PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

"COMPARACIÓN DEL MODELO LOGÍSTICO CON EL MODELO DE GOMPERTZ EN LA PLANEACIÓN DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADOS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA"

AUTOR:
Miguel Alejandro Asquel Chicaiza

QUITO DM, JUNIO DE 2022

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

1 Capítulo I: Introducción 6

1.1 Justificación 6

1.2 Estado del Arte 7

1.2.1 Modelo logístico o de Verhulst 7

1.2.2 Curva Logística en proyectos de alcantarillados en Pichincha 8

1.3 Planteamiento del problema 8

1.4 Objetivos: 9

1.4.1 Objetivo General 9

1.4.2 Objetivos Específicos 9

1.5 Alcance 9

1.6 Metodología a emplearse 10

2 Capítulo II: Fundamentación Teórica 11

2.1 Marco Conceptual 11

2.2 Antecedentes 12

2.3 Importancia de la planificación de proyectos 12

2.4 Curvas S 12

2.5 Métodos utilizados para la elaboración de curvas S en la planificación de proyectos 14

2.5.1 Método del valor ganado 14

2.6 Proyectos de alcantarillado 15

2.7 Método de Gompertz 15

2.8 ¿Qué es el método de Gompertz? Y sus usos..... 16

2.9 ¿Cómo se ha usado el método de Gompertz en la construcción? 16

2.10 Como se planifica un proceso de alcantarillado 17

2.11 Necesidad de un método de planificación en la planificación de alcantarillados 17

2.12 Evaluación y beneficios de implementación del modelo de Gompertz en la industria de la construcción 17

3 Capítulo III: Realización del método de Gompertz en obras de alcantarillado 19

3.1 Deducción de fórmulas, normalización, parametrización y aplicación en proyectos de alcantarillado en la provincia de Pichincha 19

3.2 Gráficas de dispersión de resultados obtenidos e interpretación..... 23

3.2.1 Modelo de Gompertz eliminando los datos atípicos:..... 24

3.3 Tabla de resultados con las ecuaciones propuestas por el método de Gompertz. 25

3.4 Uso de Software para la utilización del método..... 30

4 Análisis de resultados 31

4.1 Resultados obtenidos con el método de Gompertz de varias muestras..... 31

4.2 Análisis de resultados obtenidos con el método de Gompertz. 49

4.3 Coeficiente de determinación promedio del método..... 49

4.4 Comparación con el método logístico. 49

4.5 Rango de aceptación que puede tener el método frente a la vanguardia..... 50

5 Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones 52

5.1 Conclusiones 52

5.2 Recomendaciones 53

6 Bibliografía 54

7 Anexos 55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Curva S 11

Ilustración 2. Gráfica de dispersión con Curva Gompertz 23

Ilustración 3. Curva de Gompertz sin datos atípicos 24

Ilustración 4. Interfaz Matlab 30

Ilustración 5. Proyecto 1 31

Ilustración 6. Proyecto 2 31

Ilustración 7. Proyecto 3 32

Ilustración 8. Proyecto 4 32

Ilustración 9. Proyecto 5 33

Ilustración 10. Proyecto 6 33

Ilustración 11. Proyecto 7 34

Ilustración 12. Proyecto 8 34

Ilustración 13. Proyecto 9 35

Ilustración 14. Proyecto 10 35

Ilustración 15. Proyecto 11 36

Ilustración 16. Proyecto 12 36

Ilustración 17. Proyecto 13 37

Ilustración 18. Proyecto 14 37

Ilustración 19. Proyecto 15 38

Ilustración 20. Proyecto 16 38

Ilustración 21. Proyecto 17 39

Ilustración 22. Proyecto 18 39

Ilustración 23. Proyecto 19 40

Ilustración 24. Proyecto 20 40

Ilustración 25. Proyecto 21 41

Ilustración 26. Proyecto 22 41

Ilustración 27. Proyecto 23 42

Ilustración 28. Proyecto 24 42

Ilustración 29. Proyecto 25 43

Ilustración 30. Proyecto 26 43

Ilustración 31. Proyecto 27 44

Ilustración 32. Proyecto 2021 GAD Rumiñahui 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normalización de datos 22

Tabla 2. Gompertz en proyectos de alcantarillado..... 25

Tabla 3. Comparación modelo de Gompertz con Logístico 44

Tabla 4. Metodología del Valor Ganado Proyecto GAD Rumiñahui 51

Capítulo I: Introducción

Las obras de ingeniería civil generan significativa contribución a la economía cuando se habla de inversión, producción y nivel de empleo que se podría generar, a su vez involucra a otros sectores de la economía, ya que proporciona infraestructura y vialidad (ESPAE, 2016).

A su vez ha sufrido sustanciales cambios en los últimos años, ya sea por la competencia, globalización, demanda de artículos a la vanguardia, nuevas tecnologías y sobre todo la limitada disponibilidad de recursos financieros para efectuar los proyectos; por eso las empresas se han dado cuenta que es necesaria la planificación y control de obras, ya que estudios demuestran que si se carece de estas, las consecuencias se reflejan en baja productividad del sector, costos elevados y baja calidad del producto (Mattos & Valderrama, 2014).

El propósito del siguiente trabajo de titulación es implementar un modelo matemático (Gompertz) para planificar obras de alcantarillados y mediante su coeficiente de determinación evaluar que tan preciso es el mismo que servirá como modelo estandarizado para la planificación de futuras obras.

2.1 Justificación

Dentro de los proyectos de ingeniería es de suma importancia conocer los avances que va a tener una determinada obra, a su vez poder estimar su finalización, tanto para la entidad contratante como para el contratista y mientras más se aproxime al avance real, se puede entregar la planificación del proyecto de manera adecuada y evitar ambigüedades cuando ya se ejecute la obra como cuando se realicen las planillas en su mayoría mensuales, mediante el modelo Gompertz se podrá estimar el avance y los costos empleados de forma muy aproximada, ya que relaciona de manera directa el avance con el costo.

2.2 Estado del Arte

2.2.1 Modelo logístico o de Verhulst

La utilización del modelo logístico está motivada debido a la intención de mejorar el modelo de T.R. Malthus (Cortés López, Romero Bauset, Roselló Ferragud, & Villanueva Micó, s.f).

Para el modelo de Malthus se basa en una EDO de primer orden lineal homogénea:

$$p'(t) = \alpha p(t)$$

$$p(to) = Po$$

Considerando que alfa pertenece a los reales y Po es mayor que 0.

Resolviendo la ecuación diferencial nos queda:

$$p(t) = Poe^{\alpha(t-to)} \qquad (1)$$

p(t)=Población en el instante t.

Po=Población inicial.

α=Constante de crecimiento.

Pero como podemos observar si el tiempo tiende a infinito, la población tiende a infinito y no se puede lograr eso por la limitación de recursos.

Por eso, Verhulst mediante el método logístico plantea un modelo no lineal, el cual se basa en introducir $y(p(t))^2$ en la EDO anterior:

$$p'(t) = \alpha p(t) - y(p(t))^2$$

$$p(to) = Po$$

Donde α, y son mayores que 0 y Po también.

2.2.2 Curva Logística en proyectos de alcantarillados en Pichincha

Para hacer el ajuste logístico en términos de mínimos cuadrados discretos dada por la expresión:

$$x(t) = \frac{KAe^{rt}}{1 + Ae^{rt}}$$

A medida que t tiende a 1, x(t) tiende al costo total por lo K se toma igual a 1.

$$x(t) = \frac{Ae^{rt}}{1 + Ae^{rt}}$$

El modelo para trabajar en los proyectos quedaría:

$$\hat{x}(t) = 1.093433\left(\frac{e^{6.3649224t}}{e^{2.778286089}+e^{6.36492244t}} - 0.05851\right) \quad (2)$$

Según la curva logística en proyectos de alcantarillados a partir de la información de 27 proyectos en Pichincha, se logró un coeficiente de determinación promedio de 0.92 (Osorio, Merizalde, Castro, & Castro, 2019).

2.3 Planteamiento del problema

Las curvas "S" son herramientas importantes para la gestión de proyectos de construcción, ya que permiten visualizar el progreso del proyecto y predecir su finalización, a su vez los medios empleados y conocer con exactitud como se está invirtiendo el dinero ya sea en el sector público o privado. Por ese motivo es importante desarrollar de manera adecuada el modelo matemático y esperar una determinación de no menos de 0.85 considerando 0 alejado del valor real y 1 exactamente en el valor real.

Se plantea la elaboración de curvas "S" para la planeación de la construcción de proyectos de alcantarillados en la provincia de Pichincha, utilizando el modelo de Gompertz y contrastando con otros modelos ya desarrollados como el modelo logístico, para poder evaluar su eficacia.

2.4 Objetivos:

2.4.1 Objetivo General

Comparar el modelo matemático logístico y el modelo matemático de Gompertz mediante la elaboración de curvas “S” para la planeación de proyectos de construcción de alcantarillados en la provincia de Pichincha.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar los datos necesarios para elaborar las curvas "S", mediante la utilización del modelo de Gompertz, para proyectos de alcantarillados.
- Desarrollar curvas “S” utilizando el modelo de Gompertz para predecir el progreso y la finalización de los proyectos de construcción de alcantarillados.
- Evaluar el coeficiente de determinación del modelo de Gompertz, con el valor planeado (PV) para reconocer su eficacia.
- Concluir la precisión del modelo de Gompertz y las curvas "S" con el modelo logístico, y realizar ajustes si es necesario para mejorar su eficacia en la gestión de proyectos de construcción de alcantarillados.

2.5 Alcance

Recopilación de datos, se recopilará datos para de esta manera poder evaluar el modelo de Gompertz, con valores ya ganados dentro del proyecto (EV).

Análisis de datos, se analizarán los datos recopilados para ajustar la curva sigmoidea del modelo de Gompertz a los datos de progreso del proyecto.

Se elaborarán las curvas "S" que representen el progreso del proyecto y que permitan visualizar el ritmo de avance.

Al final se realizará la comparación las curvas “S” mediante el modelo de Gompertz con el modelo logístico para llegar a conclusiones pertinentes.

2.6 Metodología a emplearse

El procedimiento, se basa en la consulta bibliográfica de los temas a tratarse como usos de las curvas S con el método de Gompertz, planificación de obras sanitarias, otros métodos utilizados para la planificación de obras de alcantarillados.

Recopilación de datos, posteriormente aplicación del método.

Análisis del método y comparación con el método logístico, ya que se basan en curvas “S” y por último las conclusiones que puede abarcar el presente trabajo.

Capítulo II: Fundamentación Teórica

3.1 Marco Conceptual

Alcantarillado Combinado: Se usa para conducir aguas negras y a su vez aguas lluvias, estos tienen la ventaja de que se pueden autolimpiar gracias al agua lluvia, aunque su uso no es usual. En el caso de aguas industriales es importante conocer el pH del desagüe ya que siendo el caso se debe usar una tubería especial para que resista su acidez si tiene un pH menor que 7 (Pérez Carmona, 2013).

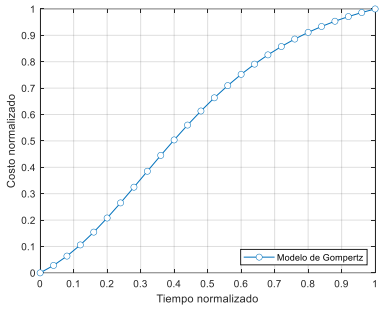
Colector: Conducto cerrado, puede tener diferente sección, diseñado para recolectar, conducir y disponer aguas residuales o lluvias, o las dos (Pérez Carmona, 2013).

Alcantarillado separado: Desagua aguas lluvias y otras aguas negras (Pérez Carmona, 2013).

Curvas S: Curva en forma de "S" que se forma a partir de la idea de que al inicio de un proyecto el avance es lento, luego va rápido; se asemeja a una distribución de normal (campana de Gauss) pero acumulada (Mattos & Valderrama, 2014).

Ilustración 1.

Curva S



Marco Teórico

3.2 Antecedentes

Mediante el marco del Estudio del Plan Maestro de Agua Potable y alcantarillado para el DMQ, se reconoció que Quito y algunas de sus parroquias poseen redes de alcantarillado combinado las cuales sin ningún tratamiento son descargadas sobre ríos; a su vez al revisar la capacidad hidráulica de la red, se constató que el caudal aportado por lluvias con un periodo de retorno de 25 años es superior al permitido por la red, razón por la cual se puede observar en Quito de manera evidente, inundaciones tanto en vías como en domicilios, también se considera que es un factor determinante en este hecho la baja eficiencia de los sumideros para colectar el agua lluvia, llevada a estos por escorrentía (EPMAPS, 2011).

Por esta razón se puede constatar que existe una deficiencia en proyectos de alcantarillados y como se mencionó antes, la planificación de obra es fundamental para que el proyecto llegue a su correcta ejecución.

3.3 Importancia de la planificación de proyectos

Es importante conocer que al momento de planificar una obra se adquiere un alto conocimiento de esta, es decir para la planificación se tiene que estudiar completamente el proyecto y en esta fase se puede conocer los posibles retrasos y problemas que tenga la misma y mediante una acción de mitigación temprana se puedan arreglar los problemas; el potencial para agregar valor se encuentra en las primeras fases del proyecto y también son menores los costes de cambio, si es que se llegara a cambiar en fases finales el coste es más alto y el potencial de agregar valor disminuye (Mattos & Valderrama, 2014).

3.4 Curvas S

- **Curva S de costes**

La curva “S” se obtiene en el al realizar el cronograma del proyecto y cuantificar sus costes en diferentes tiempos, como los histogramas de precios se aproximan a la campana de Gauss y como ya se mencionó antes al obtener la curva acumulada obtenemos la curva “S”; es importante resaltar que en proyectos grandes se puede obtener esta forma y en proyectos cortos la curva tiende a deformarse (Mattos & Valderrama, 2014).

- **Curva S patrón**

Cuando no se tiene datos similares de proyectos, nos podríamos acercar al comportamiento de una curva “S” teórica que propone un patrón de curva a partir de un modelo matemático, para después con una curva real, analizar hasta qué punto se relacionan (Mattos & Valderrama, 2014).

En la curva S patrón se realiza mediante la ecuación:

$$Q = 1\text{-}[1\text{-}(n/N)\text{^}\log(A)]\text{^}B \qquad (3)$$

Donde:

N es el número de orden periodo.

N es el número de periodos.

A (entre 40 y 60) está relacionada con el punto de inflexión

B (entre 1.25 y 3.30) está relacionado con el abombamiento de la curva.

Es importante conocer que, si la curva del cronograma se encuentra a la izquierda de la mencionada curva patrón, simplemente significa que hay una gran concentración de actividades iniciales, en cambio sí se encuentra al final entonces existe concentración de actividades finales (Mattos & Valderrama, 2014).

3.5 Métodos utilizados para la elaboración de curvas S en la planificación de proyectos.

A lo largo de los años ha existido varias propuestas para curvas S, como son el modelo de K.W.Hudson en 1977, también el de P.Shlomo que se basan en el uso de tangente hiperbólica y aproximación polinómica, el de Lawrence Miller en 1979 que es un poco más sencillo y nos muestra que la velocidad de obra aumenta linealmente en el primer tercio de la obra, se mantiene durante el segundo tercio y desciende linealmente en el tercer tercio (Mattos & Valderrama, 2014).

3.5.1 Método del valor ganado

Existen varios sistemas para evaluar desempeño en proyectos y uno de ellos es el método del valor ganado (EVM), se caracteriza porque permite conocer el estado del proyecto en cada momento y analizar desviaciones y a su vez tendencias (Mattos & Valderrama, 2014).

El valor ganado es un indicador sobre si el proyecto consume más dinero en una tarea o se está gastando más dinero por el adelanto del proyecto (Mattos & Valderrama, 2014).

- **Valor planificado (PV)**

Es el presupuesto que se ha designado al trabajo programado, que debe ejecutarse para completar un componente de la EDT. Si se elige un punto específico el PV dice el trabajo físico que se debió haber realizado hasta el momento. El valor total que se tiene de la planificación es el presupuesto del proyecto (PMI, 2017).

- **Valor Ganado (EV)**

Es el coste presupuestado del trabajo que se ha realizado hasta el momento, indica cuanto se debió haber gastado según el avance real del proyecto (Mattos & Valderrama, 2014).

- **Variación del Cronograma SV**

$$SV=EV-PV \quad (4)$$

La variación del avance de un proyecto, se puede decir que el proyecto está avanzado o atrasado según lo planeado (Mattos & Valderrama, 2014).

- **Índice de desempeño del cronograma SPI**

$$SPI=EV/PV \qquad (5)$$

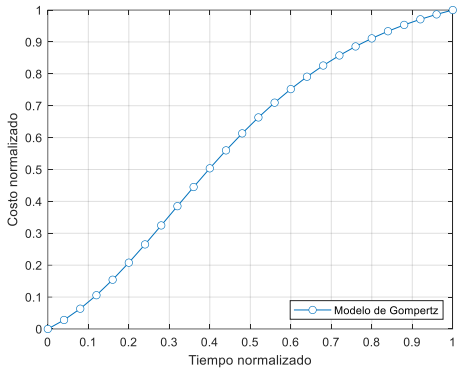
La proporción en la que el proyecto avanza, según lo planeado (Mattos & Valderrama, 2014).

3.6 Proyectos de alcantarillado

Un proyecto sea cual sea su objetivo, es un esfuerzo temporal que se realiza para producir un único resultado (PMI, 2017). Un sistema de alcantarillo es un "conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar, conducir y disponer las aguas servidas; fruto de las actividades humanas, o las que provienes como fruto de la precipitación pluvial" (Pérez Carmona, 2013, pág. 3)**.**

3.7 Método de Gompertz

El método de Gompertz se basa en una curva en forma de "S" que se usa para describir el crecimiento de una población, también se puede usar para estimar los costos en diferentes industrias**,** la curva del modelo de Gompertz brinda un modelo válido más preciso en cronograma integradas a costos, en diferencia a otros modelos no lineales, como por ejemplo el modelo logístico (Nannini, Warburton, & De Marco, 2017)**.**



La curva de Gompertz se define mediante:

$$G(t) = \alpha e^{-e^{\beta - \gamma t}} \qquad (6)$$

Donde α es el valor asintótico, cuando t tiende a infinito. (Relacionada con el presupuesto del proyecto).

β=γ*T, siendo de T la duración total del proyecto.

γ, caracteriza la tasa de crecimiento de la curva acumulativa.

t, el tiempo que el proyecto está avanzando.

3.8 ¿Qué es el método de Gompertz? Y sus usos

El método de Gompertz es una metodología que se basa en el modelo matemático de Gompertz para predecir fenómenos, se ha usado tanto en la industria de la ciencia como de la biología (Nannini, Warburton, & De Marco, 2017).

3.9 ¿Cómo se ha usado el método de Gompertz en la construcción?

Se ha utilizado el método de Gompertz en la gestión de proyectos, basando sus definiciones en valor y cronograma ganados, la derivación de la fórmula para estos proyectos fue compleja,

pero existe una fórmula de dos puntos la cual es sencilla; se podría extender el trabajo a otros perfiles de costos como el perfil de Cioffi (2005) y el perfil trapezoidal que es usado en la construcción (Nannini, Warburton, & De Marco, 2017).

3.10 Como se planifica un proceso de alcantarillado

Para la planificación se puede tomar en cuenta que se necesita tramos iniciales los cuales reciben el agua residual directamente de las edificaciones, después los tramos secundarios que reciben caudales de varios tramos iniciales, estos últimos llegan a un colector principal o emisario inicial, el cual dispone las aguas servidas ya sea a su planta de tratamiento para luego ser llevada al rio o en ocasiones se convierten en emisarios finales, cuando disponen del agua sin tratar directamente sobre el cuerpo de agua (Pérez Carmona, 2013).

3.11 Necesidad de un método de planificación en la planificación de alcantarillados

Se conoce que administraciones anteriores en el Distrito Metropolitano de Quito no ha existido un correcto control de manejo de residuos líquidos y la mayoría de estos efluentes son descargados al rio sin tratamiento previo (EPMAPS, 2011). Solo el 3.5% del agua es tratada en Quito, según la EPMAPS, se necesitan 22 plantas de tratamiento para dejar de contaminar ríos (Primicias.ec, 2022).

Como se conoce es importante el manejo ambiental, para que el entorno sea sostenible para futuras generaciones.

3.12 Evaluación y beneficios de implementación del modelo de Gompertz en la industria de la construcción

Para la evaluación se va a hacer uso del coeficiente de determinación frente a los valores reales es decir a los planillados; es importante considerar que si existiera una correcta planificación de proyectos en alcantarillados y se establezcan recursos necesarios para la implementación de

estos se podrá sustentar los problemas de falta de presupuesto, obras inconclusas, entre otros. Razón por la cual un modelo de planificación es crucial para poder administrar correctamente fondos públicos y de existir algún cambio se lo pueda realizar con un bajo costo e incluso si se quiere añadir algo este tenga valor potencial y esto se puede lograr solo en etapas iniciales (Mattos & Valderrama, 2014).

Capítulo III: Realización del método de Gompertz en obras de alcantarillado

4.1 Deducción de fórmulas, normalización, parametrización y aplicación en proyectos de alcantarillado en la provincia de Pichincha

El modelo se basa en una ecuación diferencial:

$$\frac{dx}{dt} = k * x * ln\left(\frac{xmax}{x}\right)$$

Como se sabe en la aplicación de proyectos de ingeniería, se debe conocer que xmax será el valor asintótico del proyecto, esto tiene que ver con el presupuesto del proyecto, x será el valor en el cual se encuentra el proyecto en un determinado tiempo. Y eso es lo que se está buscando, al planificar un proyecto. Y k es una constante de crecimiento.

Se realiza un cambio de variables:

$$xmax = a$$

$$x = G$$

Ahora se resuelve la ecuación diferencial:

$$\frac{dG}{dt} = k * G * \ln\left(\frac{a}{G}\right)$$

Al ser una ecuación diferencial de variables separables, se puede separar despejando:

$$\frac{dG}{k * G * ln\left(\frac{a}{G}\right)} = dt$$

Ahora se integra ambos miembros de la ecuación diferencial:

$$\int \frac{dG}{k * G * ln\left(\frac{a}{G}\right)} = \int dt$$

Como k es constante se puede sacar de la integral:

$$\frac{1}{k}\int \frac{dG}{G * ln\left(\frac{a}{G}\right)} = \int dt$$

Se puede realizar un cambio de variable para resolver la integral:

$$u = ln\left(\frac{a}{G}\right)$$

$$du = \frac{-\frac{a}{G^2}}{\frac{a}{G}} dG = -\frac{1}{G} dG$$

$$\frac{1}{k}\int \frac{-du * G}{G * u} = \int dt$$

$$-\frac{1}{k}\int \frac{du}{u} = \int dt$$

$$-\frac{1}{k} * \ln(u) + C1 = t + C2$$

$$-\frac{1}{k} * \ln(u) = t + C$$

$$\ln(u) = -t * k - C * k$$

$$\mathrm{u} = e^{-t*k-C*k}$$

$$\ln\left(\frac{\mathrm{a}}{G}\right) = e^{-t*k-C*k}$$

$$\frac{\mathrm{a}}{G} = e^{e^{-t*k-C*k}}$$

$$\frac{\mathrm{a}}{e^{e^{-t*k-C*k}}} = G$$

$$G = \mathrm{a} * e^{-e^{-t*k-C*k}}$$

$$-C * k = b\ constantes$$

$$G = \mathrm{a} * e^{-e^{b-t*k}}$$

De esta manera se llega a la fórmula a usar:

$$G(t) = \alpha * e^{-e^{\beta - \gamma t}} \quad (7)$$

Para normalizar los datos se debe convertir tanto el tiempo a una escala que va de 0 a 1 y también el costo de 0 a 1, así se tendrá todos los datos de tiempo y costos de los proyectos en el mismo rango.

Se usa la fórmula de normalización de:

$$valor\ normalizado = \frac{xi - xmin}{xmax - xmin} \quad (8)$$

Como se sabe al iniciar el proyecto el costo va a ser 0, debido a que no se ha empleado ninguna actividad aún. Por esta razón xmin=0, de esta forma quedaría la normalización:

$$valor\ normalizado = \frac{xi}{xmax} \quad (9)$$

Para normalizar los datos se debe dividir el xi para el xmax, de esta manera el máximo será 1 y el mínimo 0.

Tabla 1.

Normalización de datos

DURACIONES (MESES)	$ CONTRATADO (X)	DURACIONES MESES (Normalizado)	$ CONTRATADO (Normalizado)
0	-	0	0
1	43 489.64	0.166666667	0.228038486
2	89 830.41	0.333333333	0.471026901
3	118 462.81	0.5	0.6211613
4	136 282.08	0.666666667	0.714596876
5	180583.23	0.833333333	0.94689051
6	190 711.84	1	1

Para encontrar los parámetros α,β y γ, del modelo de Gompertz, se va a hacer uso del software Matlab, que mediante mínimos cuadrados encuentra estos valores, mediante el ingreso de los 27 proyectos de "Modelo logístico para aproximar curvas S de planeación de proyectos de alcantarillado" al software.

```
ans =
     General model:
     ans(x) = a*exp(-exp(b-c*x))
     Coefficients (with 95% confidence bounds):
       a =        1.14  (0.9001, 1.381)
       b =       1.061  (0.8586, 1.264)
       c =       2.991  (1.919, 4.064)
```

Siendo a,b y c igual a α,β y γ, respectivamente.

Es importante conocer que la curva debe pasar por el origen, es decir en el tiempo inicial el costo tiene que ser 0, y al final del proyecto tiene que ser 1. Por esto se debe hacer una traslación de coordenadas al origen y multiplicar por un escalar k para la elongar la función hasta 1.

Para el proceso de traslación al origen lo que se hace es restarle la función evaluada en 0 de la siguiente manera:

$$G(x) *= G(x) - G(0) \quad (10)$$

Siendo G(x)* la función ya trasladada al origen y G (0) la función evaluada en el tiempo inicial 0. Para obtener el factor *k*, se debe evaluar la curva en 1 restarle la curva evaluada en 0 e igualándole todo a 1 de la siguiente manera:

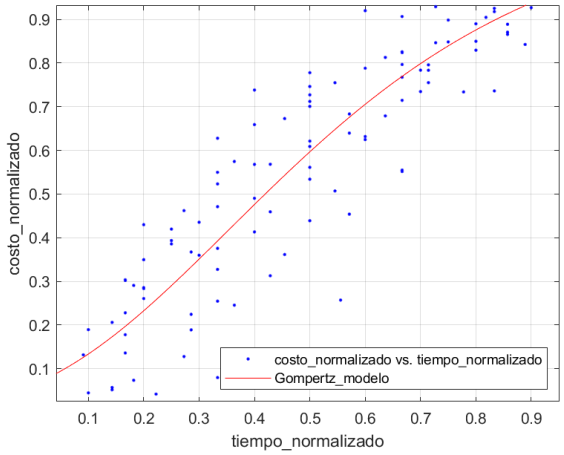
$$1 = k(G(1) - G(0)) \quad (11)$$

Siendo G (1) la función evaluada en el tiempo final 1 y k el factor de escalamiento.

4.2 Gráficas de dispersión de resultados obtenidos e interpretación

Ilustración 2.

Gráfica de dispersión con Curva Gompertz



Como el coeficiente de determinación de la curva es de 0,81 quiere decir que la curva no está muy ajustada a los datos, como se sabe se debe esperar al menos un 0.85 para que sea una buena aproximación del modelo de Gompertz. Por esta razón se tiene que eliminar los datos atípicos para mejorar la determinación de la curva.

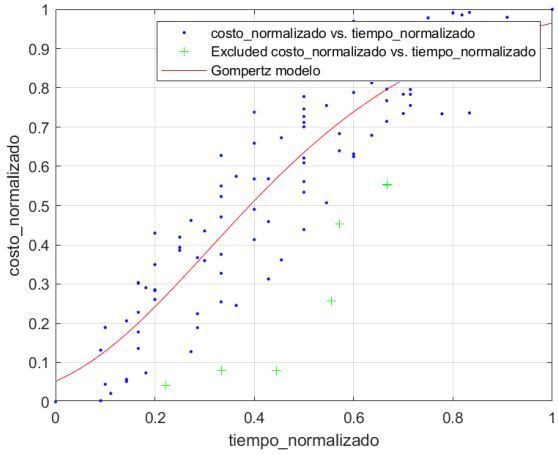
4.2.1 Modelo de Gompertz eliminando los datos atípicos:

Mediante el uso del curve fitting se puede eliminar automáticamente los valores que sean atípicos, pero para mejorar la precisión se lo hizo manualmente considerando la naturaleza de la curva (usando criterio de que al inicio del proyecto se consume menos recursos, después muchos y al final otra vez pocos recursos). Se puede usar métodos estadísticos para la eliminación de valores atípicos con el primer y tercer cuartil, restando 1.5 veces el RIC (rango Inter cuartil) en el primer cuartil y sumando 1.5 veces el RIC en el tercer cuartil.

De esta manera obtenemos:

Ilustración 3.

Curva de Gompertz sin datos atípicos




```
ans =
     General model:
     ans(x) = a*exp(-exp(b-c*x))
     Coefficients (with 95% confidence bounds):
       a =        1.05  (0.9209, 1.179)
       b =       1.098  (0.8995, 1.297)
       c =       3.574  (2.639, 4.509)
```

Ahora se tiene un coeficiente de determinación de 0.8727 y ajustado de 0.8703 (este coeficiente es determinado por el programa, evalúa que tan ajustada está la curva a la nube de puntos, es preciso mencionar que el coeficiente cambiará cuando pase por el origen y esté escalado a 1). De esta manera se puede decir que el modelo está bastante aproximado.

4.3 Tabla de resultados con las ecuaciones propuestas por el método de Gompertz.

Tabla 2.

Gompertz en proyectos de alcantarillado

Proyectos alcantarillado Pichincha			
N.	**Tiempo(meses)**	**Contratado($)**	**Gompertz($)**
1	0	0.00	0.00
	1	43489.64	31075.63
	2	89830.41	77270.79
	3	118462.81	121819.96
	4	136282.08	155374.12
	5	180583.23	177368.60
	6	190711.84	190711.84
2	0	0.00	0.00
	1	14699.19	65500.67
	2	28650.17	163479.47
	3	54490.17	276781.17
	4	54490.17	386701.66
	5	175669.19	481355.61
	6	376770.74	556544.46
	7	501281.10	613103.50
	8	575502.71	654113.79
	9	683122.87	683122.87
3	0	0.00	0.00
	1	79930.26	51517.68
	2	142415.25	129212.42
	3	220300.29	211000.05
	4	264933.92	279996.83
	5	303749.09	330854.52
	6	335557.79	365398.94
	7	387733.15	387733.15
4	0	0.00	0.00

	1	56047.48	40662.64
	2	105645.61	92815.71
	3	142129.07	127743.25
	4	145305.05	145305.05
5	0	0.00	0.00
	1	53165.33	25129.94
	2	90713.38	62486.58
	3	94521.60	98512.16
	4	107481.01	125646.41
	5	123410.77	143432.69
	6	154222.96	154222.96
6	0	0.00	0.00
	1	29687.29	22739.11
	2	44864.76	55098.71
	3	53110.53	82274.07
	4	100844.72	99669.81
	5	109387.69	109387.69
7	0	0.00	0.00
	1	21766.97	62112.04
	2	74626.43	150502.54
	3	106028.09	224732.22
	4	138881.34	272248.83
	5	298793.28	298793.28
8	0	0.00	0.00
	1	13243.49	22889.04
	2	38359.32	57397.20
	3	68599.14	95844.75
	4	111128.35	131013.68
	5	139014.05	159325.67
	6	147828.88	180315.52
	7	172537.78	195074.22
	8	205104.81	205104.81
9	0	0.00	0.00
	1	34097.40	24248.05
	2	61694.68	55348.10
	3	77832.62	76176.18
	4	86648.67	86648.67
10	0	0.00	0.00
	1	36053.04	33013.40
	2	66332.09	82089.12
	3	88926.58	129416.22
	4	112405.51	165062.70
	5	149135.68	188428.68
	6	202603.95	202603.95

11	0	0.00	0.00
	1	49739.17	22011.76
	2	74456.41	54558.28
	3	94426.04	93124.98
	4	108447.90	132199.16
	5	140145.87	167647.27
	6	163948.28	197401.40
	7	205656.48	221049.71
	8	233532.56	239139.28
	9	252865.07	252610.43
	10	262455.52	262455.52
12	0	0.00	0.00
	1	42534.28	33911.45
	2	92636.90	82170.22
	3	128562.52	122697.57
	4	138620.27	148640.33
	5	163132.86	163132.86
13	0	0.00	0.00
	1	107141.39	51807.54
	2	183945.12	125533.90
	3	229223.58	187448.74
	4	235784.81	227082.26
	5	249222.94	249222.94
14	0	0.00	0.00
	1	84625.01	50311.04
	2	159487.48	121907.76
	3	234680.15	182034.15
	4	239734.29	220522.83
	5	242023.96	242023.96
15	0	0.00	0.00
	1	60664.29	34262.66
	2	133865.88	84253.68
	3	212715.11	144437.59
	4	264515.75	207415.60
	5	309761.47	266928.55
	6	347539.85	319153.53
	7	374226.19	362587.38
	8	427689.73	397332.01
	9	453831.71	424354.12
	10	461664.95	444946.37
	11	460409.22	460409.22
16	0	0.00	0.00
	1	10921.33	28021.10
	2	47355.76	70280.24

	3	96865.31	114765.54
	4	134863.86	152293.75
	5	167834.08	179955.88
	6	187429.49	198745.01
	7	210892.87	210892.87
17	0	0.00	0.00
	1	94027.34	50459.90
	2	170238.72	125470.55
	3	216999.33	197808.46
	4	255665.80	252292.95
	5	284175.14	288007.09
	6	309673.53	309673.53
18	0	0.00	0.00
	1	1122.27	30425.74
	2	30083.61	74818.48
	3	52276.88	128262.67
	4	100402.73	184188.05
	5	147809.71	237036.41
	6	207320.64	283412.94
	7	277593.95	321982.84
	8	346029.73	352836.56
	9	369812.50	376832.59
	10	400531.05	395118.81
	11	408850.04	408850.04
19	0	0.00	0.00
	1	53767.48	28995.21
	2	93091.96	72097.73
	3	138402.85	113664.45
	4	161296.37	144972.26
	5	176534.18	165494.28
	6	177944.22	177944.22
20	0	0.00	0.00
	1	47723.64	57168.28
	2	131785.43	142151.20
	3	213625.75	224106.07
	4	288986.69	285833.98
	5	324574.13	326296.13
	6	350843.01	350843.01
21	0	0.00	0.00
	1	8910.48	20717.07
	2	29454.89	51960.86
	3	48786.44	84850.54
	4	70776.78	112596.57
	5	117737.77	133048.24

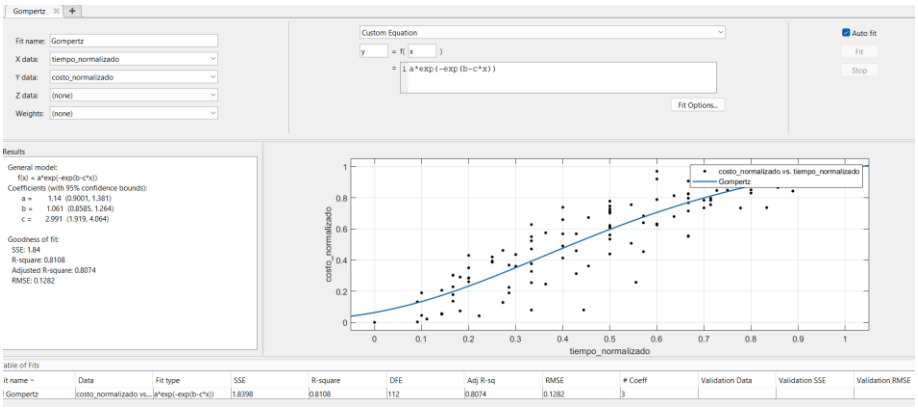
	6	135734.06	146939.77
	7	155921.14	155921.14
22	0	0.00	0.00
	1	82556.98	55047.18
	2	146782.26	125649.57
	3	166859.13	172932.84
	4	196707.18	196707.18
23	0	0.00	0.00
	1	14841.81	23615.03
	2	44725.12	47484.50
	3	58284.20	58284.20
24	0	0.00	0.00
	1	54417.09	51600.50
	2	126696.11	117782.25
	3	165300.34	162104.97
	4	184390.72	184390.72
25	0	0.00	0.00
	1	77689.80	53582.30
	2	124390.88	107741.92
	3	132246.34	132246.34
26	0	0.00	0.00
	1	85566.89	51457.68
	2	98816.88	103469.78
	3	127002.56	127002.56
27	0	0.00	0.00
	1	13709.55	25692.71
	2	87496.31	63681.89
	3	133392.91	108697.96
	4	150209.22	154306.40
	5	171888.16	195682.38
	6	193514.89	230412.19
	7	225027.72	258015.13
	8	254076.81	279129.76
	9	283876.49	294853.64
	10	306345.10	306345.10

Para constatar que se encuentra el modelo bien escalado y que su punto inicial esté en el origen se tiene que observar el mes 0 que el valor ejecutado sea 0 y en el mes final el valor ejecutado sea lo que se ha ejecutado acumulado hasta el fin del proyecto (contratado).

4.4 Uso de Software para la utilización del método

Ilustración 4.

Interfaz Matlab



Usando la función de Matlab llamada “curve fitting”, se ingresa todos los valores normalizados de los proyectos de alcantarillados de la provincia de pichincha, después se debe poner la ecuación que se necesite que se ajusten los puntos, como ya se resolvió anteriormente el modelo de Gompertz es sencillo colocar la función. De esta manera se extrae el código como función y a este se lo llama desde un nuevo script, el cual se usa para generar las curvas de todos los proyectos que necesitemos. Ya con los resultados de los parámetros α,β y γ.

Análisis de resultados

5.1 Resultados obtenidos con el método de Gompertz de varias muestras

Una vez trasladada la función al origen y escalada a 1 se puede comenzar a graficar los 27 proyectos de alcantarillado con los datos proporcionados por el artículo “Modelo logístico para aproximar curvas S de planeación de proyectos de alcantarillado” (Osorio, Merizalde, Castro, & Castro, 2019).

Ilustración 5.

Proyecto 1

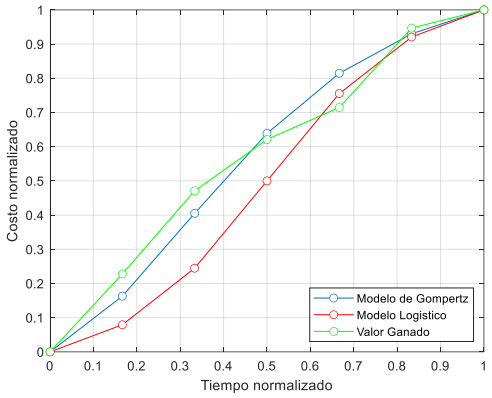


Ilustración 6.

Proyecto 2

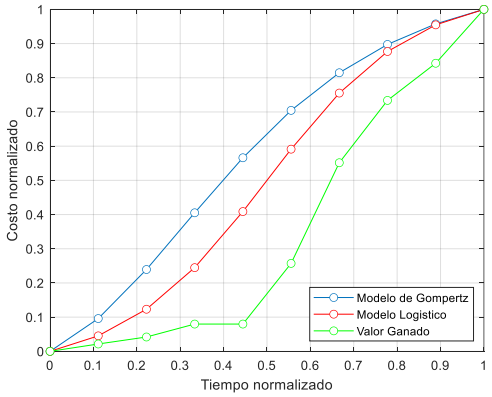


Ilustración 7.

Proyecto 3

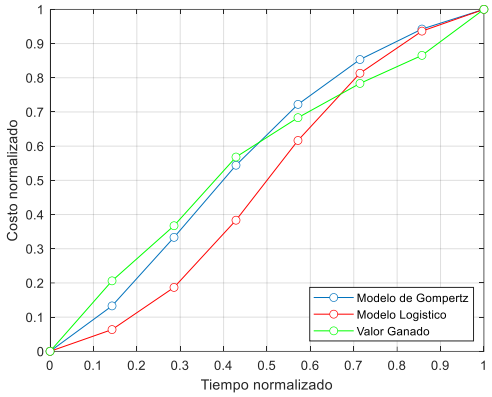


Ilustración 8.

Proyecto 4

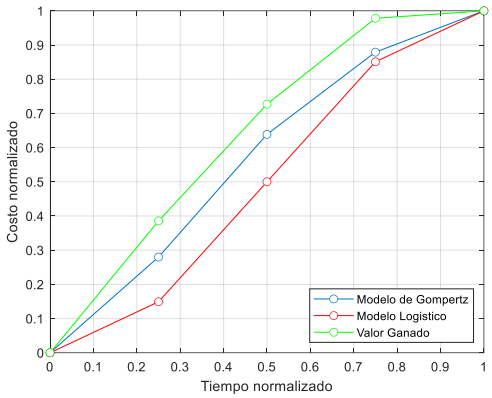


Ilustración 9.

Proyecto 5

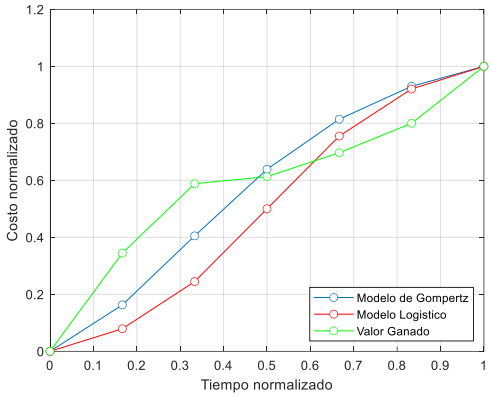


Ilustración 10.

Proyecto 6

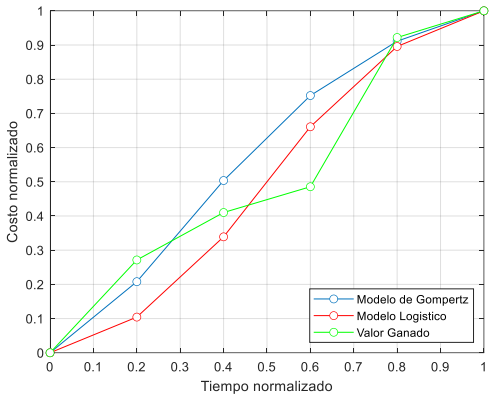


Ilustración 11.

Proyecto 7

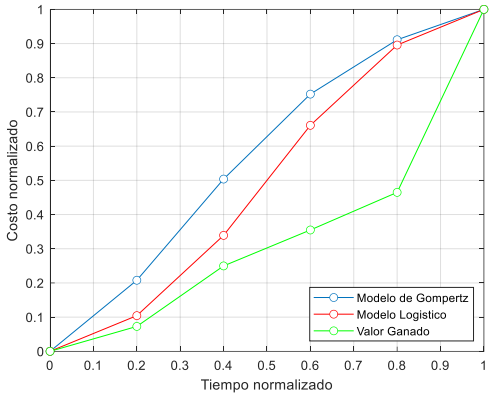


Ilustración 12.

Proyecto 8

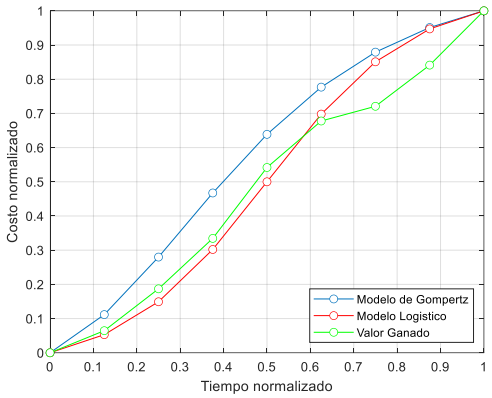


Ilustración 13.

Proyecto 9

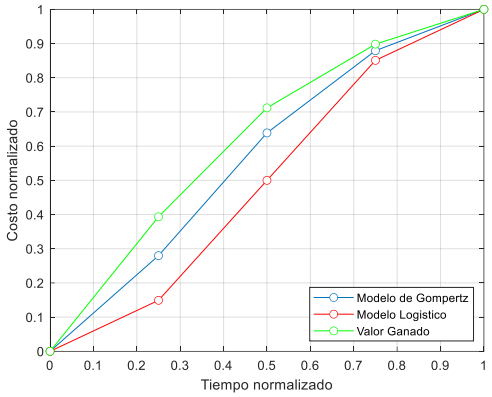


Ilustración 14.

Proyecto 10

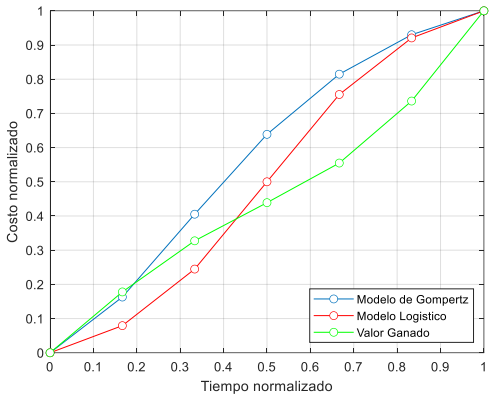


Ilustración 15.

Proyecto 11

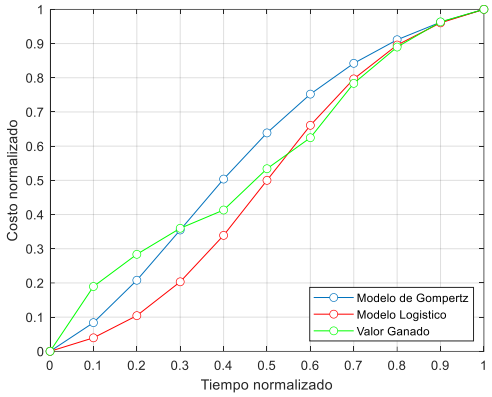


Ilustración 16.

Proyecto 12

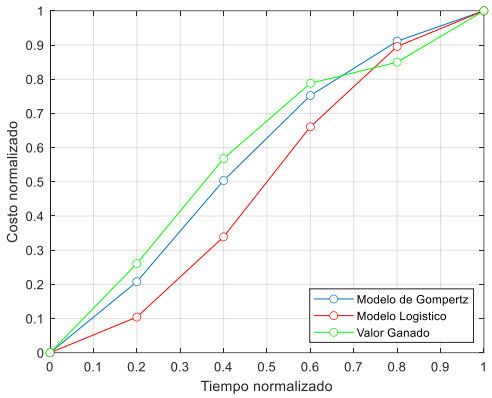


Ilustración 17.

Proyecto 13

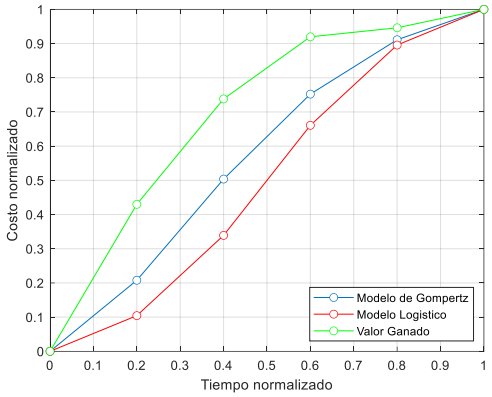


Ilustración 18.

Proyecto 14

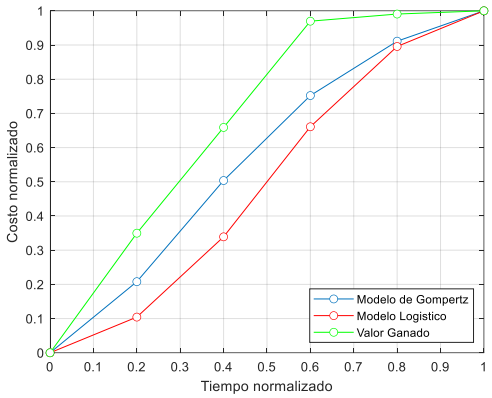


Ilustración 19.

Proyecto 15

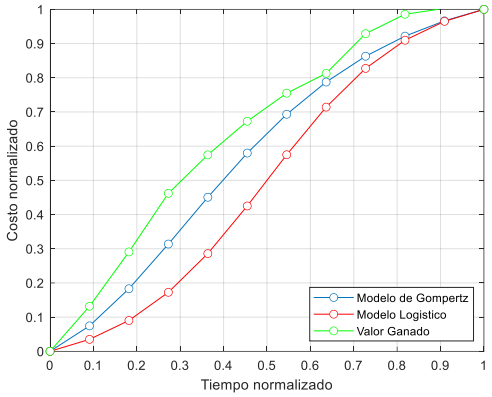


Ilustración 20.

Proyecto 16

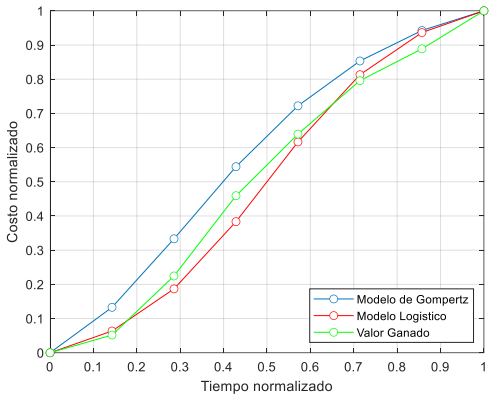


Ilustración 21.

Proyecto 17

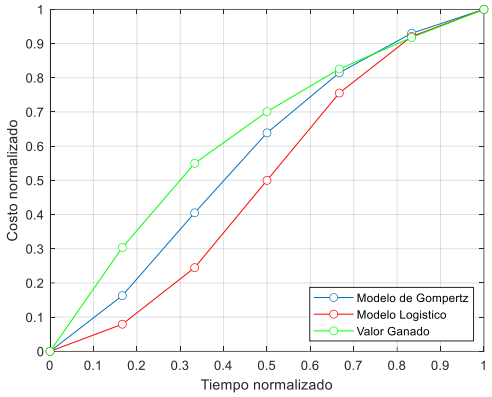


Ilustración 22.

Proyecto 18

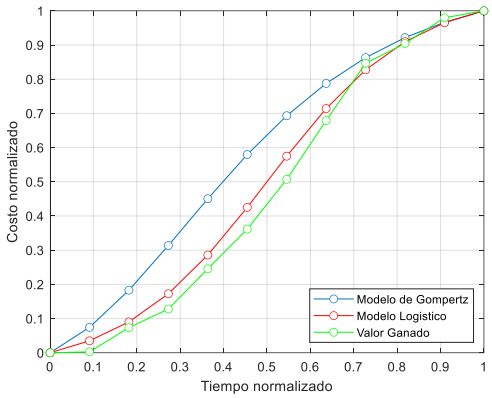


Ilustración 23.

Proyecto 19

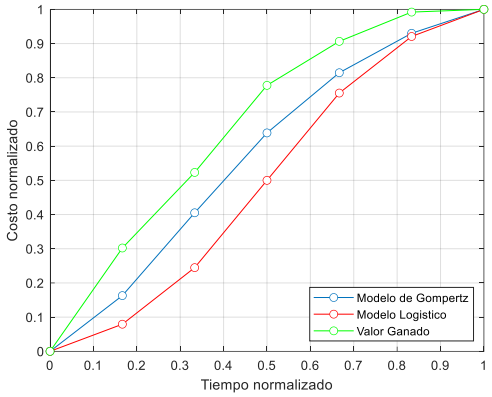


Ilustración 24.

Proyecto 20

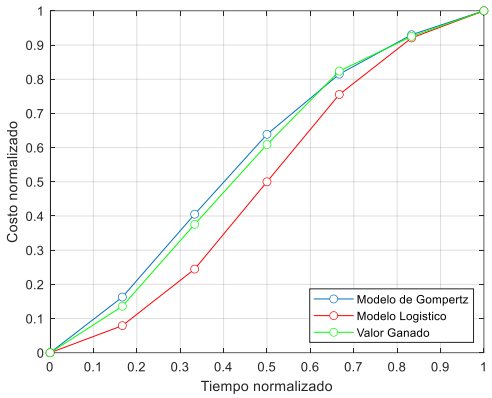


Ilustración 25.

Proyecto 21

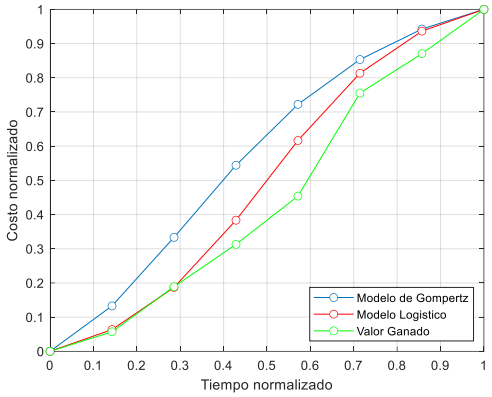


Ilustración 26.

Proyecto 22

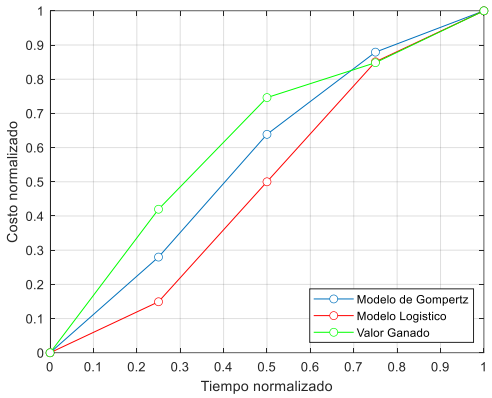


Ilustración 27.

Proyecto 23

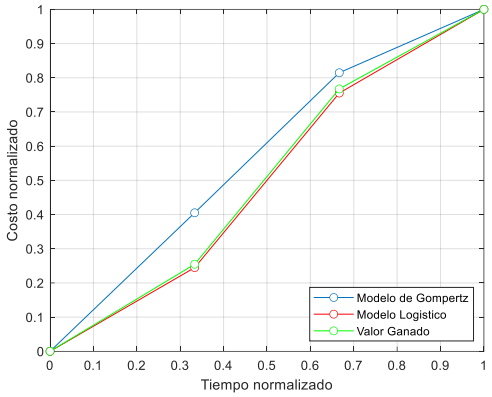


Ilustración 28.

Proyecto 24

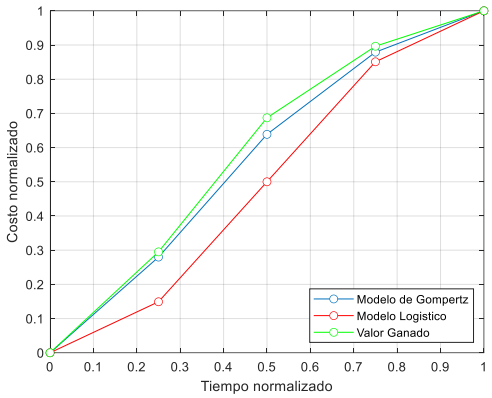


Ilustración 29.

Proyecto 25

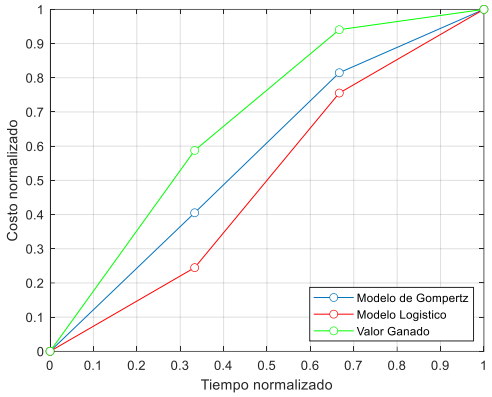


Ilustración 30.

Proyecto 26

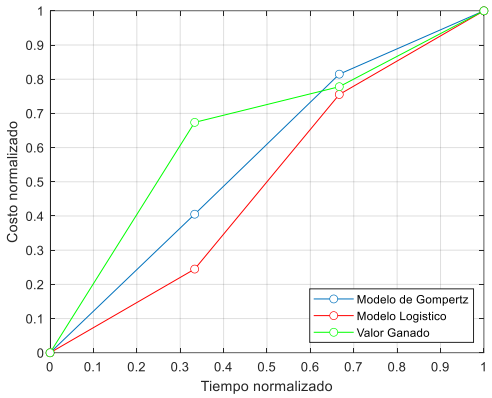


Ilustración 31.

Proyecto 27

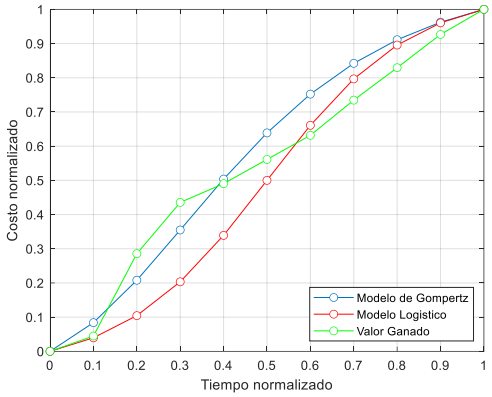


Tabla 3.

Comparación modelo de Gompertz con Logístico

Proyectos Alcantarillado Pichincha						
N.	**Tiempo (meses)**	**Contratado ($)**	**Gompertz ($)**	**Logístico ($)**	**R2 (Gompertz)**	**R2 (Logístico)**
1	0	0.00	0.00	0	0.98	0.95
	1	43489.64	31075.63	15123.19		
	2	89830.41	77270.79	46672.62		
	3	118462.81	121819.96	95355.92		
	4	136282.08	155374.12	144039.22		
	5	180583.23	177368.60	175588.64		
	6	190711.84	190711.84	190711.84		
2	0	0.00	0.00	0	0.80	0.90
	1	14699.19	65500.67	30923.27		
	2	28650.17	163479.47	84107.13		
	3	54490.17	276781.17	167179.62		
	4	54490.17	386701.66	279245.02		
	5	175669.19	481355.61	403877.85		
	6	376770.74	556544.46	515943.25		
	7	501281.10	613103.50	599015.74		
	8	575502.71	654113.79	652199.60		
	9	683122.87	683122.87	683122.87		
3	0	0.00	0.00	0	0.99	0.95
	1	79930.26	51517.68	24662.95		
	2	142415.25	129212.42	72459.19		
	3	220300.29	211000.05	148660.23		

	4	264933.92	279996.83	239072.92		
	5	303749.09	330854.52	315273.96		
	6	335557.79	365398.94	363070.20		
	7	387733.15	387733.15	387733.15		
	0	0.00	0.00	0		
	1	56047.48	40662.64	21671.73		
4	2	105645.61	92815.71	72652.52	0.98	0.93
	3	142129.07	127743.25	123633.32		
	4	145305.05	145305.05	145305.05		
	0	0.00	0.00	0		
	1	53165.33	25129.94	12229.68		
	2	90713.38	62486.58	37742.75		
5	3	94521.60	98512.16	77111.48	0.90	0.83
	4	107481.01	125646.41	116480.21		
	5	123410.77	143432.69	141993.29		
	6	154222.96	154222.96	154222.96		
	0	0.00	0.00	0		
	1	29687.29	22739.11	11411.34		
6	2	44864.76	55098.71	37091.20	0.91	0.93
	3	53110.53	82274.07	72296.49		
	4	100844.72	99669.81	97976.35		
	5	109387.69	109387.69	109387.69		
	0	0.00	0.00	0		
	1	21766.97	62112.04	31170.16		
7	2	74626.43	150502.54	101314.87	0.77	0.81
	3	106028.09	224732.22	197478.40		
	4	138881.34	272248.83	267623.12		
	5	298793.28	298793.28	298793.28		
	0	0.00	0.00	0		
	1	13243.49	22889.04	10859.39		
	2	38359.32	57397.20	30590.65		
	3	68599.14	95844.75	61950.86		
8	4	111128.35	131013.68	102552.40	0.98	0.98
	5	139014.05	159325.67	143153.94		
	6	147828.88	180315.52	174514.15		
	7	172537.78	195074.22	194245.42		
	8	205104.81	205104.81	205104.81		
	0	0.00	0.00	0		
	1	34097.40	24248.05	12923.34		
9	2	61694.68	55348.10	43324.33	0.99	0.93
	3	77832.62	76176.18	73725.33		
	4	86648.67	86648.67	86648.67		
10	0	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93

	1	36053.04	33013.40	16066.22		
	2	66332.09	82089.12	49582.95		
	3	88926.58	129416.22	101301.97		
	4	112405.51	165062.70	153020.99		
	5	149135.68	188428.68	186537.73		
	6	202603.95	202603.95	202603.95		
11	0	0.00	0.00	0.00	0.96	0.97
	1	49739.17	22011.76	10365.10		
	2	74456.41	54558.28	27379.40		
	3	94426.04	93124.98	53366.69		
	4	108447.90	132199.16	88993.46		
	5	140145.87	167647.27	131227.76		
	6	163948.28	197401.40	173462.06		
	7	205656.48	221049.71	209088.83		
	8	233532.56	239139.28	235076.12		
	9	252865.07	252610.43	252090.42		
	10	262455.52	262455.52	262455.52		
12	0	0.00	0.00	0.00	0.99	0.93
	1	42534.28	33911.45	17018.04		
	2	92636.90	82170.22	55315.12		
	3	128562.52	122697.57	107817.74		
	4	138620.27	148640.33	146114.82		
	5	163132.86	163132.86	163132.86		
13	0	0.00	0.00	0.00	0.92	0.82
	1	107141.39	51807.54	25998.97		
	2	183945.12	125533.90	84506.56		
	3	229223.58	187448.74	164716.38		
	4	235784.81	227082.26	223223.97		
	5	249222.94	249222.94	249222.94		
14	0	0.00	0.00	0.00	0.95	0.88
	1	84625.01	50311.04	25247.97		
	2	159487.48	121907.76	82065.52		
	3	234680.15	182034.15	159958.43		
	4	239734.29	220522.83	216775.99		
	5	242023.96	242023.96	242023.96		
15	0	0.00	0.00	0.00	0.98	0.93
	1	60664.29	34262.66	16114.69		
	2	133865.88	84253.68	41535.41		
	3	212715.11	144437.59	79464.33		
	4	264515.75	207415.60	131601.49		
	5	309761.47	266928.55	195736.89		
	6	347539.85	319153.53	264672.33		
	7	374226.19	362587.38	328807.73		
	8	427689.73	397332.01	380944.89		

	9	453831.71	424354.12	418873.81		
	10	461664.95	444946.37	444294.53		
	11	460409.22	460409.22	460409.22		
16	0	0.00	0.00	0.00	0.99	0.99
	1	10921.33	28021.10	13414.48		
	2	47355.76	70280.24	39411.45		
	3	96865.31	114765.54	80858.14		
	4	134863.86	152293.75	130034.73		
	5	167834.08	179955.88	171481.42		
	6	187429.49	198745.01	197478.39		
	7	210892.87	210892.87	210892.87		
17	0	0.00	0.00	0.00	0.97	0.91
	1	94027.34	50459.90	24556.70		
	2	170238.72	125470.55	75785.93		
	3	216999.33	197808.46	154836.76		
	4	255665.80	252292.95	233887.60		
	5	284175.14	288007.09	285116.83		
	6	309673.53	309673.53	309673.53		
18	0	0.00	0.00	0.00	0.95	1.00
	1	1122.27	30425.74	14310.08		
	2	30083.61	74818.48	36884.04		
	3	52276.88	128262.67	70565.47		
	4	100402.73	184188.05	116864.02		
	5	147809.71	237036.41	173817.18		
	6	207320.64	283412.94	235032.85		
	7	277593.95	321982.84	291986.02		
	8	346029.73	352836.56	338284.57		
	9	369812.50	376832.59	371966.00		
	10	400531.05	395118.81	394539.96		
	11	408850.04	408850.04	408850.04		
19	0	0.00	0.00	0.00	0.98	0.91
	1	53767.48	28995.21	14110.74		
	2	93091.96	72097.73	43548.02		
	3	138402.85	113664.45	88972.11		
	4	161296.37	144972.26	134396.20		
	5	176534.18	165494.28	163833.48		
	6	177944.22	177944.22	177944.22		
20	0	0.00	0.00	0.00	1.00	0.98
	1	47723.64	57168.28	27821.38		
	2	131785.43	142151.20	85861.27		
	3	213625.75	224106.07	175421.50		
	4	288986.69	285833.98	264981.74		
	5	324574.13	326296.13	323021.63		
	6	350843.01	350843.01	350843.01		

21	0	0.00	0.00	0.00	0.93	0.98
	1	8910.48	20717.07	9917.84		
	2	29454.89	51960.86	29138.39		
	3	48786.44	84850.54	59781.51		
	4	70776.78	112596.57	96139.63		
	5	117737.77	133048.24	126782.75		
	6	135734.06	146939.77	146003.30		
	7	155921.14	155921.14	155921.14		
22	0	0.00	0.00	0.00	0.97	0.89
	1	82556.98	55047.18	29338.18		
	2	146782.26	125649.57	98353.59		
	3	166859.13	172932.84	167369.00		
	4	196707.18	196707.18	196707.18		
23	0	0.00	0.00	0.00	0.98	1.00
	1	14841.81	23615.03	14263.80		
	2	44725.12	47484.50	44020.40		
	3	58284.20	58284.20	58284.20		
24	0	0.00	0.00	0.00	1.00	0.96
	1	54417.09	51600.50	27501.22		
	2	126696.11	117782.25	92195.36		
	3	165300.34	162104.97	156889.50		
	4	184390.72	184390.72	184390.72		
25	0	0.00	0.00	0.00	0.96	0.87
	1	77689.80	53582.30	32364.44		
	2	124390.88	107741.92	99881.90		
	3	132246.34	132246.34	132246.34		
26	0	0.00	0.00	0.00	0.90	0.79
	1	85566.89	51457.68	31081.14		
	2	98816.88	103469.78	95921.42		
	3	127002.56	127002.56	127002.56		
27	0	0.00	0.00	0.00	0.97	0.94
	1	13709.55	25692.71	12098.42		
	2	87496.31	63681.89	31957.96		
	3	133392.91	108697.96	62291.03		
	4	150209.22	154306.40	103875.55		
	5	171888.16	195682.38	153172.55		
	6	193514.89	230412.19	202469.55		
	7	225027.72	258015.13	244054.07		
	8	254076.81	279129.76	274387.14		
	9	283876.49	294853.64	294246.68		
	10	306345.10	306345.10	306345.10		

Se tiene que constatar que el monto final del proyecto sea el valor del presupuesto total, de esta manera se puede determinar que el modelo está bien escalado y a su vez al considerar que el modelo parte del origen, que en el mes 0 no se ejecuta ningún rubro. El coeficiente de determinación se lo realiza de cada uno de los proyectos, tanto con el modelo de Gompertz planteado por el trabajo de titulación, como por el modelo logístico tomado los valores de la investigación citada.

5.2 Análisis de resultados obtenidos con el método de Gompertz.

Como se pude observar en los 27 proyectos todas las curvas tienen la misma tendencia, es decir se puede comprobar de manera visual que al principio de los proyectos se ocupan pocos recursos, conforme va avanzando se siguen consumiendo más recursos y cuando está por finalizar el proyecto otra vez se ocupan pocos recursos. Esto permite tener una buena planeación de proyectos y al tratarse de proyectos de alcantarillado que en su mayoría son con el estado, poder evitar multas cuando se esté ejecutando la obra por un buen modelo de cronograma valorado.

5.3 Coeficiente de determinación promedio del método

El coeficiente de determinación promedio del modelo es de 0.95, lo cual es reflejo de que el modelo se ajusta de manera adecuada a los datos.

5.4 Comparación con el método logístico.

El coeficiente de determinación promedio por el modelo logístico es de 0.92, mientras que el de modelo de Gompertz es de 0.95 lo cual se puede deducir que está mejor ajustado a proyectos de alcantarillado en Pichincha.

Se observa que en proyecto 18 en el modelo logístico su coeficiente de determinación es de 1, es decir este modelo se ajustó perfectamente para ese proyecto. A su vez en el proyecto 20

el modelo de Gompertz también se ajustó de manera ideal. Estos son indicadores que las curvas de inversiones con estos modelos tienen un gran potencial para poder planificar proyectos futuros.

Se puede analizar en el proyecto 2 no hubo progreso entre el mes 3 y el mes 4, en las planillas de avance de obra, la mayoría de estas situaciones se dan por imprevistos dentro de la obra, cuando no existe una buena planeación de proyectos y esto deriva en estancamiento de la obra y posibles multas para el contratista.

5.5 Rango de aceptación que puede tener el método frente a la vanguardia.

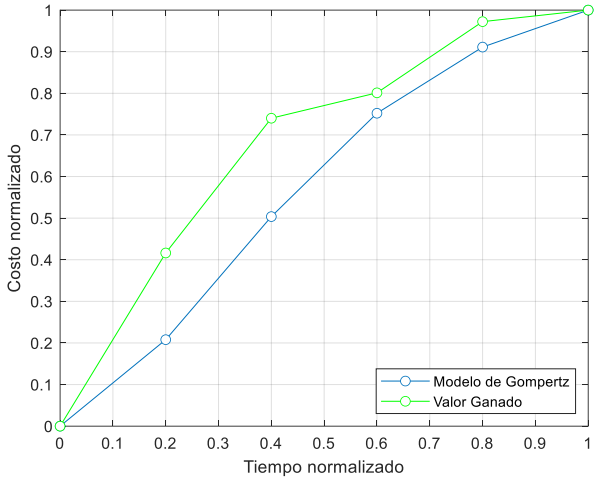
Para comprobar el método propuesto se ha propuesto analizar un proyecto de alcantarillado obtenido con la SERCOP mediante el modelo de Gompertz y mediante la metodología del valor ganado y los indicadores de SV y SPI, para poder determinar la eficacia del modelo en proyectos actuales.

El proyecto es “RENOVACIÓN DE REDES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO - CONSTRUCCIÓN DEL EMBAULAMIENTO DEL RÍO TINAJILLAS TRAMO DESDE LA CALLE PICHINCHA HACIA LA CALLE JACINTO JIJÓN” un proyecto del 2021, que se trata básicamente en renovación de sistemas de alcantarillado del GAD de Rumiñahui.

El anticipo del proyecto fue del 50% y el monto planillado acumulado a los 5 meses fue de $204601.62

Ilustración 32.

Proyecto 2021 GAD Rumiñahui



Como se puede observar en la gráfica, el modelo se ajusta a los datos reales planillados del proyecto, otro aspecto muy importante a considerar es que la curva modelo se encuentra por debajo del valor contratado, es decir que el modelo estima menos de lo que realmente se va a ejecutar y esto permite estar adelantado en la obra de lo planificado y esto es un aspecto positivo para el proyecto.

Tabla 4.

Metodología del Valor Ganado Proyecto GAD Rumiñahui

Metodología del Valor Ganado						
Proyecto	**Tiempo (meses)**	**Contratado($)**	**Gompertz($)**	**SV**	**SPI**	**R^2**
RENOVACIÓN DE REDES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO - CONSTRUCCIÓN DEL EMBAULAMIENTO DEL RÍO TINAJILLAS TRAMO DESDE LA CALLE PICHINCHA HACIA LA CALLE JACINTO JIJÓN (2021)	0	0	0	0.00	-	0.93
	1	85167.79	42531.83	42635.96	2.00	
	2	151435.17	103058.08	48377.09	1.47	
	3	163918.62	153887.59	10031.03	1.07	
	4	198932.69	186425.05	12507.64	1.07	
	5	204601.62	204601.62	0.00	1	

Como se puede interpretar el modelo de Gompertz y el valor real contratado tiene un coeficiente de determinación de 0.93 con el proyecto de 2021 del cantón Rumiñahui, lo cual significa que el modelo se ajusta de manera efectiva dentro del valor real planillado.

El SV en todos los meses es positivo y esto significa que la obra en todos los meses estuvo adelantada, también si se analiza el SPI de todos los meses de realización de proyecto se puede decir que en el primer mes se avanzó un 100% más sobre lo planificado en ese mes, lo que es algo positivo para el proyecto. Para el siguiente mes se está por sobre el 47% y para los demás meses se cumplía con lo programado. Se tiene que considerar correctamente el anticipo para poder cubrir en caso de adelanto los primeros meses y tener solvencia.

Capítulo V: Conclusiones Y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- En definitiva, el modelo de Gompertz frente al modelo logístico tiene una precisión mayor en los 27 proyectos de alcantarillado, teniendo el logístico un coeficiente de 0.92, frente al de Gompertz con 0.95.
- Se logró obtener los datos necesarios para la elaboración de curvas “S”, gracias al artículo “Modelo logístico para aproximar curvas S de planeación de proyectos de alcantarillado”.
- En conclusión, el modelo de Gompertz presentado con 27 proyectos de alcantarillado con un coeficiente de determinación de 0.95 es efectivo para proyectos de alcantarillado futuros, ya que se ha validado su aplicación en el proyecto del GAD de Rumiñahui que terminó en Junio del 2022. El coeficiente de determinación en este último es de 0.92 lo cual refleja que el modelo está bien ajustado.

- Al evaluar el modelo de Gompertz con otro modelo de planeación como el modelo logístico, se puede constatar que es ams preciso el modelo desarrollado en el presente trabajo. Por su coeficiente de determinación.
- En resumen, una buena planeación de proyectos puede permitir evitar inconvenientes ya sean financieros, como es el caso de multas en el sector público, o como mala estimación de cuanto se va a realizar en cada mes del proyecto, como se mencionó anteriormente los cambios que se realicen a tiempo temprano son los que menos costos tienen y más aporten pueden brindar al proyecto.
- Considerando todo lo anterior, el modelo de Gompertz es efectivo para planear proyectos de alcantarillados en la provincia de Pichincha.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda para el uso del presente trabajo comprobar el coeficiente de determinación para proyectos alcantarillado con características similares con fechas actuales, si se encuentra superior al 0.85 se puede decir que el modelo está bien ajustado a los proyectos.
- Para el uso del presente trabajo, se tiene que hacer un correcto análisis de precios unitarios y tener experiencia para mediante el presupuesto y el número de meses del proyecto para poder planificar el proyecto correctamente.
- Se exhorta a usar el modelo logístico para poder comprobar cual se ajusta mejor al tipo de proyecto de alcantarillado que se requiere.

Bibliografía

Cortés López, J. C., Romero Bauset, J., Roselló Ferragud, M. D., & Villanueva Micó, R. (s.f). *El modelo no lineal de crecimiento logístico: estudio y solución.* Instituto Universitario de Matemática Multidisciplinar. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30891/modelo%20logistico.pdf

EPMAPS. (2011). *Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado Para El Distrito Metropolitano de Quito.* Quito. Obtenido de https://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_alcantarillado.pdf

ESPAE. (2016). *Estudios Industriales.* Guayaquil: ESPOL.

Mattos, A. D., & Valderrama, F. (2014). *Métodos de planificación y control de Obras: del diagrama de barras al BIM.* Barcelona: Reverté.

Nannini, G., Warburton, R., & De Marco, A. (2017). *IImproving the accuracy of project estimates at completion using the Gompertz function.* Sydney: UTS ePRESS.

Osorio, J., Merizalde, J. E., Castro, F. F., & Castro, E. P. (2019). MODELO LOGISTICO PARA APROXIMAR CURVAS S DE PLANEACIÓN DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO. *Gaceta Técnica*, 33-50.

Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitarios, pluvial y drenaje en carreteras.* Bogotá: Ecoe Ediciones.

PMI. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.* Newtown Square: PMI.

Primicias.ec. (4 de Marzo de 2022). *Solo el 3,5% de las aguas residuales en Quito recibe tratamiento.*

Anexos

ALCANTARILLADO

NOMBRE DEL PROYECTO	DURACIONES (MESES)	$ CONTRATADO (X)	$ PRONOSTICADO (Y)	R^2
01_Alcantarillado barrio 11de Mayo, Santa Catalina, Barrio Espejo Chillogallo	0	$ -	$ -	0.95
	1	$ 43 489.64	$ 15 123.19	
	2	$ 89 830.41	$ 46 672.62	
	3	$ 118 462.81	$ 95 355.92	
	4	$ 136 282.08	$ 144 039.22	
	5	$ 180 583.23	$ 175 588.64	
	6	$ 190 711.84	$ 190 711.84	
02_DISEÑO DEFINITIVOS PARA LA AMPLIACION Y OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA CABECERA PARROQUIAL DE MINDO, CANTON SAN MIGUEL DE LOS BANCOS, PROVINCIA PICHINCHA	0	$ -	$ -	0.9
	1	$ 14 699.19	$ 30 923.27	
	2	$ 28 650.17	$ 84 107.13	
	3	$ 54 490.17	$ 167 179.62	
	4	$ 54 490.17	$ 279 245.02	
	5	$ 175 669.19	$ 403 877.85	
	6	$ 376 770.74	$ 515 943.25	
	7	$ 501 281.10	$ 599 015.74	
	8	$ 575 502.71	$ 652 199.60	
	9	$ 683 122.87	$ 683 122.87	
03_CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA	0	$ -	$ -	0.95
	1	$ 79 930.26	$ 24 662.95	

COMUNIDAD DE PICALQUI, TABACUNDO	2	$ 142 415.25	$ 72 459.19	
	3	$ 220 300.29	$ 148 660.23	
	4	$ 264 933.92	$ 239 072.92	
	5	$ 303 749.09	$ 315 273.96	
	6	$ 335 557.79	$ 363 070.20	
	7	$ 387 733.15	$ 387 733.15	
04_ALCANTARILLADO PARA SAN BLAS Y ACHOMEG, PASAJE C Y VARIOS SECTORES, PARROQUIA TURUBAMBA	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 56 047.48	$ 21 671.73	
	2	$ 105 645.61	$ 72 652.52	
	3	$ 142 129.07	$ 123 633.32	
	4	$ 145 305.05	$ 145 305.05	
05_ALCANTARILLADO BARRIO YANAHUAYCO	0	$ -	$ -	0.83
	1	$ 53 165.33	$ 12 229.68	
	2	$ 90 713.38	$ 37 742.75	
	3	$ 94 521.60	$ 77 111.48	
	4	$ 107 481.01	$ 116 480.21	
	5	$ 123 410.77	$ 141 993.29	
	6	$ 154 222.96	$ 154 222.96	
06_ALCANTARILLADO PLUVIAL, ACERAS Y ADOQUINADO CALLE 1 Y CORONEL DONOSO	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 29 687.29	$ 11 411.34	
	2	$ 44 864.76	$ 37 091.20	
	3	$ 53 110.53	$ 72 296.49	

	4	$ 100 844.72	$ 97 976.35	
	5	$ 109 387.69	$ 109 387.69	
07_ALCANTARILLADO COMBINADO PARA LOS BARRIOS ALTOS DE LA ARGELIA PRIMERA ETAPA	0	$ -	$ -	0.81
	1	$ 21 766.97	$ 31 170.16	
	2	$ 74 626.43	$ 101 314.87	
	3	$ 106 028.09	$ 197 478.40	
	4	$ 138 881.34	$ 267 623.12	
	5	$ 298 793.28	$ 298 793.28	
08_SANTA ANA, BARRIO, LA MERCED, ALCANTARILLADO	0	$ -	$ -	0.98
	1	$ 13 243.49	$ 10 859.39	
	2	$ 38 359.32	$ 30 590.65	
	3	$ 68 599.14	$ 61 950.86	
	4	$ 111 128.35	$ 102 552.40	
	5	$ 139 014.05	$ 143 153.94	
	6	$ 147 828.88	$ 174 514.15	
	7	$ 172 537.78	$ 194 245.42	
	8	$ 205 104.81	$ 205 104.81	
09_EXTENSIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO PARA VARIOS SECTORES DE LAS PARROQUIAS SAN ISIDRO DEL INCA Y COMITE DEL PUEBLO	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 34 097.40	$ 12 923.34	
	2	$ 61 694.68	$ 43 324.33	
	3	$ 77 832.62	$ 73 725.33	

	4	$ 86 648.67	$ 86 648.67	
10_LA MACARENA 2DA ETAPA, PARROQUIA CONOCOTO,ALCANTARILLADO	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 36 053.04	$ 16 066.22	
	2	$ 66 332.09	$ 49 582.95	
	3	$ 88 926.58	$ 101 301.97	
	4	$ 112 405.51	$ 153 020.99	
	5	$ 149 135.68	$ 186 537.73	
	6	$ 202 603.95	$ 202 603.95	
11_INTERCEPTOR QUEBRADA CALICANTO	0	$ -	$ -	0.97
	1	$ 49 739.17	$ 10 365.10	
	2	$ 74 456.41	$ 27 379.40	
	3	$ 94 426.04	$ 53 366.69	
	4	$ 108 447.90	$ 88 993.46	
	5	$ 140 145.87	$ 131 227.76	
	6	$ 163 948.28	$ 173 462.06	
	7	$ 205 656.48	$ 209 088.83	
	8	$ 233 532.56	$ 235 076.12	
	9	$ 252 865.07	$ 252 090.42	
	10	$ 262 455.52	$ 262 455.52	
12_CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO: ALCANTARILLADO LINEA FERREA, DESCARGAS BARRIOS SANTA INES Y SAN JOSE. PARROQUIA CUMBAYA	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 42 534.28	$ 17 018.04	
	2	$ 92 636.90	$ 55 315.12	
	3	$ 128 562.52	$ 107 817.74	

	4	$ 138 620.27	$ 146 114.82	
	5	$ 163 132.86	$ 163 132.86	
13_EXTENSIONES DE REDES ALCANTARILLADO PARA VARIOS SECTORES ZONA QUITUMBE GRUPO1	0	$ -	$ -	0.82
	1	$ 107 141.39	$ 25 998.97	
	2	$ 183 945.12	$ 84 506.56	
	3	$ 229 223.58	$ 164 716.38	
	4	$ 235 784.81	$ 223 223.97	
	5	$ 249 222.94	$ 249 222.94	
14_ALCANTARILLADO VIA E35, BARRIO SAN CARLOS, PARROQUIA YARUQUI	0	$ -	$ -	0.88
	1	$ 84 625.01	$ 25 247.97	
	2	$ 159 487.48	$ 82 065.52	
	3	$ 234 680.15	$ 159 958.43	
	4	$ 239 734.29	$ 216 775.99	
	5	$ 242 023.96	$ 242 023.96	
15_EXTENSIONES DE REDES ALCANTARILLADO PARA VARIOS SECTORES ZONA QUITUMBE GRUPO1	0	$ -	$ -	0.93
	1	$ 60 664.29	$ 16 114.69	
	2	$ 133 865.88	$ 41 535.41	
	3	$ 212 715.11	$ 79 464.33	
	4	$ 264 515.75	$ 131 601.49	
	5	$ 309 761.47	$ 195 736.89	
	6	$ 347 539.85	$ 264 672.33	
	7	$ 374 226.19	$ 328 807.73	
	8	$ 427 689.73	$ 380 944.89	
	9	$ 453 831.71	$ 418 873.81	

	10	$ 461 664.95	$ 444 294.53	
	11	$ 460 409.22	$ 460 409.22	
16_ALCANTARILLADO PARA EL BARRIO SAN JOSE DE COCOTOG. PARROQUIA ZAMBIZA	0	$ -	$ -	0.99
	1	$ 10 921.33	$ 13 414.48	
	2	$ 47 355.76	$ 39 411.45	
	3	$ 96 865.31	$ 80 858.14	
	4	$ 134 863.86	$ 130 034.73	
	5	$ 167 834.08	$ 171 481.42	
	6	$ 187 429.49	$ 197 478.39	
	7	$ 210 892.87	$ 210 892.87	
17_ALCANTARILLADO BARRIO PINGUILLA, PARROQUIA PUELLARO	0	$ -	$ -	0.91
	1	$ 94 027.34	$ 24 556.70	
	2	$ 170 238.72	$ 75 785.93	
	3	$ 216 999.33	$ 154 836.76	
	4	$ 255 665.80	$ 233 887.60	
	5	$ 284 175.14	$ 285 116.83	
	6	$ 309 673.53	$ 309 673.53	
18_ALCANTARILLADO PARA LOS BARRIOS CAMPIÑA DEL PICHINCHA, ANITA LUCIA DEL NORTE, PUEBLO NUEVO, 15 DE JULIO Y MIRADOR DE COTOCOLLAO, PARROQUIA EL CONDADO	0	$ -	$ -	1
	1	$ 1 122.27	$ 14 310.08	
	2	$ 30 083.61	$ 36 884.04	
	3	$ 52 276.88	$ 70 565.47	
	4	$ 100 402.73	$ 116 864.02	
	5	$ 147 809.71	$ 173 817.18	
	6	$ 207 320.64	$ 235 032.85	

	7	$ 277 593.95	$ 291 986.02	
	8	$ 346 029.73	$ 338 284.57	
	9	$ 369 812.50	$ 371 966.00	
	10	$ 400 531.05	$ 394 539.96	
	11	$ 408 850.04	$ 408 850.04	
19_MIRAFLORES, COMUNA, PARROQUIA IÑAQUITO. ALCANTARILLADO	0	$ -	$ -	0.91
	1	$ 53 767.48	$ 14 110.74	
	2	$ 93 091.96	$ 43 548.02	
	3	$ 138 402.85	$ 88 972.11	
	4	$ 161 296.37	$ 134 396.20	
	5	$ 176 534.18	$ 163 833.48	
	6	$ 177 944.22	$ 177 944.22	
20_EXTENSION REDES ALCANTARILLADO PARA VARIOS TRAMOS DE LOS SECTORES EL GUABO, PASADE MATILDE HUERTAS, MONJAS	0	$ -	$ -	0.98
	1	$ 47 723.64	$ 27 821.38	
	2	$ 131 785.43	$ 85 861.27	
	3	$ 213 625.75	$ 175 421.50	
	4	$ 288 986.69	$ 264 981.74	
	5	$ 324 574.13	$ 323 021.63	
	6	$ 350 843.01	$ 350 843.01	
21_EXTENSION ALCANTARILLADO PARA PARROQUIA GUANGOPOLO	0	$ -	$ -	0.98
	1	$ 8 910.48	$ 9 917.84	
	2	$ 29 454.89	$ 29 138.39	
	3	$ 48 786.44	$ 59 781.51	

	4	$ 70 776.78	$ 96 139.63	
	5	$ 117 737.77	$ 126 782.75	
	6	$ 135 734.06	$ 146 003.30	
	7	$ 155 921.14	$ 155 921.14	
22_EXTENSION REDES ALCANTARILLADO PARA CALLE IGNACIO GALLARDO Y PASAJE SISALOMA, PARROQUIA PUEMBO	0	$ -	$ -	0.89
	1	$ 82 556.98	$ 29 338.18	
	2	$ 146 782.26	$ 98 353.59	
	3	$ 166 859.13	$ 167 369.00	
	4	$ 196 707.18	$ 196 707.18	
23_PROLONGACION DESCARGA SISTEMA BARRIO RANCHO LOS PINOS	0	$ -	$ -	1
	1	$ 14 841.81	$ 14 263.80	
	2	$ 44 725.12	$ 44 020.40	
	3	$ 58 284.20	$ 58 284.20	
24_ALCANTARILLADO PARA BARRIOS EL TEJAR, LA JOYA Y VIA E35, PARROQUIA YARUQUI	0	$ -	$ -	0.96
	1	$ 54 417.09	$ 27 501.22	
	2	$ 126 696.11	$ 92 195.36	
	3	$ 165 300.34	$ 156 889.50	
	4	$ 184 390.72	$ 184 390.72	
25_CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL BARRIO JOHANNA DE REYES DEL PLAN DE VIVIENDA MUNICIPAL DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	0	$ -	$ -	0.87
	1	$ 77 689.80	$ 32 364.44	
	2	$ 124 390.88	$ 99 881.90	
	3	$ 132 246.34	$ 132 246.34	
26_CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL,	0	$ -	$ -	0.79

ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO PRIMARIO DE LA CALLE JORGE VERA Y BENJAMIN CARRION DEL BARRIO SAN FRANCISCO DE LA COOP. DE VIVIENDA SANTA MARTHA SECTOR 4 DEL CANTON SANTO DOMINGO, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	1	$ 85 566.89	$ 31 081.14	
	2	$ 98 816.88	$ 95 921.42	
	3	$ 127 002.56	$ 127 002.56	
27_EXTENSION ALCANTARILLADO PARA PARROQUIA GUANGOPOLO	0	$ -	$ -	0.94
	1	$ 13 709.55	$ 12 098.42	
	2	$ 87 496.31	$ 31 957.96	
	3	$ 133 392.91	$ 62 291.03	
	4	$ 150 209.22	$ 103 875.55	
	5	$ 171 888.16	$ 153 172.55	
	6	$ 193 514.89	$ 202 469.55	
	7	$ 225 027.72	$ 244 054.07	
	8	$ 254 076.81	$ 274 387.14	
	9	$ 283 876.49	$ 294 246.68	
	10	$ 306 345.10	$ 306 345.10	

```
function [fitresult, gof] = Gompertzn(tiempo_normalizado,
costo_normalizado)
[xData, yData] = prepareCurveData( tiempo_normalizado,
costo_normalizado );

% Set up fittype and options.
ft = fittype( 'a*exp(-exp(b-c*x))', 'independent', 'x',
'dependent', 'y' );
excludedPoints = excludedata( xData, yData, 'Indices',
[22 39 51 66 69 78 83] );
opts = fitoptions( 'Method', 'NonlinearLeastSquares' );
opts.Display = 'Off';
opts.StartPoint = [0.652386878777898 0.168599427095287
0.992879260880455];
opts.Exclude = excludedPoints;
```

```
% Fit model to data.
[fitresult, gof] = fit( xData, yData, ft, opts );

% Plot fit with data.
figure( 'Name', 'Gompertz modelo' );
h = plot( fitresult, xData, yData, excludedPoints );
legend( h, 'costo_normalizado vs. tiempo_normalizado',
'Excluded costo_normalizado vs. tiempo_normalizado',
'Gompertz modelo', 'Location', 'NorthEast',
'Interpreter', 'none' );
% Label axes
xlabel( 'tiempo_normalizado', 'Interpreter', 'none' );
ylabel( 'costo_normalizado', 'Interpreter', 'none' );
grid on
```

Modelo de Gompertz para proyectos de alcantarillados

Elaborado por Miguel Asquel

```
clc;
clear all;
close all
tiempo_normalizado=readmatrix("DatosProyectosAlcantarilladoPichincha.xlsx","Range
","A1:A115");
costo_normalizado=readmatrix("DatosProyectosAlcantarilladoPichincha.xlsx","Range"
,"B1:B115");
Gompertzn(  tiempo_normalizado,costo_normalizado)


xlim([0.000 1.000])
ylim([0.000 1.000])
a=1.05;
b=1.098;
c=3.574;
```

Modelo de Gompertz

```
%G=a*exp(-exp(b-c*x));
```

Gompertz al origen y factor k de escalamiento.

```
x0=0;
xf=1;
G0=a*exp(-exp(b-c*x0));
syms k;
```

```
k1=([k*(a*exp(-exp(b-c*xf))-a*exp(-exp(b-c*x0)))==1]);
k3=solve(k1,k);
```

Proyectos

```
A=readcell("Proyecto2021ALCANTARILLADO.xlsx");
Presupuesto1=cell2mat(A(2,2));
% k0=9007199254740992/8223160172377129;
k0=eval(k3);
numes=cell2mat(A(3,2));
j=1;
for m=0:1:numes
    x(j,1)=m/numes;
    j=j+1;
end


Gomp_norm=k0*(a*exp(-exp(b-c*x))-G0);
plot(x,Gomp_norm,'-o','MarkerFaceColor',"auto")
% title(['01_Alcantarillado barrio 11 de mayo,Santa Catalina,\nbarrio Espejo
Chillogallo'])
xlabel('Tiempo normalizado')
ylabel('Costo normalizado')
grid on
```

Modelo Logistico

```
%
Log_norm=1.093433*(((exp(6.36492244*(x)))./(exp(2.778286089)+exp(6.36492244*(x)))
)-0.05851);
% Log_norm(1,1)=0;
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D3:D9");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D10:D19");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D20:D27");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D28:D32");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D33:D39");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D40:D45");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D46:D51");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D52:D60");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D61:D65");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D66:D72");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D73:D83");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D84:D89");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D90:D95");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D96:D101");
```

```
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D102:D113");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D114:D121");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D122:D128");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D129:D140");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D141:D147");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D148:D154");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D155:D162");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D163:D167");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D168:D171");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D172:D176");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D177:D180");
% Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D181:D184");
Log_norm=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D185:D195");


Log_norm=Log_norm./Presupuesto1;
hold on
% plot(x,Log_norm,'-o','color',[1 0 0],'MarkerFaceColor',"auto")


Nombre=A(1,2);
% title(Nombre)
xlabel('Tiempo normalizado')
ylabel('Costo normalizado')
grid on


format bank
Gomp=Gomp_norm.*Presupuesto1;
Log=Log_norm.*Presupuesto1;
% ax = gca;
% ax.TitleFontSizeMultiplier = 0.8;
j=1;
for me=0:1:length(Gomp)-1

  M(j,1)=(me);
  j=j+1;
end
Mes=M;
Gompertz_Normalizado=Gomp_norm;
Logistico_Normalizado=Log_norm;
%Datos para el valor contratado(x)
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C3:C9");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C10:C19");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C20:C27");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C28:C32");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C33:C39");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C40:C45");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C46:C51");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C52:C60");
```

```
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C61:C65");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C66:C72");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C73:C83");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C84:C89");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C90:C95");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C96:C101");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C102:C113");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C114:C121");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C122:C128");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C129:C140");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C141:C147");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C148:C154");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C155:C162");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C163:C167");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C168:C171");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C172:C176");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C177:C180");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C181:C184");
% cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","C185:C195");
cont=readmatrix("Logistico.xlsx","Range","D196:D201");
cont_norm=cont./Presupuesto1;
plot(x,cont_norm,'-o','color',[0 1 0],'MarkerFaceColor',"auto")
hold off
%  legend('Modelo  de  Gompertz','Modelo  Logistico','Valor  Ganado','Location',
'SouthEast')
legend('Modelo de Gompertz','Valor Ganado','Location', 'SouthEast')
xlim([0.000 1.000])
ylim([0.00 1.000])
Gompertz=Gomp;
Logistico=Log;
Contratado=cont;


% T=table(Mes,Contratado,Gompertz,Logistico)
```

Metodología del valor ganado:

```
SV=cont-Gomp;
SPI=cont./Gomp;
tev=table(Contratado,Gompertz,SV,SPI)
```