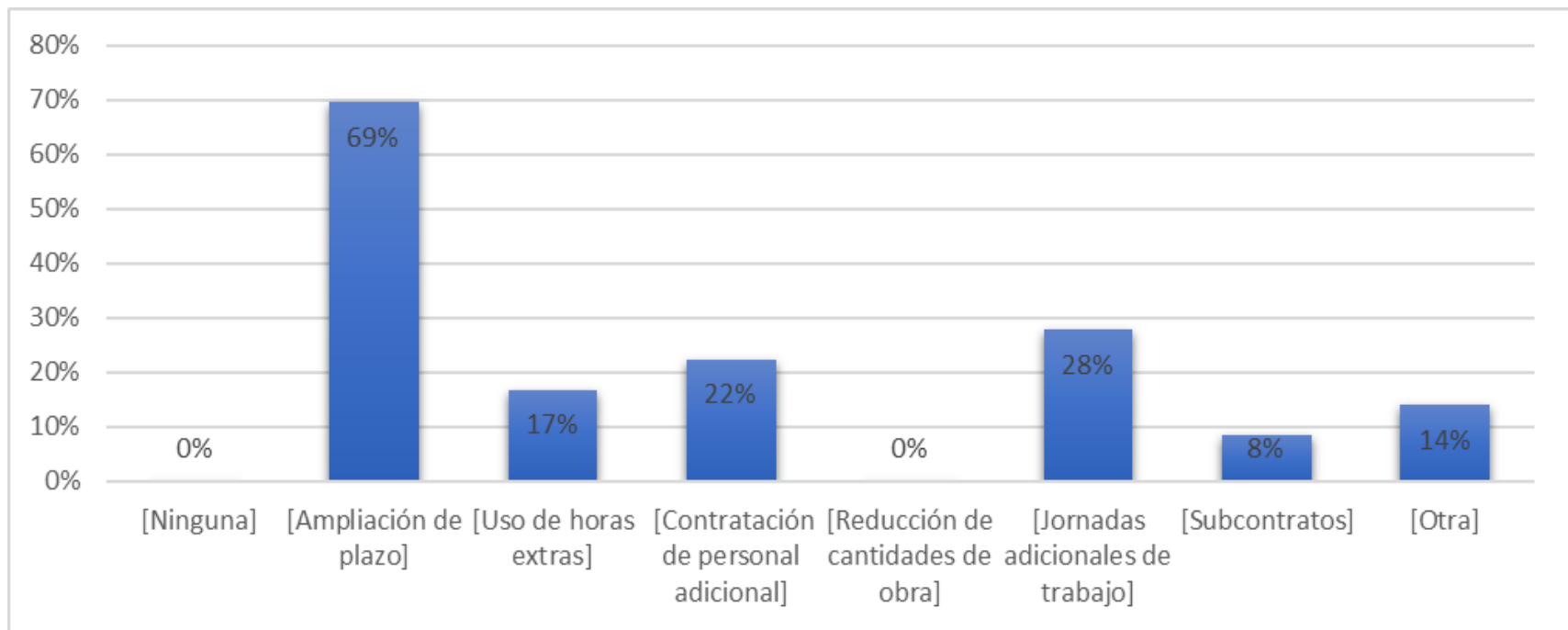
El 22,00% de los encuestados ejecutaron de 0 a 5 proyectos dentro del plazo contractual, el 22,00% ejecutaron de 6 a 10 proyectos dentro del plazo contractual y el 56,00% ejecutaron de 11 o más proyectos dentro del plazo contractual.



**Figura 22.** Resultados de la pregunta: De los proyectos no terminados dentro del plazo inicial, indique las tres causas más importantes que usted considere inciden en el retraso en cada tipo de proyecto.

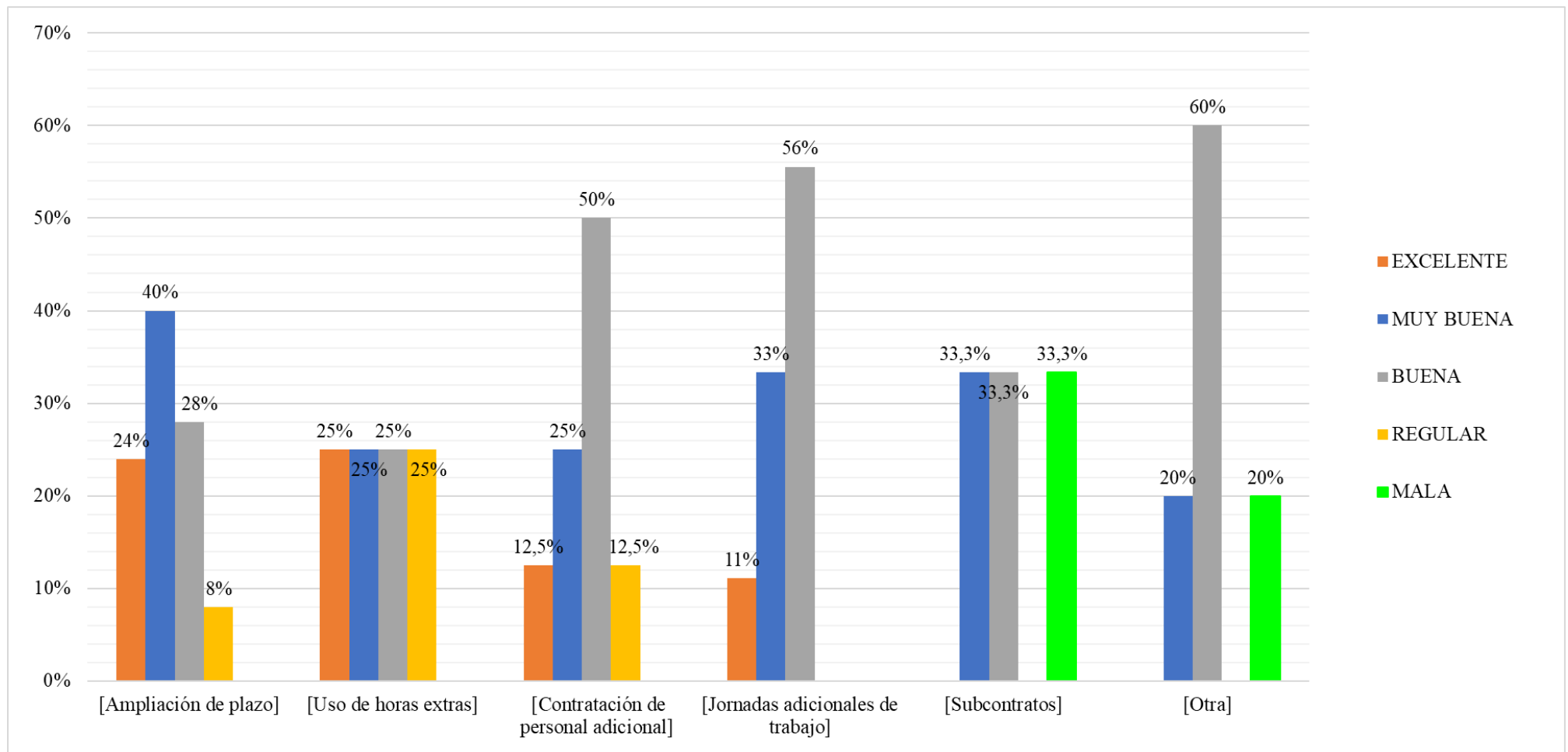


Entre los datos más destacados; el 28,00% contestaron, donde se producen los retrasos es en las conexiones domiciliarias. El 6,00% contesta, donde se producen los retrasos es en las conexiones domiciliarias y otras obras. El 8,00% contestaron, en los componentes línea de conducción y otras obras se producen los retrasos. El 6,00% menciona, donde se produce los retrasos es en los componentes línea de conducción, red de distribución y sistemas de bombeo. El 6,00% menciona, donde se produce los retrasos es en la planta de potabilización, sistema de bombeo, red de distribución y conexiones domiciliarias. El 6,00% donde se producen los retrasos es en la red de distribución, conexiones domiciliarias y en la ejecución del plan de manejo ambiental. El 6% menciona que en los sistemas de bombeo es donde se producen los retrasos.



**Figura 24.** Resultados de la pregunta: ¿Qué acciones se tomaron para corregir los retrasos?

Todos los encuestados tomaron una acción para corregir los retrasos, el 69,00% para corregir los retrasos realizaron ampliación de plazo. El 28,00% realizo jornadas adicionales de trabajo. El 22,00% realizaron contratación de personal adicional. El 17,00% uso horas extras. El 14,00% tomaron otras medidas. El 8,00% realizan subcontratos.



**Figura 25.** Resultados de la pregunta: Califique la efectividad de las acciones tomadas.

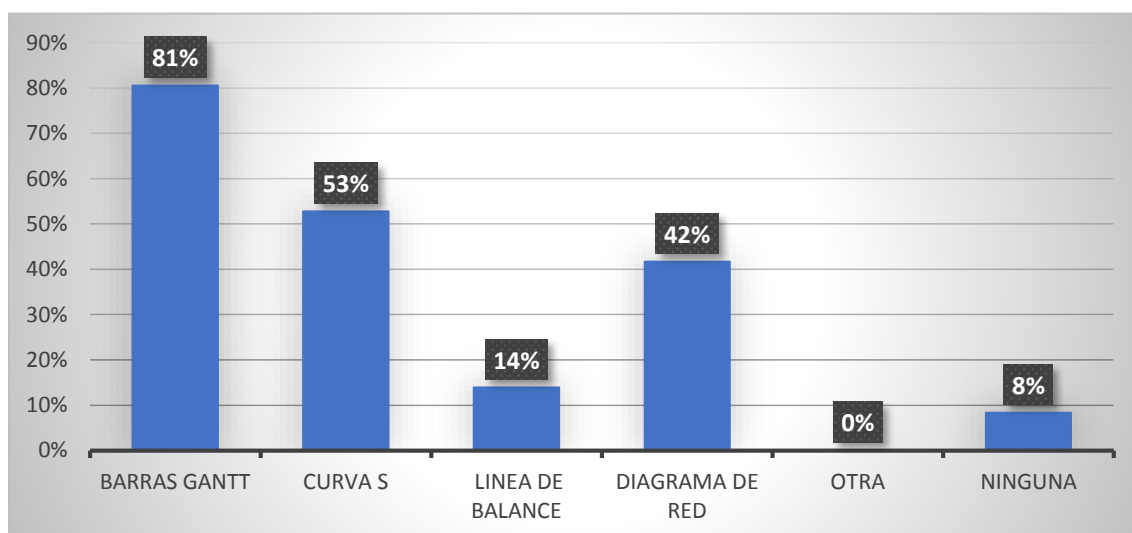
Los que realizaron ampliación de plazo, calificaron la efectividad de dicha acción tomada de la siguiente manera: el 24,00% fue excelente, el 40,00% muy buena, el 28,00% buena y el 8,00% fue regular.

Los que usaron horas extras, calificaron la acción tomada de esta manera: el 25,00% tuvo una excelente efectividad, el 25,00% tuvieron una muy buena efectividad, el 25,00% tuvieron una buena efectividad y otro 25,00% fue regular su efectividad. Los que contrataron personal adicional, el 12,50% tuvo una excelente efectividad, el 25,00% una muy buena efectividad, el 50,00% una buena efectividad y el 12,50% una regular efectividad.

Los que realizaron jornadas adicionales de trabajo, el 11% tuvo una efectividad excelente, el 33,00% una muy buena efectividad, el 56,00% buena efectividad.

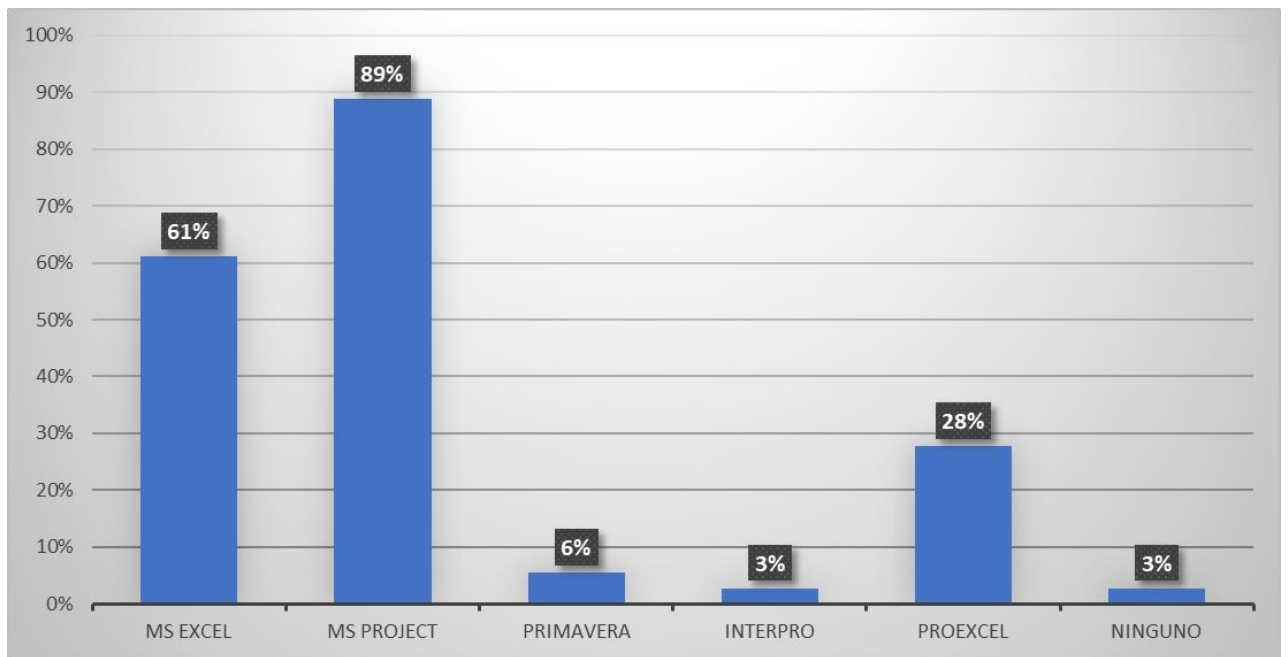
En cambio, los que realizaron subcontratos el 33,30% tuvo una excelente efectividad, el 33,3% tuvo una muy buena efectividad, y el 33,30% fue regular la efectividad.

Los que realizaron alguna otra acción, el 20,00% tuvo una excelente efectividad, el 60% una muy buena efectividad y un 20,00% fue regular su efectividad.



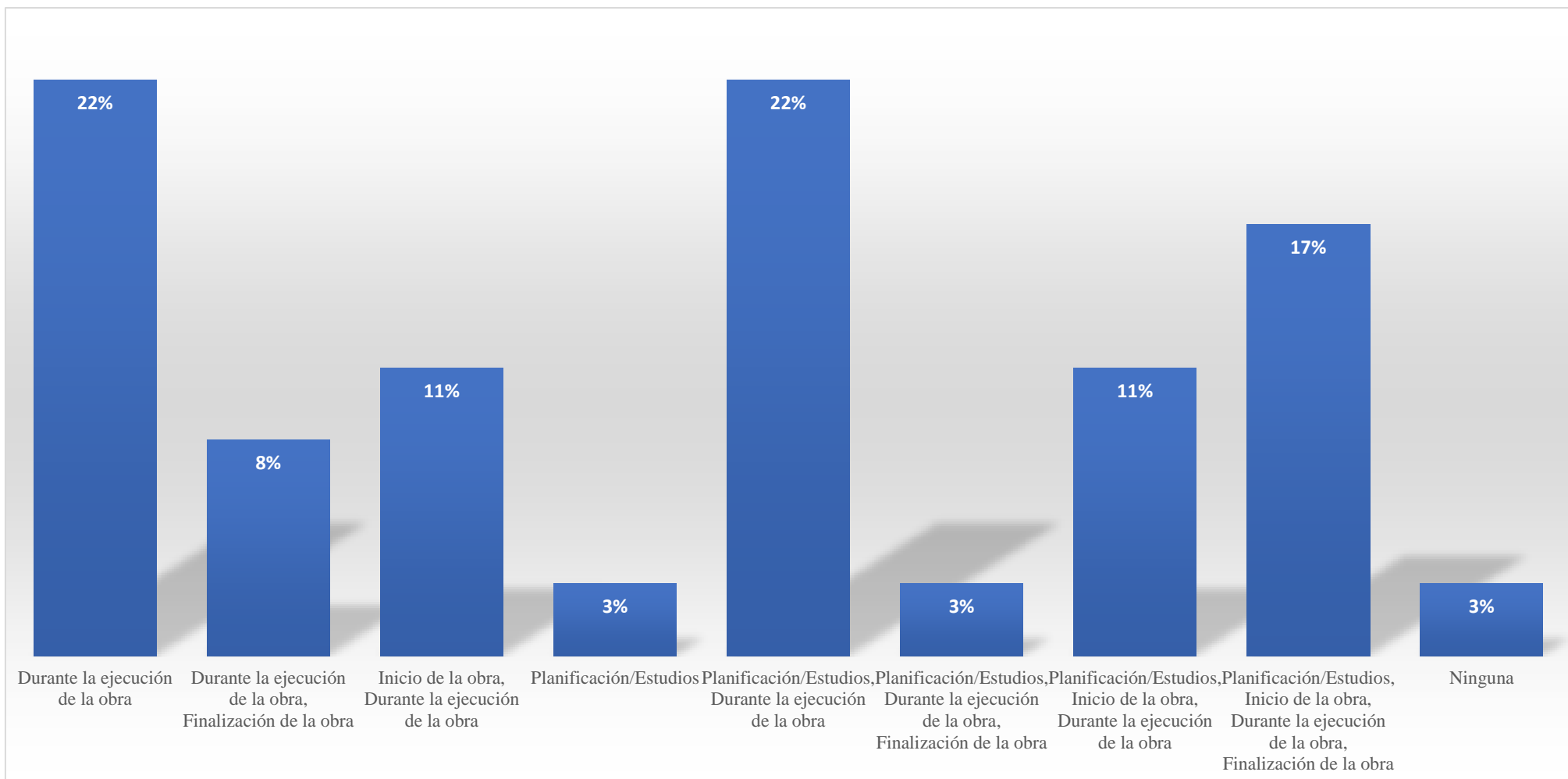
**Figura 26.** Resultados de la pregunta: ¿Cómo realiza usted la planificación y control de proyectos?

El 81,00% de los encuestados para la planificación y control de proyectos realiza barras Gantt. El 53,00% de los encuestados utiliza como herramienta de programación de obra la Curva 'S'. El 14,00 % realizan la programación de obra mediante línea de balance. El 42% de los encuestados utiliza Diagrama de Red y el 8,00% de los encuestados no utiliza ninguna herramienta para la planificación y control de obra.



**Figura 27.** Resultados de la pregunta: De los siguientes programas, ¿cuáles ha empleado usted para planificación y control de proyectos?

El 61,00% de encuestados contestaron que el programa que emplea para la planificación y control de proyectos es Ms Excel. El 89,00% utiliza el programa Ms Project, el 6,00% utiliza el programa Primavera, el 3,00% utiliza el programa Interpro, el 28,00% emplea el programa Pro Excel y el 3,00% no emplea ningún programa.

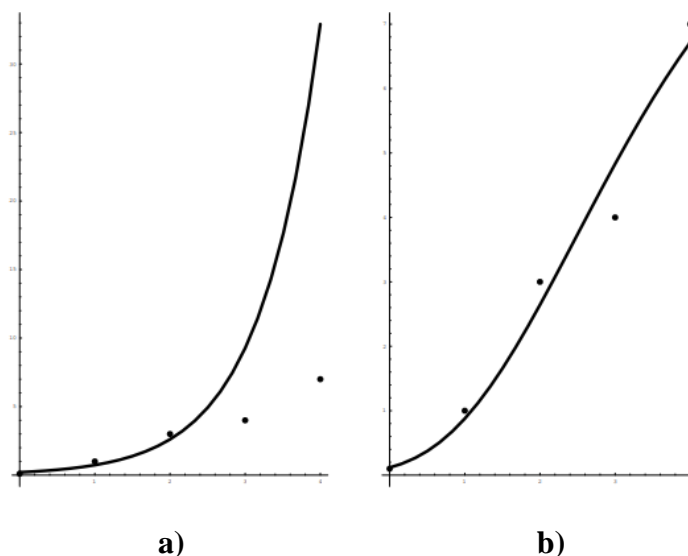


**Figura 28.** Resultados de la pregunta: ¿En qué etapas del proyecto se usaron estas herramientas?

El 22,00% ocupa las herramientas antes mencionadas durante la ejecución de la obra. El 8,00% utiliza durante la ejecución de la obra y la finalización de la obra. El 11,00% utiliza en el inicio de la obra, y durante la ejecución de la obra. El 3,00% solo ocupa en la planificación/ estudios. El 22,00% utiliza en la planificación/ estudios y durante la ejecución de la obra. El 3,00% en la planificación/ estudios durante la ejecución de la obra y la finalización de la obra. El 11,00% utiliza planificación/ estudio, inicio de la obra y durante la ejecución de la obra. El 17,00% ocupa estas herramientas en todas las etapas de un proyecto, es decir, en la planificación/ estudios, inicio, durante y la finalización de la obra.

### 3.2. Estandarización de Curva “S” Patrón.

Es relevante mencionar, para estandarizar la respectiva curva “S” patrón en proyectos de agua potable, se necesitó de las planillas y cronogramas valorados, se dio varias propuestas para la obtención de la respectiva curva, pero la que más se acercaba al modelo propuesto fue mediante el método de ajuste logístico por mínimos cuadrados.



**Figura 29.** Ajuste logístico a) y gompertziano b) de la nube de puntos. (Lopez, 2010)

Como se observa en la **figura 29** la gráfica b), es la que más se asemeja al modelo de curva ‘S’, por ello se ocupará esta función en el método de ajuste de mínimos cuadrados. A continuación, se explica a detalle lo realizado.

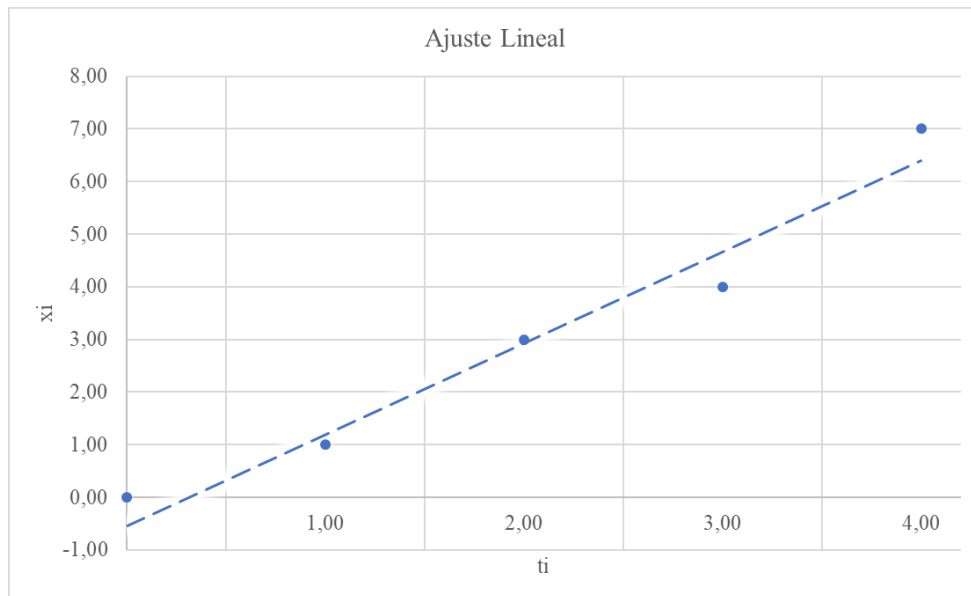
#### 3.2.1. Ajuste logístico mediante el método de mínimos cuadrados discreto.

Para realizar el respectivo ajuste se hizo un resumen de todos los pares ordenados obtenidos de los proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha donde el eje de las abscisas es el tiempo, el cual puede variar ya sea en meses o semanas, respectivamente, y las ordenadas es el monto acumulado en dólares. Para tener un mayor entendimiento del ajuste logístico es necesario explicarlo de manera lineal; suponiendo que se tiene una colección de puntos graficados en el plano cartesiano, se podría pasar una recta por la mitad de dichos puntos o algunas rectas que abarquen todos los puntos; es evidente que va a existir un error entre los puntos y la recta seleccionada, y se haría la siguiente pregunta ¿Cuál recta de la forma  $a + b \cdot t$  se ajusta de mejor manera a la matriz de puntos

datos por los pares ordenados?. Para ello se necesita realizar una regresión lineal o ajuste lineal.

Cuando es un ajuste lineal se lo hace mediante la ecuación de la recta  $x(t) = a + b * t_i$  y el error se le puede calcular de la siguiente manera (Lopez, 2010, pág. 1):

$$e_i = a + b * t_i - x_i, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (27.)$$



**Figura 30.** Gráfica de ejemplo de un ajuste lineal.

El objetivo de este método es ajustar de manera que sea mínima la suma de los cuadrados de la distancia de cada dato, es decir, que los valores a y b deben minimizar el error. De ahí se deriva su nombre de mínimos cuadrados. Matemáticamente para obtener los máximos o mínimos de las funciones se debe derivar e igualar a cero, por lo tanto, la función error es la que se debe derivar para obtener el valor mínimo, como dicha función tiene dos variables a y b, con respecto a estas dos, se la debe derivar y con los valores de a y b se obtiene la respectiva ecuación.

Ahora, dado que en la práctica tanto lo presupuestado como el avance reflejado en las planillas del proyecto sigue una curva polinómica con forma de ‘S’, se basará en la siguiente ecuación logística (Lopez, 2010, pág. 5):

$$x = \frac{A * e^{rt}}{1 + A * e^{rt}} \quad (28.)$$

Para obtener la curva logística los valores de r y A, deben tener el menor error posible con respecto a los datos conocidos. Posteriormente, dado que dicha ecuación logística no pasa por los puntos (0,0) se hará una traslación de la misma en el eje y.

Primero mediante un cambio de variable adecuado se transforma la curva logística a una recta. Esto es:

$$x = \left[ \frac{A * e^{rt}}{1 + A * e^{rt}} \right]$$

$$(x + x * A * e^{rt}) = A * e^{rt}$$

$$x = A * e^{rt} - x * A * e^{rt}$$

$$\frac{x}{(1 - x)} = A * e^{rt}$$

$$\ln\left(\frac{x}{1-x}\right) = \ln(A) + \ln(e^{rt}) \quad (29.)$$

Tomando como variable aleatoria  $y(t)$  dada por:

$$y(t) = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right) \quad (30.)$$

$$y(t) = \ln A + rt \quad (31.)$$

Siendo:

- $a = \ln(A)$
- $b = r$

$$y(t) = a + bt \quad (32.)$$

Buscar los valores de  $a$  y  $b$  para que la distancia de la recta  $(t_i, a + b * t_i)$  a los pares  $(t_i, y_i)$  sea mínima (**figura 31**). Así se tiene, el error total que se comete al aproximar los valores de las  $y_i$  por los valores obtenidos por la **ecuación 32** puede calcularse mediante:

$$f(a, b) = \sum_{i=1}^n (a + t_i * b - y_i)^2 \quad (33.)$$

Para minimizar esta función de variables  $a$  y  $b$ , se debe encontrar sus puntos críticos, es decir:

$$\frac{\partial f}{\partial a} = \sum_{i=1}^n 2 * (a + t_i * b - y_i) = 0 \quad (34.)$$

$$\frac{\partial f}{\partial b} = \sum_{i=1}^n 2 * (a + t_i * b - y_i) * t_i = 0 \quad (35.)$$

Al trabajar las ecuaciones (34) y (35) se tiene el siguiente sistema de ecuaciones lineales.

$$n * a + \left( \sum_{i=1}^n t_i \right) * b = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\left( \sum_{i=1}^n t_i \right) * a + \left( \sum_{i=1}^n (t_i)^2 \right) * b = \left( \sum_{i=1}^n t_i * y_i \right)$$

Siendo:

$$S = \left( \sum_{i=1}^n t_i \right) \quad (36.)$$

$$A = \sum_{i=1}^n y_i \quad (37.)$$

$$C = \left( \sum_{i=1}^n t_i \right) \quad (38.)$$

$$B = \left( \sum_{i=1}^n t_i * y_i \right) \quad (39.)$$

Se puede escribir matricialmente el sistema de ecuaciones como:

$$\begin{pmatrix} n & S \\ S & C \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix}$$

Por la regla de Cramer se tiene la siguiente solución única del sistema.

$$a = \frac{\begin{vmatrix} A & S \\ B & C \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & S \\ S & C \end{vmatrix}} = \frac{A * C - S * B}{n * C - S^2} \quad (40.)$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} n & A \\ S & B \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & S \\ S & C \end{vmatrix}} = \frac{n * B - S * A}{n * C - S^2} \quad (41.)$$

Obteniendo los valores de a y b se reemplaza en la **ecuación 32** y finalmente se realizan las respectivas operaciones para obtener la fórmula como está en el apartado **ecuación 28**.

Para alimentar el modelo se tomó en cuenta los proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha que no fueron reprogramadas con sus respectivos datos de costo y tiempo de los valores ejecutados (EV), es decir un total de once proyectos. Cabe mencionar que

dichos proyectos se realizaron en distinto tiempo y con diferente monto, por ello para realizar el respectivo análisis, se estandarizaron en cada proyecto, tanto la variable tiempo (abscisa) como la variable costo (ordenada) a la unidad. A continuación, se presenta un ejemplo de algunos de los proyectos que dedujeron el respectivo modelo (Tabla 10 y Tabla 11)

En la tabla 10 se puede observar dos proyectos de agua potable, en dichas tablas constan los tiempos y costos de cada planilla.

2.		3.	
<b>NOMBRE PROYECTO</b>	AGUA POTABLE GUALEA	<b>NOMBRE PROYECTO</b>	AGUA POTABLE GUAMANI
<b>MONTO FINAL=</b>	\$ 108.894,37	<b>MONTO FINAL=</b>	\$ 239.628,94
<b>TIEMPO</b>	4 meses	<b>TIEMPO</b>	5 meses
	<b>TIEMPO (MESES)</b>		<b>TIEMPO (MESES)</b>
	<b>COSTO (\$)</b>		<b>COSTO (\$)</b>
	0		0
	1		1
	2		2
	3		3
	4		4
	4		5
	\$ -		\$ -
	\$ 9.717,12		\$ 38.918,83
	\$ 46.438,51		\$ 80.221,75
	\$ 89.246,47		\$ 102.717,49
	\$ 108.894,37		\$ 182.383,78
			\$ 239.628,94

**Tabla 10.** Ejemplo de algunos proyectos de agua potable previo a la estandarización.

En la tabla 11 se observa los mismos proyectos, pero los valores del tiempo y costo están estandarizados a la unidad.

2.		3.	
<b>NOMBRE PROYECTO</b>	AGUA POTABLE GUALEA	<b>NOMBRE PROYECTO</b>	AGUA POTABLE GUAMANI
<b>MONTO FINAL=</b>	\$ 108.894,37	<b>MONTO FINAL=</b>	\$ 239.628,94
<b>TIEMPO</b>	4 meses	<b>TIEMPO</b>	5 meses
	<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>
	<b>COSTO</b>		<b>COSTO</b>
	0,00		0,00
	0,25		0,16
	0,50		0,33
	0,75		0,43
	1,00		0,76
			1,00
	0,00		0,00
	0,09		0,16
	0,43		0,33
	0,82		0,43
	1,00		0,76
			1,00

**Tabla 11.** Ejemplo de algunos proyectos de agua potable analizados (estandarización).

Ahora, el total de datos (pares ordenados) recopilados entre todos los proyectos fueron 40, con lo que se calcularon a y b mediante las ecuaciones **36, 37, 38, 39** para la nueva variable aleatoria y(t). Cabe destacar, que los puntos (0,0) y (1,1) no fueron tomados en

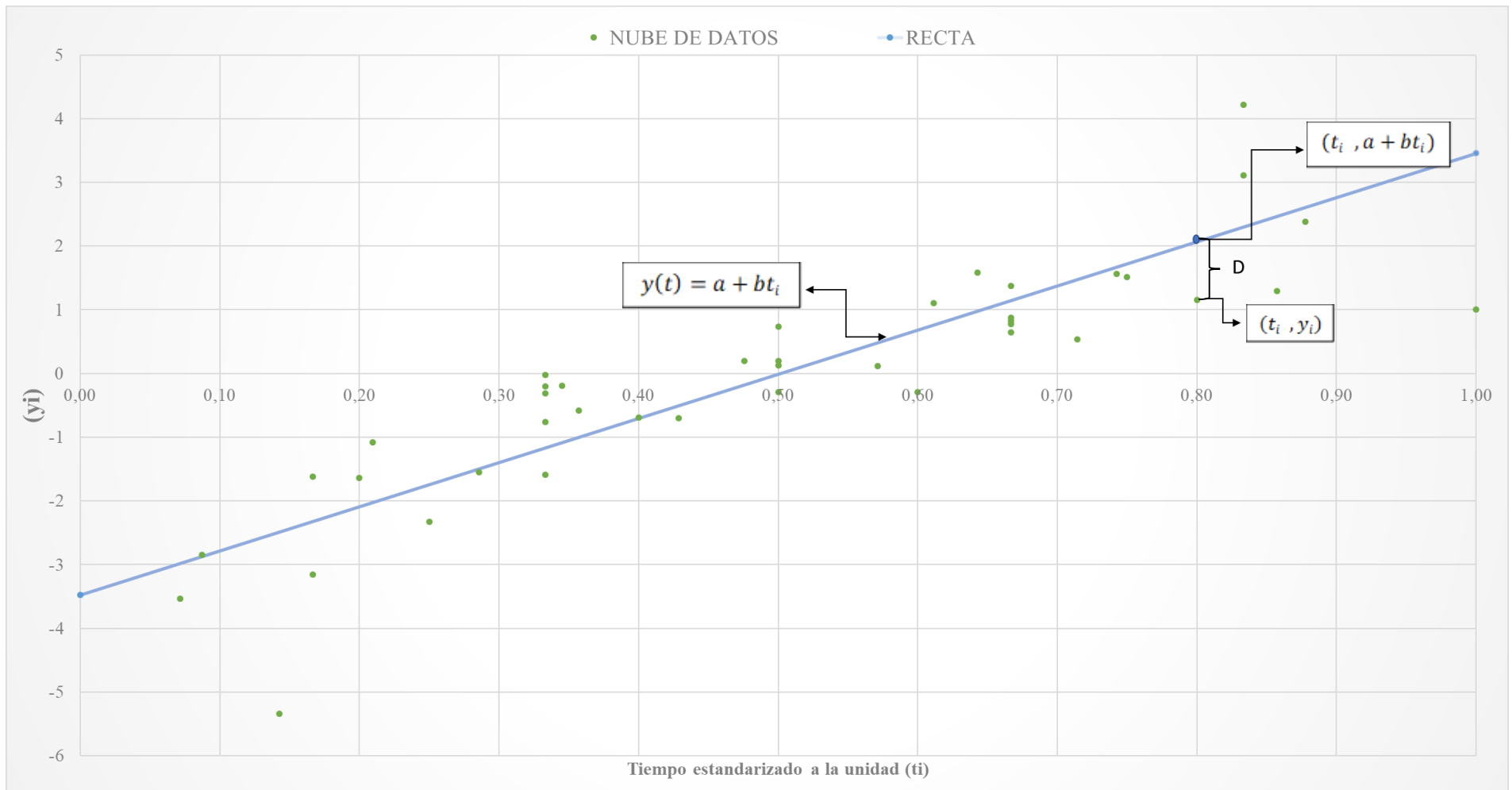
cuenta con la variable aleatoria  $y(t)$  debido a que la misma no está definida para los valores de  $x=0$  y  $x=1$ . En la siguiente gráfica se observa la nube de puntos para la variable aleatoria. Donde el eje de las abscisas representa el tiempo ( $t_i$ ) (estandarizado a la unidad) y las ordenadas representa el valor de  $y(t)$  de la **ecuación 30** ( $y_i$ ).

Por lo tanto

$$y_i = \ln\left(\frac{x}{1-x}\right)$$

Donde:

$x$ = representa el costo estandarizado a la unidad.



**Figura 31.** Nube de puntos  $(t_i, y_i)$  y recta ajustada con el método de los mínimos cuadrados discreto.

Donde D es igual a la distancia mínima de la recta a los pares ordenados.  $D = \sum_{i=1}^n ((t_i - t_i)^2 + (a + t_i * b - y_i)^2)$

Con un total de 40 pares ordenados  $(t_i, y_i)$  se obtuvo que la solución del sistema de ecuaciones lineales es  $a = -3,475492$  y  $b = 6,931472$ . Donde:

$$y(t) = -3,475492 + 6,931472t \quad (42.)$$

- $-3,475492 = \ln(A)$   
 $A = e^{-3,475492}$
- $b = r = 6,931472$

A y r en **Ecuación 28**.

$$x(t) = \left[ \frac{e^{-3,475492} * e^{6,931472t}}{1 + e^{-3,475492} * e^{6,931472t}} \right] \quad (43.)$$

$$x(t) = \left[ \frac{\frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492}}}{\frac{e^{3,475492} + e^{6,931472t}}{e^{3,475492}}} \right] = \frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492} + e^{6,931472t}} \quad (44.)$$

A la ecuación anterior se le traslada en el eje de las ordenadas para que el modelo tome el valor de 0 en el tiempo inicial 0; para lograr esto se le resta el valor  $x(0)$  cuando  $t=0$ .

$$x(0) = \frac{e^{6,931472*0}}{e^{3,475492} + e^{6,931472*0}} = \frac{1}{e^{3,475492} + 1}$$

Adicionalmente, se multiplica por un valor escalar  $K$  de manera que en el punto de la curva  $t_i = 1$ ,  $x(t)$  sea igual 1

$$x(t) = K * \left[ \frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492} + e^{6,931472t}} - \frac{1}{e^{3,475492} + 1} \right] \quad (45.)$$

$$1 = K * \left[ \frac{e^{6,931472*1}}{e^{3,475492} + e^{6,931472*1}} - \frac{1}{e^{3,475492} + 1} \right]$$

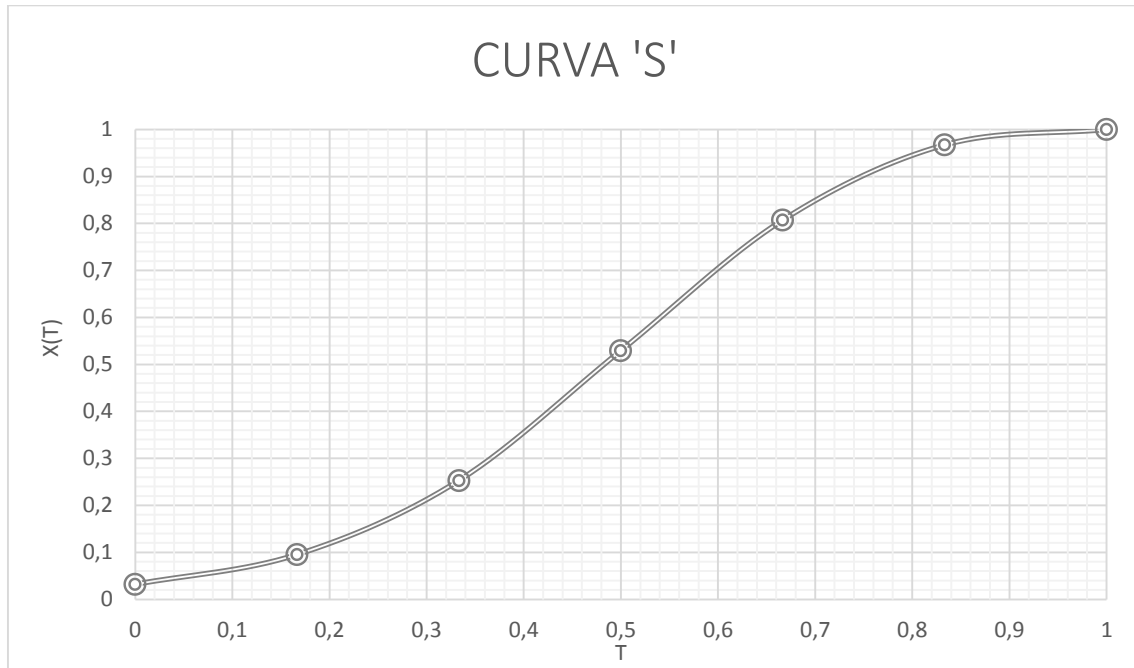
$$K = 1,064519$$

Por lo tanto:

$$x(t) = 1,064519 * \left[ \frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492} + e^{6,931472t}} - \frac{1}{e^{3,475492} + 1} \right] \quad (46.)^1$$

Para  $t_i \in [0,1] \wedge x(t) \in [0,1]$

En la **figura 32** se representa la gráfica de la curva 'S' aplicando la **ecuación 46**.



**Figura 32.** Curva 'S' Patrón para planeación de construcción de agua potable en la provincia de Pichincha.

### 3.2.2. Curva Patrón de proyectos de Agua Potable.

Para la aplicación del modelo matemático en un proyecto de agua potable con tiempo de ejecución ( $t_m$ ) y monto asignado ( $x_m$ ), del cual se desea conocer los montos acumulados para un total de  $N$  planillas a entregar, se utiliza la **ecuación 46**.

Donde:

$$t = t_k = (1/N) * k ; k = 0,1,2,3,\dots,N \quad (47.)$$

Obteniendo, así como resultado  $x(t_k)$ , los cuáles al multiplicar por  $x_m$  da el monto acumulado ( $\hat{x}$ ) hasta la  $k$ -ésima planilla en el tiempo ( $\hat{t}$ ). Es decir:

$$\hat{t} = t_k * t_m \quad (48.)$$

<sup>1</sup> El modelo matemático fue desarrollado por el Ingeniero Juan Carlos Osorio, profesor de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019.

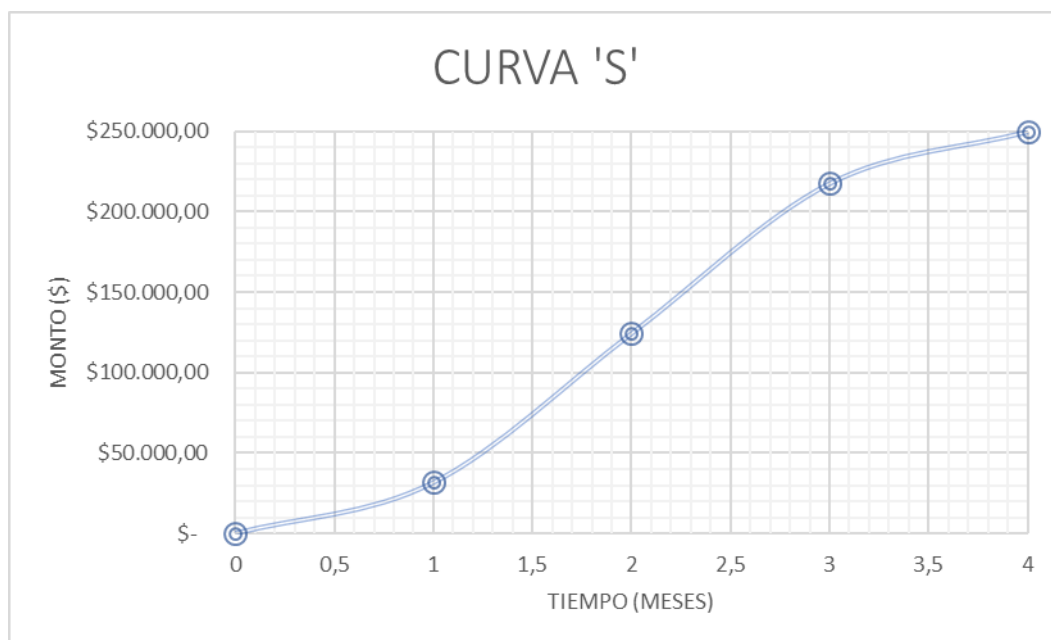
$$\hat{x} = x(t_k) * x_m \quad (49.)$$

### 3.2.2.1. Ejemplo de aplicación del modelo.

Se tiene un proyecto donde el costo ( $x_m$ ) es de \$250.000,00 dólares con tiempo de ejecución ( $t_m$ ) de cuatro meses y se va a presentar las planillas cada mes, por lo tanto, se tendría 4 planillas (N).

$t_m$	$x_m$	N	k	$t_k$	$x(t_k)$	$\hat{t}$	$\hat{x}$
4	\$ 250.000,00	4	0	0	0	0	\$ -
			1	0,25	0,126638	1	\$ 31.659,40
			2	0,5	0,497709	2	\$ 124.427,20
			3	0,75	0,871321	3	\$ 217.830,3
			4	1	1	4	\$ 250.000,0

**Tabla 12.** Aplicación de fórmula de la curva 'S' estandarizada en el ejemplo.



**Figura 33.** Gráfica de curva 'S' del ejemplo de aplicación

Como no se tiene datos precisos al momento de realizar la respectiva programación de proyectos de agua potable es necesario tener una base para estimar la inversión del cronograma valorado del proyecto, para ello se debe utilizar la respectiva curva de inversión propuesta. En esta investigación se obtuvo diecisiete proyectos, de los cuales, once no tenía reprogramaciones, cinco constaban con reprogramaciones y un proyecto se consideró como atípico. Para observar la satisfacción de la curva estandarizada, se comparó la aplicación del modelo ( $\hat{x}$ ) y lo ejecutado (EV) de cada proyecto para así obtener el coeficiente de determinación. Dando como resultado lo siguiente:

NOMBRE DEL PROYECTO	DURACIONES (MESES)	\$ EV	\$	R^2
1_AGUA POTABLE MINDO (PROYECTO ATÍPICO)	0	\$ -	\$ -	0,87
	1	\$ 162.355,59	\$ 30.068,78	
	2	\$ 268.348,77	\$ 88.581,70	
	3	\$ 400.975,19	\$ 191.365,39	
	4	\$ 693.391,48	\$ 343.168,01	
	5	\$ 783.788,31	\$ 518.366,90	
	6	\$ 795.766,58	\$ 671.226,39	
	7	\$ 797.795,73	\$ 775.287,91	
	8	\$ 814.432,49	\$ 834.732,43	
2_AGUA POTABLE SAN JOSE DE MINAS (PROYECTO CON REPROGRAMACIÓN)	0	\$ -	\$ -	0,93
	1	\$ 24.920,55	\$ 10.931,05	
	2	\$ 65.915,27	\$ 42.961,01	
	3	\$ 83.007,26	\$ 75.210,33	
	4	\$ 86.317,57	\$ 86.317,57	
3_AGUA POTABLE GUALEA	0	\$ -	\$ -	0,99
	1	\$ 9.717,12	\$ 13.790,12	
	2	\$ 46.438,51	\$ 54.197,68	
	3	\$ 89.246,47	\$ 94.881,97	
4_AGUA POTABLE GUAMANI	0	\$ -	\$ -	0,92
	1	\$ 38.918,83	\$ 20.441,22	
	2	\$ 80.221,75	\$ 76.820,52	
	3	\$ 102.717,49	\$ 161.848,58	
	4	\$ 182.383,78	\$ 218.842,37	
5_AGUA POTABLE GUANGOPOLO (PROYECTO CON REPROGRAMACIONES)	0	\$ -	\$ -	0,98
	1	\$ 7.162,70	\$ 7.300,97	
	2	\$ 30.561,14	\$ 27.437,91	
	3	\$ 55.959,05	\$ 57.807,30	
	4	\$ 64.744,02	\$ 78.163,71	
	5	\$ 85.588,03	\$ 85.588,03	
6_AGUA POTABLE YURAC ALPALOMA Y VARIOS SECTORES	0	\$ -	\$ -	0,97
	1	\$ 886,73	\$ 9.311,31	
	2	\$ 32.756,33	\$ 30.418,27	
	3	\$ 61.777,03	\$ 68.800,05	
	4	\$ 98.915,87	\$ 116.988,77	
	5	\$ 117.584,07	\$ 155.698,99	
	6	\$ 146.352,60	\$ 177.112,02	
	7	\$ 186.586,83	\$ 186.586,83	
7_AGUA POTABLE CORDILLERA DEL SUR, JARDINES DE OCCIDENTES, MARCELO RUALES, EL SOL Y OTROS SECTORES. (PROYECTO CON REPROGRAMACIONES)	0	\$ -	\$ -	0,98
	1	\$ 24.270,95	\$ 19.746,60	
	2	\$ 84.735,55	\$ 69.011,45	
	3	\$ 150.801,68	\$ 155.316,89	
	4	\$ 215.300,15	\$ 242.062,08	
	5	\$ 245.132,76	\$ 291.975,43	
	6	\$ 312.063,82	\$ 312.063,82	
8_AGUA POTABLE CAMAL METROPOLITANO (PROYECTO CON REPROGRAMACIÓN)	0	\$ -	\$ -	0,89
	1	\$ 62.646,62	\$ 29.218,15	
	2	\$ 88.080,82	\$ 102.484,55	
	3	\$ 132.121,97	\$ 132.121,97	

NOMBRE DEL PROYECTO	DURACIONES (MESES)	\$ EV	\$ X	R^2
9_CARIACU RED DE CONDUCCIÓN	0	\$ -	\$ -	1,00
	1	\$ 76.581,26	\$ 71.662,32	
	2	\$ 143.984,46	\$ 143.984,46	
10_AGUA POTABLE COMUNA MIRAFLORES	0	\$ -	\$ -	0,99
	1	\$ 21.092,87	\$ 27.410,36	
	2	\$ 81.447,43	\$ 96.143,60	
	3	\$ 123.947,29	\$ 123.947,29	
11_AGUA POTABLE ALTOS PINTAG (PROYECTO CON REPROGRAMACIÓN)	0	\$ -	\$ -	0,97
	1	\$ 38.824,26	\$ 24.439,10	
	2	\$ 87.623,91	\$ 91.845,01	
	3	\$ 151.368,47	\$ 193.502,80	
	4	\$ 223.418,73	\$ 261.643,40	
12_AGUA POTABLE CALDERON	0	\$ -	\$ -	0,97
	1	\$ 22.414,79	\$ 16.816,20	
	2	\$ 103.708,29	\$ 51.906,85	
	3	\$ 185.651,61	\$ 115.169,50	
	4	\$ 225.356,79	\$ 204.003,35	
	5	\$ 307.838,93	\$ 293.191,52	
	6	\$ 338.787,45	\$ 357.141,49	
	7	\$ 375.065,98	\$ 392.770,71	
13_AGUA POTABLE TANLAHUA	0	\$ -	\$ -	0,99
	1	\$ 9.877,03	\$ 15.340,27	
	2	\$ 77.025,80	\$ 53.611,96	
	3	\$ 133.307,61	\$ 120.658,85	
	4	\$ 193.409,63	\$ 188.047,38	
	5	\$ 232.042,87	\$ 226.822,86	
14_AGUA POTABLE SINGUNA	0	\$ -	\$ -	0,92
	1	\$ 41.136,01	\$ 20.283,89	
	2	\$ 63.857,19	\$ 71.147,06	
	3	\$ 91.722,02	\$ 91.722,02	
15_AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE SANTA EULALIA, PARROQUIA MALCHINGUI (PEDRO VICENTE MALDONADO)	0	\$ -	\$ -	0,91
	1	\$ 16.246,04	\$ 6.192,73	
	2	\$ 48.405,39	\$ 21.642,67	
	3	\$ 66.071,87	\$ 48.708,91	
	4	\$ 66.910,97	\$ 75.913,06	
	5	\$ 96.447,69	\$ 91.566,38	
16_AGUA POTABLE CUENDINA ALBORNOZ	0	\$ -	\$ -	0,94
	1	\$ 56.597,51	\$ 29.602,82	
	2	\$ 94.421,34	\$ 103.833,79	
	3	\$ 133.861,40	\$ 133.861,40	
17_AGUA POTABLE PATAGUA	0	\$ -	\$ -	0,98
	1	\$ 4.914,55	\$ 21.878,26	
	2	\$ 61.820,73	\$ 85.985,55	
	3	\$ 143.268,81	\$ 150.531,87	
	4	\$ 172.762,78	\$ 172.762,78	

**Tabla 13.** Resumen de los proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha

### 3.2.2.2. Análisis de los distintos proyectos.

#### 3.2.2.2.1. Proyecto Mindo.

##### *PV*

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 149.221,25
2	\$ 331.185,20
3	\$ 424.900,73
4	\$ 541.606,35
5	\$ 585.331,27
6	\$ 608.197,45
7	\$ 638.512,87

**Tabla 14.** Valor planificado de proyecto Mindo (PV)

##### *EV*

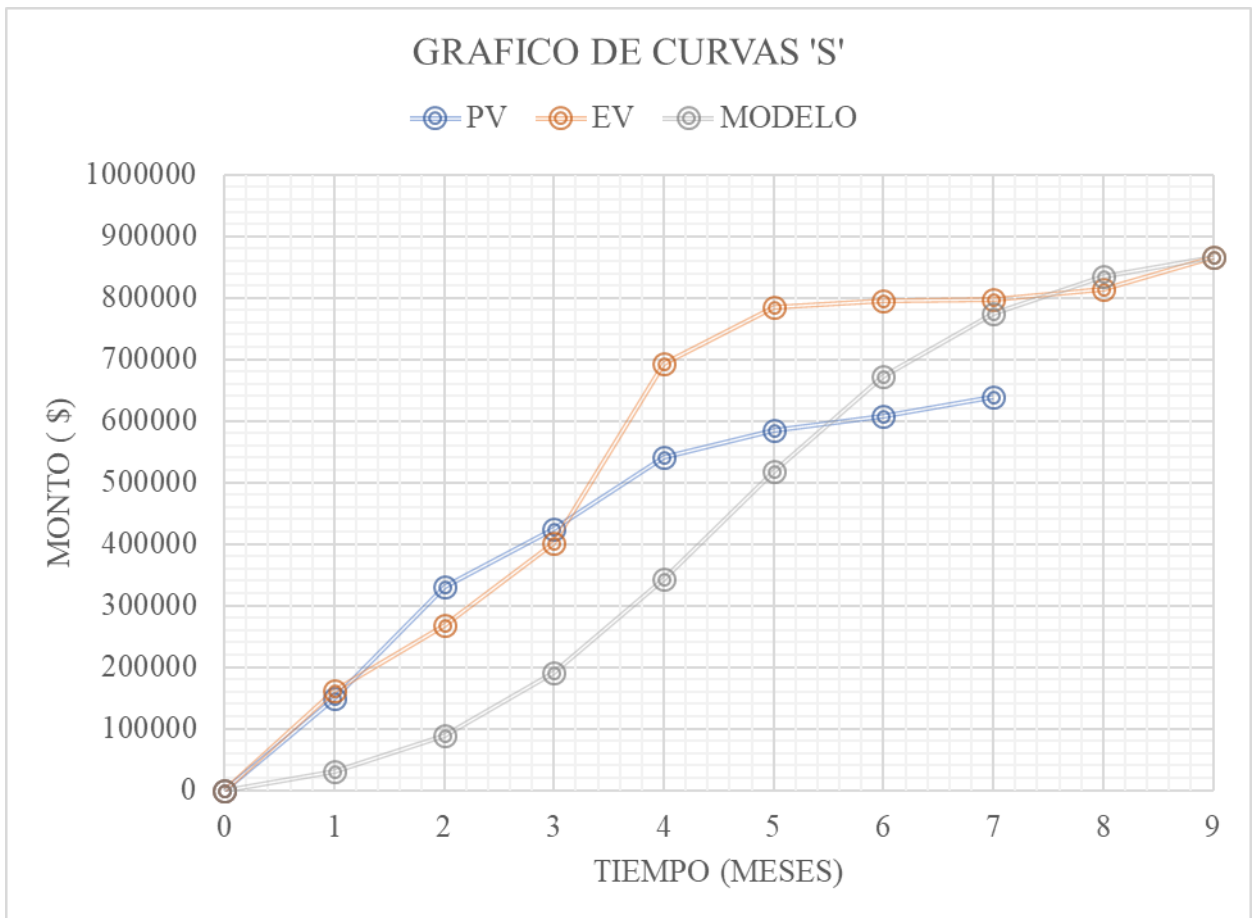
T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 162.355,59
2	\$ 268.348,77
3	\$ 400.975,19
4	\$ 693.391,48
5	\$ 783.788,31
6	\$ 795.766,58
7	\$ 797.795,73
8	\$ 814.432,49
9	\$ 865.337,79

**Tabla 15.** Valor ganado de proyecto Mindo (EV)

##### *MODELO*

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 30.068,78
2	\$ 88.581,70
3	\$ 191.365,39
4	\$ 343.168,01
5	\$ 518.366,90
6	\$ 671.226,39
7	\$ 775.287,91
8	\$ 834.732,43
9	\$ 865.337,79

**Tabla 16.** Valores de la curva 'S' estandarizada de proyecto Mindo (MODELO)



**Figura 34.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Mindo.

El cronograma (PV) no tiene la curva 'S' que siempre se sugiere al momento de presentar un proyecto, este proyecto tiene forma de 'C' esto significa que en base al cronograma Gantt contractual transformado en curva de avance acumulado se realizó varias actividades simultáneamente en los primeros meses y a partir del cuarto mes se realizan pocas actividades hasta finalizar, esto no se recomienda ya que hay riesgo que el costo del proyecto se eleve y no se llegue a cumplir.

Observando en la gráfica, se puede deducir que en principio se estimaba culminar en siete meses, pero en realidad culminó en nueve meses y a partir del mes cuatro el proyecto empezó a costar más de lo presupuestado. Si se compara la curva del valor ganado (EV) con la curva 'S' estandarizada (MODELO), la curva del valor ganado (EV) está por encima de la curva del MODELO hasta el mes ocho donde el último mes coincide la curva del MODELO con la curva del valor ganado (EV). Se obtiene un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,87 por lo tanto no se ajusta al modelo propuesto. Cabe recalcar que en este proyecto no se realizaron reprogramaciones y el costo fue el 36% más de lo programado. Este es un proyecto atípico, como se pudo observar en las planillas, se

considera que el proyecto debió haber acabado en siete meses, pero se tuvieron que extender dos meses más con irregularidades.

**3.2.2.2.2. Agua Potable San José de Minas.**

***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 2.268,45
2	\$ 5.765,48
3	\$ 19.549,35
4	\$ 54.262,83
5	\$ 86.988,14

**Tabla 17.** Valor planificado de proyecto San José de Mina. (PV)

***PV 1 (Reprogramación)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 5.765,48
2	\$ 19.548,97
3	\$ 53.965,68
4	\$ 75.119,46
5	\$ 86.988,14

**Tabla 18.** Primera reprogramación del proyecto San José de Minas (PV1)

***EV***

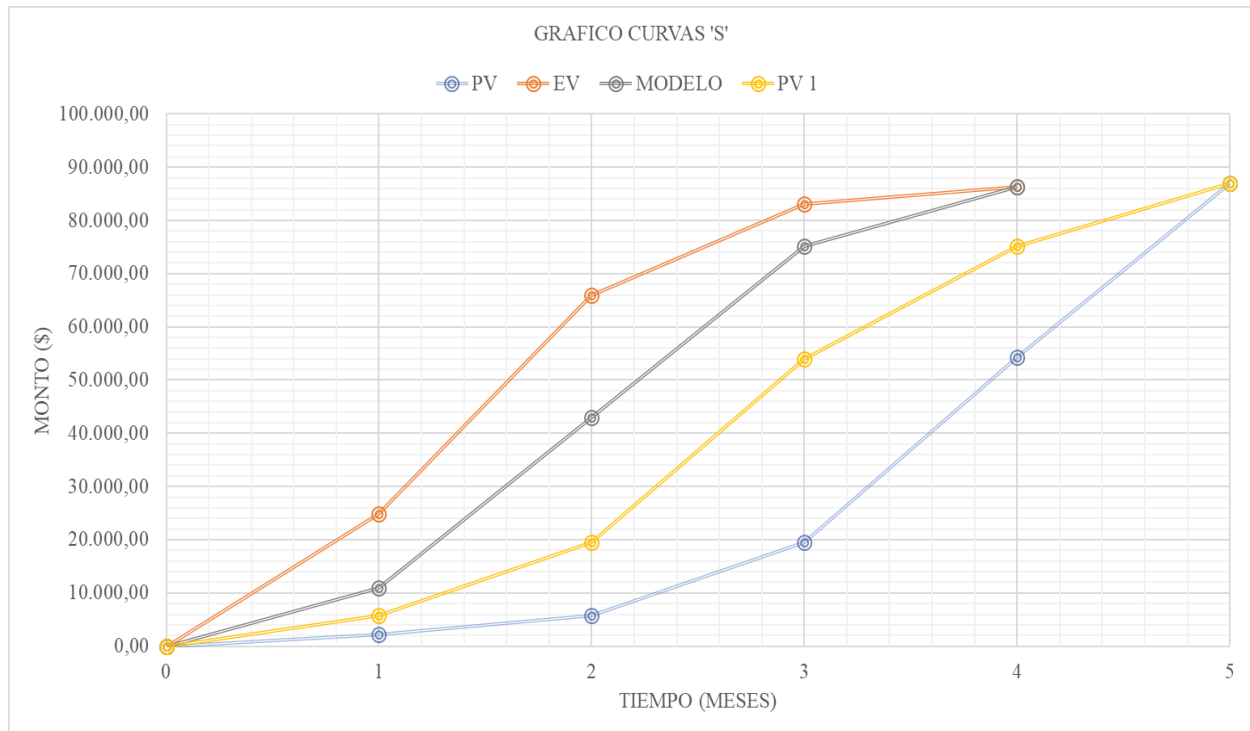
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 24.920,55
2	\$ 65.915,27
3	\$ 83.007,26
4	\$ 86.317,57

**Tabla 19.** Valor ganado de proyecto San José de Minas (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 10.931,05
2	\$ 42.961,01
3	\$ 75.210,33
4	\$ 86.317,57

**Tabla 20.** Valor de la curva 'S' estandarizada en proyecto San José de Minas (MODELO)



**Figura 35.** Gráfico de curvas 'S' proyecto San José de Minas

En base al cronograma Gantt contractual transformado en curva de avance acumulado inicial (PV) se esperaba empezar con pocas actividades en los primeros meses e ir paulatinamente avanzando y en los últimos meses realizar varias actividades simultáneas hasta su finalización, el cronograma presentado no se recomienda porque hay riesgo que no se avance a cumplir en el tiempo establecido y el costo se eleve o a su vez tomar otras medidas como horas extras, aumento de personal, etc.

Desde la planilla dos se realizó la primera reprogramación (PV1) donde debería haber culminado en cinco meses, pero culminó en cuatro meses. La curva del valor ganado (EV) está por encima de la primera reprogramación (PV1) lo que significa que se realizaron más actividades de las que se planificó. Si se compara la curva del valor ganado (EV) con la curva del MODELO, la curva del valor ganado (EV) está por encima de la curva del

MODELO. Al calcular el coeficiente de determinación da como resultado 0,93, el cuál tiene una aproximación buena a la curva del MODELO, la curva del valor ganado (EV) con la curva del MODELO van de forma paralela.

### 3.2.2.2.3. Red de agua potable para Provenir y varios sectores de la parroquia de Gualea

#### **PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 20.173,97
2	\$ 71.823,92
3	\$ 109.110,23

**Tabla 21.** Valor planificado de proyecto de Gualea

#### **EV**

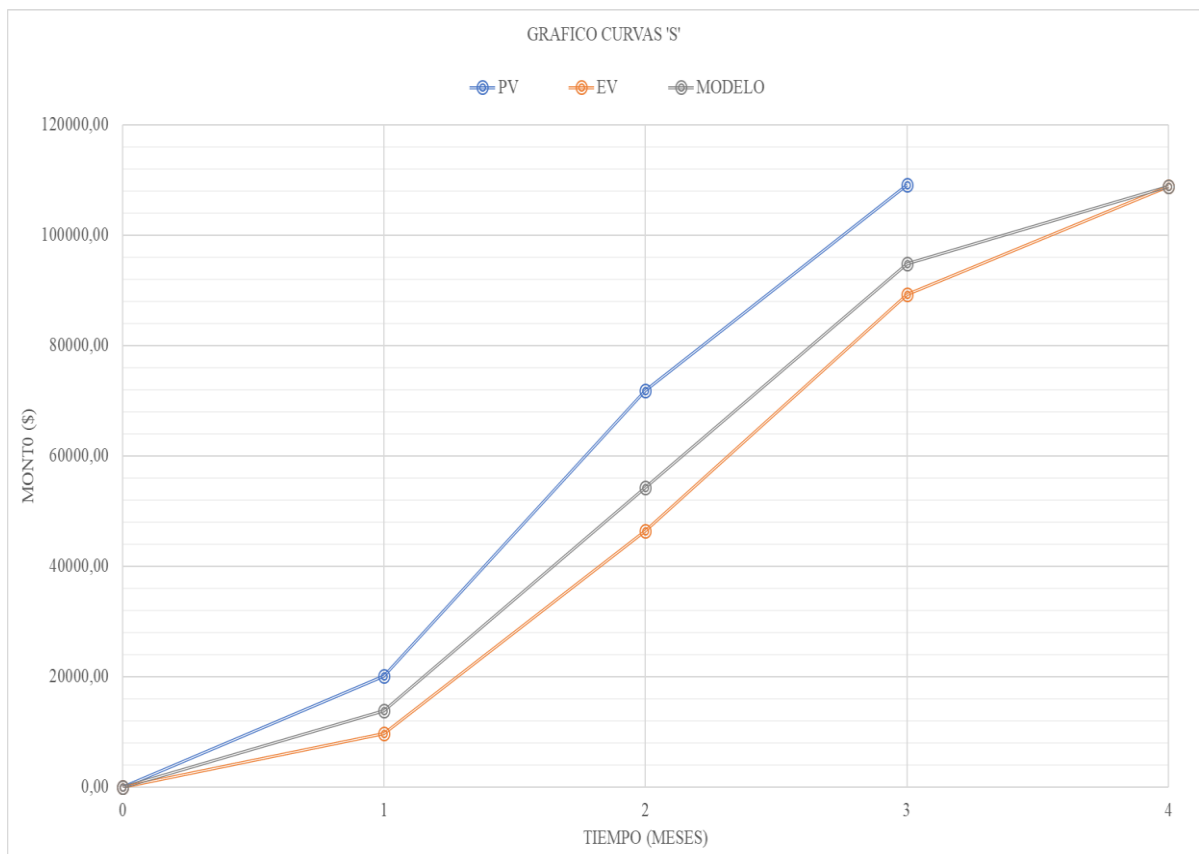
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 9.717,12
2	\$ 46.438,51
3	\$ 89.246,47
4	\$ 108.894,37

**Tabla 22.** Valor ganado de proyecto Gualea. (EV)

#### **MODELO**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 13.790,12
2	\$ 54.197,68
3	\$ 94.881,97
4	\$ 108.894,37

**Tabla 23.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Gualea. (MODELO)



**Figura 36.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Gualea.

El cronograma Gantt contractual transformado a la curva de avance acumulado (PV), se asemeja a una curva 'S', pero se hubiese recomienda en el último mes disminuir un poco las actividades y aumentar un último mes con las actividades faltantes y así tener un mejor control y acercamiento a la realidad.

Según el valor planificado (PV) debió haber culminado en tres meses, si se compara la curva del valor ganado (EV) con la curva del valor planificado (PV), significa que desde un inicio la obra estuvo retrasada, por ello se tuvo que culminar en cuatro meses. Si se compara la curva del MODELO con la curva del valor ganado (EV), se observa que la curva del MODELO está por encima de la curva del valor ganado (EV), con el coeficiente de determinación se obtiene 0,995. Donde se observa que la curva del valor ganado (EV) es paralela a la curva del MODELO, es decir que se aproxima a la curva 'S' estandarizada.

### 3.2.2.2.4. Agua Potable San isidro de Guamaní, parroquia Guamaní.

#### **PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 10.981,64
2	\$ 27.601,32
3	\$ 83.158,11
4	\$ 155.351,14

**Tabla 24.** Valor planificado de proyecto Guamaní (PV)

#### **EV**

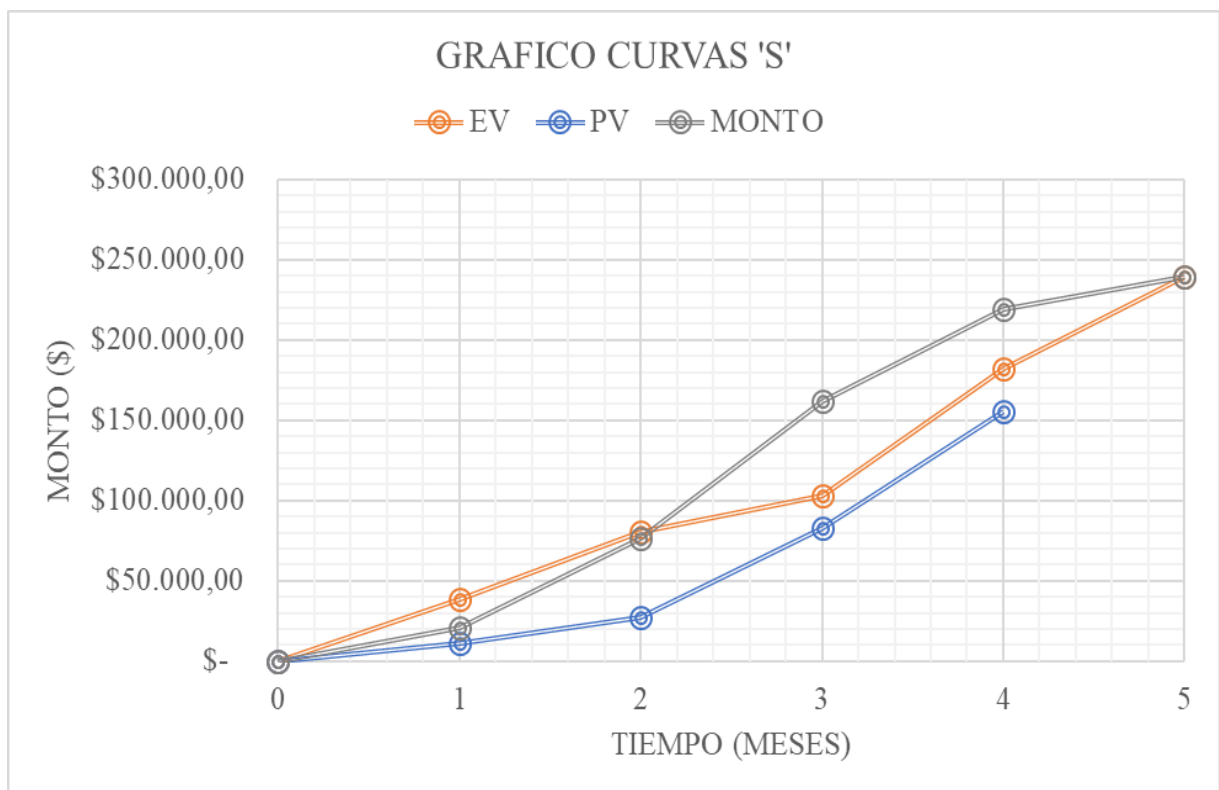
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 38.918,83
2	\$ 80.221,75
3	\$ 102.717,49
4	\$ 182.383,78
5	\$ 239.628,94

**Tabla 25.** Valor ganado de proyecto Guamaní (EV)

#### **MODELO**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 20.441,22
2	\$ 76.820,52
3	\$ 161.848,58
4	\$ 218.842,37
5	\$ 239.628,94

**Tabla 26.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Guamaní. (MODELO)



**Figura 37.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Guamaní.

En el cronograma Gantt transformado a la curva de avance acumulado (PV) se esperaba empezar con pocas actividades e ir aumentando paulatinamente hasta su finalización, pero no se recomienda hacer este tipo de curvas porque hay riesgo de que en los últimos meses para culminar se deba aumentar cuadrillas y horas extras.

En base al cronograma se debió haber culminado en cuatro meses, pero concluyó en cinco meses; si se compara la curva del valor ganado (EV) con la curva del valor planificado (PV), significaría que se realizaron más actividades de las planificadas, y a partir del mes dos se observa que el proyecto decae, aún más en el mes tres porque no se realizaron muchas actividades y se culmina en el mes cinco. Si se observa en base a la curva del MODELO, hasta el mes y medio la curva del MODELO está por debajo de la curva del valor ganado (EV) y a partir de ese punto la curva del MODELO está encima de la curva del valor ganado (EV). El coeficiente de determinación sale 0,92, es decir, que la curva del valor ganado (EV) se ajusta a la curva del MODELO, excepto desde el mes dos donde se nota una diferencia entre la curva del MODELO y la curva del valor ganado (EV). Con el modelo aquí presentado se hubiera tenido una mejor planificación.

### 3.2.2.2.5. Extensión red agua potable varios sectores Guangopolo

#### ***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 4.064,14
2	\$ 22.930,68
3	\$ 53.322,54
4	\$ 73.712,72

**Tabla 27.** Valor planificado de proyecto Guangopolo. (PV)

#### ***PV 1 (REPROGRAMACION)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 4.064,14
2	\$ 17.084,66
3	\$ 43.677,14
4	\$ 69.069,03
5	\$ 78.016,62

**Tabla 28.** Primera reprogramación de proyecto Guangopolo. (PV1)

#### ***PV 2 (REPROGRAMACION)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 4.064,14
2	\$ 17.084,66
3	\$ 43.677,14
4	\$ 58.060,18
5	\$ 69.099,70
6	\$ 87.223,64

**Tabla 29.** Segunda reprogramación de proyecto Guangopolo. (PV2)

**EV**

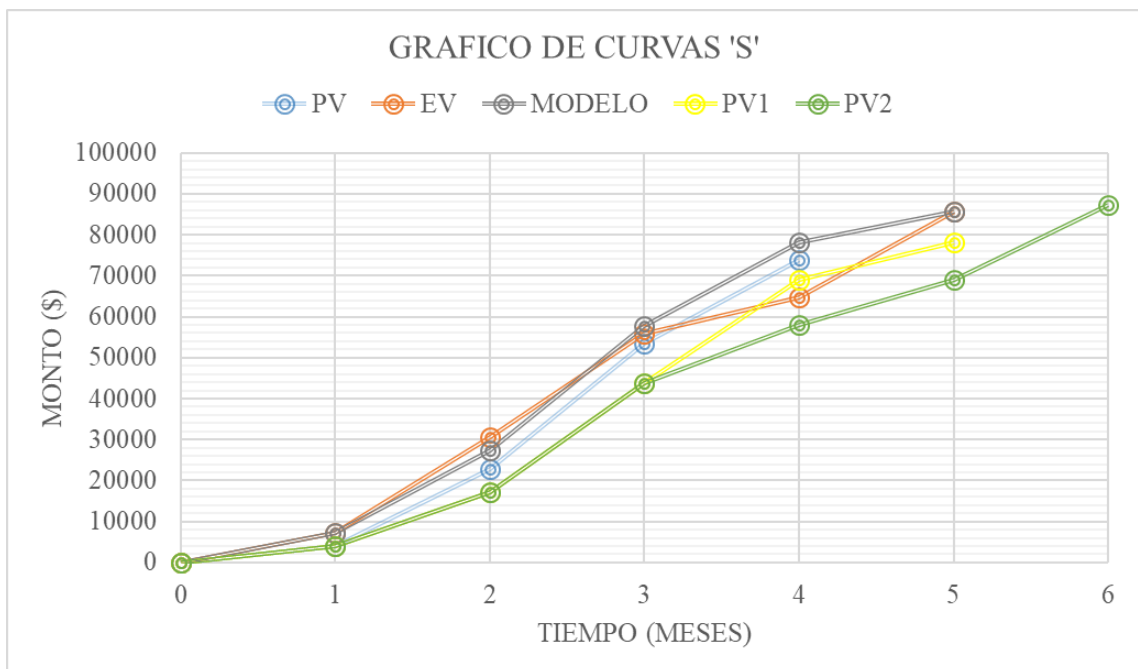
T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 7.162,70
2	\$ 30.561,14
3	\$ 55.959,05
4	\$ 64.744,02
5	\$ 85.588,03

**Tabla 30.** Valor ganado proyecto Guangopolo. (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 7.300,97
2	\$ 27.437,91
3	\$ 57.807,30
4	\$ 78.163,71
5	\$ 85.588,03

**Tabla 31.** Valor de la curva 'S' estandarizada proyecto Guangopolo. (MODELO)



**Figura 38.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Guangopolo.

El cronograma Gantt contractual transformado a curva de avance acumulado tiene forma de curva ‘S’, es decir, que la planificación de cada uno de los capítulos se las hizo de forma correcta, pero se recomienda distribuir mejor las actividades hasta el mes cinco, para tener una mejor planificación.

Como se observa en las gráficas en principio se realizó una reprogramación (PV1) desde la segunda planilla, ya que se dieron cuenta que estaba retrasados, después en el tercer mes vuelven hacer una reprogramación (PV2) estimando culminar en seis meses, pero si se observa la curva del valor ganado (EV), en el mes cuatro no se realizan muchas actividades por ello en el último mes tuvieron que realizar dichas actividades de una forma acelerada para así culminar en cinco meses. Si se compara con la curva del MODELO propuesto la curva del valor ganado (EV) se aproxima, es decir, si se tenía la curva ‘S’ patrón se realizaba una reprogramación en base al modelo matemático aquí presentado, permitiendo que en el mes cuatro se realicen varias actividades y en el mes cinco culminar con éxito el proyecto. El coeficiente de determinación sale igual a 0,98, ya que hasta el mes tres se sobrepone la curva del MODELO a la curva del valor ganado (EV) y hasta el mes cinco entre las dos curvas existe una diferencia, se puede decir que la curva del MODELO se aproxima a la curva del valor ganado (EV)

### 3.2.2.2.6. Red de Agua Potable para el barrio Yurac Alpaloma y varios sectores

**PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 11.124,04
2	\$ 53.355,30
3	\$ 108.423,95
4	\$ 215.671,63

**Tabla 32.** Valor planificado de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (PV)

**EV**

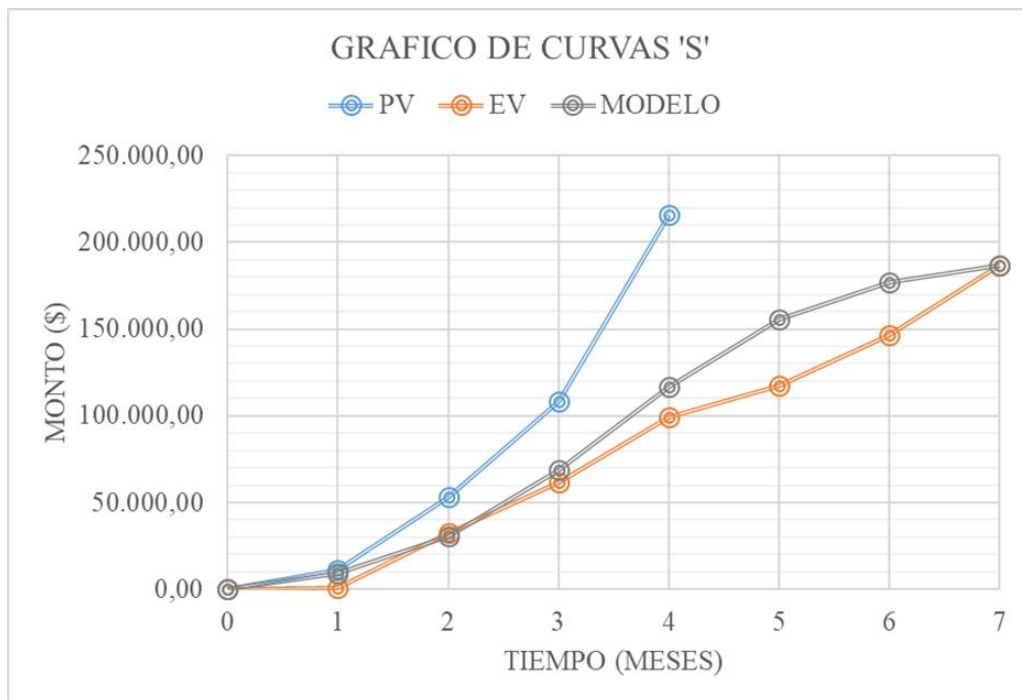
T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 886,73
2	\$ 32.756,33
3	\$ 61.777,03
4	\$ 98.915,87
5	\$ 117.584,07
6	\$ 146.352,60
7	\$ 186.586,83

**Tabla 33.** Valor ganado de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 9.311,31
2	\$ 30.418,27
3	\$ 68.800,05
4	\$ 116.988,77
5	\$ 155.698,99
6	\$ 177.112,02
7	\$ 186.586,83

**Tabla 34.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores. (MODELO)



**Figura 39.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Yurac Alpaloma y varios sectores

El cronograma Gantt contractual transformado en curva de avance acumulado inicial (PV) se planificó en los primeros meses realizar varias actividades simultáneas y en el último mes se aceleraron las actividades para culminar en el mes cuatro.

Desde el comienzo se realizó un mal cronograma porque se esperaba culminar en cuatro meses con un costo de \$215.671,63. Este proyecto culminó en siete meses con un costo de \$186.586,83, es decir, que costo menos de lo que se presupuestó, pero en más tiempo. Si se comparaba la curva 'S' patrón con la curva 'S' desarrollada, el planificador tenía la opción de realizar una reprogramación desde el mes cuatro para que en el mes quinto y sexto se realicen actividades simultáneas y en el último mes que el trabajo no se acumule para concluir de forma efectiva. El coeficiente de determinación es igual a 0,97, ya que hasta el mes tres la curva del MODELO se aproxima a la curva valor ganado (EV) y en los cuatro últimos meses las dos curvas se separan, ya que en los meses cuatro, cinco y seis no se realizaron muchas actividades y se tuvo que acelerar en el último mes.

**3.2.2.2.7. Agua potable Cordilleras del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores.**

**PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 23.258,67
2	\$ 79.584,06
3	\$183.945,27
4	\$311.616,58

**Tabla 35.** Valor planificado de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV)

***PV 1 (Reprogramación)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 24.270,95
2	\$ 84.735,55
3	\$ 127.211,60
4	\$ 192.989,99
5	\$ 313.217,26

**Tabla 36.** Primera reprogramación de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV 1)

***PV 2 (Reprogramación)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 24.270,95
2	\$ 84.735,55
3	\$ 150.801,68
4	\$ 215.300,15
5	\$ 245.132,76
6	\$ 310.625,71

**Tabla 37.** Segunda reprogramación de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (PV 2)

***EV***

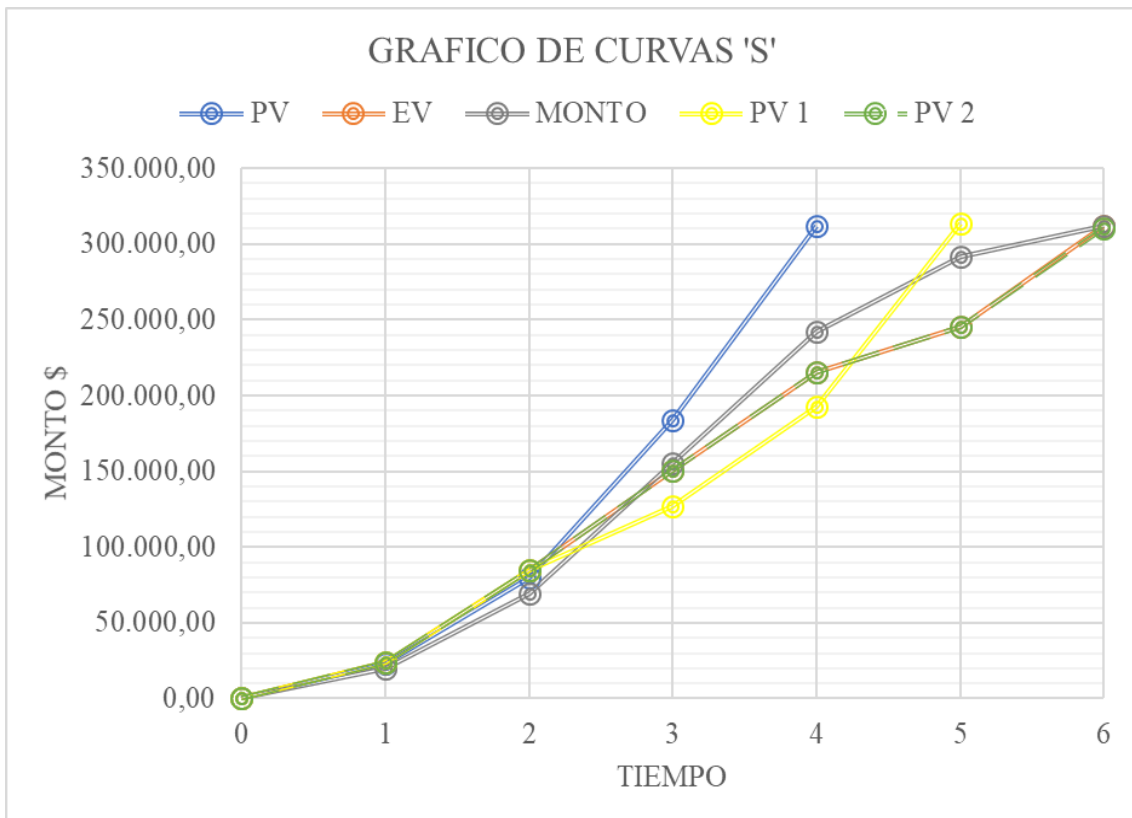
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 24.270,95
2	\$ 84.735,55
3	\$ 150.801,68
4	\$ 215.300,15
5	\$ 245.132,76
6	\$ 312.063,82

**Tabla 38.** Valor ganado de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 19.746,60
2	\$ 69.011,45
3	\$ 155.316,89
4	\$ 242.062,08
5	\$ 291.975,43
6	\$ 312.063,82

**Tabla 39.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores. (MODELO)



**Figura 40.** Gráfica de curva 'S' proyecto Cordillera del sur, Jardines de occidentes, Marcelo Ruales, El Sol y otros sectores.

En el cronograma Gantt contractual transformado a la curva de avance acumulado se lo planificó de forma correcta hasta el mes dos y en los dos últimos meses se planificó

realizar varias actividades simultáneas para así finalizar el proyecto en cuatro meses. Se hizo una primera reprogramación (PV 1) acabando en cinco meses y a partir del mes tres se realiza otra reprogramación (PV 2), dicha curva al final coincide con la curva del valor ganado (EV), pero en el mes cinco deberían haber realizado actividades simultáneas para que al final culmine con menos actividades. Si se tenía la curva del MODELO, desde el mes dos, el planificador realizaba la respectiva reprogramación obteniendo así un mejor manejo del proyecto. El coeficiente de determinación sale 0,98 ya que hasta el mes dos la curva del MODELO con la curva del valor ganado (EV) están muy próximas y de ahí en adelante se nota que las dos curvas van teniendo diferencias hasta su conclusión.

**3.2.2.2.8. Red de Agua Potable para los Barrios Altos del Camal Metropolitano-  
Etapa 3.**

***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 21.265,93
2	\$ 83.203,31
3	\$ 153.106,92

**Tabla 40.** Valor planificado de proyecto Camal Metropolitano (PV)

***PV 1 (Reprogramación)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 21.265,93
2	\$ 71.795,76
3	\$ 96.669,94
4	\$ 153.106,92

**Tabla 41.** Primera reprogramación de proyecto Camal Metropolitano (PV 1)

## EV

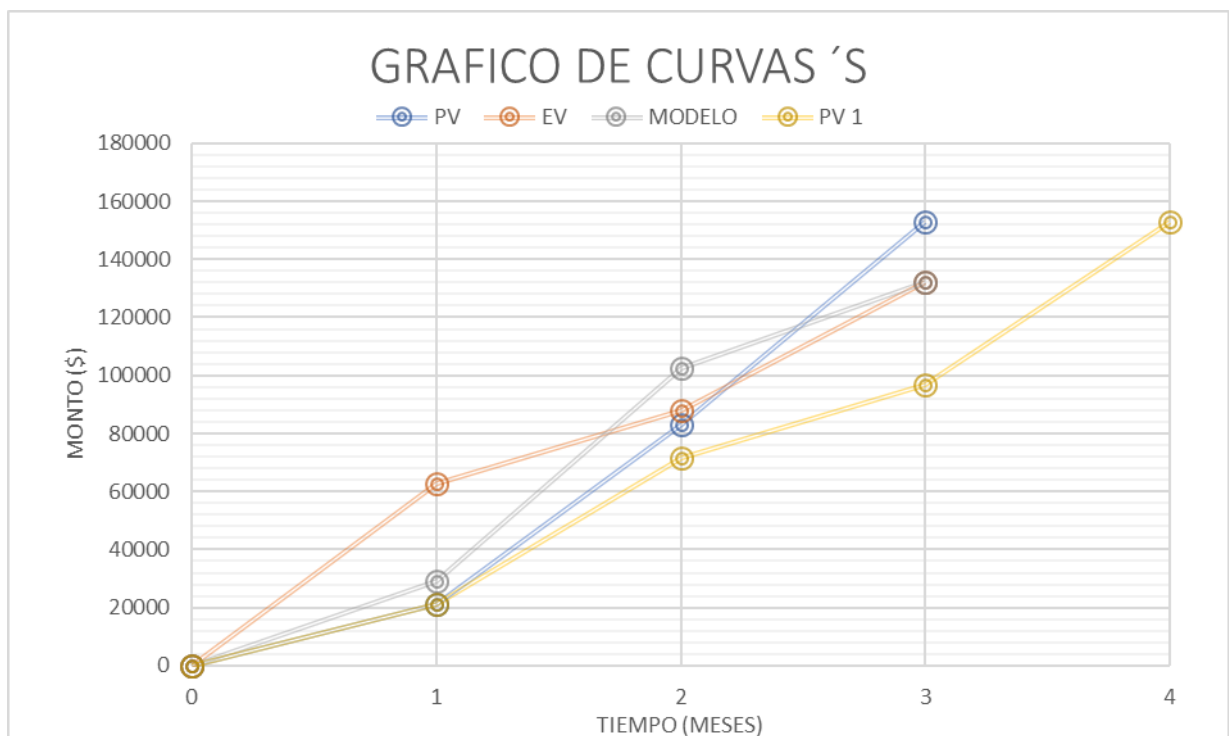
T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 62.646,62
2	\$ 88.080,82
3	\$ 132.121,97

**Tabla 42.** Valor ganado de proyecto Camal Metropolitano (EV).

## MODELO

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 29.218,15
2	\$ 102.484,55
3	\$ 132.121,97

**Tabla 43.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Camal Metropolitano.  
(MODELO)



**Figura 41.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Camal Metropolitano

El cronograma Gantt contractual transformado a la curva de avance acumulado (PV), los dos últimos meses se planifica realizar varias actividades simultáneas para culminar en tres meses.

En el primer mes se realizaron más actividades de las que se planificaron; se realiza una reprogramación (PV 1) desde el mes dos. El valor ganado (EV) culmina con un menor precio de lo presupuestado y menor tiempo. En base a la curva del MODELO se observa que en los primeros meses están por debajo de la curva del valor ganado (EV) y en el último mes encima. El coeficiente de determinación es igual a 0,89, ya que existe varias diferencias entre la curva del MODELO y la curva del valor ganado (EV). Se recomienda en base a la curva del MODELO, en el primer mes realizar pocas actividades, en el mes dos la mayoría de las actividades para finalmente realizar las actividades restantes.

**3.2.2.2.9. Red de Conducción de agua a gravedad, desde fuentes Cariacu 1, Cariacu 2 y Buga hacia reservas "Los Pinos".**

***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 34.583,10
2	\$ 290.675,97
3	\$ 1.067.781,24

**Tabla 44.** Valor planificado de proyecto Cariacu red de conducción. (PV)

***EV***

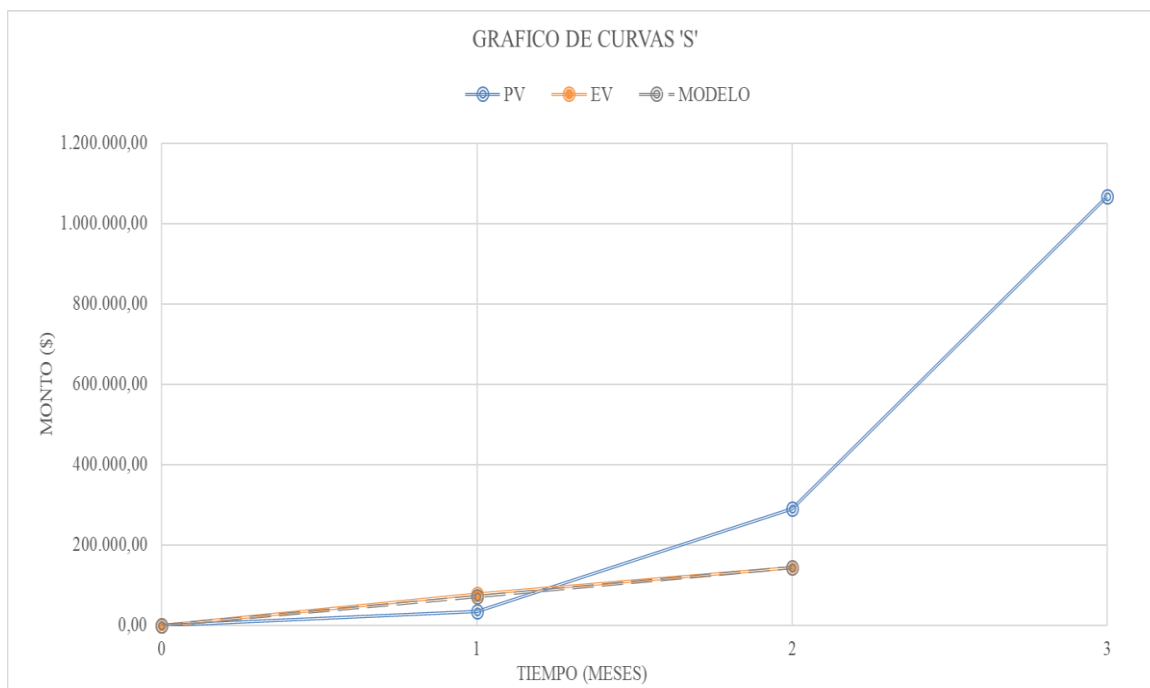
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 76.581,26
2	\$ 143.984,46

**Tabla 45.** Valor ganado de proyecto Cariacu red de conducción. (EV)

***MODELO***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 71.662,32
2	\$ 143.984,46

**Tabla 46.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cariacu red de conducción. (MODELO)



**Figura 42.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Cariacu red de conducción.

Se planificó realizar pocas actividades en el primer mes, de ahí se planifica realizar de forma acelerada las actividades restantes del proyecto para culminar en tres meses. Pero en realidad la obra se realizó en dos meses y con un costo menor. La curva del MODELO se sobrepone a la curva del valor ganado (EV), y demuestra que el modelo matemático es efectivo, mejorando en tiempos y costos. El coeficiente de determinación es igual a uno.

### 3.2.2.2.10. Agua potable para la Comuna Miraflores, Parque Metropolitano

**PV**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 16.279,98
2	\$ 57.566,40
3	\$ 124.005,57

**Tabla 47.** Valor planificado de proyecto Comuna Miraflores. (PV)

**EV**

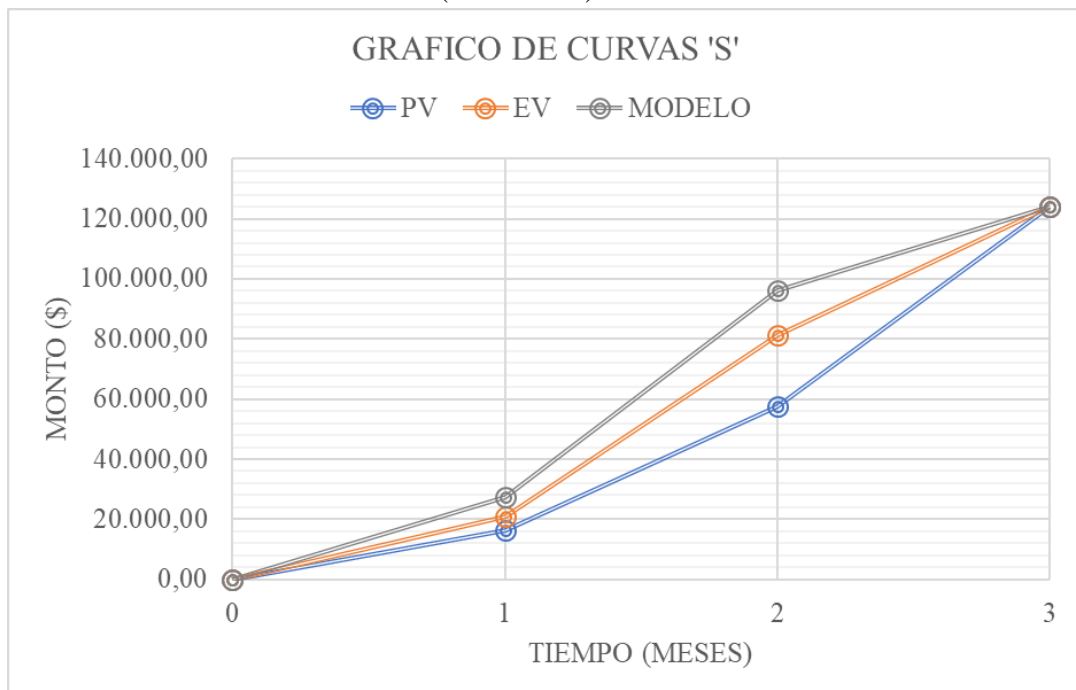
T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 21.092,87
2	\$ 81.447,43
3	\$ 123.947,29

**Tabla 48.** Valor ganado de proyecto Comuna Miraflores. (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 27.410,36
2	\$ 96.143,60
3	\$ 123.947,29

**Tabla 49.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Comuna Miraflores.  
(MODELO)



**Figura 43.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Comuna Miraflores.

El cronograma Gantt contractual transformado en la curva de avance acumulado (PV) se lo realiza de forma cóncava, pero se sabe que en la realidad los proyectos no se

comportan de esa manera, los proyectos en las partes intermedias suelen realizar actividades simultáneas con un mayor costo y en la parte final ya no se realizan muchas actividades. Pero en este proyecto se planificó, en el último mes realizar varias actividades simultáneas para así culminar.

El proyecto desde los primeros meses empezó a costar más de lo que se programó hasta su finalización. Si se compara la curva de valor ganado (EV) con la curva del MODELO propuesto va de forma paralela hasta culminar el proyecto, por ello su coeficiente es igual a 0,99. Con el modelo matemático aquí presentado, se hubiera tenido una mejor planificación desde el inicio de la obra.

### 3.2.2.2.11. Red de Agua Potable para Meridiano, Barrios Altos de Pintag.

#### ***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 32.358,94
2	\$ 73.923,25
3	\$ 151.448,94
4	\$ 236.909,25
5	\$ 295.529,37

**Tabla 50.** Valor planificado de proyecto Altos de Pintag

#### ***PV 1 (Reprogramación)***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 32.358,94
2	\$ 73.923,25
3	\$ 151.448,94
4	\$ 222.179,89
5	\$ 295.529,37

**Tabla 51.** Primera reprogramación de proyecto Altos de Pintag. (PV 1)

## EV

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 38.824,26
2	\$ 87.623,91
3	\$ 151.368,47
4	\$ 223.418,73
5	\$ 286.495,39

Tabla 52. Valor ganado de proyecto Altos de Pintag. (EV)

## MODELO

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 24.439,10
2	\$ 91.845,01
3	\$ 193.502,80
4	\$ 261.643,40
5	\$ 286.495,39

Tabla 53. Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Altos de Pintag. (MODELO)

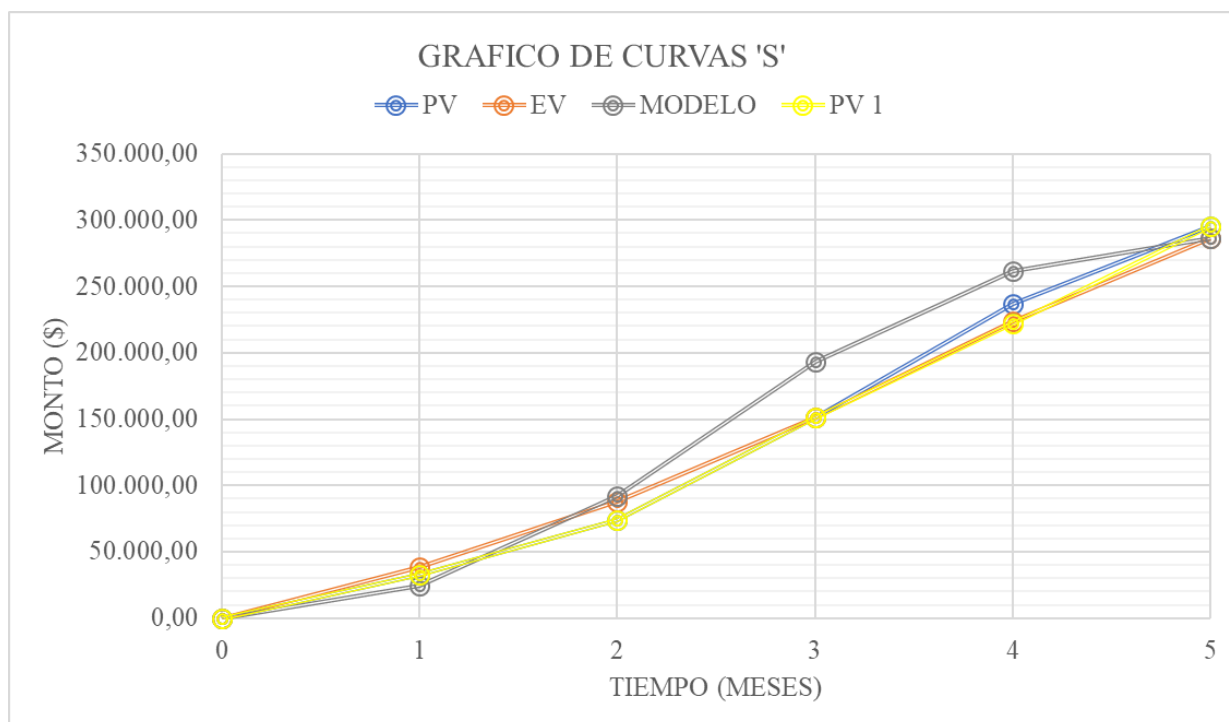


Figura 44. Gráfico de curvas 'S' proyecto Pintag.

El cronograma Gantt contractual transformado a curva de avance acumulado tiene la respectiva forma de 'S', y se realiza las actividades según lo planificado en los primeros meses. En todo proyecto se puede presentar eventualidades y se debe corregirlas a tiempo, como se realizó en este proyecto, en el cual se tomó medidas para que el proyecto avance de forma correcta y culminar con éxito.

En el mes tres se realiza una reprogramación (PV1) y se toma medidas para que al final la curva del valor ganado (EV) coincida con la segunda reprogramación (PV2). Si se compara con la curva del MODELO, la curva del valor ganado (EV) hasta el mes dos coincide, luego la curva del MODELO está por encima de la curva del valor ganado (EV), el coeficiente de determinación es igual a 0,97, por lo tanto, hay una aproximación entre la curva del MODELO y la curva del valor ganado (EV).

### 3.2.2.2.12. Redes de Agua Potable San Juan de Calderón Alto, Parroquia Calderón

#### **PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 8.009,70
2	\$ 29.271,15
3	\$ 56.864,45
4	\$101.895,17
5	\$153.672,21
6	\$219.379,13
7	\$296.062,69
8	\$376.804,52

**Tabla 54.** Valor planificado de proyecto Calderón. (PV)

#### **EV**

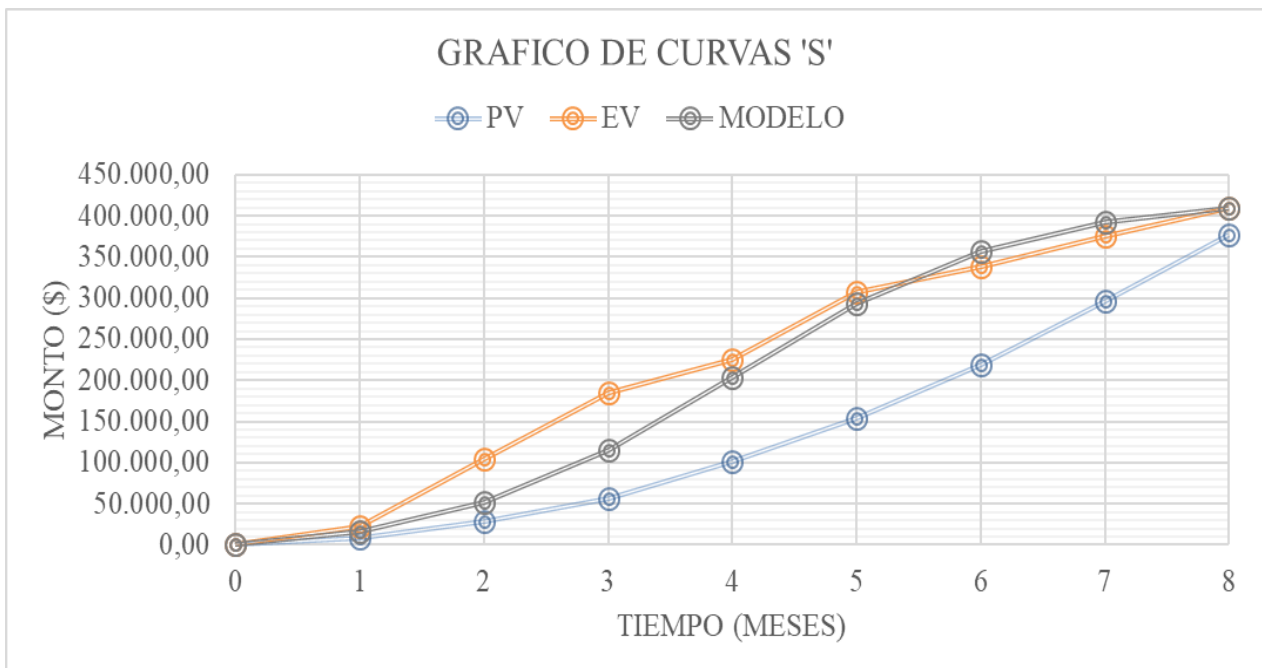
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 22.414,79
2	\$ 103.708,29
3	\$ 185.651,61
4	\$ 225.356,79
5	\$ 307.838,93
6	\$ 338.787,45
7	\$ 375.065,98
8	\$ 409.885,01

**Tabla 55.** Valor ganado de proyecto Calderón. (EV)

## MODELO

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 16.816,20
2	\$ 51.906,85
3	\$ 115.169,50
4	\$ 204.003,35
5	\$ 293.191,52
6	\$ 357.141,49
7	\$ 392.770,71
8	\$ 409.885,01

**Tabla 56.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Calderón. (MODELO)



**Figura 45.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Calderón.

El cronograma Gantt contractual transformado a curva de avance acumulado (PV) tiene forma cóncava, es decir, que las actividades se van a ir desarrollando de forma creciente a través del tiempo y sin punto de inflexión. Esto no es muy recomendado ya que hay riesgo que no se pueda cumplir con el plazo establecido o por falta de recursos el proyecto tenga que aumentar su plazo o el costo se eleve.

Si se compara la curva del valor ganado (EV) con la curva del valor planificado (PV) se realizaron más actividades de las que se programaron. Si se compara con la curva del MODELO el primer mes coincide y de ahí en adelante la curva del valor ganado (EV) se sobrepone a la curva del MODELO, en el mes cuatro al cinco se aproximan y de ahí en adelante la curva del MODELO se sobrepone a la curva del valor ganado (EV); el coeficiente de determinación da como resultado 0,97 dando una tendencia a uno, lo que significa que la curva 'S' estandarizada esta próxima a la curva del valor ganado (EV). Con el modelo matemático aquí presentado, se hubiera tenido una mejor planificación desde el inicio de la obra.

**3.2.2.2.13. Extensión Redes de Agua Potable Parroquias San Antonio de Pichincha, Calacalí y Pomasqui (Tanlahua)**

**PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 4.023,58
2	\$ 38.613,92
3	\$ 73.882,25
4	\$ 163.576,05
5	\$ 244.884,16

**Tabla 57.** Valor planificado de proyecto Tanlahua. (PV)

**EV**

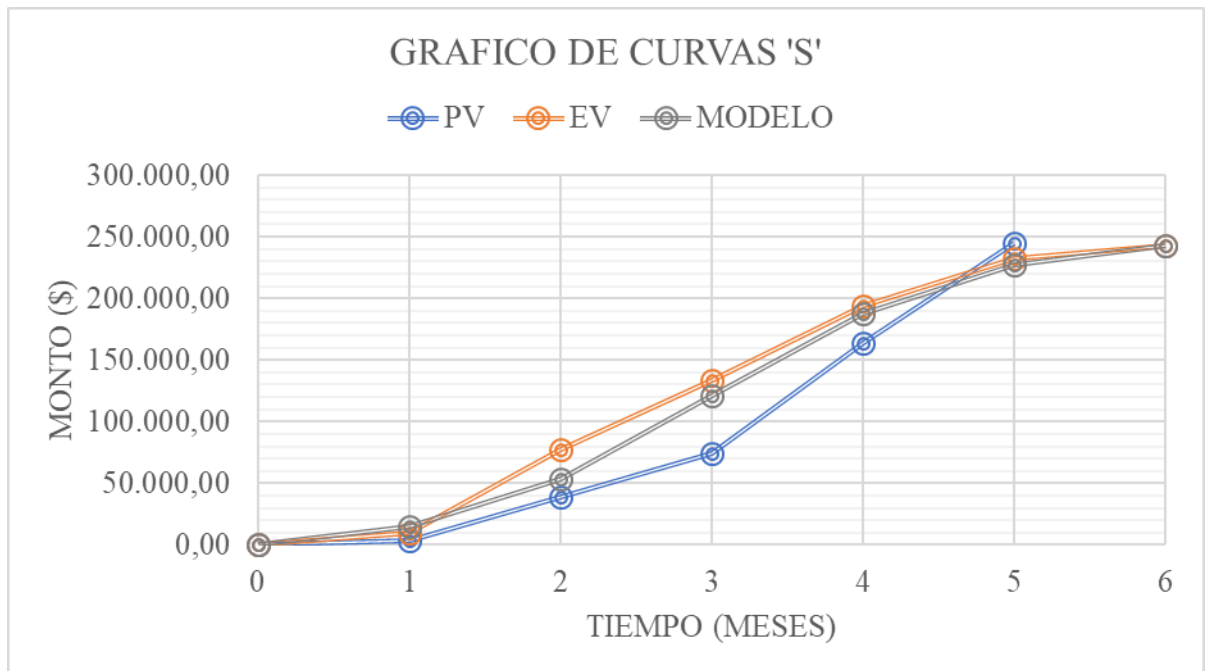
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 9.877,03
2	\$ 77.025,80
3	\$ 133.307,61
4	\$ 193.409,63
5	\$ 232.042,87
6	\$ 242.428,64

**Tabla 58.** Valor ganado de proyecto Tanlahua. (EV)

**MODELO**

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 15.340,27
2	\$ 53.611,96
3	\$ 120.658,85
4	\$ 188.047,38
5	\$ 226.822,86
6	\$ 242.428,64

**Tabla 59.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Tanlahua. (MODELO)



**Figura 46.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Tanlahua.

El cronograma Gantt contractual transformado a curva de avance acumulado (PV) tiene forma cóncava, ya que se estimaba realizar pocas actividades en el primer mes y paulatinamente empezar a realizar actividades simultáneas hasta el mes cuatro, y en el mes cinco realizar lo que falte por ejecutarse.

Se observa que la curva de valor ganado (EV) está encima de la curva del valor planificado (PV), es decir que se realizaron más actividades de las que se programaron, además se estimó que se debía culminar en cinco meses, pero en realidad se culminó en

seis meses. Si se compara con la curva del MODELO, en el primer mes la curva del MODELO está encima de la curva del valor ejecutado (EV), pero desde el mes dos se observa que la curva del MODELO empieza a sobreponerse a la curva del valor ganado (EV). El coeficiente de determinación es igual a 0,99, por lo tanto, la curva 'S' estandarizada está muy próxima a la curva del valor ganado (EV). Con el modelo matemático, en el contrato se hubiera presentado una mejor planificación.

### 3.2.2.2.14. Extensión de Red de Agua Potable Santa Rosa de Singuna

#### ***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 36.329,01
2	\$ 59.367,67
3	\$ 79.815,59

**Tabla 60.** Valor planificado de proyecto Singuna. (PV)

#### ***EV***

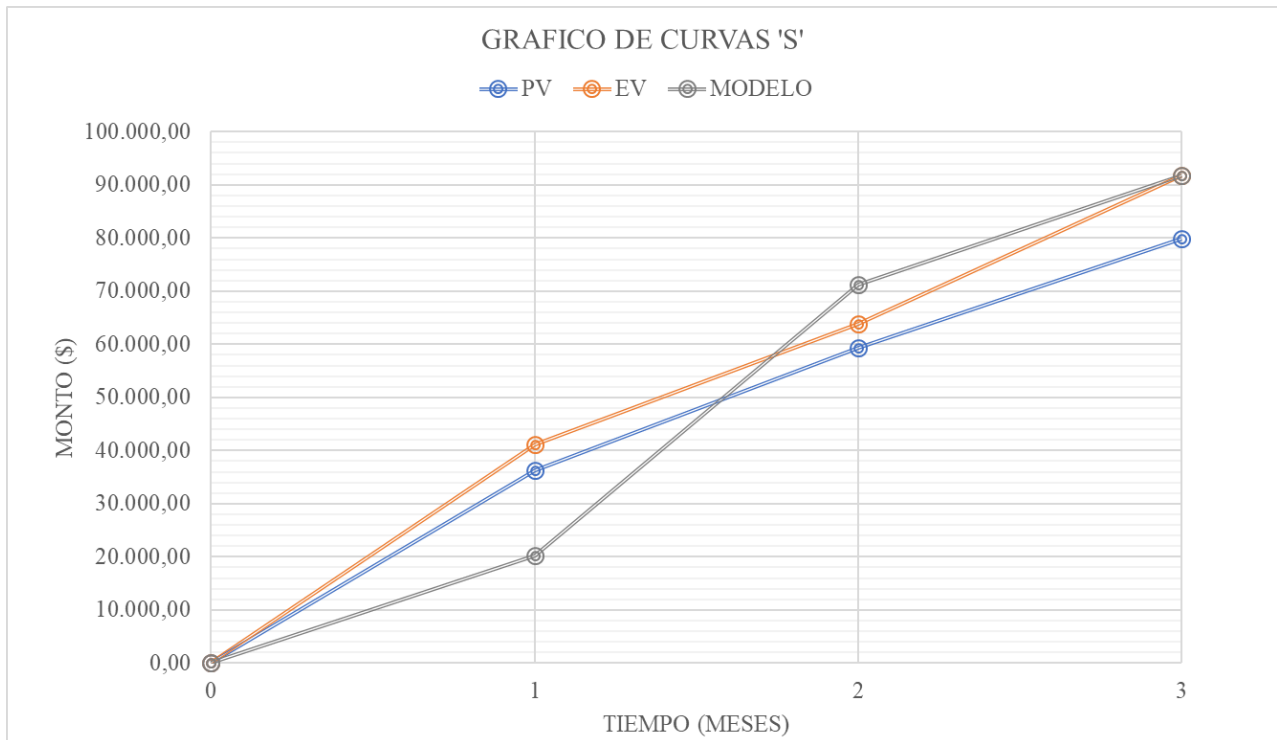
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 41.136,01
2	\$ 63.857,19
3	\$ 91.722,02

**Tabla 61.** Valor ganado de proyecto Singuna. (EV)

#### ***MODELO***

<b>T</b>	<b>MODELO</b>
0	\$ -
1	\$ 20.283,89
2	\$ 71.147,06
3	\$ 91.722,02

**Tabla 62.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Singuna. (MODELO)



**Figura 47.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Singuna.

En el cronograma se planificó, en el primer mes realizar casi la mitad del total del proyecto y de ahí en los dos últimos meses se realicen el resto de las actividades con un avance menor hasta su culminación.

Como se observa en el gráfico la curva del valor ganado (EV) está por encima de la curva del valor planificado (PV), la diferencia es de aproximadamente del 2%. Cabe recalcar que este proyecto tiene un aumento del 2% del costo original. Si se compara con la curva del MODELO en los primeros meses la curva del valor ganado (EV) está por encima de la curva del MODELO, pero en el mes y medio más o menos empieza la curva el MODELO a sobreponerse sobre la curva del valor ganado (EV). El coeficiente de determinación es igual a 0,92. Se puede notar las diferencias que existen entre la curva del MODELO y la curva del valor ganado (EV). Se recomienda en base a la curva del MODELO, en el primer mes realizar pocas actividades, en el mes dos la mayoría de las actividades para finalmente realizar las actividades restantes.

**3.2.2.2.15. Construcción del sistema de Agua Potable para la comunidad de Santa Eulalia, Parroquia Malchingui (Pedro Vicente Maldonado)**

***PV***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 20.100,37
2	\$ 73.020,65
3	\$ 136.990,07
4	\$ 136.990,07
5	\$ 137.036,32

**Tabla 63.** Valor planificado de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui (Pedro Vicente Maldonado) (PV).

***EV***

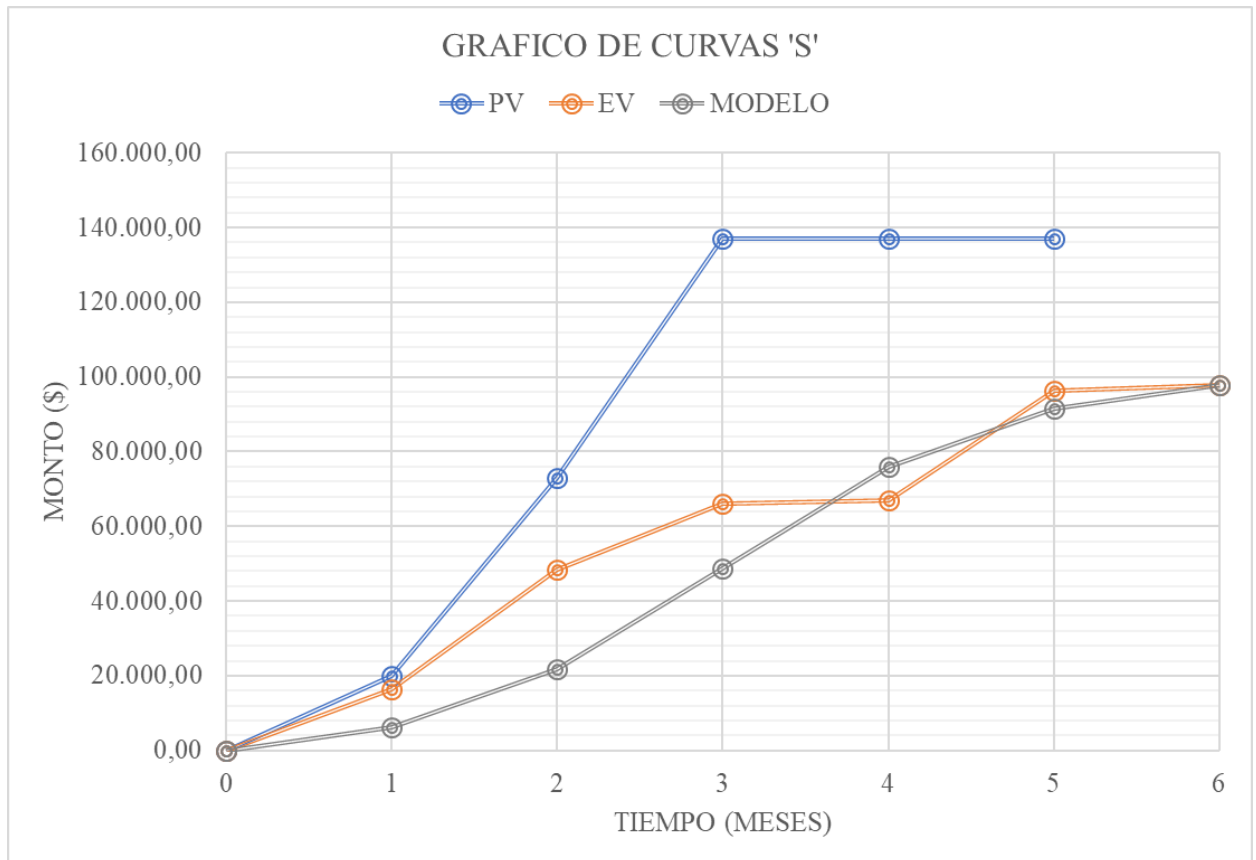
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 16.246,04
2	\$ 48.405,39
3	\$ 66.071,87
4	\$ 66.910,97
5	\$ 96.447,69
6	\$ 97.866,30

**Tabla 64.** Valor ganado de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui (Pedro Vicente Maldonado) (EV)

***MODELO***

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 6.192,73
2	\$ 21.642,67
3	\$ 48.708,91
4	\$ 75.913,06
5	\$ 91.566,38
6	\$ 97.866,30

**Tabla 65.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui. (Pedro Vicente Maldonado) (MODELO)



**Figura 48.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Santa Eulalia, Parroquia Malchingui. (Pedro Vicente Maldonado)

La forma del cronograma Gantt contractual transformado en la curva de avance acumulado se asemeja un poco la curva 'S', según el cronograma desde el mes dos se planificaba realizar la mayor cantidad de actividades y de forma acelerada para culminar casi con la totalidad del proyecto en el mes tres; en el mes cuatro no se realiza ninguna actividad y en el mes cinco se realiza las actividades faltantes

La curva del valor planificado (PV) está encima de la curva del valor ganado (EV) significa que el proyecto avanzó con un costo menor hasta su culminación. Pero también se observa que en el mes cuatro, no se realizaron varias actividades y se aceleró en el mes cinco, para así culminar en el mes seis. Si se compara con la curva del MODELO, al inicio del proyecto la curva del valor ganado (EV) está por encima de la curva del MODELO, pero a los tres meses y medio se encuentra por encima de la curva del valor

ganado (EV) para finalmente estar nuevamente debajo de la curva del valor ganado (EV), por ello el coeficiente de determinación es igual a 0,91, por las diferencias que existen.

### 3.2.2.2.16. Sistema de Agua Potable Barrio Cuendina Albornoz

#### ***PV***

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 39.608,82
2	\$ 120.336,71
3	\$ 158.789,98

**Tabla 66.** Valor planificado de proyecto Cuendina Albornoz. (PV)

#### ***EV***

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 56.597,51
2	\$ 94.421,34
3	\$ 133.861,40

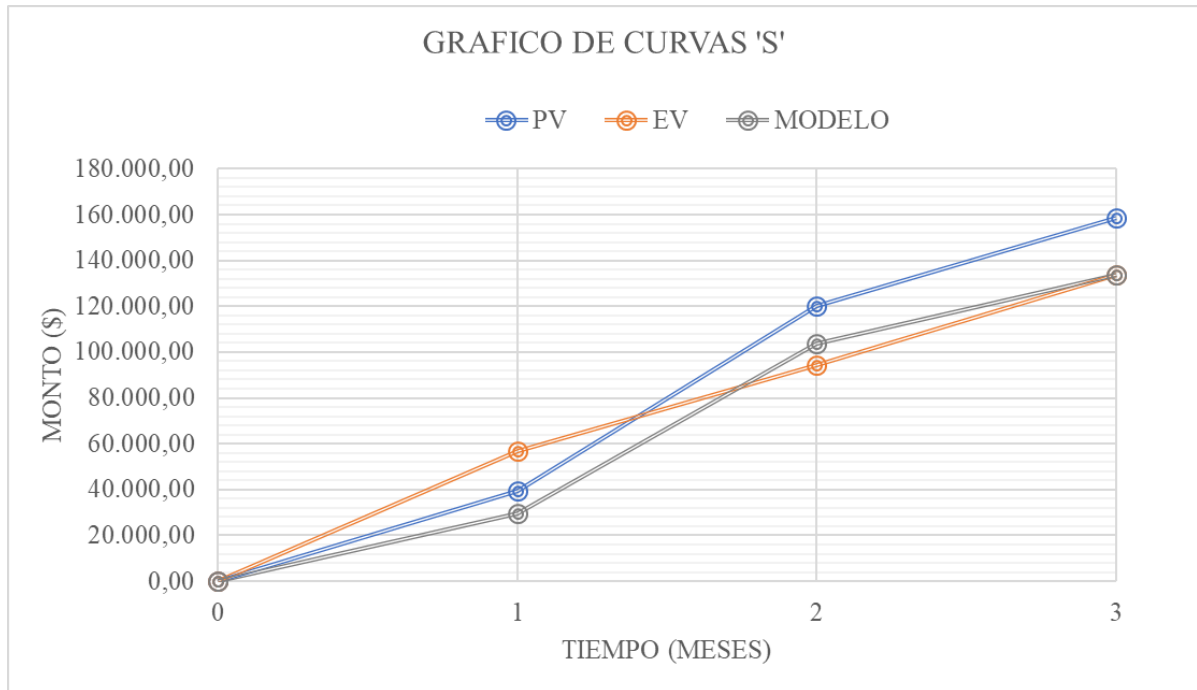
**Tabla 67.** Valor ganado de proyecto Cuendina Albornoz. (EV)

#### ***MODELO***

T	MONTO
0	\$ -
1	\$ 29.602,82
2	\$ 103.833,79
3	\$ 133.861,40

**Tabla 68.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Cuendina Albornoz.

(MODELO)



**Figura 49.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Cuendina Albornoz.

La curva del cronograma Gantt contractual transformado en curva de avance tiene forma de 'S'; se planificó en el mes dos realizar la mitad de la totalidad del proyecto, es decir, actividades simultáneas con un costo alto y en el último mes realizar un avance menor.

En los primeros meses la curva del valor ganado (EV) está encima de la curva del valor planificado (PV) y en la mitad del proyecto la curva del valor ganado (EV) baja para estar por debajo de la curva del valor planificado (PV), lo que significa que costo menos de lo planificado. Si se compara con la curva del MODELO hasta casi mes y medio está por debajo de la curva del valor ganado (EV) y a continuación la curva del valor ganado (EV) casi se aproxima a la curva del MODELO, por ello su coeficiente es de 0,94.

### 3.2.2.2.17. Construcción Sistema de Agua Potable en Patagua.

#### **PV**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 36.646,77
2	\$ 77.214,81
3	\$ 154.710,56
4	\$ 173.366,84

**Tabla 69.** Valor planificado de proyecto Patagua. (PV)

#### **EV**

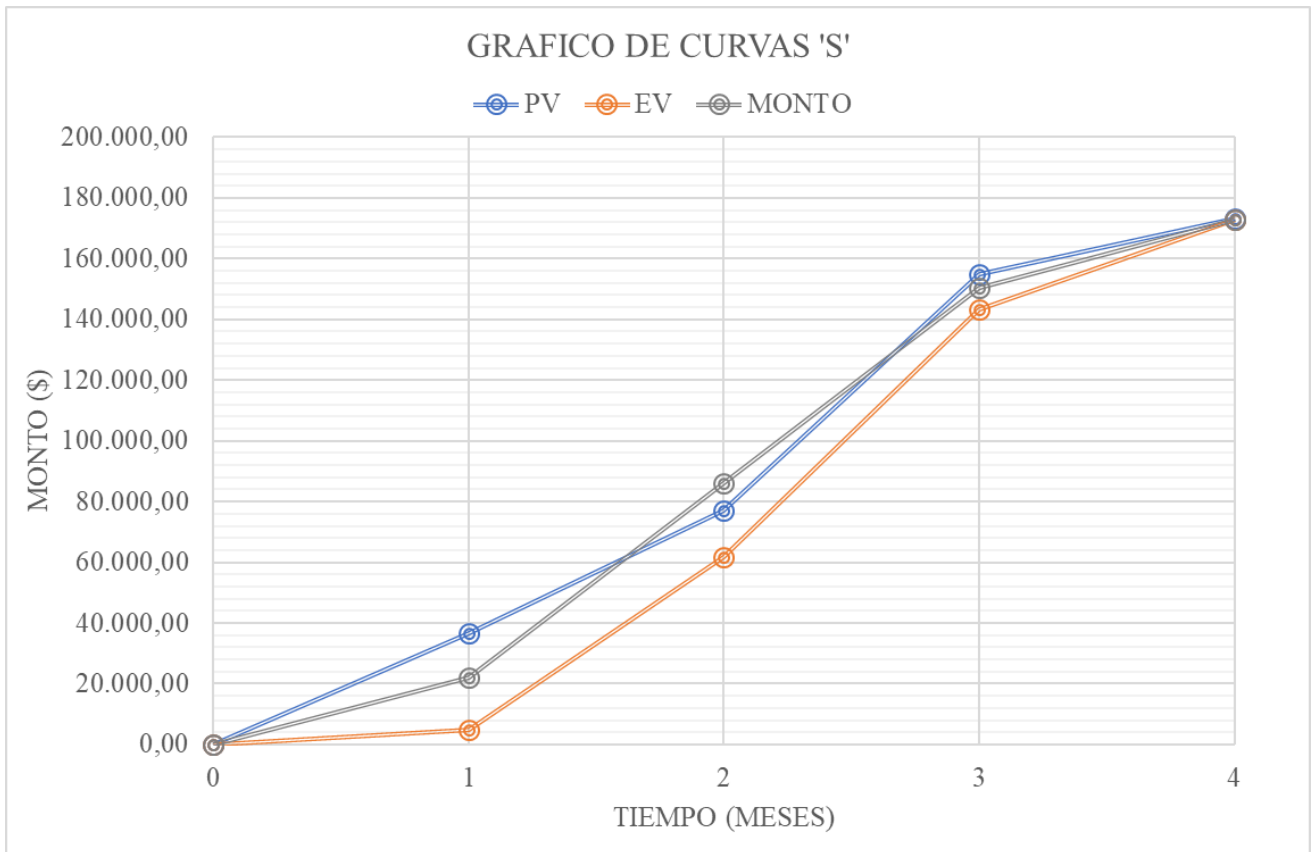
<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 4.914,55
2	\$ 61.820,73
3	\$ 143.268,81
4	\$ 172.762,78

**Tabla 70.** Valor ganado de proyecto Patagua. (EV)

#### **MODELO**

<b>T</b>	<b>MONTO</b>
0	\$ -
1	\$ 21.878,26
2	\$ 85.985,55
3	\$ 150.531,87
4	\$ 172.762,78

**Tabla 71.** Valor de la curva 'S' estandarizada de proyecto Patagua. (MODELO).



**Figura 50.** Gráfico de curvas 'S' proyecto Patagua.

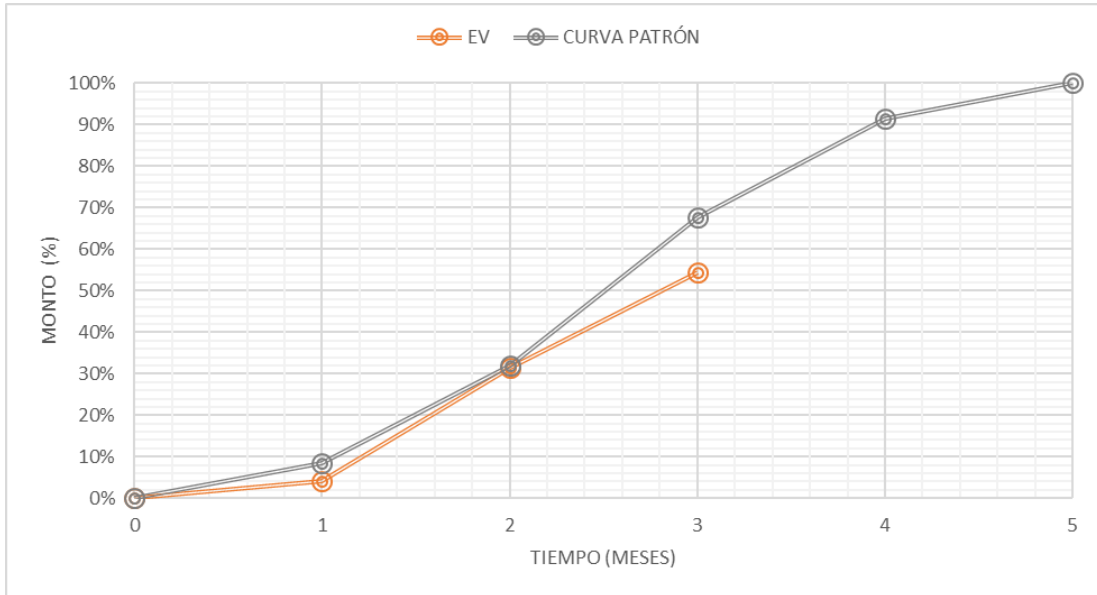
El cronograma Gantt contractual transformado a la curva de avance acumulado tiene forma de 'S', donde el primer mes se planificó un 21%, en el mes dos se planificó realizar un 23% y en el mes tercero casi la mitad del proyecto para finalmente realizar el último mes solo un 10%.

Como se observa en la curva del valor ganado (EV) está por debajo de la curva del valor planificado (PV), esto significa el proyecto realizó menos actividades de las que se propusieron, pero finalmente culminó con el costo del proyecto y en el tiempo establecido. Si se compara con la curva del MODELO está por encima de la curva del valor ganado (EV), pero de forma paralela; su coeficiente de determinación es igual a 0,98, pero en el último mes las dos curvas casi se aproximan.

### 3.2.3. Ventajas.

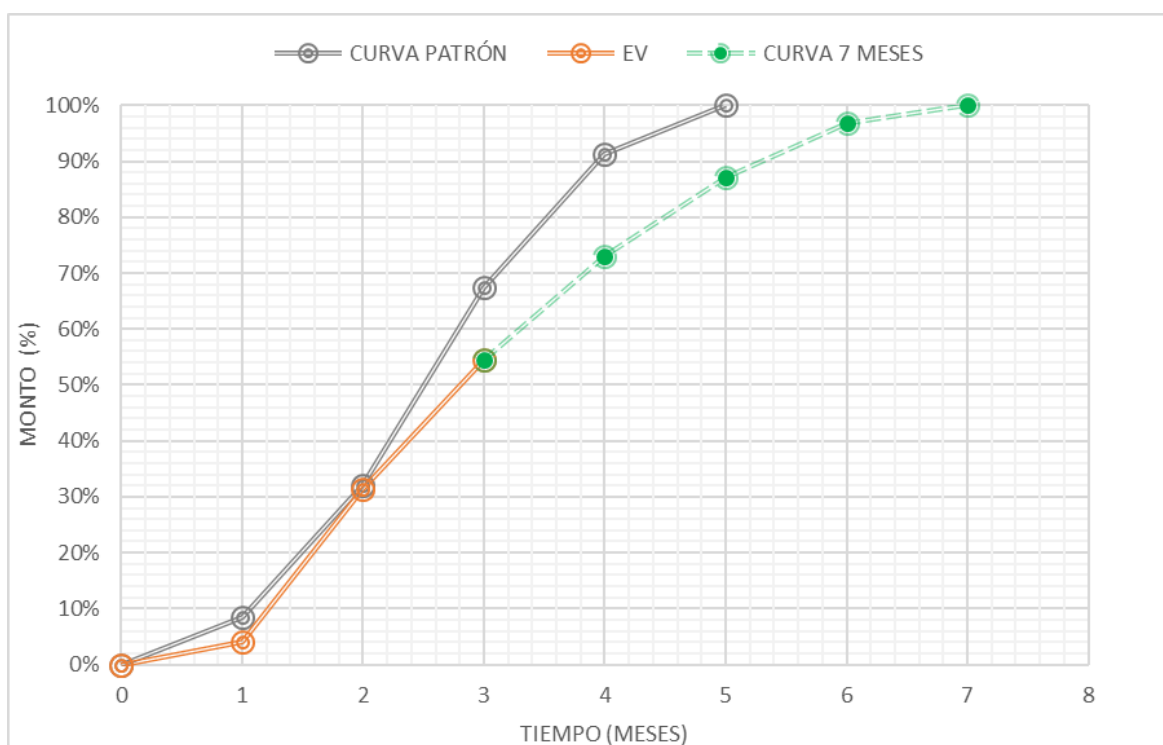
Las dos ventajas más importantes de tener la curva 'S' estandarizada son: la primera, tener una base para realizar el cronograma inicial de una forma más precisa y la segunda realizar controles mientras avanza la obra.

Si se tiene como ejemplo un proyecto de agua potable, donde el plazo es de cinco meses, como se observa en la **figura 50**, la curva del valor ganado (EV) está por debajo de la curva patrón esto significa que el proyecto se encuentra retrasado. En el mes tres tiene un avance del 54%, es decir, en base a la curva patrón tiene una demora del 13%.



**Figura 51.** Ejemplo curva del valor ganado (EV) Vs. curva ‘S’ PATRÓN

Para el proyecto mencionado anteriormente, donde la curva del valor ganado (EV) está por debajo de la curva patrón existen dos opciones para la culminación del proyecto, ya sea el reprogramar para culminar en cinco meses o seguir la tendencia de la curva del valor ganado (EV) para culminar en siete meses como se representa a continuación.



**Figura 52.** Representación de culminación de proyecto en 7 meses.

Para realizar la reprogramación donde se culmine a los cinco meses, se calcula con la respectiva fórmula como si fueran dos meses.

T	Monto (%)
0	0%
1	50%
2	100%

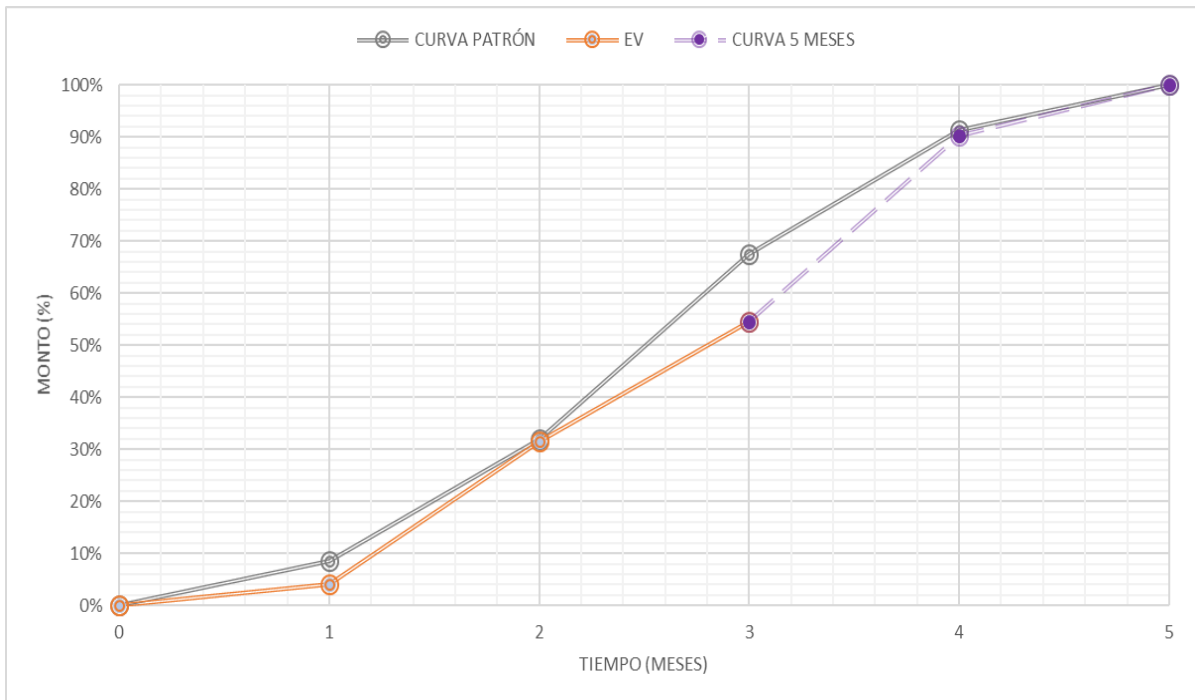
**Tabla 72.** Cálculo de curva 'S' estandarizada de dos meses.

Para calcular el valor del cuarto mes se debe multiplicar el porcentaje calculado en el tiempo uno por el porcentaje que falta para la culminación del proyecto, en este caso 46%; con ese valor obtenido sumar el valor del tercer mes y también sumar el porcentaje del retraso ya que es acumulativo.

MES	4	5
TEORICO %	50%	50%
TERCER MES %	54%	
VALOR	23%	10%
RETRASO %	13%	
TOTAL	90%	100%

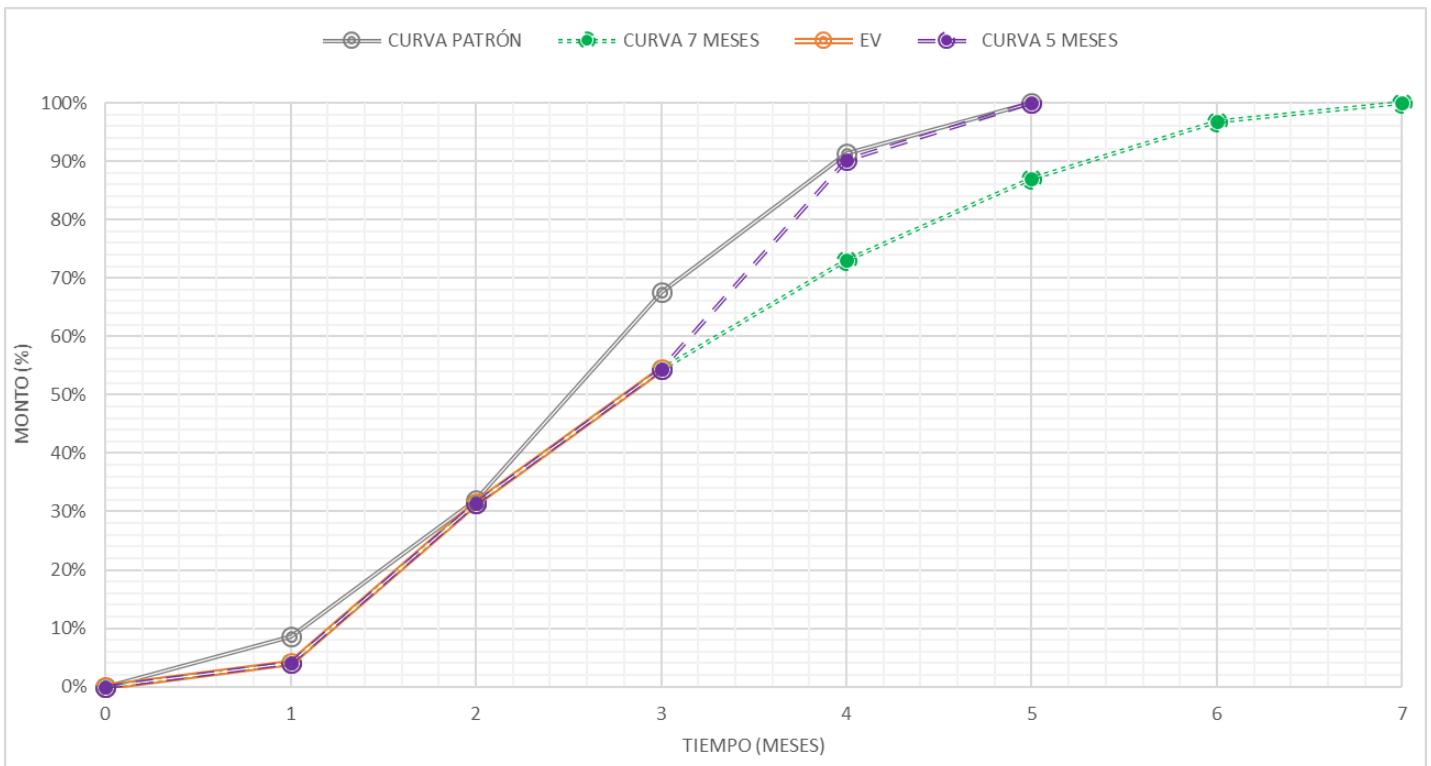
**Tabla 73.** Valores de la programación de los dos últimos meses.

En la **figura 52** se representa la reprogramación para la finalización del proyecto en los cinco meses.



**Figura 53.** Representación de culminación de proyecto en 5 meses.

En la **figura 53** se representa las dos posibles soluciones de programación para la finalización del proyecto.



**Figura 54.** Representación de las dos posibles soluciones de programación para culminación de proyecto.

### 3.2.4. Programación.

Para facilitar el buen uso de la curva se diseñó una hoja de cálculo que a continuación se explica su funcionamiento:

- Existe una hoja que se llama **INGRESO DE DATOS**. Se debe colocar el nombre del proyecto, el costo, en la casilla C4 se debe colocar el tiempo, es decir, se debe colocar el tiempo del contrato ya sea Días, Semanas o Meses y en la casilla C5 se coloca el número de días, semanas o meses. A continuación, se pulsa la flecha INICIAR.

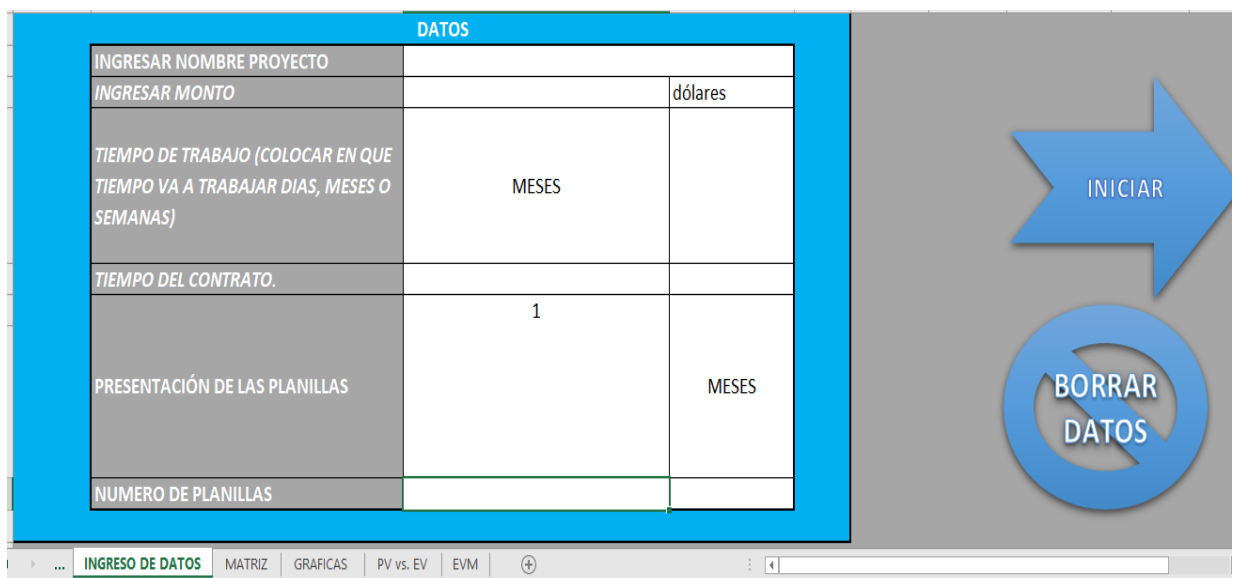


Figura 55. Ingreso de datos.

- En la hoja con nombre **MATRIZ** es donde se realiza el respectivo cálculo para la obtención de la curva 'S' estandarizada.

$$x(t) = 1,064519 * \left[ \frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492} + e^{6,931472t}} - \frac{1}{e^{3,475492} + 1} \right]$$

T	Ti (Días/ Meses)	Ti (MESES)	Ti (Semanas/meses)	t/1 (Días/ Meses)	t/1 (MESES)	t/1 (Semanas/meses)	e^abt	Y %	MONTO
0		0			0		1	0	\$ -
1		1			0,2		4,00000156	0,085304	\$ 213.259,19
2		2			0,4		16,00000124	0,320581	\$ 801.452,95
3		3			0,6		64,00000746	0,675413	\$ 1.688.533,38
4		4			0,8		256,0000398	0,913255	\$ 2.283.137,82
5		5			1		1024,000199	1	\$ 2.499.999,77
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									

Figura 56. Matriz de cálculo de la curva 'S' estandarizada en proyectos de agua potable.





Figura 59. Matriz de cálculo EVM

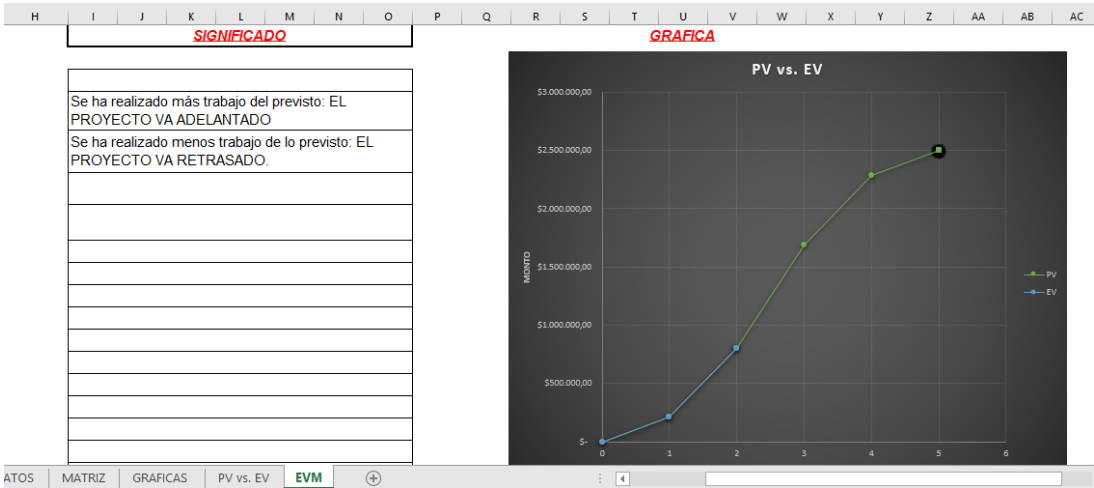


Figura 60. Gráfica PV Vs. EV.

#### 4. CONCLUSIONES.

- Mediante el análisis de los diagramas de Gantt transformados a curvas de avance acumulada de los proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha, se obtuvo como resultado que el 35,00% de los proyectos no se logra ejecutar dentro del costo y el tiempo que se programó inicialmente, debiéndose realizar reprogramaciones en todos estos casos.
- Mediante el análisis de los diagramas de Gantt transformados a curvas de avance acumulada de los proyectos de agua potable de Pichincha, apenas el 18% realiza una planificación correcta, donde la curva de inversión tiene forma de 'S', logrando en el avance de obra, el cumplimiento en tiempo y costo de lo contratado.
- El diagrama de Gantt transformados a curva de avance acumulada que tienen forma cóncava, no se recomienda porque hay riesgo que no se cumpla en el tiempo establecido y el costo se eleve. Si analizamos las curvas de inversión de avance de obra de estos proyectos se tuvo que realizar reprogramaciones o tomar medidas para lograr su conclusión.
- El 35,00% de los proyectos analizados con respecto a sus avances de obra, concluyó más tarde de lo planificado y sin haber realizado reprogramaciones; las dos terceras partes de estos proyectos costaron menos de lo planificado o se mantuvo el costo contratado y una tercera parte concluyó con un mayor costo del contrato.
- De los proyectos analizados en los avances de obra que han realizado reprogramaciones mejoraron en tiempo y costo, por lo tanto, la reprogramación fue efectiva.
- Como resultado de la encuesta, se tiene que en la provincia de Pichincha el 22,00% de los encuestados han participado entre 6 a 10 proyectos. De estos proyectos, solo el 63,00% se ha ejecutado dentro del plazo contractual. El 25,00% de los encuestados han participado entre 11 o más proyectos y solo el 56,00% de estos proyectos se ha ejecutado dentro del plazo contractual y el 53,00% que han participado entre 0 a 5 proyectos se han ejecutado dentro del plazo contractual. En conclusión, de cada 10 proyectos 4 no se llegan a cumplir dentro del plazo inicial.
- De la encuesta realizada, el 61,00% menciona que las conexiones domiciliarias son las que producen mayor retraso en obra. De los proyectos analizados que

contemplan el componente “conexiones domiciliarias”, se corrobora que incide en el retraso. Dado que, al comparar la planificación inicial de este componente con las planillas del trabajo ejecutado, se comprueba que durante el tiempo correspondiente a las ampliaciones de plazo se ejecutan las conexiones domiciliarias

- Los encuestados manifiestan que la medida más efectiva para finalizar los proyectos es la ampliación de plazo contractual. En el 18,00% de los proyectos investigados se realizó esta acción y su efecto, en el avance de obra, fue eficaz porque se logró terminar los proyectos.
- Del análisis realizado se obtuvo el siguiente modelo matemático:

$$x(t) = 1,064519 * \left[ \frac{e^{6,931472t}}{e^{3,475492} + e^{6,931472t}} - \frac{1}{e^{3,475492} + 1} \right]$$

Para  $t_i \in [0,1] \wedge x(t) \in [0,1]$

Con este modelo se logra estandarizar la curva ‘S’ para la programación de obra de cualquier proyecto de agua potable en la provincia de Pichincha en función del plazo contractual.

- Los coeficientes de determinación obtenidos de cada uno de los proyectos considerados varían entre 0,87 a 1,00. El coeficiente de determinación total de todos los proyectos es de 0,92 y su correlación con el modelo obtenido es de 0,96; logrando estandarizar un comportamiento ideal en la construcción de proyectos de agua potable en la provincia de Pichincha.
- Para la alimentación del modelo se ocupó solo los proyectos que no tenía reprogramaciones, pero al momento de comparar el modelo de la curva ‘S’ aquí presentada con los proyectos que tenían reprogramaciones, el coeficiente de determinación varía entre 0,89 a 0,97. El coeficiente de determinación total de los proyectos con reprogramación es de 0,97 y su correlación con el modelo obtenido es de 0,98, por lo tanto, la curva logra tener una buena tendencia en los proyectos de agua potable de la provincia de Pichincha
- De las encuestas realizadas se concluye que las tres causas más importantes que inciden en el retraso de los proyectos de agua potable son: la deficiencia en estudios, incrementos en cantidad de obra y modificaciones técnicas.

- Como resultado de la encuesta, el 81,00% de los encuestados para realizar la planificación y control de proyectos utilizan la herramienta Barras Gantt, y el 89,00% de los encuestados ha empleado para la planificación y control de proyectos el programa Ms Project.

## 5. RECOMENDACIONES

- Utilizar la curva ‘S’ patrón del modelo aquí presentado, solamente cuando el proyecto de agua potable vaya desde la conducción hasta las conexiones domiciliarias; si un proyecto tiene entre sus elementos plantas de tratamiento, no es apropiada para su uso, ya que en la investigación no se contempló la construcción de plantas de tratamiento por la dificultad que se presenta al tratar de estandarizar este elemento entre los distintos proyectos.
- Realizar la planificación de las inversiones y control permanente en obra, y si se presentan imprevistos tomar medidas correctivas dependiendo del caso.
- Comparar la curva “S” patrón aquí presentada, con la curva “S” desarrollada en la programación de obra para controlar el cronograma, evitar retrasos y aumento en los montos, logrando cumplir con lo planificado.
- Indicar cada uno de los componentes del método del valor ganado (EVM) en la curva ‘S’ desarrollada en obra desde el inicio hasta la finalización del proyecto, para así realizar la respectiva comparación de cada uno de los indicadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALICANTE Glosario Términos estadísticos. (2017). Obtenido de glosarios.servidor-alicante.com: <https://glosarios.servidor-alicante.com/terminos-estadistica/histograma-de-recursos>
- Anónimo. (2005). BVSDE. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec5.pdf>
- Anónimo. (2011). NameCheap. Inc. Obtenido de Redes de distribución Malladas - Asignación de caudales.: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/06/redes-de-distribucion-malladas.html>
- Anónimo. (s.f.). Lucidchart. Obtenido de PERT Chart Templates: <https://www.lucidchart.com/pages/pert-chart-templates?a=0>
- Ashley, D. B., & Teicholz, P. M. (1977). "Pre-estimate cash flow analysis." J. Constr. Div., 103 (3),369-379.
- Bouissabaine, A., & Kaka, A. (1998). "Anuralnetworksapproachfor cost flow forecasting." Constr. Manage. Econ., 16(4), 471-479.
- Canive, T. (s.f.). ¿Qué es la RUTA CRÍTICA? Sinnaps - Project Management. Obtenido de <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodo-de-la-ruta-critica>
- Cardenas, D., & Patiño, F. (2010). ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY. (TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO CIVIL). Universidad de Cuenca, Facultad de Ingenieria, Escuela de Ingenieria Civil, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- Chao, L. C. (2009). "Estimating project S-curves using polynomial function and neural networks." J. Constr. Eng. Manage., 135(3),169-177.
- Chen, H. L. (2007). "Developing cost response models for company-level cost flow forecasting of project-based corporations." J. Manage. Eng, 23(4),171-181.

- Cheng, Y.-M., Yu, C.-H., & Wang, H.-T. (2011). Short-Interval Dynamic Forecasting for Actual S-Curve in the Construction Phas. American Society of Civil Engineers., 933.
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo. (1025-9929), 153-170.
- Código Ecuatoriano de la construcción de parte IX obras sanitarias. Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes [CO 10.07-601]. (18 de agosto de 1992). R.O. No. 6-1992-08-18.
- Código Orgánico de Organización territorial. [COOTAD] [Ley 0 de 2010]. (23 de octubre de 2018). RO. 303 19 de octubre de 2010.
- Constitución de la República del Ecuador [Const.]. (2008). 2da ED. CEP. R.O 449 de octubre de 2008.
- Debitoor. (s.f.). Debitoor. Obtenido de Glosario de Contabilidad:  
<https://debitoor.es/glosario/definicion-coste>
- Emagister Servicio de Formación S.L. (2007). Comunidad E-magister. Obtenido de Courses Comunidad Emagister:  
[https://www.emagister.com/uploads\\_courses/Comunidad\\_Emagister\\_66885\\_66885.pdf](https://www.emagister.com/uploads_courses/Comunidad_Emagister_66885_66885.pdf)
- Ernest, William. (15 de June de 2011). Tema: Curva S. Planificación del Alcance, Tiempo y Costo. Universidad para la Cooperación Internacional., Costa Rica. Obtenido de Curva S - Curva\_S.pdf:  
[http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD-05/BLOQUE-ACADEMICO/UNIDAD4/Curva\\_S.pdf](http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD-05/BLOQUE-ACADEMICO/UNIDAD4/Curva_S.pdf)
- Estrella, I. (2011). FORMULA DE POBLACION FINITA E INFINITA. Obtenido de <https://www.scribd.com/doc/69151419/FORMULA-DE-POBLACION-FINITA-E-INFINITA>
- Fernández, A., Flores, A., & Soler, A. M. (diciembre 2007-enero 2008). Gestao de custos de projetos: aplicando o método da corrente crítica. Curitiba: Mundo PM.
- Fernández, A. (2014). Empresas Construcción Directorio Empresarial. Obtenido de <http://www.empresasconstruccion.es/redes-de-distribucion-agua-potable/>

- Garriga, A. (2015). Recursos Enprojectmanagement. Obtenido de Recursos Enprojectmanagement:  
<https://www.recursoseprojectmanagement.com/metodo-de-montecarlo/>
- Geyer, J., Okun, D., & Fair, M. (1976). Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales (3era ed.). Limusa, México.
- Guadalupe, R., & Valderrama, F. (s.f.). Quick planning using 'S' curves and cost based durations. 17th International congress on project management and engineering. Logroño (España): Universidad de la Rioja.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2010). Cartografía digital. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/cartografia-digital-2010/>
- Kaka, A., & Lewis, J. (2003). “Development of a company-level dynamic cash flow forecasting model (DYCAFF)”. *Constr. Manage. Econ*, 21(7), 693-705.
- Kenley, R., & Wilson, O. (1986). “A construction project cash flow model — An idiographic approach.”. *Constr. Manage. Econ*, 4(3), 213-232.
- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública [Ley 1 de 2017]. (21 de agosto de 2018). R.O 395 de 04 de agosto de 2008.
- López, F. (s.f.). Economipedia. Obtenido de Coeficiente de determinación (R cuadrado):  
<https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>
- López, J. (2007). Formulación y diseño del proyecto de saneamiento Unipampa Zona 9. Almacenamiento y abastecimiento de agua potable. CONCYTEC. Obtenido de <https://www.slideshare.net/humbertoespejo2/almacenamiento-de-agua-69033318>
- Lopez, J. (2010). Fundamentos de Biología Aplicada I. Obtenido de <http://www.ugr.es/~jllopez/Ajustes.pdf>
- Mattos, A., González Fernández de Valderrama, F., & Sainz Avía, J. (2014). Métodos de planificación y control de obras. Barcelona.

- Minitab. (2018). Obtenido de Soporte de MiniTab 18: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/about-the-central-limit-theorem/>
- Moliá, R. (1987). Abastecimiento y saneamiento. España: Escuela de Negocios [EOI].
- Murmis, G. M. (1997). “‘S’ curves for monitoring project progress.”. *Project Manage. J.*, 28 (3),29-35.
- New Hampshire Department of Environmental Services. NH. (1986). Design Standards for Small Public Drinking Water Systems.
- OBS Business School. (2000). Project Management. Retrieved 2019, from obs-edu: <https://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- Osorio, J. (2019). Quito: [Desarrollo de modelo matemático para estandarizar curva 'S' patrón en proyectos de agua potable].
- Peer, S. (1982). “Application of cost-flow forecasting models.”. *J. Constr. Div.*, 108(2),226-232.
- Project Management de La Salle Campus Barcelona. (2014). La Salle Campus Barcelona. Recuperado el abril de 2019, de La Salle Project Management: [http://wikibes.salleurl.edu/index.php/Curva\\_S](http://wikibes.salleurl.edu/index.php/Curva_S)
- Project Management Institute. (2013). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Quinta ed.). Newtown Square, Pensilvania: Project Management Institute, Inc.
- Reglamento a la Ley Orgánica Sistema Nacional de Contratación Pública. [Decreto Ejecutivo 1700 de 2009]. (24 de octubre de 2018). RO. 588 de 12 de mayo de 2009.
- Rodriguez, D., Rodriguez, A., Velandia, D., & Rodriguez, A. (2018). Educación e Inclusión para pequeños comerciantes desde el contexto contable y financiero. Corporación Universitaria minuto de Dios, Facultad de Ciencias Empresariales, Contaduría Pública. Bogota: SCRIB. Obtenido de <https://www.scribd.com/document/391762637/Opcion-de-Grado-251018>

- Sánchez Calvo, R., Castañón Lión, G., & Rodríguez, M. (2012). Replanteo de redes de distribución de agua y saneamiento. España: PARANINFO.
- Secretaría del Agua. (04 de 2014). NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL. ECUADOR. Obtenido de [https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma\\_rural\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_rural_para_estudios_y_disenos.pdf)
- Servicio Nacional de Contratación Pública [SERCOP]. (2018). Obtenido de La Institución: <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/la-institucion/>
- Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico [SENASBA]. (2008). Biblioteca del Agua SENESBA. Obtenido de <http://bibliotecadelagua.sirh.gob.bo/docs/pdf/185.pdf>
- Universidad Central del Ecuador. (1968). Manual de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado. Quito: FACULTAD DE INGENIERIA.
- USAID. (2016). Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad. Tegucigalpa (Honduras): United States Agency for International Development (USAID), Manual 23, Servicios Públicos, caja de herramientas 2. Obtenido de [http://observatoriodescentralizacion.org/descargas/wp-content/uploads/2017/08/manual\\_23.pdf](http://observatoriodescentralizacion.org/descargas/wp-content/uploads/2017/08/manual_23.pdf)
- WordReference. (s.f.). WordReference. Recuperado el 2019, de Diccionario Español: <http://www.wordreference.com/definicion/patr%C3%B3n>

## ANEXOS

### Anexo 1 MODELO GENERAL DE CARTA ENVIADA PARA LA INVESTIGACIÓN.





<p>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Civil</p> 	<p>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Civil</p> 
<p>Quito DM, 28 de mayo de 2018</p> <p>Señor Ingeniero Angel Revelo <b>GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN PEDRO MONCAYO</b> Presente.</p> <p>De mi consideración:</p> <p>Con un atento saludo deseo extenderle mis agradecimientos por la respuesta positiva para colaborar con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a través de la Carrera de Ingeniería Civil, facilitándonos la información para el proyecto de investigación denominado: "Elaboración de curvas S patrón, para la planeación de proyectos de construcción en Ecuador, según su naturaleza.", en el que participan docentes y estudiantes.</p> <p>La información que requerimos nos haga llegar preferiblemente en medio magnético o caso contrario de manera física es la que se detalla a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Cronograma inicial de obra</li><li>2. Plazo de ejecución</li><li>3. Reprogramaciones realizadas en caso de haberlas</li><li>4. Planillas de avance de obras</li><li>5. Planilla de liquidación</li><li>6. Informes de fiscalización</li><li>7. De preferencia también requerimos los Análisis de Precios Unitarios de los rubros del contrato.</li></ol> <p>Cabe mencionar que no es necesario que nos den a conocer el nombre del proyecto, aunque por tratarse de un proyecto de investigación con fines académicos, la información particular de los proyectos que se utilice para el análisis se mantendrá bajo estricta reserva acogiéndose a las políticas de Ética de la PUCE; sin embargo, se espera con este proyecto obtener como resultado un modelo matemático que sirva para la elaboración de curvas S patrón que serán de utilidad a todos los sectores involucrados en la industria de la construcción.</p> <p>El insumo principal para el éxito de este proyecto es la obtención de información relacionada a la planificación y ejecución de proyectos de obras públicas tanto en Consultoría como en Construcción, realizados en Ecuador durante los últimos diez años. Es por esta razón que necesitamos la información de la mayor cantidad de proyectos posible relacionados a los siguientes campos:</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Vialidad (carreteras, vías urbanas, vías rurales, puentes)</li><li>2. Alcantarillado (sanitario, pluvial, combinado, plantas de tratamiento de aguas residuales)</li><li>3. Agua potable (planes maestros, redes de distribución, plantas de tratamiento)</li></ol> <p>Le pido de la manera más comedida que la información sea entregada a la siguiente persona:</p> <p>ANDREA KARINA GRANJA CARRERA (CI: 1724305816) Estudiante de Ingeniería Civil de la PUCE.</p> <p>Seguro de contar con su apoyo, anticipo mis agradecimientos, y a la vez le deseo éxitos en el desempeño de sus delicadas labores.</p> <p>Atentamente,</p> <p> Ing. Juan Merizalde Aguirre DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN jmerizalde@puce.edu.ec celular: 0998323412</p> <p>Quito, 28 de Mayo del 2018</p> <p> VISTO BUENO DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA</p>
<p>Dirección Plaza del Campesino Apartado postal 17-01-0374 Telf: (052) 2 299 2000 ext. 1438 Quito - P.O.</p> 	<p>Dirección Plaza del Campesino Apartado postal 17-01-0374 Telf: (052) 2 299 2000 ext. 1438 Quito - P.O.</p> 

Figura 61. Anexo modelo carta enviada para la investigación.