



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE COSTO PARA OPTIMIZAR EL
DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO EN EL CANTÓN SANTA
ROSA

EGAS INFANTE BRYAN FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE COSTO PARA
OPTIMIZAR EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO
EN EL CANTÓN SANTA ROSA

EGAS INFANTE BRYAN FERNANDO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN
ANÁLISIS DE CASOS

DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE COSTO PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO
DE SISTEMAS DE ALCANTARIILADO EN EL CANTÓN SANTA ROSA

EGAS INFANTE BRYAN FERNANDO
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 05 DE MAYO DE 2020

MACHALA
2020

DETERMINACION DE LA ECUACION DE COSTO PARA EL DISENO OPTIMIZADO DE REDES DE ALCANTARILLADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ hdl.handle.net

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, EGAS INFANTE BRYAN FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DETERMINACIÓN DE LA ECUACIÓN DE COSTO PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARIILADO EN EL CANTÓN SANTA ROSA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

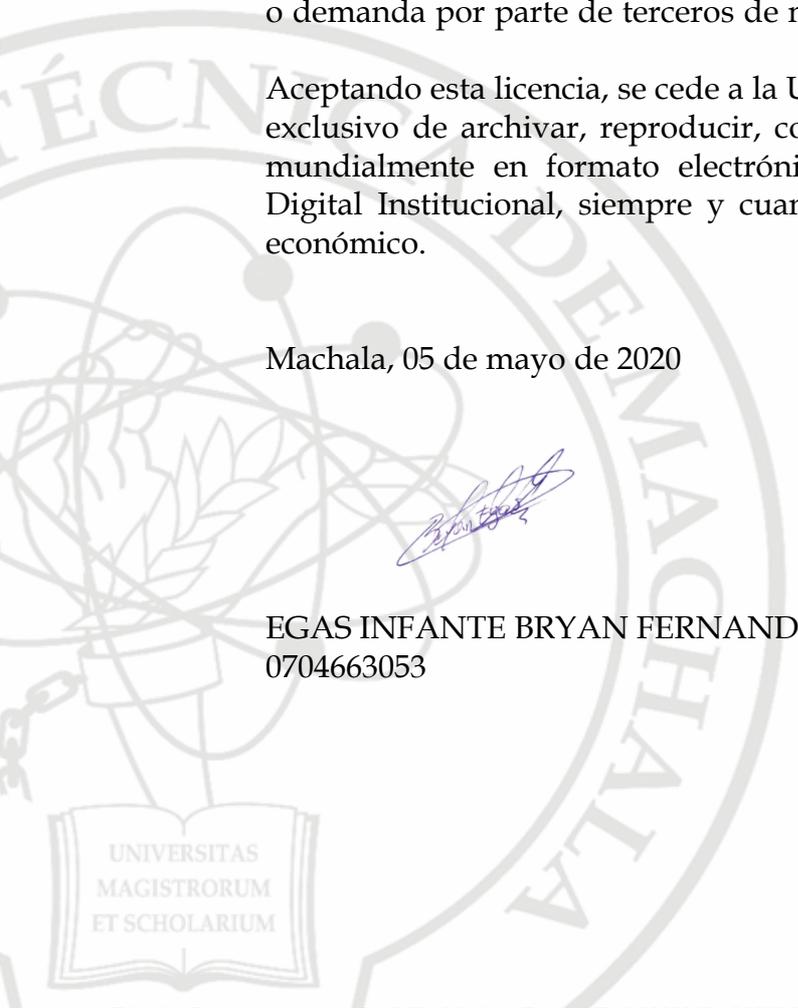
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 05 de mayo de 2020



EGAS INFANTE BRYAN FERNANDO
0704663053



UNIVERSITAS
MAGISTRORUM
ET SCHOLARIUM

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a mi familia, por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida personal y profesional, por no dejarme caer, y por sacrificarse para poder cumplir mis metas; se lo debo todo a ellos, son mi motor y siempre me han brindado la fuerza necesaria para salir adelante ante cualquier adversidad por más difícil que ésta sea.

Y de manera especial también deseo dedicárselo a mi querida y recordada abuelita Tula, porque a pesar de haber partido al cielo, yo sé que siempre estuvo acompañándome en todo momento y ahora sería muy feliz de verme culminando esta etapa en mi vida.

Bryan Fernando Egas Infante.

AGRADECIMIENTO

Primero deseo agradecer a Dios por permitirme cumplir una de las metas que más anhelaba, por escucharme en mis momentos de angustia y por brindarme la tranquilidad, perseverancia y seguridad que necesitaba para enfrentarme a todos los retos y obstáculos que se fueron presentando en el camino.

A mi amada esposa Carolina

Porque gracias a su apoyo, su energía y su carácter no dejo que me rindiera e hizo que mi meta dejara de parecer inalcanzable; fue, es y será un pilar fundamental en mi vida, en mi carrera universitaria y en todos los proyectos que emprenderemos juntos, sin ella todo hubiera sido más difícil. Te amo hoy y siempre.

A mi tutor

Por su infinito apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y más aún por la ayuda brindada en la realización de mi proyecto de titulación. Con su generosidad, sabiduría y compromiso hizo de mí un mejor profesional.

A mi padre Fernando

Me faltan palabras para agradecerle...Gracias por ser el mejor tutor que Dios me pudo dar, mi más grande orgullo y mi mayor inspiración para escoger esta carrera que me llena de satisfacción. Le agradezco por brindarme su apoyo en todos los momentos bonitos y difíciles de mi vida, tanto personal como profesional, gracias por sus sabios consejos; sin ellos, probablemente no estaría donde me encuentro ahora, siempre llegaron en el momento preciso, más aún cuando quería desvanecer, me enseno a ser fuerte, a no rendirme y a poner mi mejor cara ante la vida y los problemas, por más fuertes que parecían en su momento. Este logro es para mi familia, mi esposa y Dios, por y para ustedes mis esfuerzos y mis ganas de alcanzar todas las metas que me voy forjando en el camino.

A mi madre Alicia.

Gracias madrecita querida, tu mi compañera y mi soporte durante todos estos años que en su momento parecían eternos, mi mayor impulso, mi consejera y amiga, la mujer que a pesar de todos mis defectos me ama y amara toda su vida. Lo he logrado mama, disfruta esta meta alcanzada, te prometo que vendrás más logros.

A mis hermanos

Luis, Caroline, Michael y Mercy, por brindarme su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, siempre han creído en mí y aquí estoy para decirles que los amo y que este logro también es de ellos; porque me enseñaron que por más grande que sea el obstáculo si uno se esfuerza y le pone ganas lograra vencerlo fácilmente, siempre confiando en Dios.

A mis sobrinas Danna y Mila, por ser luz en la vida de cada persona que las conoce, por recargarme de energías con solo una sonrisa, y por permitirme conocer la nobleza del alma de una niña.

Y, por último, pero no menos importante agradezco a mi prestigiosa Universidad Técnica de Machala, por haberme permitido formarme académicamente en la carrera de Ingeniería Civil; así mismo, deseo agradecer al grupo de docentes que me acompañaron durante todos estos años, sus conocimientos fueron base fundamental para mi formación como profesional.

Bryan Fernando Egas Infante.

RESUMEN

La ingeniería civil es una ciencia interdisciplinaria encomendada de solventar las necesidades sociales mediante infraestructura duradera, segura y funcional, misma que demanda un costo e implementación en base a un diseño técnico, acorde tanto a las normativas vigentes como apreciaciones prácticas.

El recurso esencial es el agua, por lo tanto, su uso es indispensable en toda actividad de forma directa e indirecta, hasta que cumple con su labor y es desechada, a través de complejas redes sanitarias que descargan el fluido a vertientes naturales.

Los sistemas de alcantarillado son una de las principales obras de carácter fiscal, por satisfacer a poblaciones enteras acorde a restricciones técnicas, factores tanto socioeconómicos como climáticos, topográficos o de índole práctica al gestionar su diseño.

En el medio laboral, se observa dificultades al calcular presupuestos para implementar sistemas de aguas servidas, no existe una expresión matemática capaz de optimizar el proceso de ponderar costos ni ajustar precios para minimizar el monto del proyecto.

La revisión acerca del contexto de la problemática, indica una tendencia a optimizar los diseños de redes sanitarias, minimizar sus costos e incrementar sus prestaciones hacia la comunidad; sin embargo, una restricción común son los valores de diámetros comerciales que impiden reducir al mínimo los montos, pese a cumplir con las condiciones técnicas del diseño; por lo tanto, se deduce que es imperioso enfocar las obras civiles hacia la sostenibilidad, justificándose la ejecución del estudio tanto desde el punto de vista técnico como social.

El objetivo es determinar una ecuación de costo mediante un análisis numérico para optimizar el diseño de redes de alcantarillado en la provincia de El Oro; se alinea con las tendencias nacionales de administrar eficientemente los recursos y a la vez se interactúa con los problemas sociales con el afán de solucionarlos, siendo esta una destreza de la carrera.

La metodología aplicada es pragmática, se utiliza la investigación bibliográfica para caracterizar los criterios e inferencias de la ecuación, análisis comparativo al discretizar los rubros clase A y modelación matemática a través de los mínimos cuadrados para obtener los componentes de la ecuación e integrar una fórmula que cumpla con los requerimientos técnico prácticos del estudio.

Los rubros principales encontrados mediante la *Regla de Pareto* son metro lineal de tubería, pozos de revisión de hormigón Armado, excavación, rasanteo, encamado de arena, relleno de grava, desalojo y relleno de material que suman alrededor del 80% del monto de obra al ser un 20% del total de actividades; se grafican mediante el software Excel para encontrar su línea de tendencia y luego hallar su relación matemática acorde al tipo de función, siendo en las ordenadas el costo unitario, mientras que en las abscisas la unidad del rubro.

En los resultados se pone a prueba la formula al estimar el presupuesto del cantón Santa Rosa, con un error aproximado del 1.38% demostrando su veracidad; la expresión es $Y = 0.0006 (X_1)^{2.0337} + 253.59 (X_2)^{1.1209} + (2.4878X_3^2 + 21.194X_3 - 38.52) + (5.5414X_4^2 + 49.481X_4 - 39.425)$, donde Y es el monto aproximado del proyecto en \$ USD, X1 es diámetro de tubería, X2 altura del pozo y X3 profundidad de relleno (altura de excavación menos encamado, triturado y rasanteo), sumando el rubro del pozo una sola vez por fila, debido a que no es afectado por la distancia.

Palabras Clave: Sistemas de alcantarillado, costo, diseño, optimización, ecuación.

ABSTRACT

Civil engineering is an interdisciplinary science entrusted to solve social needs through durable, safe and functional infrastructure, which demands a cost and implementation based on a technical design, according to both current regulations and practical assessments.

The essential resource is water, therefore, its use is indispensable in all activities directly and indirectly, until it fulfills its work and is discarded, through complex sanitary networks that discharge the fluid to natural slopes.

Sewerage systems are one of the main works of a fiscal nature, because they satisfy entire populations according to technical restrictions, both socioeconomic and climatic, topographic or practical factors in managing their design.

In the work environment, difficulties are observed when calculating budgets to implement sewage systems, there is no mathematical expression capable of optimizing the process of weighing costs or adjusting prices to minimize the amount of the project.

The review about the context of the problem indicates a tendency to optimize the designs of health networks, minimize their costs and increase their benefits to the community; however, a common restriction is the commercial diameter values that prevent the amounts from being minimized, despite complying with the technical conditions of the design; therefore, it follows that it is imperative to focus civil works towards sustainability, justifying the execution of the study both from a technical and social point of view.

The objective is to determine a cost equation through a numerical analysis to optimize the design of sewerage networks in the province of El Oro; It aligns with national trends to efficiently manage resources and at the same time interacts with social problems in an effort to solve them, this being a career skill.

The methodology applied is pragmatic, bibliographic research is used to characterize the criteria and inferences of the equation, comparative analysis when discretizing the class A items and mathematical modeling through the least squares to obtain the components of the equation and integrate a formula that comply with the practical technical requirements of the study.

The main items found through the Pareto Rule are linear meter of pipe, concrete inspection wells Armed, excavation, match, sand bed, gravel fill, eviction and material filling that add up to 80% of the amount of work to be 20% of the total activities; they are plotted using Excel software to find their trend line and then find their mathematical relationship according to the type of function, the unit cost being in the ordinate, while in the abscissa the unit of the item.

In the results the formula is tested when estimating the budget of the Santa Rosa canton, with an approximate error of 1.38% demonstrating its veracity; the expression is $Y = 0.0006 (X_1)^{2.0337} + 253.59 (X_2)^{1.1209} + (2.4878X_3^2 + 21.194X_3 - 38.52) + (5.5414X_4^2 + 49.481X_4 - 39.425)$, where Y is the approximate amount of the project in \$ USD, X1 is pipe diameter, X2 height of the well and X3 depth of filling (excavation height less bedded, crushed and flushed), adding the item of the well only once per row , because it is not affected by distance.

Keywords: Sewer systems, cost, design, optimization, equation.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	IV
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
ÍNDICES DE CUADROS	X
ÍNDICE DE ANEXOS	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	3
1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio.....	3
1.1.1 Macro	3
1.1.2 Meso.....	5
1.1.3 Micro	5
1.2 Hechos de interés.....	6
1.3 Objetivos de la investigación.....	8
1.3.1 Objetivo General.	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO	9
2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia.....	9
2.1.1 Investigación Documentada.....	9
2.1.2 Análisis Abductiva.	9
2.1.3 Modelación Matemática.	9
2.2 Bases teóricas de la investigación	9
2.2.1 Ingeniería Civil.	9
2.2.2 Sistemas de alcantarillado.....	10
2.2.3 Tipos de sistema de aguas servidas.	10
2.2.4 Factores de costo en el diseño de redes de alcantarillado.	12
2.2.5 Factores sociales en el diseño de redes de alcantarillado.	12
2.2.6 Sostenibilidad de infraestructuras civiles.....	12
2.2.7 Diseño optimizado.....	12
2.2.8 Bases de diseño	13

2.2.9 Normativa Empresa de agua potable Quito.....	17
2.2.10 Normas Interagua.....	21
CAPÍTULO III. PROCESO METODOLÓGICO	23
3.1 Diseño o tradición de la investigación seleccionada	23
3.1.1 Análisis Sistemático.....	23
3.1.2 Mínimos Cuadrados.....	23
3.1.3 Regresión Lineal.....	23
3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación	24
3.3 Sistema de categorización en el análisis de datos en la investigación.....	25
Paso 1: Ecuación en función del diámetro y costo de la tubería.....	25
Paso 2: Pozo de revisión hormigón armado y Kg de acero estructural.....	26
Paso 3. Ecuación en función del costo de excavación al colocar la tubería.....	29
Paso 4. Ecuación para el costo del relleno con material de mejoramiento.....	31
Paso 5. Ecuación general del diseño optimizado para sistemas de alcantarillado.....	33
CAPÍTULO IV. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
4.1 Descripción y argumentación teórica de resultados	35
4.1.1 Prueba de la fórmula de optimización.....	35
4.1.2 Error de la formula al estimar presupuestos.....	35
4.2 Conclusiones.....	36
4.3 Recomendaciones	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Gráfico de red de tuberías para diseño optimizado por software basado en restricciones.....	3
Ilustración 2. Diseño optimizado de un sistema de alcantarillado junto a monitoreo de calidad de aguas servidas.....	10
Ilustración 3. Selección de diámetros mediante suma óptima de pérdidas	13
Ilustración 4. Regresión lineal por mínimos cuadrados para relacionar diámetro con \$/m	26
Ilustración 5. Modelo de pozo de revisión usado en el análisis matemático.....	27
Ilustración 6. Relación matemática entre costo del pozo y altura de excavación	28
Ilustración 7. Forma de excavación para situar la tubería en los tramos.....	30

Ilustración 8. Curva del costo unitario de excavación contra altura de excavación en colocación de tubería	30
Ilustración 9. Forma trapezoidal de la excavación usada en el análisis matemático.....	32
Ilustración 10. Gráfica del costo del relleno de mejoramiento vs altura de excavación	33

ÌNDICES DE CUADROS

Cuadro 1. Ahorro de agua potable a lo largo del tiempo.....	11
Cuadro 2. Diámetros mínimos de las diferentes tuberías del sistema de alcantarillado.	15
Cuadro 3. Velocidades máximas a tubo lleno y coeficiente de rugosidad recomendados.	16
Cuadro 4. Distancias máximas recomendadas para separación entre pozos	16
Cuadro 5. Diámetros mínimos y especificaciones para sifones invertidos	17
Cuadro 6. Coeficiente de retorno de aguas servidas domestica Emaap-Q	18
Cuadro 7. Contribución mínima en zonas industriales Emaap-Q	18
Cuadro 8. Contribución mínima en zonas comerciales Emaap-Q.....	19
Cuadro 9. <i>Caudales Institucionales (QIN)</i>	19
Cuadro 10. <i>Caudales de conexiones erradas</i>	19
Cuadro 11. <i>Aportes Máximos Infiltración</i>	20
Cuadro 12. <i>Resumen de Dotaciones (Hpp-d) Escenario esperado</i>	21
Cuadro 13. <i>Resumen de Dotaciones (Hpp-d) Escenario conservador</i>	21
Cuadro 14. <i>Rubros clase A del proyecto La Avanzada</i>	24
Cuadro 15. <i>Detalle de acero de refuerzo para h de 0 a 2 m</i>	27
Cuadro 16. <i>Ancho de zanja mínimo en función del diámetro de la tubería</i>	29

ÌNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resumen de criterios técnicos nacionales para diseñar sistemas de alcantarillado	45
Anexo 2. Presupuesto Referencial 1: Construcción Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro	49
Anexo 3. Presupuesto Referencial 2: Construcción Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro	52
Anexo 4. Resumen de ensayos de la subrasante.....	55
Anexo 5. Prueba de fórmula (Tesis).....	57
Anexo 6. Cálculo de relaciones costo excavación según fabricante de tuberías.....	58

Anexo 7. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 1).....	61
Anexo 8. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 2).....	63
Anexo 9. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 3).....	65
Anexo 10. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 4).....	67
Anexo 11. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 1)	69
Anexo 12. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 2)	71
Anexo 13. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 3)	73
Anexo 14. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 1)	76
Anexo 15. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 2)	79
Anexo 16. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 3)	82
Anexo 17. Acero de refuerzo en barras $f_y=4200$ Kg/cm ² (Para cámaras).....	83
Anexo 18. Detalle de acero de refuerzo para pozos de revisión a una profundidad comprendida entre 2 a 4 m	84
Anexo 19. Detalle de acero de refuerzo para pozos de revisión a una profundidad comprendida entre 4 a 6 m	85

INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se refiere al tema de diseño optimizado de redes de alcantarillado sanitario, se define como un conjunto de tuberías y obras adicionales que evacuan aguas residuales de una determinada población, provenientes de viviendas, instituciones, industrias, y/o pluviales que son fluidos provenientes de las aguas lluvias, los sistemas de alcantarillado se acostumbrado hacer en tres tipos separados, combinados y mixtos.

Los sistemas de alcantarillado, está compuesto por tres partes fundamentales redes de recolección, planta de tratamiento y descarga, este tipo de sistema es parte fundamental del diario vivir en cualquier parte del mundo, en esencial en la protección de indicadores importantes según la Organización Mundial de la Salud (OMS), gestionando la sanidad público o posibles focos de contaminación tanto para personas como medio ambiente.

En el Ecuador en las ciudades principales como Quito, Guayaquil y Cuenca los sistemas de alcantarillado se diseñan de acuerdo a la densidad poblacional, topografía, nivel freático y actividades socioeconómicas, que condicionan las fases del tratamiento para cumplir con las características físico químicas y bacteriológicas impuestas por la normativa legal. Esto indica que es necesario conocer las condiciones del terreno para analizar su incidencia sobre los costos en especial en los rubros de mayor relevancia como excavación, suministro de tubería o estaciones de bombeo que causan variaciones en el mantenimiento u operación del sistema de desagüe.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2016), los gobiernos autónomos descentralizados (GADs) tienen un 53.4% de sistemas de alcantarillado diferenciado (red pluvial y sanitaria separadas), mientras que el 42.5% de las ciudades cuentan con un alcantarillado combinado (red pluvial y sanitaria juntas) y un 4.7% de los municipios en zonas marginales no cuentan con el servicio de alcantarillado.

La problemática a tratar es la carencia de expresión matemática al optimizar el diseño de redes de alcantarillado para minimizar el costo; esto se alinea con las consideraciones de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) que busca mejorar la eficiencia en la administración de recursos para la ejecución de obras públicas, enfocándose en los sistemas de alcantarillado por ser un servicio básico de la población.

Las variables que intervienen tanto en el diseño de dichos sistemas son en esencia, cantidad de la población, características de la comunidad, caudales proyectados, vida útil de las instalaciones y evidentemente el *presupuesto* que es el recurso para financiar la obra.

En lo referente a los materiales los principales son las *tuberías*, su modo de instalaciones e implementos, abarcando la mayor parte del monto económico por lo cual, el Policloruro de Vinilo (PVC) es ampliamente empleado, gracias a su duración, resistencia químicos u agentes microbiológicos; sin embargo, por negligencia las personas arrojan desperdicios como grasas, residuos químicos, desperdicios de ganado o industria que tienden a taponar las tuberías; por lo tanto, también es una cuestión cultural e informar sobre la ley y apreciaciones para preservar estas inversiones.

En los resultados del proceso investigativo se exponen las conclusiones, describiendo las inferencias técnicas e interacciones en los componentes de la formula, para optimizar el recurso monetario en el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado en el contexto nacional.

El estudio pertinente se estructura de la siguiente manera:

Capítulo 1: Se define el objeto de estudio, las variables dependiente e independiente con las que se interactúa en la investigación, resumiendo los acontecimientos contextuales y hechos que marcaron el desarrollo de la temática hasta hoy en día, para plantear los objetivos delineando las tareas necesarias al realizar el proyecto.

Capítulo 2: Comprende la compilación de conceptos teóricos y apreciaciones cognitivas mediante una investigación documentada para argumentar las inferencias técnicas del proyecto.

Capítulo 3: Se explica cómo llevar a cabo la formulación de la ecuación, describiendo los procesos metodológicos, técnicas y herramientas epistemológicas al obtener, analizar e interpretar datos.

Capítulo 4: Relata los resultados fundamentados mediante el juicio crítico, normativas, consideraciones técnicas y pericia del autor, al demostrar la confiabilidad de los valores obtenidos con la ecuación para optimizar los costos en la construcción de sistemas de alcantarillado.

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO

Objeto de estudio es la abstracción del área del conocimiento en la cual se indaga para entender la problemática, con la finalidad de encontrar una solución eficiente a la situación que motiva la investigación.

1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio.

El campo de estudio son los sistemas de alcantarillado, particularmente en los procesos para formular una expresión matemática que cuantifica el costo en la optimización de su diseño. Se interactuar con las variables y parámetros que intervienen en la estimación de materiales en una red de aguas residuales, expresando una relación matemática que mejore su cálculo al economizar recursos.

1.1.1 Macro

A nivel global se observa la tendencia a optimizar los diseños, mejorar las prestaciones técnicas y económicas de las redes sanitarias a gravedad; un algoritmo basado en las hormigas de Pareto y crecimiento de árboles es capaz de converger un sistema cuyos diámetros representan un monto de 0.1% a 2.1 % menor a sistemas diseñados sin restricciones [1].

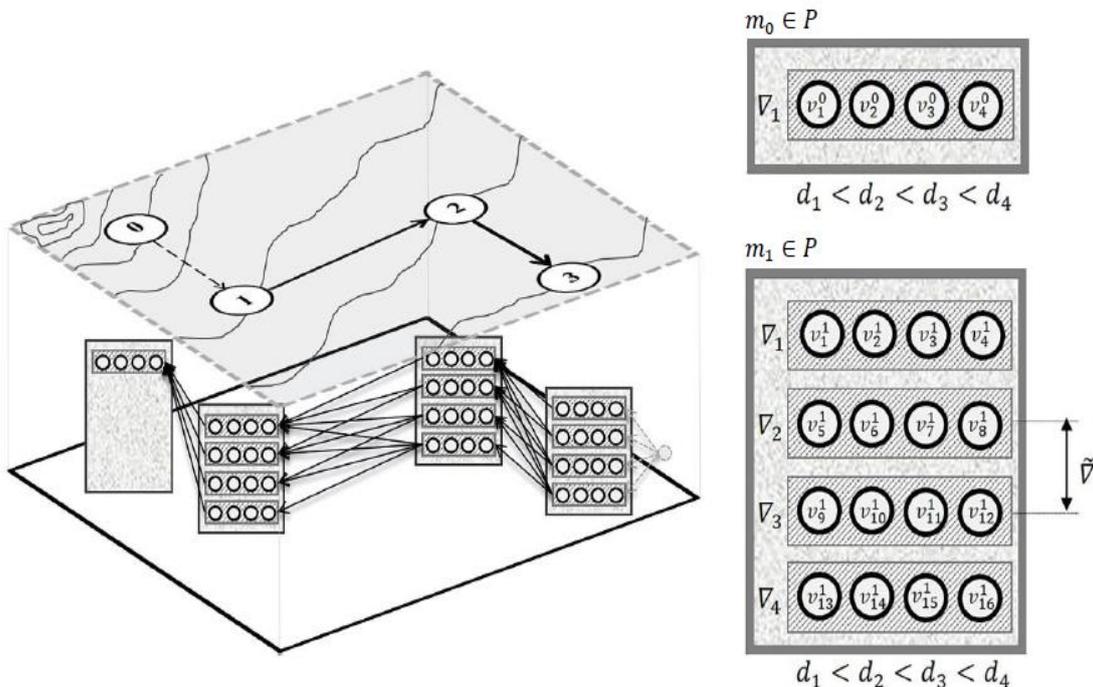


Ilustración 1. Gráfico de red de tuberías para diseño optimizado por software basado en restricciones

Fuente: [2]

Una consideración importante es que la mayoría de diseños sanitarios utilizan la fórmula de Manning pero su naturaleza empírica presente limitaciones al ponderar valores en sistemas mallados; por ello la ecuación de Darcy Weisbach al ser producto de un razonamiento técnico puede aplicarse en la programación lineal, al minimizar el costo a través de restricciones y limitaciones en los valores de las variables [3].

En China, se diseñan redes hidrosanitarias mejorando los costos hasta el valor mínimo considerando a las presiones requeridas (h_i), α coeficiente de mantenimiento, β tarifa mensual, θ mantenimiento de estaciones de bombeo, a es pérdidas por carga, b velocidad del flujo y c diámetros de tuberías. El costo se reduce al mínimo, gracias a una serie de iteraciones y el coeficiente de equivalencia anual que sintoniza los costos operativos [4].

$$\text{ec. (1) } F_i = \min \left[(\alpha + \beta + \theta) (C_i + P_i) + \frac{ETpgQ_i H_i}{n} - \frac{\alpha y P_i}{(1 + r_o)^t} \right]$$

$$\text{ec. (2) } C_i = \sum_{j=1}^{M_i} (a_1 + a_2 D_{ij}^2 + a_3 h_{ij}^2) * l_{ij}$$

Donde:

F_i = Costo mínimo anual de la red de tuberías del sistema sanitario \$USD

C_i = Costo de construcción de las tuberías principales de la red \$USD

P_i = Inversión en construcción para bombeo de aguas residuales \$ USD

D_{ij} = Diámetro de sección de tubería ramificada, es sección de la tubería (m)

h_{ij} = Profundidad enterrada de la sección ramificada j de la sección i (m)

l_{ij} = Longitud de la sección de tubería ramificada (m)

Q_i = Caudal máximo diario de la estación de bombeo (m^3/s)

H_i = Es la cabeza de presión en la estación de bombeo (m)

M_i = Número total de secciones de tuberías

$A_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ y b_4 son constantes estimadas por el método de mínimos cuadrados

α = es el coeficiente de anualidad equivalente

ρ = Es la tasa de rendimiento promedio (%)

y = Vida útil del servicio del sistema de alcantarillado

E = Precio unitario de consumo (Kw/h)

T = Tiempo de retención de las aguas en la estación de bombeo (h)

ρ = Densidad del agua ($1 \text{ Tn} \cdot m^{-3}$)

g = Aceleración de la gravedad 9.8 m/s^2

η = Eficiencia general de la estación de bombeo (%)

β = Coeficiente de mantenimiento anual de tubería y estaciones de bombeo

θ = Coeficiente de tarifa de gestión anual de la red de alcantarillado

1.1.2 Meso

En breves rasgos la evolución de los sistemas de alcantarillado en el Ecuador, parten desde la década del 70 gracias al auge petrolero que facilitó los fondos para instalar redes sanitarias en todas las provincias, en especial en El Oro. Los primeros materiales fueron el asbesto cemento, debido a la rugosidad del material sus pendientes fueron de 5/1000 acorde a las normas de aquel entonces.

Desde la perspectiva técnica se evidencia la falta de diseño adecuado al entorno salino de la costa, por la corrosión del hormigón es que se optó por Policloruro de Vinilo (PVC) alrededor del año 2000, gracias a que Plastigama popularizó el material al fabricarlo desde 1985 [5].

Hoy en día los criterios normados por las reglamentaciones nacional y tendencias de vanguardia a nivel globalizado, imperan en un diseño optimizado que conjugue características de funcionalidad, economía e integre la sostenibilidad como bases del diseño.

En la ciudad de Cuenca estudios recientes demuestran que es posible ahorrar el 30% en consumo de agua potable en los hogares, solo con aplicar una gestión sustentable lo cual se deriva en menores diámetros en el sistema de alcantarillado, debido a que su caudal depende del uso de los aparatos sanitarios y dispositivos de ahorro o reciclaje de aguas [6].

1.1.3 Micro

En la ciudad de Santa Rosa, no se encuentran estudios relativos a la optimización de costos en el diseño de redes sanitarias, ni documentaciones afines a la temática en las obras municipales en los últimos periodos.

Por lo tanto, se cita el presente proyecto como estudio base al concluir con un modelo matemático, de fácil aplicación al mejorar los procesos de diseño o consultoría en entidades públicas.

La meta es analizar numéricamente los modelos teóricos en función de las variables técnicas, para minimizar los costos de construcción en redes de aguas residuales mediante un diseño optimizado, que opera con restricciones e inferencias lógicas capaces de iterarse por ordenador.

1.2 Hechos de interés

Son los hitos referentes a la temática, su estado y su aplicación, desde una concepción histórica hasta actualidades técnicas que permitan caracterizar su estudio.

Los primeros sistemas sanitarios, se registran en el Valle del Indo cerca del 3200 AC, empleabas redes de canales desde ríos y luego mecanismos para descargar aguas grises. En la antigua Grecia se construyeron ductos, túneles y letrinas para abastecer/drenar aguas sobre losas cimentando las bases de higiene en lo referente al uso del agua [7]

El hecho que popularizo las redes de alcantarillado fue la ciudad de Hamburgo en 1843, plantando las bases para gestionar sistemas similares en Inglaterra, Europa y el resto de la sociedad pre moderna [8].

En lo referente a su jurisdicción la carga magna del Ecuador, expresa que el *agua* es un derecho y un recurso de carácter estratégico, irrenunciable e innegable; por lo tanto, es competencia del estado dar una gestión holística acorde a los criterios técnicos e inferencias de sustentabilidad en el cuidado de la naturaleza [9]. Esto implica que diseñar eficientemente los sistemas de alcantarillado es una responsabilidad social de la carrera de ingeniería civil con la sociedad nacional.

Los criterios de la norma ecuatoriana **CPE INEN 5** son:

- ❖ Tuberías deben seguir la pendiente natural del terreno, calculándose tramo a tramo
- ❖ El gasto es proporcional a la superficie afluente y a la tasa de escurrimiento calculada
- ❖ Deben evitar cruces con redes de agua potable, estando en el lado opuesto de la vía y a 0.3 m por debajo en caso de cruzarse
- ❖ Diámetros mínimos son 200 mm para colectores; 250 mm para pluvial y con una pendiente mínima de 1% para conexiones domiciliarias
- ❖ La tubería nunca debe funcionar llena, evitando gases tóxicos o taponamiento, preferiblemente garantizar el auto lavado
- ❖ La velocidad mínima es 0.45 m/s y la máxima es 0.60 m/s para asegurar el arrastre de sedimentos en los colectores primarios

La estrategia nacional de calidad del agua, indica los siguientes lineamientos:

- ❖ Es importante e imperioso optimizar el uso del recurso hídrico, mediante mecanismos de control eficientes para un desarrollo socioeconómico adecuado
- ❖ Mejorar los servicios de la población relativos al agua y fortalecer los sectores económicos que dependen del recurso hídrico
- ❖ Concientizar y sensibilizar a la población sobre el aprovechamiento del agua

No existe una narrativa clara en la historia de la optimización de redes de agua, pero si se aprecia una tendencia en el uso de algoritmos genéticos para iterar valores óptimos en ecuaciones e inecuaciones lineales como alternativa a métodos numéricos tradicionales [10].

En Ecuador existe un claro déficit en el tratamiento, por ello también se estudian métodos para optimizar depuración de agua y retroalimentar a las redes sanitarias, como medida para economizar caudales, mitigar la contaminación e impacto monetario en el mantenimiento o sanciones por daño a las fuentes de agua [11].

En el municipio de Nàtaga, Colombia se aplica lógica difusa para estimar los caudales óptimos en el diseño de redes sanitarias, analizando coeficientes de lluvias, escasez e inferir los caudales que se pueden reutilizar en los sistemas, siendo una medida dinámica tanto del punto de vista matemático como ambiental [12].

En la ciudad de Machala se realizó una obra de regeneración urbana de los barrios del Sur, con un monto referencial de 2 millones de dólares estadounidenses incluyendo redes de agua potable, servidas y bordillos para una superficie de las ciudadelas Alcides Pesantez, Girasoles, Nuevo Pilo, Aeropuerto Sur, Venezuela, Costa azul. En Quito reparar una tubería principal de desagüe cuesta 20 mil dólares con 1500 beneficiarios; empíricamente el costo e instalación de la tubería representa alrededor del 25 % al 30% del presupuesto, evidenciado la necesidad de optimizar inversión para redistribuir en obras hacia la comunidad.

El municipio de Santa Rosa en el informe de rendición de cuentas, destaca que la cobertura es del 90% en zona urbana y 60% en área rural en el año 2018 [13]; Pudiendo haber aplicado un plan de optimización de inversión, lo que hubiera permitido llegar a una cobertura del 100%, minimizar costos para mejorar la calidad de vida de casi el 100% de la población.

Los puntos de optimización deben nacer de un diseño que cumpla normas, y analice las condiciones del terreno; además viendo los anchos de cucharón de maquina existente en el medio las mismas que van de la mano con el diseño de la tubería establecidos y de esta manera se estandariza el ancho de excavación.

Aplica idóneamente lo antes descrito y de acuerdo la longitud de excavación de tubería, así como la profundidad genera un ahorro significativo en horas maquina volumen de excavación, volumen de relleno de sitio, además disminuye el impacto ambiental e incomodidades para el ciudadano.

De lo antes descrito muchos contratistas incumplen generando conflicto con el fiscalización y administrador de contrato, que luego son sujeto de observaciones por parte de contraloría por no justificación de la sobre excavación y exceso de cantidades con respecto a subcontrato.

Los terrenos con incidencia de nivel freático son generadores de incremento de cantidades de obra, para esto debe establecerse los diseños idóneos de tabla estaca de madera o metálica, así como de entibado tipo contenedor, pero acompañados de sus metodologías de aplicación y construcción (especificaciones técnicas bien elaboradas).

Se pretende bajo esta investigación cumplir con los anchos mínimos necesarios estandarizados y bajo estricto cumplimiento de las condiciones de terreno, pendiente mínimas de instalación y cotas de tubería idóneas para cobertura precisa del sector o barrio en donde se construirá el sistema de aguas servidas.

1.3 Objetivos de la investigación

Son las tareas científicas a elaborar en la ejecución del proyecto, plantearlas permite estructurar el diseño del proyecto a la vez que esquematiza su contenido.

1.3.1 Objetivo General.

Determinar la ecuación de costo mediante un modelo matemático técnico de fácil aplicación donde considere todas las variables respectivas considerando las restricciones de la normativa ecuatoriana para el diseño optimizado de redes de alcantarillado sanitario.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Los pasos que componen al objetivo principal son:

- Definir el objeto de estudio y su contexto mediante una revisión literaria para comprender la problemática
- Determinar el conjunto de variables técnicas, factores socioeconómicos y restricciones algebraicas que inciden en el costo al diseñar sistemas de alcantarillado
- Formular una ecuación mediante un análisis matemático para optimizar los costos en diseños de redes de alcantarillado
- Evaluar la fórmula de optimización mediante un análisis comparativo con proyectos locales para verificar su eficacia

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO

Consiste en definir las terminologías y conceptos en torno a la temática para argumentar la investigación, desde la perspectiva epistemológica a partir de las conjeturas del autor en relación con la temática.

2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia

Comprenden las técnicas derivadas del razonamiento al solucionar la problemática, básicamente son los procesos usados al recopilar datos, analizarlos e interpretarlos para resolver el problema propuesto.

2.1.1 Investigación Documentada.

Es la revisión literaria en publicaciones referentes al tema, permite sustentar el desarrollo del proyecto mediante la inducción del lector argumentando, lo contenidos en criterios de autores entendidos en la materia [14].

2.1.2 Análisis Abductiva.

Es un proceso generalizado en el contexto educativo, gracias a que facilita sumar conocimiento en relación a un mismo entorno infiriendo conjeturas para retroalimentar el estudio mediante hipótesis verificables [15]. Permite analizar las partes y características de la formula al determinar sus relaciones numéricas en la construcción de redes de aguas servidas.

2.1.3 Modelación Matemática.

Es una cualidad de la ingeniería, se define como la capacidad de interpretar problemas prácticos mediante variables numéricas; esto permite calcular valores o estimar soluciones a situaciones laborales utilizando la lógica e ingenio que caracteriza a la profesión [16]. En este caso es un proceso iterativo hasta encontrar las mejores convergencias al idear la formula en contraste con datos de campo y proyectos locales.

2.2 Bases teóricas de la investigación

Son el conjunto de criterios de carácter cognitivo, que delinear la temática dando una apreciación clara sobre el enfoque del proyecto, desde la postura del autor.

2.2.1 Ingeniería Civil.

Es una ciencia interdisciplinaria encargada del diseño y construcción de infraestructuras para resolver los problemas sociales en forma sostenible, sustentable, segura e integra a las competencias técnicas de su aplicación [17].

2.2.2 Sistemas de alcantarillado.

Es un conjunto de procesos destinados a recolectar, conducir y tratar las aguas residuales para dotarlas de las condiciones necesarias al descargar a cuerpos de agua natural (Ríos, quebradas o mar). Generalmente compone una estructura sistematizada desde los domicilios recorriendo toda la ciudad mediante redes de tuberías que conducen los caudales por cada etapa del tratamiento.

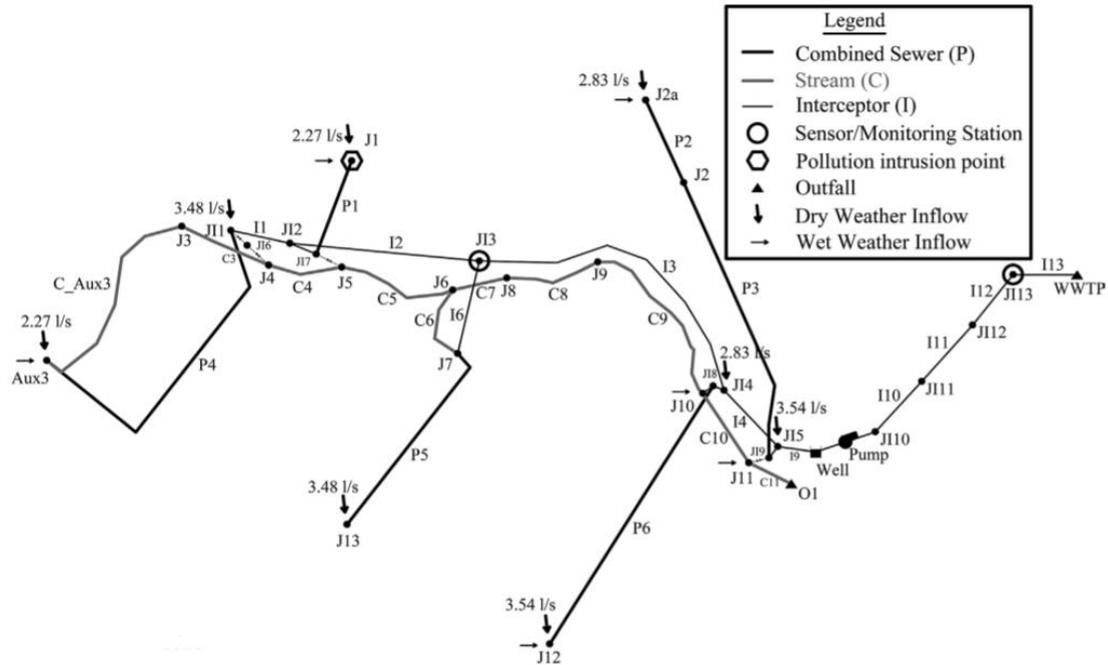


Ilustración 2. Diseño optimizado de un sistema de alcantarillado junto a monitoreo de calidad de aguas servidas

Fuente: [18]

2.2.3 Tipos de sistema de aguas servidas.

Por ser un servicio social, su diseño depende de las necesidades de la población, normativas técnicas, decisiones políticas y características socioeconómicas de la zona que determinan la complejidad e integridad de sus componentes.

Pluvial.

Comprende el conjunto de tuberías, sumideros, rejillas, cunetas e implementos para recolectar y dirigir el agua lluvia hacia un sitio idóneo para su descarga, generalmente se construyen para evitar inundaciones. Los parámetros principales de su diseño son eficiencia y economía recomendando ser construidos a gravedad siguiendo la pendiente del terreno al sumar las áreas de recolección.

Combinado.

Es un sistema de desagüe que evacua la totalidad de aguas lluvias junto a aguas servidas; su diseño es complicado debido a normativas ambientales que impiden su descarga en forma directa, obligando a pasar a través de tratamientos antes de su disposición final.

La mayor desventaja de este sistema es su tendencia a saturarse durante las lluvias, taparse por basura en los sumideros e inclusive como en Machala a ingresar agua del mar cuando la cota esta sobre la altura de la descarga. Su construcción solo es aconsejable cuando los criterios socioeconómicos lo permitan y no se pueda implementar sanitario/pluvial por separado.

Cuadro 1. Ahorro de agua potable a lo largo del tiempo

AÑO	AHORRO		AGUA POTABLE	
	M3	%	M3	%
2009	1441	89	174	11
2010	1613	100	2	0
2011	1482	92	133	8
2012	1615	100	0	0
2013	1531	95	84	5
2014	1615	100	0	0
2015	1615	100	0	0
2016	1436	89	179	11

Fuente: [19]

Una evolución de este sistema permite ahorrar agua al recolectar aguas lluvias para cultivo e inodoros, llegando a cifras cercanas al 100% en temporadas lluviosas como lo indica la experiencia de Cuba detallada en el *cuadro 1*.

Condominial.

Es un sistema revolucionario que conjuga participación comunitaria, espacios domiciliarios, eficiencia e ingenio, gracias a que permite tratar cada edificación como un punto de recolección que se ramifica entorno a las manzanas; a su vez economiza tuberías al conectarse mediante los patios surgiendo como respuesta a la densidad poblacional de Brasil.

Un aspecto importante es la intersectorial, el saneamiento publico engloba cuestiones culturales y criterios sinérgicos al invertir grandes fondos para construir sistemas condominillos que exigen participación comunitaria, debido a que la conducta colectiva retroalimenta a los diseños sanitarios [20].

2.2.4 Factores de costo en el diseño de redes de alcantarillado.

Comprenden las variables que condicionan el recurso monetario al diseñar e implementar sistemas sanitarios.

- ❖ Capacidad de pago, es el valor fraccionario del ingreso familiar del cual se dispone para pagar la factura del servicio, generalmente es 5% del ingreso mensual y condiciona el retorno financiero de la obra social [21].
- ❖ Presupuesto anual de la municipalidad o gobierno autónomo
- ❖ Precios de materiales, mano de obra y equipos
- ❖ Procesos para depurar aguas servidas (parámetros de calidad en la descarga)
- ❖ Topografía del terreno (sistema de bombeo o a gravedad)
- ❖ Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales

El rubro principal es el suministro e instalación de tuberías, siendo alrededor del 35% del monto a contratar, dicha apreciaciones respaldadas por la regla de *Pareto*.

2.2.5 Factores sociales en el diseño de redes de alcantarillado.

Son los aspectos claves a considerar antes de implementar una red sanitaria, los más destacados son:

- ❖ Nivel de ingresos.
- ❖ Estratos socioeconómicos y cultura colectiva de la población
- ❖ Infraestructura urbana (hospitales, universidades, edificaciones importantes e industrias).
- ❖ Densidad poblacional.
- ❖ Fondos públicos y características demográficas en general

2.2.6 Sostenibilidad de infraestructuras civiles.

Son criterios esenciales para diseñar, planificar o edificar cualquier proyecto u obra, se refiere a equilibrar sociedad-economía-sustentabilidad ambiental; es decir, que sean capaces de mantenerse a lo largo del tiempo sin comprometer el desarrollo de las futuras generaciones [22].

2.2.7 Diseño optimizado.

Actualmente economizar costos es una necesidad en obras públicas, por sus elevados montos de construcción y mantenimientos; una forma de lograrlo es mediante algoritmos o redes neuronales que utilizan criterios matemáticos para tomar mejores decisiones al estimar variables como diámetros, caudales, velocidades o carga en los puntos de una red de aguas residuales.

Optimizar es cumplir con las especificaciones técnicas usando el mínimo de recursos, ahorrando costos, tiempo y esfuerzos en el diseño, gracias a que hoy en día toda operación es computable en un software.

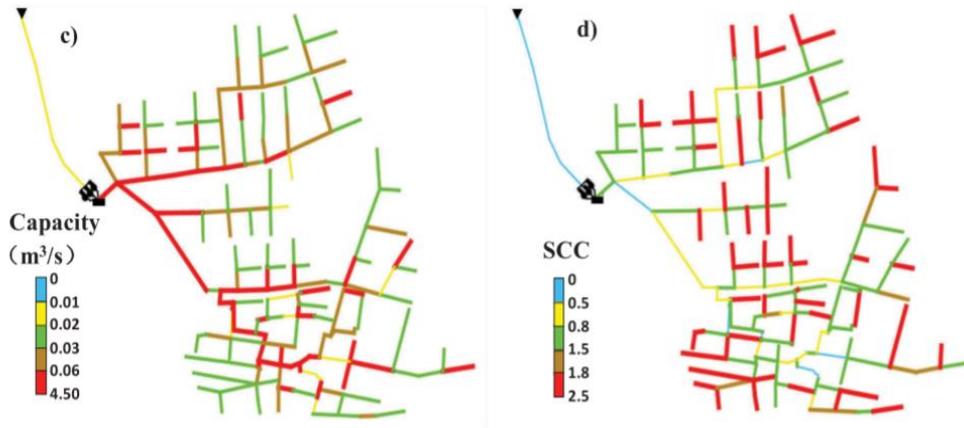


Ilustración 3. Selección de diámetros mediante suma óptima de pérdidas

Fuente: [23]

2.2.8 Bases de diseño

Las obras de diseño de sistemas de alcantarillado serán para sus periodos óptimos de diseño. Los Proyectos de alcantarillado, tiene una variedad de factores de economía de escala, y se puede dimensionar para algunos periodos intermedio de diseño, como regla general las obras con economías de escalas significativas, se diseñará para la capacidad final de diseño, y los de pequeña economía de escala se diseñarán para periodos más cortos, lo más óptimo debería ser múltiplos del periodo final.

Otros criterios de diseño como la vulnerabilidad, retorno monetario y control de inundaciones deben analizarse en forma vectorial y correlacional, al inferir las mejores opciones entorno a fallas de dispositivo, capacidad de almacenamiento en la red, impactos de control de flujo y alivianamiento de carga en zonas rurales durante lluvias [24].

2.2.8.1 Caudales de diseño de aguas residuales.

Los distintos caudales a considerar son:

- ❖ El gasto resultante debe considerar todos los tipos de caudales, factores de seguridad, pérdidas, entre otras nociones prácticas de diseño.
- ❖ El caudal promedio de aguas servidas debe ser magnificado por el factor de retorno, de acuerdo a la densidad poblacional.

- ❖ En caso de haber zonas sin sistema y zonas con redes sanitarias en una misma ciudad, se debe considerar una población base acorde a valores referenciales de estudios similares que fundamenten el caudal estimado.
- ❖ En el caso de aguas residuales procedentes de fábricas, se debe tener en cuenta sus condiciones físico químicas para diseñar su tratamiento.
- ❖ Se debe tener presente el nivel freático a lo largo del sistema, tratar de mantener al mínimo la profundidad y evitar en lo posible conexiones ilícitas e infiltraciones a los ductos de alcantarillado.

2.2.8.2 Selección del tipo de alcantarillado.

La complejidad del diseño, depende de los siguientes factores:

- ❖ Socioeconómica de la municipalidad
- ❖ Perfil del terreno
- ❖ Cantidad de habitantes
- ❖ Características del sistema de agua potable

Primer nivel. - Se refiere a zonas rurales cuya población se encuentra dispersas, sus calles no están asfaltadas; su sistema es rudimentaria con fosas comunes y tuberías de PVC cuyo diámetro mínimo es 75 mm.

Segundo Nivel. - Es un sistema poco desarrollado, con tráfico peatonal y motorizado, viviendas agrupadas y una organización más compleja; aunque no se exige cajas de revisión si es necesario puntos estratégicos que permitan el monitoreo de la red; en este caso el diámetro mínimo es 100 mm.

Tercer Nivel. - Comprende a urbanidades complejas, su crecimiento es progresivo característico de capitales provinciales o zonas comerciales, donde los sistemas exigen un diseño más detallado utilizando redes convencionales, tipo condomineal o una combinación de los niveles anteriores, acorde al terreo y densidad poblacional a lo largo de la red, la sección menor permitida es 150 mm.

2.2.8.3 Red de tuberías y colectores del sistema de alcantarillado.

Las consideraciones técnicas relacionadas al diseño e instalación de la red son:

- ❖ El sistema se diseña a gravedad, siguiente la pendiente e hidráulicamente se debe comportar como canal.
- ❖ Las tuberías de aguas servidas van en el Sur y Oeste de las avenidas, mientras que las pluviales en el medio de la vía.

- ❖ Bajo ninguna circunstancia debe estar por encima de las tuberías de agua potable, en caso de cruzarse mantener 0,20 m por debajo para evitar contaminación
- ❖ La pendiente debe ser suficiente para recolectar las aguas de la casa más baja y alejada de la zona
- ❖ El recubrimiento de la tubería no debe ser menor a 1,20 m
- ❖ Las ramificaciones de la red secundaria, deben llegar a sitios donde se facilite su mantenimiento
- ❖ La descarga al cuerpo de agua obedece a un estudio técnico, acorde a las condiciones demográficas del sector e imposiciones medioambientales

Cuadro 2. Diámetros mínimos de las diferentes tuberías del sistema de alcantarillado

Tipo de tubería	Diámetro mínimo de AASS	Diámetro mínimo de AALL	Pendiente mínima de AALL
Sistema de alcantarillado	200 mm	250mm	1%
Descargas domiciliarias	100mm	150mm	1%
Ramales (red terciaria)	150mm	-	-

Fuente: [25]

Un criterio novedoso al economizar la red es diseñar la red con nodos en cada intersección de la calle usando un algoritmo tipo árbol para repartirlos eficientemente y eliminar nodos auxiliares limitando la profundidad de la tubería; logrando reducir hasta un 38.8% el coste de construcción del sistema [26].

2.2.8.4 Condiciones de diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario.

Los parámetros a tener presentes son:

- ❖ Se debe procurar mantener un mismo gradiente de energía
- ❖ La velocidad mínima es de 0.45 m/s y máxima de 0.6 m/s, en ningún caso el agua debe cubrir la totalidad del ducto
- ❖ El agua lluvia puede ir a una rapidez de 0.9 m/s como máximo
- ❖ El criterio matemático a utilizar es la ecuación de Manning.
- ❖ Para canales de roca la rapidez del flujo máxima es 2 m/s y en caso de concreto desde 3.5 m/s a 4m/s.

Cuadro 3. Velocidades máximas a tubo lleno y coeficiente de rugosidad recomendados.

Material	Velocidad máxima m/s	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple con uniones de mortero	4	0.013
Hormigón simple con uniones neopreno	3.5 – 4	0.013
Asbesto cemento	4.5- 5	0.011
Plástico	4.5	0.011

Fuente: [25]

- ❖ La forma del canal debe ser geométrica, siempre mantener una altura libre del 5 al 30 % de su profundidad
- ❖ El diseño de la cimentación depende de la mecánica de suelos y características del sitio

2.2.8.5 Pozos y cajas de revisión.

Sus criterios de diseño son los siguientes:

- ❖ Se sitúan en los puntos donde exista cambio de dirección o de gradiente en el terreno
- ❖ Su separación se detalla en el *cuadro 4*
- ❖ Su ancho está condicionado por la sección de la tubería de mayor diámetro, su borde libre no debe ser menor a 0.60 m
- ❖ El diseño nominal se da entre 150 mm a 900 mm, para secciones mayores se requiere un diseño especial
- ❖ Las tuberías deben conectarse con un ángulo semi perpendicular al eje del pozo
- ❖ Su longitud y ancho mínimos serán 0.60 x 0.60 m, con una altura adecuada a las condiciones de operación de la red
- ❖ La cota de descarga no será menor a 0.60 m

Cuadro 4. Distancias máximas recomendadas para separación entre pozos

Díámetro	Menor a 350 mm	Entre 400 mm a 800mm	Mayor a 800mm
Longitud	100 metros	150 metros	200 metros

Fuente: [25]

2.2.8.6 Sifones invertidos.

Sus consideraciones se especifican a través del *cuadro 5*.

Cuadro 5. Diámetros mínimos y especificaciones para sifones invertidos

Tipo de alcantarillado	Diámetros mínimos	Velocidades
Sanitario	200 mm	Mayor a 0.9 m/s
Pluvial	300mm	Mayor a 1.25 m/s

Fuente: [25]

2.2.9 Normativa Empresa de agua potable Quito.

Las condiciones de diseño en la capital ecuatoriana son:

- ❖ Crecimiento poblacional al proyectar la capacidad del sistema
- ❖ Caudal actual y futuro
- ❖ Vida útil de los elementos del sistema
- ❖ Costos de funcionamiento, financiamiento y preservación del sistema
- ❖ La duración del proyecto depende de muchos factores, deben tenerse en mente las especificaciones de la población, características culturales, calidad del servicio e indicadores económicos
- ❖ La vida útil del sistema debe ser al menos 30 años
- ❖ Se debe proyectar la densidad poblacional a 5 años del año final del proyecto, para garantizar la cobertura del servicio a todos los habitantes
- ❖ Se debe considerar los factores culturales de la comunidad, sus actividades comerciales, usos de suelo, expansión territorial, necesidades de desarrollo e inferencias prácticas para realizar un diseño eficiente

2.2.9.1 Contribución de Agua residuales.

Los flujos que lo componen son:

- ❖ Residenciales
- ❖ De fabricas
- ❖ Entidades corporativas e instituciones públicas

Su fórmula es la siguiente:

$$\text{ec. (3)} \quad Q_d = d_{\text{neta}} * D * A_{rd} * R / 864000$$

$$\text{ec. (4)} \quad Q_d = d_{\text{neta}} * P * R / 86.4000$$

Donde:

$D_{\text{neta}} = \text{dotación} \left(\frac{1}{\text{hab}} * \text{día} \right)$ según normativa de agua potable de Quito

Ard=área residencial bruta de drenaje sanitario (HAS)

D= densidad de población futura. (Hab/Ha)

R=Coefficiente de retorno (adimensional)

P=Población (Hab)

Los caudales deben satisfacer tanto las condiciones finales como iniciales del diseño a lo largo del tiempo.

2.2.9.2 Estimación del consumo medio diario por habitante.

Es el gasto que requiere el consumidor, depende del clima, actividades laborales y desempeño social de la población; sus nociones son:

Densidad: Su cálculo debe satisfacer las necesidades actuales, futuras y socioeconómicas de la población, durante la vida útil del sistema de alcantarillado

Población: Considerar las áreas de las viviendas, complejos deportivos, usos de suelo e incluir áreas tanto públicas como privadas

Bajo ninguna circunstancia la demanda poblacional, debe superar a la capacidad del sistema de aguas servidas.

Relación de consumo: Es la razón entre el uso de agua potable y las aguas servidas evacuadas en las redes sanitarias; su cálculo debe ser detallado justificando los valores, en caso contrario se aconseja los valores del *cuadro 6*.

Cuadro 6. Coeficiente de retorno de aguas servidas domestica Emaap-Q

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo-medio	0.7-0.8
Medio alto - alto	0.8-0.85

Fuente: [27]

2.2.9.3 Caudal Industrial (Q_I)

Dependen de las actividades productivas y procesos químicos, recopilando datos de campo en base a parámetros técnicos de diseño; debe cumplir el crecimiento del parque industrial de la localidad.

Cuadro 7. Contribución mínima en zonas industriales Emaap-Q

Nivel de complejidad del sistema	Contribución industrial l/s/ha-ind
Bajo	0.4
Medio	0.6
Medio alto	0.8
Alto	1-1.5

Fuente: [27]

Caudales comerciales (Q_C): Es el producido por los negocios y actividades de compra/venta en las ciudades, se estima mediante censos para proyectar su valor en función de la población máxima y crecimiento comercial.

Cuadro 8. Contribución mínima en zonas comerciales Emaap-Q

Nivel de complejidad del sistema	Contribución comercial l/s-ha-com
Cualquiera	0.4-0.5

Fuente: [27]

Cuadro 9. Caudales Institucionales (Q_{IN})

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional l/s-ha-inst
Cualquiera	0.4-0.5

Fuente: [27]

2.2.9.3 Conexiones Erradas (Q_{CE})

Se pondera en relación a las temporadas climáticas, en los meses lluviosos será mayor y menor en la sequía; lo adecuado es tener registros anuales de sus variaciones.

Cuadro 10. Caudales de conexiones erradas

Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial	
Nivel de complejidad del sistema	Aporte l/s-ha
Bajo y medio	0.2 – 2
Medio alto t alto	0.1 - 1
Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial	
Nivel de complejidad del sistema	Aporte l/s-ha
Bajo y medio	4-20 (*)
Medio lto y alto	2-20 (*)
(*) Debe disponerse de sistema pluvial o combinado a mediano plazo	

Fuente: [27]

2.2.9.4 Caudal de Infiltración (Q_{INF})

Comprenden los flujos internos que se suman a las aguas residuales, como juntas mal colocadas que filtran aguas subterráneas o fallas en la red que permiten recoger aguas no contempladas en el diseño.

Cuadro 11. Aportes Máximos Infiltración

Nivel De Complejidad Del Sistema	Infiltración Alta (l/s-ha)	Infiltración Media (l/s/ha)	Infiltración Alta (l/s/ha)
Bajo y medio	0.1 – 0.3	0.1-0.3	0.05-0.2
Medio lto y alto	0.15 – 0.4	0.1- 0.3	0.05-0.2
(*) Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio.			

Fuente: [27]

2.2.9.5 Caudal Medio Diario (Q_{md})

Son estimados en base a mediciones anuales del consumo, se contrastan con datos diarios para verificar que su valor cumpla con las especificaciones de diseño.

$$\text{ec.(5) } Q_{mDn} = q_{mDn} * P_n$$

Donde:

Q_{mDn} = Caudal medio diario per capita al año n

P_n = Población servida al año n

En caso de no contar con datos veraces, se debe realizar mediciones durante un año como mínimo, para estimar correctamente los gastos comerciales, residenciales, institucionales o fábricas, de tal modo que no se comprometa la operación de la red.

$$\text{ec. (6) } Q_{mDn} = q_{mDn} * I_n + \Sigma Q_{sn}$$

Donde:

n= año final del proyecto

Q_{mDn} = caudal medio diario de diseño para el año n (m3/d).

q_{mDn} = Caudal Medio diario para el año n, debido exclusivamente a usuarios domésticos y pequeño comercio, oficinas e industrias y sanitarios de edificio municipales y grandes establecimiento m3/d

I_n = Caudal aportado por la infiltración para el año n, en m3/d

ΣQ_{sn} = Sumatoria de los caudales medios días aportados por los grandes usuarios para la red integral

Estos valores deben comprobarse en todos los nodos del sistema, situándose en el lado opuesto a las redes de agua potable evitando su cruce e intercepción, en caso de darse mantener al menos 0.60 m de separación.

2.2.10 Normas Interagua.

Interagua es la empresa encargada de brindar el servicio de alcantarillado a los habitantes de Guayaquil, su meta es gestar un desarrollo sostenible y eficiente de los sistemas sanitarios mediante la responsabilidad social.

2.2.10.1 Dotación.

Se mide en litros por habitante al día; sus consideraciones se atribuyen a las clases socioeconómicas de la localidad.

Cuadro 12. Resumen de Dotaciones (Hpp-d) Escenario esperado

	2002	2010	2020	2030
Zona A	72.8	120	130	150
Zona B	67.1	108.7	130	140
Zona C	120.5	140	150	150
Zona D	185.5	180	175	170
Zona E	156.9	160	170	165
Zona F	326.2	320	300	280
General	126.6	157.3	177.2	168.9

Fuente: [28]

Cuadro 13. Resumen de Dotaciones (Hpp-d) Escenario conservador

	2002	2010	2020	2030
Zona A	72.8	108.7	145	160
Zona B	67.1	108.7	140	150
Zona C	120.5	151.5	160	170
Zona D	185.5	190	200	215
Zona E	226.4	225.1	206.6	195

Zona F	326.2	320	330	340
General	126.6	167	195.9	197.2

Fuente: [28]

2.2.10.2 Caudal de diseño Q.

Deriva de la densidad poblacional máxima al culminar la vida útil del proyecto; su factor de amplificación es 0.8 a 0.9 de acuerdo a la demanda horaria.

$$\text{ec. (7) } Q = Q_m * F + Q_i + Q_{CI} + Q_{IN}$$

Donde:

Q= Caudal de diseño (l/s)

Q_m= Caudal medio de aguas residuales domestica (l/s)

F =Coeficiente máximo Horaria

Q_i= Caudal Industrial (l/s)

Q_{CI}= Caudal por conexiones Ilícitas

Q_{IN}= Caudal por infiltración

2.2.10.3 Caudal Medio de Aguas Residuales Domesticas (l/s).

Se expresión numérica es la siguiente:

$$\text{ec. (8) } Q_m = C_r + D + P/86400$$

Donde:

Q_m= Caudal medio de Aguas residuales domésticas

C_r= coeficiente de retorno, se tomará como un valor entre 0.8 a 0.9

D= Dotación unitaria de agua potable (l/hab/día)

P= Población (hab)

La cantidad de habitantes debe estimarse en base a las recomendaciones de la municipalidad, últimos censos y parámetros oficiales de diseño.

Un hecho importante a resaltar es el uso de las tuberías de PVC en sistemas de alcantarillado, es por su baja rugosidad que permite tener un comportamiento hidráulico suscritico en las juntas con los pozos de revisión; además de ser económica y duradera ideal para obras públicas [29].

CAPÍTULO III. PROCESO METODOLÓGICO

Describe las técnicas e inferencias teórico prácticas para formular la ecuación que relacione los rubros, más significativos con el costo de construcción de los sistemas de alcantarillado, desde el enfoque de una necesidad palpable ante el encarecimiento de obras públicas de este tipo por la falta de optimización y análisis previo de una necesidad en el medio laboral como profesional de la construcción.

3.1 Diseño o tradición de la investigación seleccionada

En el desarrollo de la presente investigación en la forma de análisis de caso, se realizó un levantamiento de información en proyectos de sistemas de alcantarillado de la ciudad de Santa Rosa, Provincia de El Oro. La investigación se basa en el estudio y análisis de todos los rubros que forma parte de la construcción de dicho sistema, para ellos cada rubro se analizara de manera porcentual del presupuesto global y así poder determinar los rubros de mayor porcentaje para las variables de nuestra ecuación.

El proyecto es de carácter analítico e iterativo, comparado el comportamiento de los rubros en sistemas de alcantarillado de Santa Rosa, La Avanzada y San José ejecutado por parte de la empresa EMAPA-SR. Entre las técnicas y procesos aplicados se tienen las siguientes:

3.1.1 Análisis Sistemático.

Es un proceso integrador de índole práctica que permite discretizar variables del objeto de estudio para estudiar su comportamiento por separado e inferir su conducta a nivel general, permite retroalimentar los hallazgos en base a los resultados al comprobar las hipótesis construidas en torno a la problemática [30].

3.1.2 Mínimos Cuadrados.

Es un método numérico que permite encontrar una función cuadrática que se asemeje a la tendencia de una serie de pares ordenados; realiza iteraciones para reducir el error cuadrático al mínimo al aproximarse a la pendiente de la curva analizada [31]. En este caso se utiliza implícitamente en el software Excel al encontrar las ecuaciones parciales que relacionan los rubros con el costo del sistema de alcantarillado.

3.1.3 Regresión Lineal.

Es proyectar una línea de tendencia que se ajuste a un conjunto de datos agrupados en función de dos variables, asumiendo que la variable independiente describe la pendiente más cercana a la curva del plano [32]; el método más popular para efectuar la regresión lineal es el de *mínimos cuadrados*.

3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación

En primer lugar, se seleccionan los rubros principales que intervienen en el diseño e implementación de un sistema de alcantarillado.

Los rubros analizados en función de su porcentaje del presupuesto son:

- ❖ Excavación en suelo y en agua
- ❖ Suministro de tubería 50, 200, 250, 300 mm.
- ❖ Rasanteo de zanja.
- ❖ Encamado de arena
- ❖ Relleno de grava
- ❖ Relleno de material de mejoramiento.
- ❖ Relleno de material de sitio.
- ❖ Pozos de revisión de hormigón armado.

Es necesario enfatizar que los precios unitarios varían de acuerdo con las condiciones topográficas, nivel freático, clima y características del suelo que dificultan el trabajo en los distintos lugares de la ciudad de Santa Rosa.

Se utiliza la *regla de Pareto* el cual indica que el 80% del presupuesto se atribuye al 20% de los rubros; siendo catalogados como Clase A o principales gracias a que suman alrededor del 90% del monto total del sistema de alcantarillado de Santa Rosa [33].

Cuadro 14. Rubros clase A del proyecto La Avanzada

Rubro	% del presupuesto		
	Santa Rosa	San Jose	La Avanzada
Metro lineal de tubería m	24%	20%	40%
Pozos de revisión de hormigón Armado m3	12%	18%	17%
Excavación m3	18%	9%	8%
Rasanteo	1%	1%	2%
Encamado de arena	1%	0%	4%
Relleno de grava	3%	5%	13%
Desalojo	9%	9%	3%
Relleno de material	32%	38%	13%
Totales	86%	85%	78%

Fuente: Elaboración Propia

Se comparan los valores porcentuales de los presupuestos respectivos a las obras de alcantarillado en Santa Rosa, San José y La Avanzada cada una con un promedio general de 50 a 60 rubros, siendo alrededor de 10 rubros a 20 del total; por lo tanto, las actividades con un porcentaje no representativo como rasanteo, encamado, desalojo, relleno de grava y material se descartan de los rubros tipo A (rubros con *rojo en cuadro 14*), mientras que aquellos con una participación notable se toman como *principales*, siendo utilizados en el análisis al relacionar matemáticamente costos/cantidad de obra al definir la fórmula, para ello se traza curvas con ayuda del software Excel al interpretar su comportamiento de números a ecuaciones (línea de tendencia).

Analizando los presupuestos, sus rubros, condiciones y especificaciones técnicas se concluye que tienen características similares; gracias a que se encuentran en la misma provincia, comparten mismo clima, topografía, socioeconómica, entre otros factores influyentes en el diseño e implementación de las redes sanitarias. Por lo cual, se considera al proyecto del cantón Santa Rosa como base al determinar la fórmula y verificarla en relación a las cualidades encontradas en los otros proyectos, generalizando su aplicación a nivel micro a meso por cumplir con los parámetros de diseño nacionales.

3.3 Sistema de categorización en el análisis de datos en la investigación

El proceso para discretizar y sintetizar los datos se esquematiza mediante pasos para facilitar su entendimiento e integrar claramente los componentes de la fórmula.

Paso 1: Ecuación en función del diámetro y costo de la tubería.

Se determina los diámetros de tubería en función del costo, se realiza un análisis de datos de todas las tuberías en el mercado con el diámetro mínimo hasta el máximo con el precio de suministro, no se considera el valor de instalación debido a que el porcentaje es mínimo representado alrededor del 2% del rubro.

Es necesario enfatizar que solo se consideran los diámetros comerciales; aunque converjan valores por encima o por debajo de dicho valor cumpliendo las consideraciones de diseño, se rige a las consideraciones técnico legales, siendo esta restricción la mayor limitante en algoritmos de optimización en redes de aguas servidas, evidenciando una falta de dinamismo en la producción de tuberías [34].

En la *ilustración 4*, se observa una curva exponencial de forma ascendente, usando una línea de ajuste del mismo tipo al relacionar costo en las ordenadas y diámetro en las abscisas, para aproximar la primera ecuación que integra a la fórmula.

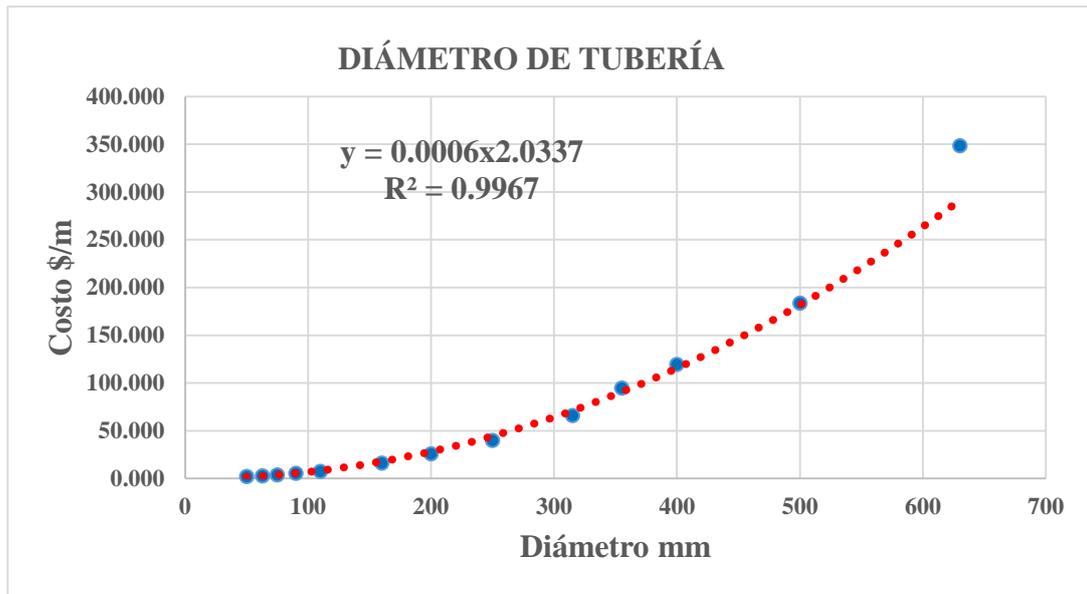


Ilustración 4. Regresión lineal por mínimos cuadrados para relacionar diámetro con \$/m

Fuente: Elaboración Propia

ec. (9) $Y = 0.0006 x^{2.0337}$ con $R = 0.9967$

Donde:

X= Diámetro de la tubería en mm

Y= Precio de la tubería en \$USD

El costo de los ductos depende de los proveedores en el precio y la marca, en este caso de estudio se basa en tubería que se fabrican con las dimensiones de diámetro exterior establecida en la norma NTE INEN 2059 tipo B.

Paso 2: Pozo de revisión hormigón armado y Kg de acero estructural.

Se determina la altura de pozo que varía de acuerdo a la relación de cota del proyecto y excavación más diámetro de tubería, en este caso se consideran la cota de terreno y cota de proyecto aumentando sumando el encamado de triturado. El volumen de hormigón, dependerá si el pozo está en el intervalo en altura del pozo de 0 a 2 m, 2 m a 4 m y de 4 m a 6 m, debido al análisis de precio unitario de cada rubro a diferentes alturas.

La única variable en los pozos es su altura, las otras dimensiones son fijas; por lo tanto, el área se mantendrá como un valor constante de acuerdo al área de circunferencia neta, En función del anillo de hormigón menos la profundidad de excavación que disminuye el espesor de la base; cuyo volumen se determina mediante área del cuadrado multiplicado por el espesor, tal como se aprecia en la *ilustración 5*.

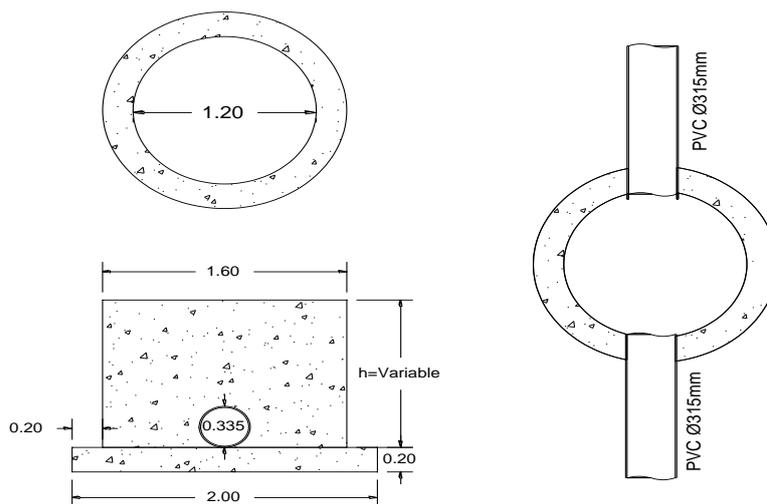


Ilustración 5. Modelo de pozo de revisión usado en el análisis matemático

Fuente: Elaboración Propia

ec. (10) $V_{base}=0.8796 (h_{exc}-0.20)$

Donde:

h_{exc} =Altura de excavación en m

V_{base} =Volumen de la base del pozo m³

Se recuerda que 0.20 m es el espesor mínimo de la base, por lo cual se considera constante.

La cantidad de acero se determina mediante la clasificación en alturas, debido que a mayor altura aumenta la longitud de varilla y como los pozos son producto de un cálculo estructural, tal como se observa en el cuadro 15.

Cuadro 15. Detalle de acero de refuerzo para h de 0 a 2 m

Descripción	Tipo	Ø	Lc	# elem.	Longitud total	Masa/m	Peso Kg
ANILLO INT TAPA 1 (Doble malla)	O	12	3,50	2	7,00	0,888	6,22
Refuerzo ext. 1	L	12	2,00	16	32,00	0,888	28,42
Refuerzo int. 1	L	12	2,00	16	32,00	0,888	28,42
Refuerzo ext. 2	L	12	1,50	20	30,00	0,888	26,64
Refuerzo int. 2	L	12	1,30	20	26,00	0,888	23,09
Anillo ext.	C	12	1,75	4	7,00	0,888	6,22
Anillo int.	C	12	1,35	4	5,40	0,888	4,80
Anillo ext. (completo)	O	12	6,55	9	58,95	0,888	52,35
Anillo int. (completo)	O	12	6,05	9	54,45	0,888	48,35
Refuerzo base x (Doble malla)	I	12	1,90	20	38,00	0,888	33,74
Refuerzo base Y (Doble malla)	I	12	1,90	20	38,00	0,888	33,74
Separadores (anillos)	[	12	0,30	40	12,00	0,888	10,66
Separadores (base)	[	12	0,35	20	7,00	0,888	6,22
						TOTAL	308,85

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos de acero para pozos de revisión con una profundidad mayor a 2 y 4 metros, se encuentran en la sección de anexos el 18 y 19 respectivamente. Es necesario resaltar que para terrenos cuyas condiciones topográficas son muy particulares y presenten mayores profundidades se debe efectuar un diseño estructural, puntualmente a los requerimientos del proyecto, como puede darse el caso en ciudades de la sierra o parte alta de la provincia de El Oro.

Una vez identificado el rango de altura, se estima el costo del rubro en cada tramo graficando una curva del tipo polinómica, tal como se aprecia en la *ilustración 6*.

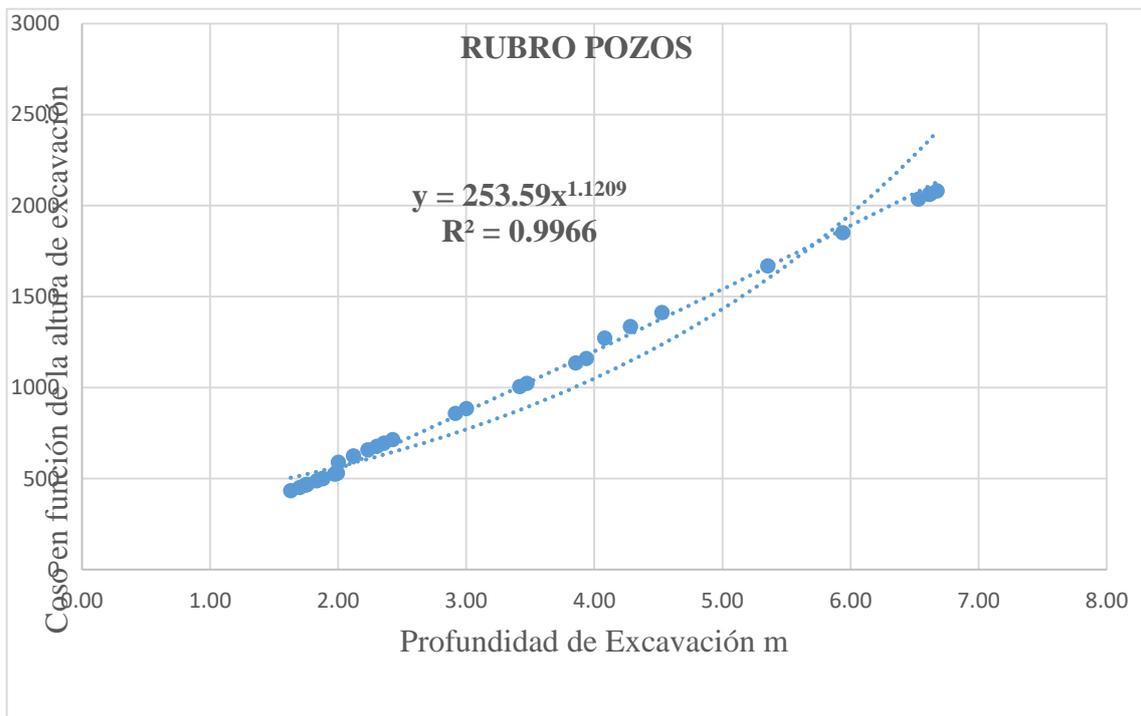


Ilustración 6. Relación matemática entre costo del pozo y altura de excavación

Fuente: Elaboración Propia

La ecuación en función de la altura, al sumar el costo en kilogramos de acero sumando el hormigón del pozo, en términos de precio unitario es:

$$\text{ec. (11) } Y = (253.59 X^{1.1209}) R^2 = 0.9966$$

Donde:

Y= precio está en función únicamente de altura del pozo en \$ USD

X= altura de pozo de acuerdo a las cotas de terrenos y cota de proyecto en m

Paso 3. Ecuación en función del costo de excavación al colocar la tubería.

Se determina la altura de excavación restando la cota del terreno menos la cota del proyecto, tanto en el punto inicial como final para cada tramo de tubería. Luego se calcula el promedio en la diferencia de cotas y se asume que la base es igual para la parte superior e inferior, gracias a que es de forma rectangular.

La base depende del diámetro de la tubería debido a las normas NTE INEN, mismas que exigen construir en talud en caso de superar una profundidad mayor a 2m, transformándose en una excavación trapezoidal, en la cual el talud está en relación de 1/6 de su altura.

$$\text{ec. (12) } B_{\text{SUP}} = \left(h_{\text{exc}} * \frac{1}{6} * 2 \right) + b_{\text{inf}}$$

Donde:

B_{sup} =Base superior del trapecio al excavar en m

h_{exc} = Altura de excavación al colocar la tubería en m

b_{inf} = Base inferior del trapecio (m)

La base en ambos casos es igual al diámetro más el ancho mínimo de zanja, que recomienda el fabricante o especificaciones técnicas de la tubería a colocar; en el *cuadro 16* se aprecia las nociones expuestas por *plastigama*, a modo de ejemplo al excavar para situar los ductos del sistema.

Cuadro 16. Ancho de zanja mínimo en función del diámetro de la tubería

Diámetro nominal mm	Ancho de zanja mínimo m
125	0.50
175	0.55
220	0.60
280	0.65
335	0.75
400	0.80
440	0.85
540	1.00
650	1.10
760	1.25
875	1.40
975	1.50

Fuente: [35]

La excavación puede tornarse rectangular o trapezoidal, tal como se aprecia en la *ilustración 7*, donde se superponen ambas formas al analizar la relación matemática existente entre la profundidad de excavación y costo del rubro.

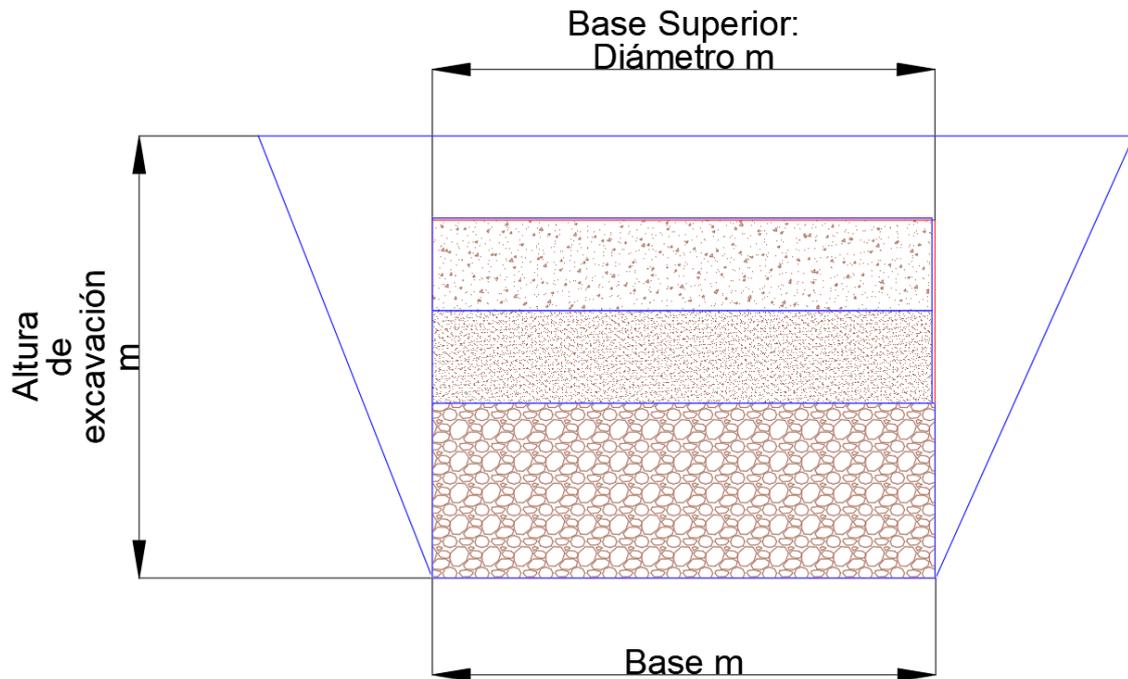


Ilustración 7. Forma de excavación para situar la tubería en los tramos

Fuente: Elaboración Propia

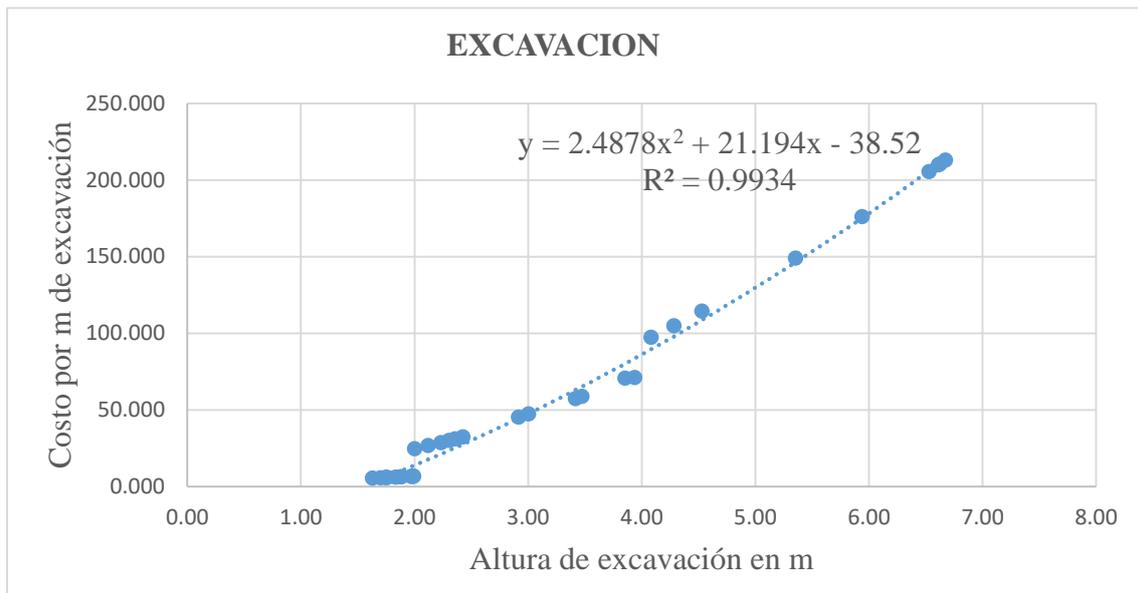


Ilustración 8. Curva del costo unitario de excavación contra altura de excavación en colocación de tubería

Fuente: Elaboración Propia

La ecuación que relaciona ambos parámetros es la siguiente:

$$\text{ec. (13)} \quad Y=2.4878 x^2+21.194 x-38.52 \quad \text{con un } R^2=0.9934$$

Donde:

Y= Costo de excavación por m lineal de altura \$ USD

x= Altura de excavación en función del diámetro de tubería (m)

Paso 4. Ecuación para el costo del relleno con material de mejoramiento.

Se obtiene en función de la excavación, diferenciando dos categorías a profundidad mayor a 2 m e inferior a 2 m; siendo la altura la variable que relaciona a la forma trapezoidal del relleno. Las recomendaciones técnicas de acuerdo con Plastigama (2018), son:

- ❖ Relleno final mayor o igual a 30 cm, con capas compactadas de 20 cm con piedras menores a 10 cm de diámetro nominal junto a material sin catalogar
- ❖ Relleno inicial compactado a capas de 20 cm, con material sin clasificar y piedras de 1 ½ pulgada como diámetro medio
- ❖ Altura acostillada 0.1 m
- ❖ Altura Tubería más encamado *Diámetro de tubería + 0.10 cm de material fino*
- ❖ La base puede ser omitida en caso de tener material adecuado, de lo contrario se debe rellenar con material grueso
- ❖ En caso de estabilizar el fondo, se debe compactar capas de 15 cm de pétreos gruesos para garantizar el soporte de la tubería
- ❖ En caso de faltar análisis, el recubrimiento mínimo es 0,9 m o criterio del ingeniero a cargo de la obra
- ❖ La compactación debe ser al menos 95% de la densidad seca máxima, obtenida por el ensayo de *Proctor estandarizado*

Las sumatorias en función del diámetro son las siguientes:

$$\text{ec. (14)} \quad \sum \text{Alturas}=0.8 \quad \text{con } \varnothing 200\text{mm}$$

$$\text{ec. (15)} \quad \sum \text{Alturas}=1.07 \quad \text{con } \varnothing 335 \text{ mm}$$

$$\text{ec. (16)} \quad \sum \text{Alturas}=1.20 \quad \text{con } \varnothing 400\text{mm}$$

$$\text{ec. (17)} \quad A_{intm} = \left(2 * \left(\frac{1}{6} * h_{exc} \right) \right) + a_{inf} = \frac{(A_{intm} + a_{inf}) * h}{2} = A_{rell}$$

Donde:

A_{rell} = Área del relleno en m^2

A_{intm} = Ancho intermedio del trapecio de excavación (m)

h_{exc} = Altura de excavación al colocar la tubería

a_{inf} = Ancho inferior del trapecio (m)

a_{sup} = Ancho superior del trapecio (m)

Por lo tanto, se deduce lo siguiente:

$$\text{ec. (18)} \quad (A_{exc} - A_{rell}) = A_{mejo}$$

$$\text{ec. (19)} \quad A_{mejo} * L_g = V_{rmj}$$

Donde:

A_{exc} = Ancho de excavación en m

A_{rell} = Área del relleno en m^2

L_g = longitud del tramo en m

A_{mejo} = Área del mejoramiento en m^2

V_{rmj} = Volumen del relleno de mejoramiento en m^3

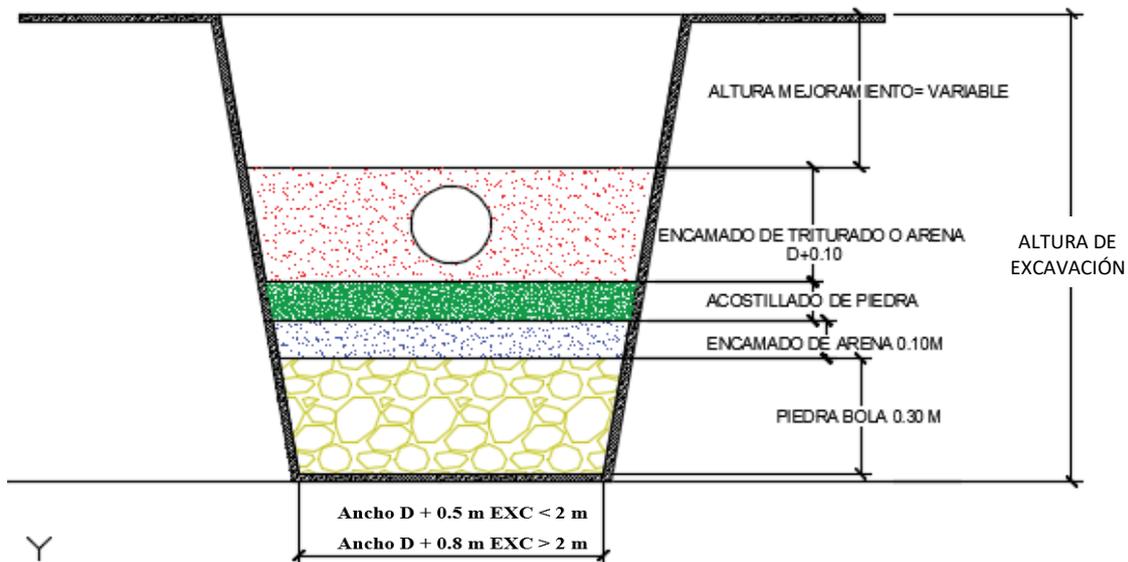


Ilustración 9. Forma trapezoidal de la excavación usada en el análisis matemático

Fuente: Elaboración Propia

La única variable en la ecuación es la profundidad de excavación, debido a que el retroalimenta al diámetro de la tubería en todos los tramos y a su vez condiciona tanto el ancho mínimo como material de relleno.

La expresión matemática que relaciona a los valores de la curva polinómica observada en la ilustración 10, es:

$$\text{ec. (20)} \quad Y=5.5414 x^2+49.481 x-39.425 \quad \text{con un } R^2=0.9954$$

Donde:

Y= Costo del relleno de mejoramiento en \$ USD

x= Altura de excavación al instalar la tubería (m)

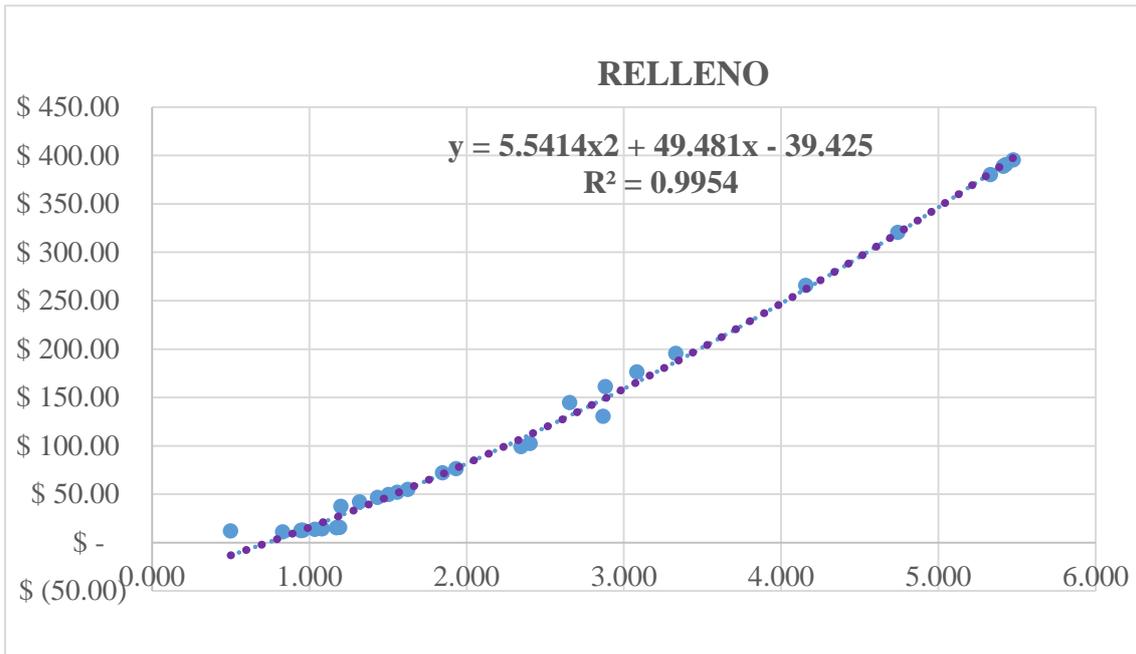


Ilustración 10. Gráfica del costo del relleno de mejoramiento vs altura de excavación

Fuente: Elaboración Propia

Paso 5. Ecuación general del diseño optimizado para sistemas de alcantarillado.

La fórmula es la sumatoria de las expresiones anteriores, gracias a que son componentes de un mismo análisis al interactuar como un *sistema*, que describe el costo en función de las variables enunciadas.

$$\text{ec. (21)} \quad Y=0.0006 (X_1)^{2.0337}+253.59 \\ (X_2)^{1.1209}+(2.4878X_3^2+21.194X_3-38.52)+(5.5414X_4^2+49.481X_4-39.425)$$

Donde:

Y= Presupuesto aproximado del sistema de alcantarillado en \$ USD

X= X₁ es diámetro, X₂ altura de pozo y X₃ excavación, X₄ altura de relleno

Al sumar los parámetros X_1 a X_3 y X_4 se los debe multiplicar por la longitud del tramo correspondiente a cada tubería, sumado al pozo una sola vez por fila al ser un rubro que no se afecta por la distancia.

La altura del relleno, es la profundidad de excavación menos encamado, triturado, acostillado y espesor de rasanteo, representando la porción de capas que cubren a la tubería (ver ilustración 9).

Se aclara que las ecuaciones formuladas son aproximaciones matemáticas no lineales, su exactitud es relativa por la distribución de los datos, desviación de los puntos en la gráfica e inferencias estadística que acarrearán un error en la precisión del costo a estimar, con la expresión antes expuesta.

CAPÍTULO IV. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Se verifica la utilidad de la fórmula y se ponen a prueba las relaciones matemáticas planteadas, a la vez se describen los hallazgos en función del cumplimiento de los objetivos que delinearon el desarrollo del proyecto.

4.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

Se realiza la prueba de la fórmula sumando los parámetros que la componen y se compara con el presupuesto real para estimar el grado de correspondencia.

4.1.1 Prueba de la fórmula de optimización.

Como demostración se efectúa el cálculo de la primera fila del presupuesto, en el Anexo 5 se encuentra en detalle el cuadro que demuestra el cálculo completo.

Datos:

$D_1=200$ mm

$H_{exc}=1.63$ m

$H_{rell}=0.83$ m

$L_g=16.57$ m

ec. (22) $Y=0.0006 (0.2)^{2.0337}+253.59$

$(1.63)^{1.1209}+(2.4878*1.63^2+21.194*1.63-38.52+(5.5414*0.83^2+49.481*0.83-39.425)$

$Y=438.5036+(28.7+2.64+5.46)*16.57$

$Y=\$1048,1046$

Como se observa se suma primero pozo de revisión (438.5036) más los demás rubros multiplicados por la longitud [(suministro tubería + excavación + relleno) * longitud]; eso da el valor de la primera columna en el presupuesto (Ver Anexo 5).

4.1.2 Error de la fórmula al estimar presupuestos.

Una vez calculados todos los costos en función de los tramos, diámetros y alturas correspondientes se proceden a verificar la exactitud de la ecuación.

Presupuesto estimado con fórmula:\$ 597.776,91

Presupuesto real obra Santa Rosa:\$ 589.491,82

Se calcula su diferencia, dando *Diferencia entre presupuestos*: \$8285,09; siendo significativamente menor al restar el presupuesto real al estimado con la ecuación optimizada.

El error se encuentra de la siguiente manera:

$$\text{ec. (23) } E (\%) = \frac{P_{\text{est}} - P_{\text{real}}}{P_{\text{est}}} * 100$$

Donde:

P_{est} =Presupuesto estimado con la fórmula en \$

P_{real} =Presupuesto real del proyecto en \$

E=Error en la estimación del presupuesto en %

$$\text{ec. (24) } E (\%) = \frac{\$ 8285,09}{\$ 597.776,91} * 100 = \mathbf{1.386\%}$$

Se obtiene una discrepancia aproximada de 1.39% que representa un grado de confiabilidad cercano al 99%; esto indica que se ha logrado cumplir con los propuestos planteados en este proyecto y la fórmula expuesta es útil al optimizar tiempo de cálculo de presupuestos en sistemas de alcantarillado o verificar la exactitud de los presupuestos como método alternativo.

Comúnmente los modelos numéricos afines a conductas hidráulicas e hidrológicas acarrear errores porcentuales, por la naturaleza analógica de sus variables con porcentajes mayores al 10%, haciendo que lograr un error menor al 2% sea plausible sin haber usado un método de calibración o reducción del error al estimar montos de redes sanitarias [36].

4.2 Conclusiones

En virtud de los criterios, opiniones, objetivos e indagaciones referentes al escrito se concluye lo siguiente:

EL objeto de estudio son los procesos matemáticos más la revisión bibliográfica aplicados en base la problemática estudiada definiendo la ecuación de costo para optimización de sistemas de alcantarillado; reduciendo esfuerzos al diseñar e idear nuevas servicios básicos optimizados para la sociedad.

El conjunto de variables técnicas son: diámetro de la tubería, pozos de revisión, altura de excavación, altura de relleno, e interacción entre sí en función del costo unitario; los factores socioeconómicos han sido considerados dentro del proyectos seleccionados y son: densidad poblacional, variables demográficas, capacidad de pago, ingresos

familiares, distribución del presupuesto del estado, cultura y actividades laborales; las restricciones algebraicas (costo) al diseñar los sistemas de aguas servidas son diámetros mínimos de tuberías, precio de materiales, topografía del terreno, espesor mínimo de base del pozo y profundidad de excavación al colocar la tubería (pendiente mínima).

La ecuación formulada mediante el análisis matemático es

$$Y=0.0006 (X_1)^{2.0337}+253.59 \\ (X_2)^{1.1209}+(2.4878X_3^2+21.194X_3-38.52)+(5.5414X_4^2+49.481X_4-39.425);$$

La cual no sirve para determinar un presupuesto sino para que: al cambiar o cambiando las variables en el diseño obtener el mínimo costo sin afectar las restricciones de carácter hidráulico o normas técnicas de diseño.

Al evaluar la fórmula de optimización a través de un análisis comparativo se obtiene un error aproximado de 1.39%; concluyendo que se cuenta con una herramienta de análisis en términos de optimización de sistemas de alcantarillado del estudio con una eficacia del 98.61%.

Aunque la formula se base en parámetros empíricos al estimar ecuaciones en base a la línea de tendencia, del comportamiento de las variables con expresiones logarítmicas, cuadráticas y exponenciales se sustenta en apreciaciones prácticas y observaciones técnicas de los presupuestos estudiados junto a conjeturas de campo derivada de la experiencia; por lo tanto, se concluye que es una expresión aplicable al medio profesional de la ingeniería civil en el contexto de los sistemas de alcantarillado, además es un aporte cognitivo a la materia gracias a la Universidad Técnica de Machala al ser una entidad gestora de conocimiento.

4.3 Recomendaciones

Se aconseja profundizar en la investigación para deducir aproximaciones más exactas usando como base los criterios expuestos en este proyecto.

Existen limitantes como diámetros mínimos, pendientes, velocidades y montos estatales que restringen un diseño eficiente; por lo cual es recomendable actualizar y renovar las normativas técnicas para dinamizar el diseño e implementación de redes de alcantarillado acorde a las necesidades contemporáneas.

Se debe mejorar el control sobre los presupuestos en obras públicas, debido a que uno de los aspectos más caótico es las gestiones políticas cuando alteran los presupuestos a conveniencia, no en favor de las necesidades de la población ni obra netamente útiles; por

lo cual al tratarse de fondos fiscales debe ser analizado con mayor cuidado en todas sus etapas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS

- [1] R. Moeini y M. Afshar, «Arc Based Ant Colony Optimization Algorithm for optimal design of gravitational sewer networks,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 8, n° 2, pp. 207-223, 2016.
- [2] N. Duquea, D. Duqueb y J. Saldarriagaa, «Dynamic programming over a graph modeling framework for the optimal design of pipe series in sewer systems,» *Procedia Engineering*, vol. 186, pp. 61-68, 2017.
- [3] M. Gupta, P. Rao y K. Jayakumar, «Optimization of Integrated Sewerage System by using Simplex Method,» *VFSTR Journal of STEM*, vol. 03, n° 01, pp. 9-13, 2017.
- [4] J. Tian, J. Cheng y &. G. Yi, «Optimization of municipal pressure pumping station layout and sewage pipe network design,» *Engineering Optimization*, vol. 50, n° 3, pp. 537-547,, 2018.
- [5] PLASTIGAMA, «Plastigama Wavin,» 2017. [En línea]. Available: <https://plastigamawavin.com/sobre-nosotros/>. [Último acceso: Enero 2020].
- [6] E. Molina, F. Quesada, A. Calle, J. Ortiz y D. Orellana, «CONSUMO SUSTENTABLE DE AGUA EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE CUENCA,» *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, n° 20, pp. 28-38, 2018.
- [7] ECONET, «¿Cuándo se construyeron las primeras alcantarillas de la historia?,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.econetdesatascos.com/es/blog/primeras-alcantarillas-historia/182>. [Último acceso: Enero 2020].
- [8] GSC Servicios , «Recorrido Por La Historia Del Alcantarillado,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.poceriasinzanja.es/recorrido-por-la-historia-del-alcantarillado/>. [Último acceso: Enero 2020].
- [9] Asamblea Nacional Constituyente, «CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR,» República del Ecuador, San Francisco de Quito, 2008.

- [10] G. Pereyra, D. R. Pandolfi y N. A. Villagra, «Diseño y optimización de redes de distribución de agua utilizando algoritmos genéticos,» *Universidad Nacional de la Patagonia Austral Unidad - Académica Caleta Olivia Instituto de Tecnología Aplicada (ITA)*, vol. 9, n° 1, pp. 37-63, 2017.
- [11] I. G. C. Vera, «Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales,» *Dominio de las Ciencias*, vol. 3, n° 1, pp. 536-560, 2017.
- [12] M. C. Escobar Rojas, L. F. Tovar Bonilla y j. Romero Cuellar, «Diseño de un sistema experto para reutilización de aguas residuales tratadas,» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, Vol. 26, N° 2, 2016, vol. 26, n° 2, pp. 21-34, 2016.
- [13] EMAPASR-EP, «RENDICIÓN DE CUENTAS 2018,» Municipalidad de Santa Rosa, Santa Rosa, 2020.
- [14] S. G. Martín y V. Lafuente, «Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos,» *BIBLIOTECOLÓGICA*, vol. 31, n° 71, pp. 151-180, 2017.
- [15] J. N. Moscoso, «RAZONAMIENTO ABDUCTIVO: UNA CONTRIBUCIÓN A LA CREACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EDUCACIÓN1,» *Cadernos de Pesquisa*, vol. 49, n° 171, pp. 308-328, 2019.
- [16] J. R. B. Cedeño, L. M. H. Rabell y T. d. J. C. Jiménez, «Competencia modelación matemática: concepciones y situación diagnóstica en carreras de Ingeniería,» *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. 38, n° 2, pp. 1-11, 2019.
- [17] N. C. Zúñiga y E. C. Mora, «"La construcción epistemológica en Ingeniería Civil: Visión de la Universidad de Costa Rica,» *"Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 19, n° 1, pp. 1-30, 2019.
- [18] B. Kumar Banik, C. Di Cristo, A. Leopardi y G. De Marinis, «Illicit intrusion characterization in sewer systems,» *Urban Water Journal*, vol. 14, n° 4, pp. 416-426, 2019.
- [19] R. T. Hugues y A. L. F. Blanco, «Captación de lluvia para descarga de inodoros en edificio alto en el Vedado, La Habana,» *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, vol. XL, n° 1, pp. 122-135, 2019.
- [20] U. A. Figueiredo Gomez y L. Heller, «UN ANÁLISIS EMPÍRICO DE LAS PRÁCTICAS INTERSECTORIALES EN INTERVENCIONES DE

- SANEAMIENTO BÁSICO EN EL BRASIL,» *América Latina Hoy*, vol. 72, pp. 129-144, 2016.
- [21] J. W. Tudela-Mamani, «Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú),» *Desarrollo y Sociedad*, vol. 79, n° 189, pp. 189-237, 2017.
- [22] P. Z. Ávila, «"La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad,» *Tabula Rasa*, vol. 28, pp. 409-423., 2018.
- [23] C. Z. Y. J. F. M. & G. F. Haixing Liu, «Measuring surplus capacity for multiobjective optimal design of foul sewer systems,» *Urban Water Journal* , vol. 15, n° 18, p. 1 a 10, 2018.
- [24] D. F. Muñoz, N. E. Simões, L. M. d. Sousa, L. Maluf y A. Sá, «Generalizing multi-reward functions aimed at identifying the best locations to install flow control devices in sewer systems,» *Urban Water Journal*, vol. 16, n° 8, pp. 564-574, 2019.
- [25] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, «NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES,» CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN. C.E.C., Quito, 1992.
- [26] M. Hsie, M.-Y. Wu y C. Y. Huang, «Optimal urban sewer layout design using Steiner,» *Engineering Optimization*, vol. 51, n° 19, pp. 1980-1996 , 2019.
- [27] EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE 2, «NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q,» Marcial Punguil y Maribel Rodríguez, Quito, 2009.
- [28] INTERAGUA C. LTDA, «AJUSTE Y REVISIÓN DEL PLAN MAESTRO AGUA POTABLE; ALCANTARILLADO SANITARIO y ALCANTARILLADO PLUVIAL,» EMAPAG - EP, Guayaquil, 2015.
- [29] J. Saldarriaga, G. Rincon, G. Moscote y M. Trujillo, «Symmetric junction manholes under supercritical flow conditions,» *Journal of Hydraulic Research*, vol. 55, n° 1, pp. 135-142, 2016.
- [30] G. D. I. P. Consuegra y R. M. V. Ávila, «Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas,» *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. 37, n° 2, pp. 31-44, 2018.

- [31] L. Valentin-Mballa y A. Y. Saucedo-Quintero, «Análisis del hambre en el estado de Zacatecas bajo el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios,» *Economía, sociedad y territorio*, vol. 18, n° 57, pp. 487-523, 2018.
- [32] B. González y H. Antonio, «Aplicación del análisis de regresión lineal simple para la estimación de los precios de las acciones de Facebook, Inc,» *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, vol. 5, n° 10, pp. 133-155, 2017.
- [33] C. K. T. Silungwea y N. Khatlelib, «An analysis of the allocation of pertinent risks in the Zambian building sector using Pareto analysis,» *International Journal of Construction Management*, vol. 20, n° 4, pp. 1-14, 2018.
- [34] H. Safavi y M. A. Geranmehr, «Optimization of sewer networks using the mixedinteger linear programming,» *Urban Water Journal*, vol. 14, n° 5, pp. 452-459, 2016.
- [35] Plastigama, «NOVAFORT PLUS,» MEXICHEM ECUADOR S.A., Durán, 2018.
- [36] A. Montserrat, T. Hofer, M. Poch, D. Muschalla y L. Corominas, «Using the duration of combined sewer overflow events for the calibration of sewer hydrodynamic models,» *Urban Water Journal*, vol. 14, n° 8, pp. 782-788, 2016.
- [37] Ministerio del Ambiente y Ministerio de Salud Pública, «ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA,» Secretaría del Agua, Quito, 2016.

ANEXOS

Detalles de parámetros a considerar	Normas Inen-Senagua	Normas de Emaap	Normas de Interagua												
Caudal domestico		$Qd = dneta * d * ard * r / 86.4000$	$Qm = cr + d + p / 86400$												
Coeficiente de retorno.		<p>Nivel de complejidad del sistema</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Bajo-medio</td> <td style="width: 50%;">0.7-0.8</td> </tr> <tr> <td>Medio alto - alto</td> <td>0.8-0.85</td> </tr> </table>	Bajo-medio	0.7-0.8	Medio alto - alto	0.8-0.85	0.8 – 0.9								
Bajo-medio	0.7-0.8														
Medio alto - alto	0.8-0.85														
Caudal industrial (qi)		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Complejidad del sistema</td> <td style="width: 50%;">L/s/hab -ind</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>Medio alto</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>1-1.5</td> </tr> </table>	Complejidad del sistema	L/s/hab -ind	Bajo	0.4	Medio	0.6	Medio alto	0.8	Alto	1-1.5	Para industrias pequeñas ubicadas en zonas residenciales 1-1.5 l/s/has		
Complejidad del sistema	L/s/hab -ind														
Bajo	0.4														
Medio	0.6														
Medio alto	0.8														
Alto	1-1.5														
Caudal por conexiones ilícitas. (qci)		<p><u>Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">nivel de complejidad del sistema</td> <td style="width: 50%;">Aporte L/s-ha</td> </tr> <tr> <td>Bajo y medio</td> <td>0.2 – 2</td> </tr> <tr> <td>Medio alto t alto</td> <td>0.1 - 1</td> </tr> </table> <p><u>Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial</u></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Nivel de complejidad del sistema</td> <td style="width: 50%;">Aporte L/s-ha</td> </tr> <tr> <td>Bajo y medio</td> <td>4-20 (*)</td> </tr> <tr> <td>Medio lto y alto</td> <td>2-20 (*)</td> </tr> </table> <p>(*) debe disponerse de sistema pluvial o</p>	nivel de complejidad del sistema	Aporte L/s-ha	Bajo y medio	0.2 – 2	Medio alto t alto	0.1 - 1	Nivel de complejidad del sistema	Aporte L/s-ha	Bajo y medio	4-20 (*)	Medio lto y alto	2-20 (*)	Los valores de referencia pueden considerar: 0.1 a 3l/s/hab
nivel de complejidad del sistema	Aporte L/s-ha														
Bajo y medio	0.2 – 2														
Medio alto t alto	0.1 - 1														
Nivel de complejidad del sistema	Aporte L/s-ha														
Bajo y medio	4-20 (*)														
Medio lto y alto	2-20 (*)														

		combinado a mediano plazo																					
Caudal por infiltración		<table border="1"> <tr> <td>Nivel</td> <td>Bajo Medio</td> <td>Medio Alto y alto</td> </tr> <tr> <td>Inf. Alta</td> <td>0.1-0.3 L/s-ha</td> <td>0.15-0.4 L/s-ha</td> </tr> <tr> <td>Inf. Media</td> <td>0.1-0.3 L/s-ha</td> <td>0.1-0.3 L/s-ha</td> </tr> <tr> <td>Inf. Baja</td> <td>0.05-0.2 L/s-ha</td> <td>0.05-0.2 L/s-ha</td> </tr> </table>	Nivel	Bajo Medio	Medio Alto y alto	Inf. Alta	0.1-0.3 L/s-ha	0.15-0.4 L/s-ha	Inf. Media	0.1-0.3 L/s-ha	0.1-0.3 L/s-ha	Inf. Baja	0.05-0.2 L/s-ha	0.05-0.2 L/s-ha	<table border="1"> <tr> <td>Infiltración</td> <td>Caudal (l/s-ha)</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>0.15 – 0.4</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>0.1 – 0.3</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>0.05-0.2</td> </tr> </table>	Infiltración	Caudal (l/s-ha)	Alta	0.15 – 0.4	Media	0.1 – 0.3	Baja	0.05-0.2
Nivel	Bajo Medio	Medio Alto y alto																					
Inf. Alta	0.1-0.3 L/s-ha	0.15-0.4 L/s-ha																					
Inf. Media	0.1-0.3 L/s-ha	0.1-0.3 L/s-ha																					
Inf. Baja	0.05-0.2 L/s-ha	0.05-0.2 L/s-ha																					
Infiltración	Caudal (l/s-ha)																						
Alta	0.15 – 0.4																						
Media	0.1 – 0.3																						
Baja	0.05-0.2																						
Dimensionamiento de los conductos.			$Dt = ((q*n*3.21)/j^{0.5})^{3/8}$																				
Coefficiente de "n" manning pvc,prfv, pead	0.011	0.011	0.009																				
Coefficiente de "n" manning hormigón pre moldeado.	0.013	0.013 a 0.014	0.013																				
Caudal de diseño para calcular la red de tuberías		Qmh30+aportes conexiones erradas	Caudal máximo instantáneo																				
		$Qd = qm_h + q_{cef}$	$Qmh = f * qmd$ $F = q_{max} / q_p =$																				
Caudales mínimos		1.5 l/s																					
Diámetro mínimos red principal	200mm	250 mm	200 mm																				
Velocidad mínima		$V \geq 0.60 \text{ m/s}$	$V \geq 0.60 \text{ m/s}$ tramos iniciales $V \geq 0.75 \text{ m/s}$ en los siguientes.																				
Esfuerzo tractivo		$T \geq 1.0 \text{ n/m}^2$ o 0.10 kg/m^2	$T \geq 0.12 \text{ kg/m}^2$																				
Velocidad máxima	Material Pvc	Velocidad máxima 4.5 m/s	Material Pvc Velocidad máxima 6 m/s																				

	H.s.morte ro. Hs, neopreno	4 m/s 3.5-4 m/s		Concre to Concre to normal	4 2
Pendiente mínima			En función de la velocidad mínima y esfuerzo tractivo	Diámet ro	Pendien te mínima
				150 mm	0.33%
				200 mm	0.30%
				250 mm	0.24%
				300 mm	0.20%
				350 mm	0.16%
				400 mm	0.14%
				450mm	0.13%
				500	0.12%
				600	0.11%
Pendiente máxima			En función de la velocidad máxima y esfuerzo tractivo		
Profundidad hidráulica máxima			70% - 85%	75 % del diámetro.	
Profundidad mínima a la cota clave			Vías peatonales y vehiculares 1.50m	Zonas verdes 0.80 m Zonas peatonales 1.20m	
Profundidad máxima a la cota clave			5m Si es mayor dependerá de que garanticen los requerimiento geotécnicos y cimentación	3.5 m De acuerdo al nivel freático de la zona debe ser menor a 3.5 m	
Relación h/d			$H/d \leq 0.94 \text{ qmh}30$ $H/d \leq 0.8 \text{ qmh}15$		
Caudal máximo no supera la velocidad máxima			$V_{\max} = 6 * (g * rh)^{1/2}$ $G = 9.81 \text{ m/s}^2$ Radio hidráulico en m.		
Caudal de limpieza			$Q_{lo} \leq 2.0 \text{ l/s}$ $S_{\min} = 0.004 \text{ m/m si}$ $V \geq 0.60 \text{ m/s}$ $F\tau \geq 0.10 \text{ kg/cm}$		
Sifones invertidos					
Velocidad			$V \geq 0.90 \text{ m/s}$		
Esfuerzo tractivo			$T \geq 2.0 \text{ n/m}^2$ 0.20kg/m ²		
Pozos de revision					

Interior mínimo		1.0 m en forma prismática.																											
Profundidad		Necesaria para realizar el empalme de tubería. Y del conducto más bajo. Fondo será en media caña $h = \frac{1}{2} d$	<table> <tr> <td>Dn</td> <td>Profundidad mínima</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1.20 m</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td></td> </tr> <tr> <td>250</td> <td></td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>1.50 m</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>800</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ma</td> <td>2.00 m</td> </tr> <tr> <td>s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>800</td> <td></td> </tr> </table>	Dn	Profundidad mínima	200	1.20 m	-		250		300	1.50 m	a		800		Ma	2.00 m	s		800							
Dn	Profundidad mínima																												
200	1.20 m																												
-																													
250																													
300	1.50 m																												
a																													
800																													
Ma	2.00 m																												
s																													
800																													
Separación máxima	<table> <tr> <td>Diámetro</td> <td>Distancia máxima</td> </tr> <tr> <td>≤350mm</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>400 mm</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>a 800 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>450 mm</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>a 600 mm</td> <td></td> </tr> </table>	Diámetro	Distancia máxima	≤350mm	100	400 mm	150	a 800 mm		450 mm	200	a 600 mm		80 m	<table> <tr> <td>Diámetro</td> <td>Distancia máxima</td> </tr> <tr> <td>≤200m</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200 mm</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>a 450 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>450 mm</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>a 600 mm</td> <td></td> </tr> </table>	Diámetro	Distancia máxima	≤200m	100	m		200 mm	120	a 450 mm		450 mm	150	a 600 mm	
Diámetro	Distancia máxima																												
≤350mm	100																												
400 mm	150																												
a 800 mm																													
450 mm	200																												
a 600 mm																													
Diámetro	Distancia máxima																												
≤200m	100																												
m																													
200 mm	120																												
a 450 mm																													
450 mm	150																												
a 600 mm																													
Conexiones domiciliarias																													
Diámetro interno		0.15 m	0.1 m-																										
Pendiente mínima		2%	2%																										
Profundidad de conexión de la línea de fábrica.		0.6 m	0.6 m																										

Anexo 1. Resumen de criterios técnicos nacionales para diseñar sistemas de alcantarillado

No	RUBRO	U	CANT	P.UNIT	P. TOTAL
1	RED PRINCIPAL DE COLECTORES Y EMISARIOS				4.962,52290
1	LIMPIEZA Y DESBROCE A MAQUINA	HAS	0,33	342,53	113,03490
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	3.848,80	1,26	4.849,48800
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				94.112,13970
3	EXCAVACION A MAQUINA (prof: 0-2m) TERRENO NORMAL	M3	4.179,02	2,78	11.617,67560
4	EXCAVACION A MAQUINA (PROF: 2-4m) TERRENO NORMAL	M3	245,58	3,34	820,23720
5	ENTIBADO DE ZANJAS	M2	245,58	1,45	356,09100
6	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	4.827,69	1,68	8.110,51920
7	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	M3	461,45	26,75	12.343,78750
8	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA <3/4")	M3	1.527,67	26,28	40.147,16760
9	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	2.435,48	5,86	14.271,91280
10	DESALOJO CON MATERIAL SOBRANTE HASTA 1 KM. CARGADO A MAQ.	M3	1.989,12	3,24	6.444,74880
	TUBERIAS Y POZOS				152.288,74560
11	SUMIN E INSTALACIN DE TUB. PERFILADA E/C D=200MM	ML	2.562,34	21,34	54.680,33560
12	SUMIN E INSTALACIN DE TUB. PERFILADA E/C D=250MM	ML	1.286,46	28,50	36.664,11000
13	POZOS DE REV H.A. (PROFUNDIDAD 0.80 -2.0MTS) INC TAPA HF D=1M	U	59,00	805,72	47.537,48000
14	POZOS DE REV H.A. (PROFUNDIDAD 2.0-4.0MTS) INC TAPA HF D=1M	U	8,00	1.099,15	8.793,20000
15	CONEXIÓN DE TUBERIA A POZOS (200MM)	U	268,00	14,54	3.896,72000

16	RECONEXION DE ACOMETIDA DE AAPP	U	10,00	17,44	174,40000
17	RECONEXION DE TUBERIA PRINCIPAL DE AAPP	U	2,00	66,25	132,50000
18	BOMBEO	H	50,00	8,20	410,00000
	TIRANTES Y TERCARIAS				146.599,63690
19	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	2.964,77	1,26	3.735,61020
20	EXCAVACION A MAQUINA (prof. 0-2m) TERRENO NORMAL	M3	2.723,29	2,78	7.570,74620
21	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	2.723,29	1,68	4.575,12720
22	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	M3	272,33	26,75	7.284,82750
23	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA 3/4")	M3	1.089,32	26,28	28.627,32960
24	SUMIN. E INST.TUB 160MM PVC PERFILADA	ML	2.964,77	12,76	37.830,46520
25	CAJAS REVISION H.S. 0.60X0.60 (H=0.8-1.00M)	U	237,00	185,11	43.871,07000
26	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	1.633,97	5,86	9.575,06420
27	DESALOJO MAT. SOBRANTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	1.089,32	3,24	3.529,39680
	AGUAS LLUVIAS				
	CANALES DE AGUAS LLUVIAS				10.620,99000
28	DESBROCE Y LIMPIEZA A MANO	HAS	0,12	0,85	0,10200
29	EXCAVACION A MAQUINA EN TIERRA H=0-2 m	M3	585,00	2,78	1.626,30000
30	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	390,00	1,68	655,20000
31	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA<3/4")	M3	214,10	26,28	5.626,54800
32	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	312,00	5,86	1.828,32000
33	DESALOJO MAT. SOBRANTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	273,00	3,24	884,52000
	TUBERIA PARA AALL				24.958,16000

34	CONEXIÓN A POZOS	U	4,00	14,54	58,16000
35	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE AALL 500MM PERFILADA	ML	300,00	83,00	24.900,00000
	TRABAJOS EN VIAS				34.022,52840
36	ROTURA DE ASFALTO	M2	1.800,92	3,10	5.582,85200
37	CALZADA DE ASFALTO E=3" E IMPRIMACION	M2	1.640,92	13,61	22.332,92120
38	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	M3	419,42	14,56	6.106,75520
	AMPLIACION DE LAGUNA DE OXIDACION				33.890,86050
39	LIMPIEZA Y DEBROSCE A MAQUINA	HAS	0,05	342,53	17,12650
40	DESBROCE Y LIMPIEZA A MANO	M2	322,00	0,85	273,70000
41	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	5.800,00	1,26	7.308,00000
42	EXCAVACION SUELO SECO A MAQUINA	M3	797,50	2,78	2.217,05000
43	EXCAVACION EN FANGO	M3	507,78	4,80	2.437,34400
44	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	380,00	5,86	2.226,80000
45	IMPERMEABILIZACION DE LA AMPLIACION DE FONDO DE LAGUNAS CON ARCILLA Y DE SECADO DE LODOS	M3	767,76	12,53	9.620,03280
46	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	667,78	3,24	2.163,60720
47	PREPARADO Y TENDIDO PARA VIA DE ACCESO CON RECUPERACION DE MATERIAL DE ROTURA DE ASFALTO	M2	1.225,00	5,60	6.860,00000
48	SIEMBRA DE ALAMO H=0.80 - 1.20 M	U	70,00	10,96	767,20000
	MEDIDAS AMBIENTALES				4.269,93000
49	PARANTES DE CAÑA PINTADOS H=1.5M CON DADO DE H.S. 40X40X20CM	U	20,00	7,91	158,20000
50	CINTAS PLASTICAS DEMARCAION 3 FILAS A=.15M	ML	300,00	0,14	42,00000
51	PUENTE DE MADERA PEATONAL B=1.00M	ML	15,00	11,53	172,95000

52	ALQUILER DE BATERIA SANITARIA (ARRENDAMIENTO EN VIVIENDAS)	MES	6,00	84,00	504,00000
53	LETRERO DE IDENTIFICACION DE OBRA DOBLE CARA DE LONA 1.5X3.00M H=2.5M DEL PISO (ESTRUCTURA METALICA)	U	2,00	606,13	1.212,26000
54	LETRERO DE SEÑALIZACION METALICO TIPO CABALLETE DE 1.2M X 0.70M (0.50 DEL PISO)	U	12,00	150,85	1.810,20000
55	SEÑALES PORTATILES (CONOS)	U	12,00	9,96	119,52000
56	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	60,00	4,18	250,80000
	PARTICIPACION CIUDADANA				1.682,22000
57	COMUNICACIONES RADIALES (TIEMPO =1MINUTO)	U	120,00	4,80	576,00000
58	COMUNICACIONES DE PRENSA ESCRITA 1/4 DE PAGINA	U	6,00	184,37	1.106,22000
	<i>Nota: En el total se calculó con cinco decimales por el formato USHAY</i>			TOTAL:	507.407,73400

Anexo 2. Presupuesto Referencial 1: Construcción Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro

No	RUBRO	U	CANT	P.UNIT	P. TOTAL
1	LIMPIEZA Y DESBROCE A MAQUINA	HAS	0,33	342,53	113,03490
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	3.848,80	1,26	4.849,48800
3	EXCAVACION A MAQUINA (prof: 0-2m) TERRENO NORMAL	M3	4.179,02	2,78	11.617,67560
4	EXCAVACION A MAQUINA (PROF: 2-4m) TERRENO NORMAL	M3	245,58	3,34	820,23720
5	ENTIBADO DE ZANJAS	M2	245,58	1,45	356,09100
6	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	4.827,69	1,68	8.110,51920
7	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	M3	461,45	26,75	12.343,78750
8	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA <3/4")	M3	1.527,67	26,28	40.147,16760
9	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	2.435,48	5,86	14.271,91280
10	DESALOJO CON MATERIAL SOBRANTE HASTA 1 KM. CARGADO A MAQ.	M3	1.989,12	3,24	6.444,74880
11	SUMIN E INSTALACIN DE TUB. PERFILADA E/C D=200MM	ML	2.562,34	21,34	54.680,33560
12	SUMIN E INSTALACIN DE TUB. PERFILADA E/C D=250MM	ML	1.286,46	28,50	36.664,11000
13	POZOS DE REV H.A. (PROFUNDIDAD 0.80 -2.0MTS) INC TAPA HF D=1M	U	59,00	805,72	47.537,48000
14	POZOS DE REV H.A. (PROFUNDIDAD 2.0-4.0MTS) INC TAPA HF D=1M	U	8,00	1.099,15	8.793,20000
15	CONEXIÓN DE TUBERIA A POZOS (200MM)	U	268,00	14,54	3.896,72000
16	RECONEXION DE ACOMETIDA DE AAPP	U	10,00	17,44	174,40000
17	RECONEXION DE TUBERIA PRINCIPAL DE AAPP	U	2,00	66,25	132,50000
18	BOMBEO	H	50,00	8,20	410,00000
19	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	2.964,77	1,26	3.735,61020

20	EXCAVACION A MAQUINA (prof. 0-2m) TERRENO NORMAL	M3	2.723,29	2,78	7.570,74620
21	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	2.723,29	1,68	4.575,12720
22	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	M3	272,33	26,75	7.284,82750
23	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA 3/4")	M3	1.089,32	26,28	28.627,32960
24	SUMIN. E INST.TUB 160MM PVC PERFILADA	ML	2.964,77	12,76	37.830,46520
25	CAJAS REVISION H.S. 0.60X0.60X0.60 (H=0.8-1.00M)	U	237,00	185,11	43.871,07000
26	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	1.633,97	5,86	9.575,06420
27	DESALOJO MAT. SOBRANTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	1.089,32	3,24	3.529,39680
28	DESBROCE Y LIMPIEZA A MANO	HAS	0,12	0,85	0,10200
29	EXCAVACION A MAQUINA EN TIERRA H=0-2 m	M3	585,00	2,78	1.626,30000
30	RASANTEO DE FONDO DE ZANJA	M2	390,00	1,68	655,20000
31	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA<3/4")	M3	214,10	26,28	5.626,54800
32	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	312,00	5,86	1.828,32000
33	DESALOJO MAT. SOBRANTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	273,00	3,24	884,52000
34	CONEXIÓN A POZOS	U	4,00	14,54	58,16000
35	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE AALL 500MM PERFILADA	ML	300,00	83,00	24.900,00000
36	ROTURA DE ASFALTO	M2	1.800,92	3,10	5.582,85200
37	CALZADA DE ASFALTO E=3" E IMPRIMACION	M2	1.640,92	13,61	22.332,92120
38	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	M3	419,42	14,56	6.106,75520
39	LIMPIEZA Y DEBROSCE A MAQUINA	HAS	0,05	342,53	17,12650
40	DESBROCE Y LIMPIEZA A MANO	M2	322,00	0,85	273,70000
41	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	5.800,00	1,26	7.308,00000
42	EXCAVACION SUELO SECO A MAQUINA	M3	797,50	2,78	2.217,05000
43	EXCAVACION EN FANGO	M3	507,78	4,80	2.437,34400

44	RELLENO DE ZANJAS CON MATERIAL SELECCIONADO DEL SITIO	M3	380,00	5,86	2.226,80000
45	IMPERMEABILIZACION DE LA AMPLIACION DE FONDO DE LAGUNAS CON ARCILLA Y DE SECADO DE LODOS	M3	767,76	12,53	9.620,03280
46	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE HASTA 1KM CARGADO A MAQ.	M3	667,78	3,24	2.163,60720
47	PREPARADO Y TENDIDO PARA VIA DE ACCESO CON RECUPERACION DE MATERIAL DE ROTURA DE ASFALTO	M2	1.225,00	5,60	6.860,00000
48	SIEMBRA DE ALAMO H=0.80 - 1.20 M	U	70,00	10,96	767,20000
49	PARANTES DE CAÑA PINTADOS H=1.5M CON DADO DE H.S. 40X40X20CM	U	20,00	7,91	158,20000
50	CINTAS PLASTICAS DEMARCACION 3 FILAS A=.15M	ML	300,00	0,14	42,00000
51	PUENTE DE MADERA PEATONAL B=1.00M	ML	15,00	11,53	172,95000
52	ALQUILER DE BATERIA SANITARIA (ARRENDAMIENTO EN VIVIENDAS)	MES	6,00	84,00	504,00000
53	LETRERO DE IDENTIFICACION DE OBRA DOBLE CARA DE LONA 1.5X3.00M H=2.5M DEL PISO (ESTRUCTURA METALICA)	U	2,00	606,13	1.212,26000
54	LETRERO DE SEÑALIZACION METALICO TIPO CABALLETE DE 1.2M X 0.70M (0.50 DEL PISO)	U	12,00	150,85	1.810,20000
55	SEÑALES PORTATILES (CONOS)	U	12,00	9,96	119,52000
56	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	60,00	4,18	250,80000
57	COMUNICACIONES RADIALES (TIEMPO =1MINUTO)	U	120,00	4,80	576,00000
58	COMUNICACIONES DE PRENSA ESCRITA 1/4 DE PAGINA	U	6,00	184,37	1.106,22000
Nota: En el total se calculó con cinco decimales por el formato USHAY		TOTAL:			
		507.407,73400			

Anexo 3. Presupuesto Referencial 2: Construcción Del Sistema De Alcantarillado Sanitario De La Parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro

UBICACIÓN	CAPA Prof. (m)	HUMEDAD NATURAL %	GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			PROCTOR		DENSIDAD DE LA CAPA	VALOR C.B.R. %		CLASE	
			% QUE PASA EN EL TAMIZ			L.L	L.P.	I.P.	Kg/m3	H Op %		1"	2"	SUCS	AASHTO
			N° 4	N° 40	N° 200										
CALICATA # 1 E= 614.576 N= 9'620.271	0,00														
	0,70	27,13	100,00	92,93	77,42	39,27	19,64	19,63						CL	A-6(12)
	1,00	28,51	100,00	95,88	79,50	39,24	19,79	19,45	1.878,55	11,85	1746,50	3,50		CL	A-6(12)
CALICATA # 2 E= 614.462 N= 9'620.191	0,00														
	0,60	29,54	100,00	95,36	91,54	40,37	21,27	19,10						CL	A-6(12)
	1,00	28,49	100,00	92,46	86,88	40,11	20,65	19,46	1.894,04	12,05	1786,50	4,13		CL	A-6(12)
CALICATA # 3 E= 614.516 N= 9'620.140	0,00														
	0,50	28,85	100,00	91,84	86,70	40,21	21,32	18,89						CL	A-6(12)
	1,00	29,04	100,00	84,72	75,54	41,20	21,47	19,73	1.906,03	9,95	1770,10	3,67		CL	A-6(12)
UBICACIÓN	CAPA Prof. (m)	HUMEDAD NATURAL %	GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			Nivel Freatico (NF)	SPT N/ pie	CLASIFICACION AASHTO				
			% QUE PASA EN EL TAMIZ			L.L	L.P.	I.P.			SUCS				
			N° 4	N° 40	N° 200										
PERFORACION 1 E= 614.576 N= 9'620.138	1,00	30,52	100,00	96,14	94,28	41,91	21,55	20,36	0,70	6	CL				
	2,00	29,96	100,00	93,27	90,93	40,36	21,31	19,05		9	CL				
	3,00	28,44	100,00	90,28	70,62	39,68	20,50	19,18		28	CL				
	4,50	4,25	100,00	33,24	4,37	NP	NP	NP		55	NP				
	6,00	17,85	100,00	31,03	9,84	33,43	19,64	13,79		45	SC				
	1,50	30,04	100,00	97,77	97,00	41,31	20,73	20,58	1,30	6	CL				

PERFORACION 2 E= 614.691 N= 9'620.193	2,50	30,25	100,00	96,65	95,07	40,78	21,49	19,29			19	ML
	3,50	27,88	100,00	57,59	25,87	38,87	19,59	19,28			43	SC
	4,50	25,69	100,00	57,37	28,05	36,27	19,20	17,07			43	SC
	6,00	5,25	100,00	35,36	3,12	NP	NP	NP			49	SP
PERFORACION 3 E= 614.429 N= 9'620.247	1,50	31,42	100,00	97,63	96,81	41,32	21,67	19,65		0,35	5	CL
	2,50	30,54	100,00	92,20	90,63	39,74	21,36	18,38			11	ML
	3,50	26,07	100,00	98,59	95,59	39,34	20,55	18,79			14	CL
	4,50	6,99	100,00	39,61	3,33	NP	NP	NP			62	SP
	6,00	5,78	100,00	38,62	3,42	NP	NP	NP			57	SP
PERFORACION 4 E= 614.489 N= 9'620.288	1,50	30,32	100,00	94,53	93,34	41,25	21,17	20,08		1,50	6	CL
	2,50	27,96	100,00	58,94	31,11	37,37	20,74	16,63			14	SC
	3,50	28,83	100,00	95,61	95,24	39,06	20,39	18,67			12	ML
	4,50	27,53	100,00	58,84	15,14	37,04	19,48	17,56			42	SC
	6,00	6,49	100,00	42,72	3,34	NP	NP	NP			47	SP
PERFORACION 5 E= 614.503 N= 9'620.208	1,00	30,25	100,00	94,64	93,19	42,69	21,25	21,44		1,30	7	CL
	2,00	28,12	100,00	60,58	22,79	38,61	19,49	19,12			14	SC
	3,00	27,18	100,00	35,03	20,33	37,25	20,07	17,18			17	SC
	4,50	30,27	100,00	97,24	96,25	39,58	21,29	18,29			20	ML
	6,00	27,60	100,00	43,07	10,20	35,85	18,81	17,04			44	SC
	7,50	8,58	100,00	41,03	5,19	NP	NP	NP			47	SP
	9,00	22,73	100,00	88,27	86,45	38,12	20,33	17,79			28	ML
	10,00	20,42	100,00	88,57	87,77	38,67	20,09	18,58			30	ML

Anexo 4. Resumen de ensayos de la subrasante

DIÁMETRO	ALTURA DE EXCAVACIÓN	ALTURA DE RELLENO	SUNMINISTRO DE TUBERÍA	POZOS DE REVISIÓN	EXCAVACIÓN	RELLENO	LONGITUD	COSTO
200,00	1,63	0,83	28,69167829	438,5036	2,6361	5,462	16,57	1048,10
200,00	1,75	0,95	28,69167829	474,8468	6,1884	12,583	52,77	2979,48
200,00	1,98	1,18	28,69167829	545,3360	13,1973	26,678	51,41	4070,39
200,00	1,88	1,08	28,69167829	514,5596	10,1176	20,478	52,26	3612,91
200,00	1,97	1,1725	28,69167829	543,0211	12,9646	26,210	39,52	3225,08
200,00	1,88	1,0815	28,69167829	515,0198	10,1634	20,570	52,11	3611,67
200,00	1,84	1,035	28,69167829	500,7740	8,7480	17,724	48,84	3194,96
200,00	2,00	1,202	28,69167829	552,1324	13,8815	28,057	47,87	3933,22
200,00	2,43	1,627	28,69167829	685,1045	27,5718	55,749	66,57	8141,80
200,00	2,23	1,434	28,69167829	624,3375	21,2434	42,926	56,36	5857,98
200,00	2,30	1,503	28,69167829	645,9924	23,4846	47,463	75,74	8192,67
200,00	1,99	1,1935	28,69167829	549,5054	13,6169	27,524	62,07	4884,00
200,00	2,36	1,5595	28,69167829	663,7829	25,3374	51,218	75,65	8625,69
200,00	2,12	1,32	28,69167829	588,7379	17,5924	35,545	76,68	6863,42
200,00	1,99	1,187	28,69167829	547,4975	13,4147	27,117	71,96	5528,79
200,00	1,76	0,96	28,69167829	477,8893	6,4876	13,184	50,07	2899,43
200,00	1,75	0,9465	28,69167829	473,7824	6,0838	12,373	75,94	4054,24
200,00	1,70	0,9	28,69167829	459,6659	4,6995	9,596	44,65	2379,07
400,00	4,08	3,283	117,4791119	1227,3796	89,4889	182,747	63,1	25818,39
400,00	5,36	4,556	117,4791119	1663,7555	146,3619	301,034	74,9	43972,90
400,00	6,68	5,8755	117,4791119	2129,5901	213,8226	442,598	77,64	62215,17
400,00	6,63	5,827	117,4791119	2112,2549	211,1897	437,053	53,05	42733,80

400,00	6,61	5,813	117,4791119	2107,2537	210,4318	435,457	23,03	19687,63
400,00	6,53	5,731	117,4791119	2077,9871	206,0125	426,154	75,92	58991,11
400,00	5,94	5,141	117,4791119	1868,7504	175,2017	361,415	68,97	46981,76
400,00	4,53	3,73	117,4791119	1378,9630	108,5407	222,236	84,45	39234,17
400,00	3,86	3,055	117,4791119	1150,8186	80,1541	163,457	95,47	35624,15
400,00	4,28	3,483	117,4791119	1294,9665	97,8903	200,142	109,61	46839,14
335,00	3,94	3,138	81,90961308	1178,6278	83,5224	170,413	58,1	20691,21
335,00	3,47	2,6735	81,90961308	1023,9487	65,1132	132,470	75	21985,92
335,00	3,42	2,6175	81,90961308	1005,4628	62,9663	128,057	58,2	16890,18
335,00	2,92	2,117	81,90961308	841,9366	44,4713	90,161	44,1	10391,44
335,00	3,00	2,203	81,90961308	869,8090	47,5606	96,475	96,25	22617,06
Presupuesto estimado								\$597.776,91
Presupuesto Santa Rosa								\$589.491,82
Diferencia								\$8.285,09
Error								1,3860%

Anexo 5. Prueba de fórmula (Tesis)

Dext. TUBERÍA (m)	ALTURA P. BOLA (m)	ALTURA ENCAM. (m)	ALTURA ACOST. (m)	ALTURA R. INICIAL. (m)	ALTURA CONF. ESTRUCTURA VIAL (m)	RELACION TALUD 1/6	ALTO PARA TALUD (m)	EXC. <2m	EXC. >2m
200	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	6	2	D+0,5 m	Entib+0,8 m
	0,8	0,833333333	0,866666667	0,966666667	1,3	0,333333333		0,7	1

Plastigama

Dext. TUBERÍA (m)	ALTURA P. BOLA (m)	ALTURA ENCAM. (m)	ALTURA ACOST. (m)	ALTURA R. INICIAL. (m)	ALTURA CONF. ESTRUCTURA VIAL (m)	RELACION TALUD 1/6	ALTO PARA TALUD (m)	EXC. <2m	EXC. >2m
335	0,3	0,1	0,1675	0,5025	0,1	6	2	D+0,5 m	Entib+08 m
	0,8	0,833333333	0,889166667	1,056666667	1,48	0,333333333		0,835	1,135

INEN

Dext. TUBERÍA (m)	ALTURA P. BOLA (m)	ALTURA ENCAM. (m)	ALTURA ACOST. (m)	ALTURA R. INICIAL. (m)	ALTURA CONF. ESTRUCTURA VIAL (m)	RELACION TALUD 1/6	ALTO PARA TALUD (m)	EXC. <2m	EXC. >2m
400	0,3	0,1	0,2	0,6	0,1	6	2	D+0,5 m	Entib+0,8 m
	1,4	1,266666667	1,4	2	1,866666667	0,333333333		0,9	1,2

Anexo 6. Cálculo de relaciones costo excavación según fabricante de tuberías

DESDE	HASTA	PENDIENTE	TRAMO	COTA TERRENO INICIAL	COTA PROYECTO INICIAL	COTA TERRENO FINAL	COTA PROYECTO FINAL	CORTE +SOBRE EXCAVACIÓN	LONGITUD	RUBRO ENTIBADO	TUBERÍA
P04-15OCT	P03-15OCT	6,25	1	9,49	8,46	9,58	8,42	1,2	16,57	445,0702	200
P03-15OCT	P02-15OCT	6,25	2	9,58	8,42	9,49	8,09	1,2	52,77	1417,4022	200
P02-15OCT	P001-15OCT	15,20	3	9,49	8,09	8,88	7,22	1,4	51,41	1380,8726	200
P05-15OCT	P01-15OCT	15,20	4	9,155	8,015	8,88	7,22	1,2	52,26	1403,7036	200
P01-15OCT	PEXIST-15OCT	4,00	5	8,88	7,22	8,445	7,06	1,66	39,52	1061,5072	200
P02-VD	P01 VD	12,70	6	8,68	7,58	8,578	6,915	1,2	52,11	1399,6746	200
P01-VD	PEXIST-VD	4,00	7	8,578	6,915	7,826	6,719	1,663	48,84	1311,8424	200
P02-LB	P01-LB	13,80	8	8,11	7,01	8,252	6,348	1,2	47,87	1285,7882	200
P01-LB	PEXIST-LB	10,90	10	8,252	6,348	6,72	4,67	1,904	66,57	1788,0702	200
P02-CHF	P01-CHF	14,00	22	7,15	6,05	7,629	5,261	1,2	56,36	1513,8296	200
P01-CHF	PEXIST-CHF	2,00	13	7,629	5,261	6,448	5,11	2,368	75,74	2034,3764	200

P02-JMA	P01-JMA	2,00	14	6,787	5,687	6,745	4,858	1,2	62,07	1667,2002	200
P01-JMA	PEXIST-JMA	2,00	15	6,745	4,858	6,639	4,707	1,887	75,65	2031,959	200
P01-EO	PEXIST	2,00	16	5,882	4,918	6,323	4,183	1,2	76,68	2059,6248	200
P03-JMO	P07-GYS	2,00	17	7,76	6,66	8,03	6,156	1,2	71,96	1932,8456	200
P04-JMO	P07-GYS	4,00	18	7,91	6,81	8,03	6,61	1,2	50,07	1344,8802	200
P02-EO	P06-GYS	2,00	19	7,841	6,741	7,982	6,589	1,2	75,94	2039,7484	200
P01-ATR	P05-GYS	2,00	27	7,841	6,74	7,85	6,55	1,2	44,65	1199,299	200
P10-GYS	P09-GYS	2,00	21	6,07	2,513	5,696	2,387	3,557	63,1	2571,325	400
P09-GYS	P08-GYS	2,00	23	5,696	2,387	8,34	2,237	3,309	74,9	3052,175	400
P08-GYS	P07-GYS	2,00	24	8,34	2,237	8,03	2,082	6,103	77,64	3163,83	400
P07-GYS	P06-GYS	2,00	25	8,03	2,082	7,982	1,976	5,948	53,05	2161,7875	400
P06-GYS	P05-GYS	2,00	26	7,982	1,976	7,85	1,93	6,006	23,03	938,4725	400
P05-GYS	P04-GYS	2,00	27	7,85	1,93	7,62	1,778	5,92	75,92	3093,74	400
P04-GYS	P03-GYS	2,00	28	7,62	1,778	6,38	1,64	5,842	68,97	2810,5275	400
P03-GYS	P02-GYS	2,00	29	6,38	1,64	4,66	1,64	4,74	84,45	3441,3375	400

P02-GYS	P01-GYS	2,00	30	4,66	1,64	4,67	1,28	3,02	95,47	3890,4025	400
P01-GYS	P251-GYS	2,00	29	4,67	1,28	4,937	1,061	3,39	109,61	4466,6075	400
P53	P52	3,00	30	8,42	4,857	7,826	4,683	3,563	58,1	2367,575	335
P52	P51	7,70	31	7,826	4,687	6,743	4,105	3,139	75	3056,25	335
P51	P50	3,00	32	6,743	4,088	6,923	3,913	2,655	58,2	2371,65	335
P49	P48	3,00	33	6,405	4,161	6,581	4,161	2,244	44,1	1184,526	335
P47	P48	3,00	3	6,326	4,18	6,581	3,891	2,146	96,25	3922,1875	335

Anexo 7. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 1)

PRECIO POR DIÁMETRO/ML	RUBRO PRECIO METRO LINEAL	ANCHO DE ZANJA INFERIOR	ALTURA DE EXCAVACIÓN	TALUD NO	ANCHO SUPERIOR	PRECIOS DE POZO DE REVISIÓN	KG DE ACERO	RUBRO ACERO	VOLÚMEN POZO DE HORMIGÓN
\$ 25,93	\$ 429,72	0,7	1,63	NO	0,70	433,4659	280,43	602,9245	2,058
\$ 25,93	\$ 1.368,50	0,7	1,75	NO	0,70	465,3775	280,43	602,9245	2,163
\$ 25,93	\$ 1.333,23	0,7	1,98	NO	0,70	526,5414	280,43	602,9245	2,366
\$ 25,93	\$ 1.355,28	0,7	1,88	NO	0,70	499,9484	280,43	602,9245	2,278
\$ 25,93	\$ 1.024,89	0,7	1,97	NO	0,70	524,546925	280,43	602,9245	2,359
\$ 25,93	\$ 1.351,39	0,7	1,88	NO	0,70	500,347295	280,43	602,9245	2,279
\$ 25,93	\$ 1.266,58	0,7	1,84	NO	0,70	487,98155	280,43	602,9245	2,238
\$ 25,93	\$ 1.241,43	1	2,00	SI	2,33	589,50892	491,77	1057,3055	2,385
\$ 25,93	\$ 1.726,38	1	2,43	SI	2,62	714,65442	491,77	1057,3055	2,759
\$ 25,93	\$ 1.461,60	1	2,23	SI	2,49	657,82364	491,77	1057,3055	2,589
\$ 25,93	\$ 1.964,19	1	2,30	SI	2,54	678,14138	491,77	1057,3055	2,650
\$ 25,93	\$ 1.609,68	0,7	1,99	NO	0,70	530,131455	280,43	602,9245	2,378
\$ 25,93	\$ 1.961,86	1	2,36	SI	2,57	694,77837	491,77	1057,3055	2,700
\$ 25,93	\$ 1.988,57	1	2,12	SI	2,41	624,2552	491,77	1057,3055	2,489
\$ 25,93	\$ 1.866,16	0,7	1,99	NO	0,70	528,40291	280,43	602,9245	2,372

\$	25,93	\$	1.298,48	0,7	1,76	NO	0,70	468,0368	280,43	602,9245	2,172
\$	25,93	\$	1.969,38	0,7	1,75	NO	0,70	464,446745	280,43	602,9245	2,160
\$	25,93	\$	1.157,92	0,7	1,7	NO	0,70	452,081	280,43	602,9245	2,119
\$	119,47	\$	7.538,56	1,2	4,1	SI	3,92	1272,22197	674,7	1450,605	4,216
\$	119,47	\$	8.948,30	1,2	5,4	SI	4,77	1668,87604	674,7	1450,605	5,335
\$	119,47	\$	9.275,65	1,2	6,7	SI	5,65	2080,019045	674,7	1450,605	6,496
\$	119,47	\$	6.337,88	1,2	6,6	SI	5,62	2064,90693	674,7	1450,605	6,453
\$	119,47	\$	2.751,39	1,2	6,6	SI	5,61	2060,54467	674,7	1450,605	6,441
\$	119,47	\$	9.070,16	1,2	6,5	SI	5,55	2034,99429	674,7	1450,605	6,369
\$	119,47	\$	8.239,85	1,2	5,9	SI	5,16	1851,15619	674,7	1450,605	5,850
\$	119,47	\$	10.089,24	1,2	4,5	SI	4,22	1411,5027	674,7	1450,605	4,609
\$	119,47	\$	11.405,80	1,2	3,9	SI	3,77	1135,1433	491,77	1057,3055	4,015
\$	119,47	\$	13.095,11	1,2	4,3	SI	4,06	1334,53997	674,7	1450,605	4,392
\$	65,84	\$	3.825,01	1,135	3,94	SI	3,76	1159,58348	491,77	1057,3055	4,088
\$	65,84	\$	4.937,63	1,135	3,47	SI	3,45	1022,80681	491,77	1057,3055	3,680
\$	65,84	\$	3.831,60	1,135	3,42	SI	3,41	1006,31705	491,77	1057,3055	3,630
\$	65,84	\$	2.903,32	1,135	2,92	SI	3,08	858,93982	491,77	1057,3055	3,190
\$	65,84	\$	6.336,62	1,135	3,00	SI	3,14	884,26338	491,77	1057,3055	3,266

Anexo 8. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 2)

VOLUMEN DE EXCAVACIÓN	PRECIO DE EXCAVACIÓN M3	RASANTEO DE ZANJA (M2)	PRECIO RASANTEO M2	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	PRECIO ENCAMADO M3	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA <3/4")
18,91	5,522	11,599	19,25434	1,1599	20,727413	3,24772
64,64	5,929	36,939	61,31874	3,6939	66,009993	10,34292
71,25	6,708	35,987	59,73842	3,5987	64,308769	10,07636
68,77	6,369	36,582	60,72612	3,6582	65,372034	10,24296
54,57	6,683	27,664	45,92224	2,7664	49,435568	7,74592
68,63	6,375	36,477	60,55182	3,6477	65,184399	10,21356
62,73	6,217	34,188	56,75208	3,4188	61,093956	9,57264
159,79	24,634	47,87	79,4642	4,787	85,54369	14,40887
292,27	32,401	66,57	110,5062	6,657	118,96059	20,03757
219,67	28,764	56,36	93,5576	5,636	100,71532	16,96436
308,33	30,044	75,74	125,7284	7,574	135,34738	22,79774
86,62	6,754	43,449	72,12534	4,3449	77,643363	12,16572
318,88	31,109	75,65	125,579	7,565	135,18655	22,77065
277,44	26,702	76,68	127,2888	7,668	137,02716	23,08068
100,09	6,732	50,372	83,61752	5,0372	90,014764	14,10416
61,69	5,963	35,049	58,18134	3,5049	62,632563	9,81372
92,84	5,917	53,158	88,24228	5,3158	94,993346	14,88424

53,13	5,76	31,255	51,8833	3,1255	55,852685	8,7514
659,81	97,46	75,72	125,6952	7,572	135,31164	23,4101
1197,61	149,02	89,88	149,2008	8,988	160,61556	27,7879
1775,22	213,10	93,168	154,65888	9,3168	166,491216	28,80444
1198,48	210,55	63,66	105,6756	6,366	113,76042	19,68155
518,47	209,82	27,636	45,87576	2,7636	49,385532	8,54413
1674,43	205,55	91,104	151,23264	9,1104	162,802848	28,16632
1303,14	176,10	82,764	137,38824	8,2764	147,899268	25,58787
1036,73	114,42	101,34	168,2244	10,134	181,09458	31,33095
914,57	70,70	114,564	190,17624	11,4564	204,725868	35,41937
1233,58	104,89	131,532	218,34312	13,1532	235,047684	40,66531
560,02	71,14	65,9435	109,46621	6,59435	117,8410345	20,233325
597,31	58,78	85,125	141,3075	8,5125	152,118375	26,11875
452,33	57,36	66,057	109,65462	6,6057	118,043859	20,26815
271,09	45,37	50,0535	83,08881	5,00535	89,4456045	15,357825
617,39	47,34	109,24375	181,344625	10,924375	195,2185813	33,5190625
16.390,44	\$ 2.080,16	2.079,38	\$ 3.451,77	207,94	\$ 3.715,85	626,12

Anexo 9. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 3)

PRECIO DE RELLENO GRAVA 3/4	DESALOJO	PRECIO DE DESALOJO M3	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE SITIO M3	RELLENO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO M3
93,859108	18,91	4,895	9,62717	\$ 3,01	9,63	\$ 10,98
298,910388	64,64	5,255	35,09205	\$ 3,44	35,09	\$ 12,56
291,206804	71,25	5,946	42,46466	\$ 219,97	42,46	\$ 15,60
296,021544	68,77	5,646	39,50856	\$ 204,65	39,51	\$ 14,28
223,857088	54,57	5,923	32,43604	\$ 168,02	32,44	\$ 15,50
295,171884	68,63	5,650	39,4498755	\$ 204,35	39,45	\$ 14,30
276,649296	62,73	5,511	35,38458	\$ 183,29	35,38	\$ 13,69
416,416343	159,79	14,320	94,97893083	\$ 491,99	94,98	\$ 37,48
579,085773	292,27	18,835	194,12653	\$ 1.005,58	194,13	\$ 55,09
490,270004	219,67	16,721	139,6573747	\$ 723,43	139,66	\$ 46,81
658,854686	308,33	17,464	199,3289722	\$ 1.032,52	199,33	\$ 49,71
351,589308	86,62	5,986	51,8563815	\$ 268,62	51,86	\$ 15,78
658,071785	318,88	18,083	208,7981671	\$ 1.081,57	208,80	\$ 52,14
667,031652	277,44	15,522	171,057744	\$ 886,08	171,06	\$ 42,14
407,610224	100,09	5,967	59,791564	\$ 309,72	59,79	\$ 15,70
283,616508	61,69	5,285	33,64704	\$ 174,29	33,65	\$ 12,69
430,154536	92,84	5,245	50,314047	\$ 260,63	50,31	\$ 12,52

252,91546	53,13	5,105	28,1295	\$ 145,71	28,13	\$ 11,90
676,55189	659,81	44,859	538,6571253	\$ 2.790,24	538,66	\$ 161,26
803,07031	1197,61	68,595	1053,801455	\$ 5.458,69	1053,80	\$ 265,77
832,448316	1775,22	98,090	1626,146514	\$ 8.423,44	1626,15	\$ 395,65
568,796795	1198,48	96,917	1096,620051	\$ 5.680,49	1096,62	\$ 390,48
246,925357	518,47	96,580	474,2534814	\$ 2.456,63	474,25	\$ 389,00
814,006648	1674,43	94,617	1528,663397	\$ 7.918,48	1528,66	\$ 380,35
739,489443	1303,14	81,057	1170,721632	\$ 6.064,34	1170,72	\$ 320,65
905,464455	1036,73	52,665	874,589535	\$ 4.530,37	874,59	\$ 195,63
1023,619793	914,57	41,097	731,2691723	\$ 3.787,97	731,27	\$ 144,69
1175,227459	1233,58	48,281	1023,132221	\$ 5.299,82	1023,13	\$ 176,32
584,7430925	560,02	41,351	401,3302818	\$ 2.078,89	401,33	\$ 130,48
754,831875	597,31	34,166	406,2515875	\$ 2.104,38	406,25	\$ 102,32
585,749535	452,33	33,342	305,3557575	\$ 1.581,74	305,36	\$ 99,11
443,8411425	271,09	26,371	168,4577591	\$ 872,61	168,46	\$ 72,16
968,7009063	617,39	27,518	390,1184627	\$ 2.020,81	390,12	\$ 76,56

Anexo 10. Análisis del presupuesto proyecto Santa Rosa (parte 4)

DESDE	HASTA	TRAMO	COTA TERRENO INICIAL	COTA PROYECTO INICIAL	COTA TERRENO FINAL	COTA PROYECTO FINAL	CORTE +SOBRE EXCAVACIÓN	LONGITUD
P01	P#1-A	1	14,44	13,04	14,55	12,94	1,4	50
P#1-A	P#2	2	14,55	12,94	13,63	12,23	1,61	58,947
P#2	P#3	3	13,63	12,23	13,36	11,96	1,4	10,03
P#3	P#4	4	13,36	11,96	13,61	11,82	1,4	68,653
P#4	P#5	5	13,61	11,82	13,89	11,67	1,79	73,171
P#6	P#7	6	13,68	12,28	14,05	12,14	1,4	70,198
P#7	P#8	7	14,05	12,14	13,98	12,1	1,91	21,135
P#8	P#5	8	13,98	12,1	13,89	11,67	1,88	15,539
P#5	P#9	10	13,89	11,67	13,78	9,87	2,22	78,448
P#25	P#14	22	11,65	10,25	13,66	9,993	1,4	77,2
P#19	P#20	13	12,13	10,73	13,3	10,57	1,4	81,795
P#20	P#21	14	13,3	10,57	11,9	10,39	2,73	89,177
P#21	P#22	15	11,9	10,39	12,58	10,31	1,51	38,367
P#22	P#23	16	12,58	10,31	12,72	10,28	2,27	14,763
P#23	P#18	17	12,72	10,28	13,37	10,21	2,44	32,782
P#18	P#15	18	13,37	10,21	13,52	10,11	3,16	49,031
P#16	P#17	19	13,18	11,78	13,48	11,68	1,4	50,743
P#17	P#15	27	13,48	11,68	13,52	10,11	1,8	27,564
P#15	P#14	21	13,52	10,11	13,66	9,93	3,41	88,108
P#14	P#9	23	13,66	9,993	13,78	9,87	3,667	31,516
P#9	P#26	24	13,78	9,87	13,9	9,82	3,91	25,718
P#26	P#12B	25	13,9	9,82	13,43	9,71	4,08	67,24

P#12B	P#13	26	13,43	9,71	13,46	9,69	3,72	11,225
P#13	P#27	27	13,46	9,69	13,33	9,61	3,77	38,075
P#27	P#28	28	13,33	9,61	12,9	9,56	3,72	24,549
P#28	P#29	29	12,9	9,56	10,81	9,41	3,34	24,409

Anexo 11. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 1)

TUBERIA	PRECIO POR DIÁMETRO/ML	RUBRO PRECIO METRO LINEAL	ANCHO DE ZANJA	ALTURA DE EXCAVACIÓN	TALUD	ANCHO SUPERIO	PRECIOS DE POZO DE REVISIÓN	AREA PENDIENTE
200	\$ 21,34	\$ 1.067,00	0,7	1,71	NO	0,70	805,72	0,100
200	\$ 21,34	\$ 1.257,93	0,7	1,71	NO	0,70	805,72	0,118
200	\$ 21,34	\$ 214,04	0,7	1,60	NO	0,70	805,72	0,020
200	\$ 21,34	\$ 1.465,06	0,7	1,80	NO	0,70	805,72	0,137
200	\$ 21,34	\$ 1.561,47	2,4	2,21	SI	3,87	1099,98	0,146
200	\$ 21,34	\$ 1.498,03	0,7	1,86	NO	0,70	805,72	0,140
200	\$ 21,34	\$ 451,02	2,4	2,10	SI	3,80	1099,98	0,042
200	\$ 21,34	\$ 331,60	2,4	2,25	SI	3,90	1099,98	0,031
200	\$ 21,34	\$ 1.674,08	2,4	3,27	SI	4,58	1099,98	0,157
200	\$ 21,34	\$ 1.647,45	2,4	2,73	SI	4,22	1099,98	0,154
200	\$ 21,34	\$ 1.745,51	2,4	2,27	SI	3,91	1099,98	0,164
200	\$ 21,34	\$ 1.903,04	2,4	2,32	SI	3,95	1099,98	0,178
200	\$ 21,34	\$ 818,75	2,4	2,09	SI	3,79	1099,98	0,077
200	\$ 21,34	\$ 315,04	2,4	2,56	SI	4,10	1099,98	0,030
200	\$ 21,34	\$ 699,57	2,4	3,00	SI	4,40	1099,98	0,066
200	\$ 21,34	\$ 1.046,32	2,4	3,49	SI	4,72	1099,98	0,098
200	\$ 21,34	\$ 1.082,86	0,7	1,80	NO	0,70	805,72	0,101
200	\$ 21,34	\$ 588,22	2,4	2,81	SI	4,27	1099,98	0,055
200	\$ 21,34	\$ 1.880,22	2,4	3,77	SI	4,91	1099,98	0,176
200	\$ 21,34	\$ 672,55	2,4	3,99	SI	5,06	1099,98	0,063
200	\$ 21,34	\$ 548,82	2,4	4,20	SI	5,20	2011,14	0,051
200	\$ 21,34	\$ 1.434,90	2,4	4,10	SI	5,13	2011,14	0,134
200	\$ 21,34	\$ 239,54	2,4	3,95	SI	5,03	1099,98	0,022

200	\$ 21,34	\$ 812,52	2,4	3,95	SI	5,03	1099,98	0,076
200	\$ 21,34	\$ 523,88	2,4	3,73	SI	4,89	1099,98	0,049
200	\$ 21,34	\$ 520,89	2,4	2,57	SI	4,11	1099,98	0,049

Anexo 12. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 2)

VOLÚMEN PENDIENTE	VOLÚMEN DE EXCAVACIÓN DE PENDIENTE	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN	PRECIO DE EXCAVACIÓN M3	DESALOJO	PRECIO DE DESALOJO M3	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE SITIO M3	RELLENO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO M3
50,000	1,750	61,4250035	3,4	61,4	3,980340227	31,675	3,71	31,675	11,6
58,947	2,432	72,78557353	3,4	72,8	4,000632063	37,3429245	3,71	37,3429245	11,6
10,030	0,070	11,30402077	3,1	11,3	3,651548085	5,6168	3,28	5,6168	10,3
68,653	3,299	89,56176518	3,6	89,6	4,226765315	47,8168145	4,08	47,8168145	12,8
73,171	12,850	518,6569567	23,5	518,7	22,96604583	248,617375	19,91	248,617375	62,5
70,198	3,449	94,60154134	3,7	94,6	4,366349382	51,841223	4,33	51,841223	13,6
21,135	1,072	138,259515	21,7	138,3	21,19521309	65,18579988	18,07	65,18579988	56,7
15,539	0,580	110,7121689	23,7	110,7	23,08433151	54,82677167	20,68	54,82677167	64,9
78,448	14,770	908,2461474	38,4	908,2	37,51169587	535,9691569	40,04	535,9691569	125,6
77,200	14,304	713,0465638	30,7	713,0	29,92578843	387,2711559	29,40	387,2711559	92,2
81,795	16,057	600,5702496	24,4	600,6	23,78932219	292,1846909	20,93	292,1846909	65,7
89,177	19,086	675,619092	25,2	675,6	24,54675374	332,9988083	21,88	332,9988083	68,6
38,367	3,533	251,845374	21,8	251,8	21,26773039	117,7943634	17,99	117,7943634	56,4
14,763	0,523	123,1741989	27,7	123,2	27,03274432	65,67947978	26,07	65,67947978	81,8
32,782	2,579	336,955588	34,1	337,0	33,30291334	193,5230733	34,59	193,5230733	108,5
49,031	5,770	614,362498	41,6	614,4	40,59746882	374,5392286	44,76	374,5392286	140,4
50,743	1,802	65,73858004	3,6	65,7	4,197485354	35,5201	4,10	35,5201	12,9
27,564	1,823	259,6757232	31,3	259,7	30,52348509	144,7043387	30,76	144,7043387	96,5
88,108	18,631	1233,255866	46,5	1233,3	45,35058118	769,3414344	51,17	769,3414344	160,5
31,516	2,384	471,187815	49,6	471,2	48,44042774	302,7559038	56,29	302,7559038	176,6
25,718	1,587	411,3782267	53,1	411,4	51,82617057	269,0683598	61,31	269,0683598	192,3
67,240	10,851	1049,260677	51,8	1049,3	50,55925929	676,7706	58,98	676,7706	185,0

11,225	0,302	164,812354	48,7	164,8	47,57167277	105,8490373	55,26	105,8490373	173,3
38,075	3,479	561,4941261	49,0	561,5	47,78045879	359,0380485	55,26	359,0380485	173,3
24,549	1,446	335,0582798	45,3	335,1	44,22130541	210,5109482	50,25	210,5109482	157,6
24,409	1,430	205,7243012	28,0	205,7	27,30741676	109,7379822	26,35	109,7379822	82,6

Anexo 13. Presupuesto red principal del sistema de aguas servidas San José (parte 3)

TRAMO	LONGITUD	TUBERIA	PRECIO POR DIÁMETRO/ML	RUBRO ML	ANCHO DE ZANJA	ALTURA DE EXCAVACIÓN	PRECIOS DE POZO DE REVISIÓN
1	36	250	\$ 28,50	\$ 1.026,00	1,2	1,8	805,72
2	71,3	250	\$ 28,50	\$ 2.032,05	1,2	1,8	805,72
3	37,5	250	\$ 28,50	\$ 1.068,75	1,2	1,8	805,72
4	79,53	250	\$ 28,50	\$ 2.266,61	1,2	1,8	805,72
6	54,59	200	\$ 21,34	\$ 1.164,95	1,2	1,8	805,72
7	79,21	250	\$ 28,50	\$ 2.257,49	1,2	1,8	805,72
8	44,53	200	\$ 21,34	\$ 950,27	1,2	2	1099,15
9	71,1	200	\$ 21,34	\$ 1.517,27	1,2	2	1099,15
10	97,49	200	\$ 21,34	\$ 2.080,44	1,2	2	1099,15
11	23,99	200	\$ 21,34	\$ 511,95	1,2	1,8	805,72
12	65,35	200	\$ 21,34	\$ 1.394,57	1,2	1,8	805,72
13	85,1	250	\$ 28,50	\$ 2.425,35	1,2	1,8	805,72
14	53,15	200	\$ 21,34	\$ 1.134,22	1,2	1,8	805,72
15	8,6	200	\$ 21,34	\$ 183,52	1,2	1,8	805,72
16	37,37	200	\$ 21,34	\$ 797,48	1,2	1,8	805,72
17	86,28	200	\$ 21,34	\$ 1.841,22	1,2	1,8	
18	42,13	200	\$ 21,34	\$ 899,05	1,2	1,8	805,72
19	60	200	\$ 21,34	\$ 1.280,40	1,2	1,8	805,72
20	58,5	200	\$ 21,34	\$ 1.248,39	1,3	2,1	1099,15
21	69,4	200	\$ 21,34	\$ 1.481,00	1,2	1,8	805,72
22	14,83	200	\$ 21,34	\$ 316,47	1,2	1,8	
23	54,5	200	\$ 21,34	\$ 1.163,03	1,3	2,1	
24	65	200	\$ 21,34	\$ 1.387,10	1,3	2,1	1099,15
25	66,33	200	\$ 21,34	\$ 1.415,48	1,2	1,8	805,72
26	19	200	\$ 21,34	\$ 405,46	1,2	1,8	805,72
27	71,7	200	\$ 21,34	\$ 1.530,08	1,2	1,8	805,72
28	74	200	\$ 21,34	\$ 1.579,16	1,2	1,8	805,72
29	75	200	\$ 21,34	\$ 1.600,50	1,2	1,8	805,72

31	34,67	200	\$ 21,34	\$ 739,86	1,2	1,8	805,72
32	7,88	200	\$ 21,34	\$ 168,16	1,2	1,8	805,72
33	19,4	200	\$ 21,34	\$ 414,00	1,2	1,8	805,72
34	9,14	200	\$ 21,34	\$ 195,05	1,2	1,8	805,72
35	88,87	250	\$ 28,50	\$ 2.532,80	1,2	1,8	805,72
36	87,35	250	\$ 28,50	\$ 2.489,48	1,2	1,8	805,72
37	21,11	250	\$ 28,50	\$ 601,64	1,2	1,8	805,72
38	47,13	250	\$ 28,50	\$ 1.343,21	1,2	1,8	805,72
39	43,63	250	\$ 28,50	\$ 1.243,46	1,2	1,8	805,72
40	34,8	250	\$ 28,50	\$ 991,80	1,2	1,8	805,72
41	60	250	\$ 28,50	\$ 1.710,00	1,2	1,8	805,72
42	58,4	250	\$ 28,50	\$ 1.664,40	1,2	1,8	805,72
43	50	250	\$ 28,50	\$ 1.425,00	1,2	1,8	805,72
44	19,71	250	\$ 28,50	\$ 561,74	1,2	1,8	805,72
45	37,26	200	\$ 21,34	\$ 795,13	1,2	1,8	805,72
46	71,55	200	\$ 21,34	\$ 1.526,88	1,2	1,8	805,72
47	53,77	200	\$ 21,34	\$ 1.147,45	1,2	1,8	805,72
48	63,87	200	\$ 21,34	\$ 1.362,99	1,2	1,8	805,72
49	56,58	200	\$ 21,34	\$ 1.207,42	1,2	1,8	805,72
50	73,52	250	\$ 28,50	\$ 2.095,32	1,2	1,8	805,72
53	60	250	\$ 28,50	\$ 1.710,00	1,2	1,8	805,72
55	60,5	250	\$ 28,50	\$ 1.724,25	1,2	2	1099,15
58	67,58	200	\$ 21,34	\$ 1.442,16	1,2	2,3	1099,15
57	48,95	200	\$ 21,34	\$ 1.044,59	1,2	1,8	
56	74,66	200	\$ 21,34	\$ 1.593,24	1,2	1,8	805,72
61	44,53	200	\$ 21,34	\$ 950,27	1,2	1,8	805,72
62	81,32	200	\$ 21,34	\$ 1.735,37	1,2	1,8	805,72
63	58,76	250	\$ 28,50	\$ 1.674,66	1,2	1,8	805,72
64	60	250	\$ 28,50	\$ 1.710,00	1,2	1,8	805,72
65	50,18	250	\$ 28,50	\$ 1.430,13	1,2	1,8	805,72

66	47,01	250	\$ 28,50	\$ 1.339,79	1,2	1,8	805,72
67	49,21	250	\$ 28,50	\$ 1.402,49	1,2	1,8	805,72
68	76,57	250	\$ 28,50	\$ 2.182,25	1,2	1,8	805,72
69	74,16	250	\$ 28,50	\$ 2.113,56	1,2	1,8	805,72
71	25	250	\$ 28,50	\$ 712,50	1,2	1,8	
72	80	250	\$ 28,50	\$ 2.280,00	1,2	1,8	
70	93	250	\$ 28,50	\$ 2.650,50	1,2	1,8	805,72
A	59,25	200	\$ 21,34	\$ 1.264,40	1,2	1,5	805,72
B	68,63	200	\$ 21,34	\$ 1.464,56	1,2	1,8	805,72
C	65,86	200	\$ 21,34	\$ 1.405,45	1,2	1,8	805,72
D	45,26	200	\$ 21,34	\$ 965,85	1,2	1,8	805,72
	3830,55			\$ 93.970,00			\$ 52.814,37

Anexo 14. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 1)

VOLUMEN DE EXCAVACIÓN	PRECIO DE EXCAVACIÓN M3	RASANTEO DE ZANJA (M2)	PRECIO RASANTEO M2	ENCAMADO DE FONDO DE ZANJA CON MATERIAL GRANULAR	PRECIO ENCAMADO M3	RELLENO ACOSTILLADO MATERIAL GRANULAR (GRAVA <3/4")	PRECIO DE RELLENO GRAVA 3/4	RELLENO COMPACTADO
77,76	216,1728	43,2	72,576	4,32	115,56	13,356	350,99568	54
154,01	428,14224	85,56	143,7408	8,556	228,873	26,4523	695,166444	106,95
81,00	225,18	45,00	75,6	4,5	120,375	13,9125	365,6205	56,25
171,78	477,561744	95,44	160,33248	9,5436	255,2913	29,50563	775,4079564	119,30
117,9144	327,802032	65,508	110,05344	6,5508	175,2339	20,25289	532,2459492	85,1604
171,09	475,640208	95,05	159,68736	9,5052	254,2641	29,38691	772,2879948	118,82
106,872	356,95248	53,436	89,77248	5,3436	142,9413	13,84883	363,9472524	80,154
170,64	569,9376	85,32	143,3376	8,532	228,231	22,1121	581,105988	127,98
233,976	781,47984	116,988	196,53984	11,6988	312,9429	30,31939	796,7935692	175,482
51,8184	144,055152	28,788	48,36384	2,8788	77,0079	7,46089	196,0721892	35,985
141,156	392,41368	78,42	131,7456	7,842	209,7735	20,32385	534,110778	98,025
183,82	511,00848	102,12	171,5616	10,212	273,171	31,5721	829,714788	127,65
114,804	319,15512	63,78	107,1504	6,378	170,6115	16,52965	434,399202	79,725
18,576	51,64128	10,32	17,3376	1,032	27,606	2,6746	70,288488	12,9
80,7192	224,399376	44,844	75,33792	4,4844	119,9577	11,62207	305,4279996	56,055
186,3648	518,094144	103,536	173,94048	10,3536	276,9588	26,83308	705,1733424	129,42
91,0008	252,982224	50,556	84,93408	5,0556	135,2373	13,10243	344,3318604	63,195
129,6	360,288	72	120,96	7,2	192,6	18,66	490,3848	90
159,705	533,4147	76,05	127,764	7,605	203,43375	19,9485	524,24658	117,8775
149,904	416,73312	83,28	139,9104	8,328	222,774	21,5834	567,211752	104,1
32,0328	89,051184	17,796	29,89728	1,7796	47,6043	4,61213	121,2067764	22,245
148,785	496,9419	70,85	119,028	7,085	189,52375	18,5845	488,40066	109,8175
177,45	592,683	84,5	141,96	8,45	226,0375	22,165	582,4962	130,975
143,2728	398,298384	79,596	133,72128	7,9596	212,9193	20,62863	542,1203964	99,495

41,04	114,0912	22,8	38,304	2,28	60,99	5,909	155,28852	28,5
154,872	430,54416	86,04	144,5472	8,604	230,157	22,2987	586,009836	107,55
159,84	444,3552	88,8	149,184	8,88	237,54	23,014	604,80792	111
162	450,36	90	151,2	9	240,75	23,325	612,981	112,5
74,8872	208,186416	41,604	69,89472	4,1604	111,2907	10,78237	283,3606836	52,005
17,0208	47,317824	9,456	15,88608	0,9456	25,2948	2,45068	64,4038704	11,82
41,904	116,49312	23,28	39,1104	2,328	62,274	6,0334	158,557752	29,1
19,7424	54,883872	10,968	18,42624	1,0968	29,3394	2,84254	74,7019512	13,71
191,96	533,646576	106,64	179,16192	10,6644	285,2727	32,97077	866,4718356	133,31
188,68	524,51928	104,82	176,0976	10,482	280,3935	32,40685	851,652018	131,03
45,60	126,761328	25,33	42,55776	2,5332	67,7631	7,83181	205,8199668	31,67
101,80	283,006224	56,56	95,01408	5,6556	151,2873	17,48523	459,5118444	70,70
94,24	261,989424	52,36	87,95808	5,2356	140,0523	16,18673	425,3872644	65,45
75,17	208,96704	41,76	70,1568	4,176	111,708	12,9108	339,295824	52,20
129,60	360,288	72,00	120,96	7,2	192,6	22,26	584,9928	90,00
126,14	350,68032	70,08	117,7344	7,008	187,464	21,6664	569,392992	87,60
108,00	300,24	60,00	100,8	6	160,5	18,55	487,494	75,00
42,57	118,354608	23,65	39,73536	2,3652	63,2691	7,31241	192,1701348	29,57
80,4816	223,738848	44,712	75,11616	4,4712	119,6046	22,76586	598,2868008	55,89
154,55	429,64344	85,86	144,2448	8,586	229,6755	43,72	1148,884074	107,33
116,14	322,878096	64,52	108,40032	6,4524	172,6017	32,85	863,3891916	80,66
137,96	383,526576	76,64	128,76192	7,6644	205,0227	39,02	1025,5657	95,81
122,21	339,751584	67,90	114,06528	6,7896	181,6218	34,57	908,5095864	84,87
158,80	441,472896	88,22	148,21632	8,8224	235,9992	44,92	1180,516522	110,28
129,60	360,288	72,00	120,96	7,2	192,6	18,66	490,3848	90,00
145,20	484,968	72,60	121,968	7,26	194,205	18,8155	494,47134	105,27
186,52	622,979472	81,10	136,24128	8,1096	216,9318	41,29	1085,137466	141,92
105,73	293,93496	58,74	98,6832	5,874	157,1295	29,91	785,994066	73,43

161,27	448,318368	89,59	150,51456	8,9592	239,6586	45,62	1198,821593	111,99
96,18	267,393744	53,44	89,77248	5,3436	142,9413	27,21	715,0217724	66,80
175,65	488,310336	97,58	163,94112	9,7584	261,0372	49,69	1305,761746	121,98
126,92	352,842048	70,51	118,46016	7,0512	188,6196	18,27436	480,2501808	88,14
129,60	360,288	72,00	120,96	7,2	192,6	18,66	490,3848	90,00
108,39	301,320864	60,22	101,16288	6,0216	161,0778	15,60598	410,1251544	75,27
101,54	282,285648	56,41	94,77216	5,6412	150,9021	14,62011	384,2164908	70,52
106,29	295,496208	59,05	99,20736	5,9052	157,9641	15,30431	402,1972668	73,82
165,39	459,787536	91,88	154,36512	9,1884	245,7897	23,81327	625,8127356	114,86
160,19	445,315968	88,99	149,50656	8,8992	238,0536	23,06376	606,1156128	111,24
54,00	150,12	30,00	50,4	3	80,25	7,775	204,327	37,50
172,80	480,384	96,00	161,28	9,6	256,8	24,88	653,8464	120,00
200,88	558,4464	111,60	187,488	11,16	298,53	28,923	760,09644	139,50
106,65	296,487	71,10	119,448	7,11	190,1925	36,20	951,38199	67,55
148,24	412,109424	82,36	138,35808	8,2356	220,3023	41,93	1101,9974	102,95
142,26	395,476128	79,03	132,77376	7,9032	211,4106	40,24	1057,519289	98,79
97,76	271,777248	54,31	91,24416	5,4312	145,2846	27,65	726,7434408	67,89

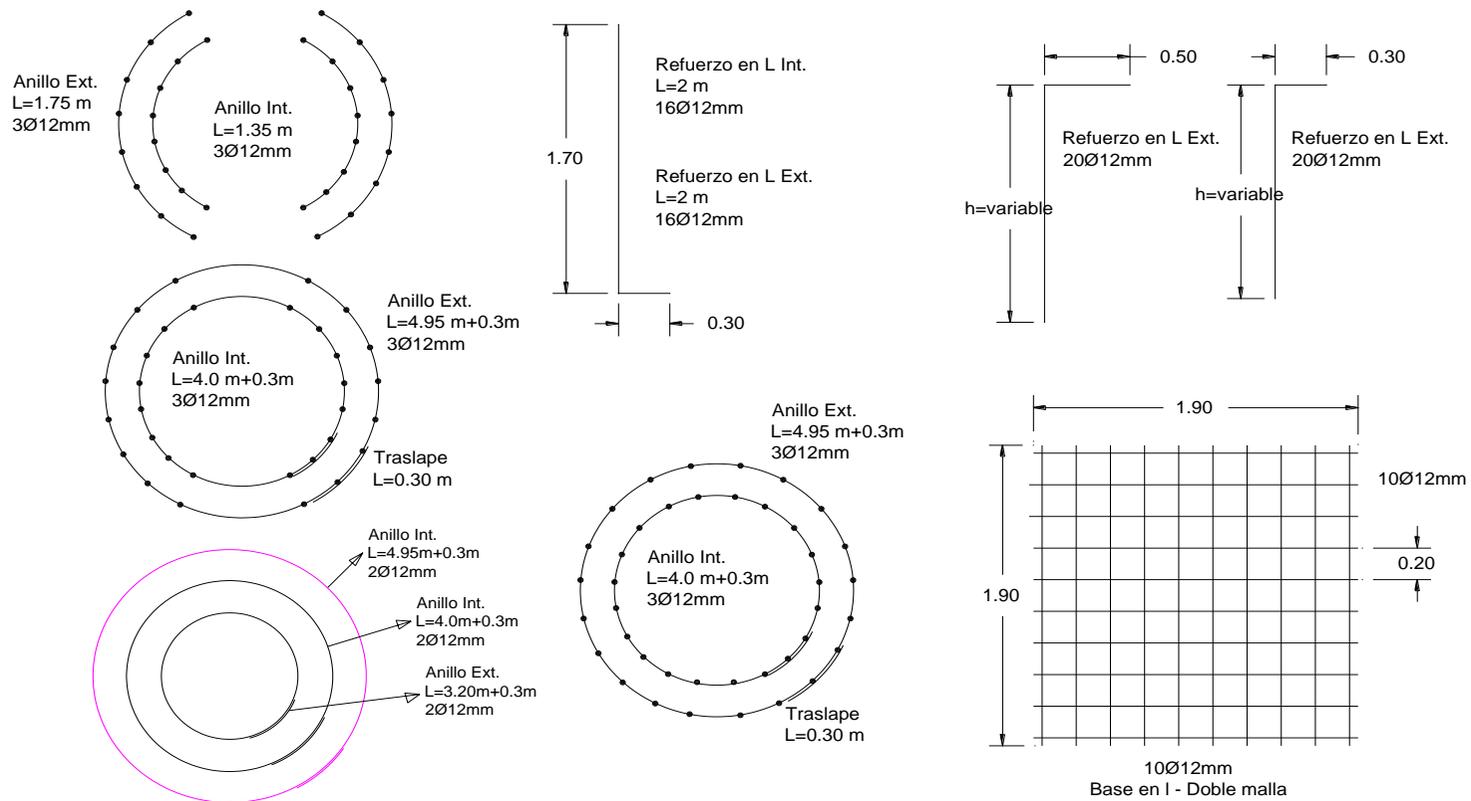
Anexo 15. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 2)

DESALOJO	PRECIO DE DESALOJO M3	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE SITIO M3	RELLENO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	PRECIO CON RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO M3
23,76	76,9824	32,4	316,44	25,92	377,3952
47,058	152,46792	64,17	626,727	51,336	747,45216
24,75	80,19	33,75	329,625	27	393,12
52,4898	170,066952	71,577	699,0687	57,2616	833,728896
32,754	106,12296	51,09624	499,039944	40,87699	595,1690035
52,2786	169,382664	71,289	696,2559	57,0312	830,374272
26,718	86,56632	48,0924	469,70244	38,47392	560,1802752
42,66	138,2184	76,788	749,9628	61,4304	894,426624
58,494	189,52056	105,2892	1028,32452	84,23136	1226,408602
15,8334	51,300216	21,591	210,8721	17,2728	251,491968
43,131	139,74444	58,815	574,4265	47,052	685,07712
56,166	181,97784	76,59	748,029	61,272	892,12032
35,079	113,65596	47,835	467,1885	38,268	557,18208
5,676	18,39024	7,74	75,594	6,192	90,15552
24,6642	79,912008	33,633	328,4823	26,9064	391,757184
56,9448	184,501152	77,652	758,4012	62,1216	904,490496
27,8058	90,090792	37,917	370,3227	30,3336	441,657216
39,6	128,304	54	527,4	43,2	628,992
41,8275	135,5211	70,7265	690,76215	56,5812	823,822272
45,804	148,40496	62,46	610,026	49,968	727,53408
9,7878	31,712472	13,347	130,3557	10,6776	155,465856
38,9675	126,2547	65,8905	643,53055	52,7124	767,492544
46,475	150,579	78,585	767,5135	62,868	915,35808
43,7778	141,840072	59,697	583,0407	47,7576	695,350656

12,54	40,6296	17,1	167,01	13,68	199,1808
47,322	153,32328	64,53	630,243	51,624	751,64544
48,84	158,2416	66,6	650,46	53,28	775,7568
49,5	160,38	67,5	659,25	54	786,24
22,8822	74,138328	31,203	304,7493	24,9624	363,452544
5,2008	16,850592	7,092	69,2652	5,6736	82,607616
12,804	41,48496	17,46	170,526	13,968	203,37408
6,0324	19,544976	8,226	80,3406	6,5808	95,816448
58,6542	190,039608	79,983	781,1673	63,9864	931,641984
57,651	186,78924	78,615	767,8065	62,892	915,70752
13,9326	45,141624	18,999	185,5569	15,1992	221,300352
31,1058	100,782792	42,417	414,2727	33,9336	494,073216
28,7958	93,298392	39,267	383,5077	31,4136	457,382016
22,968	74,41632	31,32	305,892	25,056	364,81536
39,6	128,304	54	527,4	43,2	628,992
38,544	124,88256	52,56	513,336	42,048	612,21888
33	106,92	45	439,5	36	524,16
13,0086	42,147864	17,739	173,2509	14,1912	206,623872
24,5916	79,676784	33,534	327,5154	26,8272	390,604032
47,223	153,00252	64,395	628,9245	51,516	750,07296
35,4882	114,981768	48,393	472,6383	38,7144	563,681664
42,1542	136,579608	57,483	561,4173	45,9864	669,561984
37,3428	120,990672	50,922	497,3382	40,7376	593,139456
48,5232	157,215168	66,168	646,2408	52,9344	770,724864
39,6	128,304	54	527,4	43,2	628,992
39,93	129,3732	63,162	616,8822	50,5296	735,710976
44,6028	144,513072	85,1508	831,63948	68,12064	991,8365184
32,307	104,67468	44,055	430,2705	35,244	513,15264

49,2756	159,652944	67,194	656,2614	53,7552	782,675712
29,3898	95,222952	40,077	391,4187	32,0616	466,816896
53,6712	173,894688	73,188	714,8028	58,5504	852,493824
38,7816	125,652384	52,884	516,5004	42,3072	615,992832
39,6	128,304	54	527,4	43,2	628,992
33,1188	107,304912	45,162	441,0822	36,1296	526,046976
31,0266	100,526184	42,309	413,2179	33,8472	492,815232
32,4786	105,230664	44,289	432,5559	35,4312	515,878272
50,5362	163,737288	68,913	673,0503	55,1304	802,698624
48,9456	158,583744	66,744	651,8664	53,3952	777,434112
16,5	53,46	22,5	219,75	18	262,08
52,8	171,072	72	703,2	57,6	838,656
61,38	198,8712	83,7	817,47	66,96	974,9376
39,105	126,7002	40,527	395,8137	32,4216	472,058496
45,2958	146,758392	61,767	603,2577	49,4136	719,462016
43,4676	140,835024	59,274	578,9094	47,4192	690,423552
29,8716	96,783984	40,734	397,8354	32,5872	474,469632
2521,89	\$ 8.170,92	3563,07	\$ 34.799,28	2850,45	\$ 41.502,60

Anexo 16. Presupuesto red principal del alcantarillado La Avanzada (parte 3)



Anexo 17. Acero de refuerzo en barras $f_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ (Para cámaras)

P04 h = 4,00 m								
DESCRIPCION	TIPO	Ø	LC	# ELEM.	LONGITUD TOTAL	MASA/M	PESO	U.
Anillo int tapa 1 (doble malla)	O	12	3,50	2	7,00	0,888	6,22	Kg
Refuerzo ext 1	L	12	2,00	20	40,00	0,888	35,52	Kg
Refuerzo int 1	L	12	2,00	20	40,00	0,888	35,52	Kg
Refuerzo ext 2	L	12	3,50	20	70,00	0,888	62,16	Kg
Refuerzo int 2	L	12	3,30	20	66,00	0,888	58,61	Kg
Anillo ext (completo)	O	12	6,55	21	137,55	0,888	122,14	Kg
Anillo int (completo)	O	12	6,05	21	127,05	0,888	112,82	Kg
Refuerzo base x (doble malla)	I	12	1,90	4	7,60	0,888	6,75	Kg
Refuerzo base y (doble malla)	I	12	1,90	4	7,60	0,888	6,75	Kg
Separadores (anillos)	[	12	0,30	40	12,00	0,888	10,66	Kg
Separadores (base)	[	12	0,35	20	7,00	0,888	6,22	Kg
TOTAL							463,36	Kg

Anexo 18. Detalle de acero de refuerzo para pozos de revisión a una profundidad comprendida entre 2 a 4 m

P03 h = 6,00 m								
DESCRIPCION	TIPO	Ø	LC	# ELEM.	LONGITUD TOTAL	MASA/M	PESO	U.
ANILLO INT TAPA 1 (Doble malla)	O	12	3,50	2	7,00	0,888	6,22	Kg
Refuerzo ext 1	L	12	2,00	16	32,00	0,888	28,42	Kg
Refuerzo int 1	L	12	2,00	16	32,00	0,888	28,42	Kg
Refuerzo ext 2	L	12	5,50	20	110,00	0,888	97,68	Kg
Refuerzo int 2	L	12	5,30	20	106,00	0,888	94,13	Kg
Anillo ext	C	12	1,75	4	7,00	0,888	6,22	Kg
Anillo int	C	12	1,35	4	5,40	0,888	4,80	Kg
Anillo ext (completo)	O	12	6,55	29	189,95	0,888	168,68	Kg
Anillo int (completo)	O	12	6,05	29	175,45	0,888	155,80	Kg
REFUERZO BASE X (Doble malla)	I	12	1,90	20	38,00	0,888	33,74	Kg
REFUERZO BASE Y (Doble malla)	I	12	1,90	20	38,00	0,888	33,74	Kg
Separadores (anillos)	[	12	0,30	40	12,00	0,888	10,66	Kg
Separadores (base)	[	12	0,35	20	7,00	0,888	6,22	Kg
TOTAL							674,70	Kg

Anexo 19. Detalle de acero de refuerzo para pozos de revisión a una profundidad comprendida entre 4 a 6 m