

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO DE DIÁMETRO PEQUEÑO CON
PENDIENTE VARIABLE COMO ALTERNATIVA DE MENOR
COSTO”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

ELABORADO POR:

POOL EDUARD ASTETE MEZA

ASESOR:

Ing. SABINO P. BASUALDO MONTES

TOMO I DE II

Lima- Perú

2020

© 2020, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. Todos los Derechos Reservados

“El autor autoriza a la UNI reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos”

Astete Meza, Pool Eduard

Correo: pastetem@uni.edu.pe

+51994337748

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia por su constante apoyo en lograr que sea una persona de bien y un gran profesional.

A mi tía Ketty, por ser una persona con un gran corazón que, seguramente, le está haciendo compañía a Dios.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Dios por haberme brindado una gran familia (abuelos, padres, tíos, primos y hermano), quienes hicieron hasta lo imposible por brindarme la mejor educación.

Asimismo, agradezco inmensamente a la empresa de Construcción e Ingeniería Abengoa, ya que, sin las oportunidades que me brindaron, hubiese sido imposible culminar con la presente investigación.

Un agradecimiento especial al Ing. Sabino P. Basualdo Montes por su disponibilidad de tiempo para el desarrollo y revisión de esta investigación.

RESUMEN

El agua potable y el saneamiento han pasado a ser calificados internacionalmente, por efecto de la declaración realizada el año 2010 por las Naciones Unidas, como Derechos Humanos, es decir que corresponde a cada Estado (y en su nombre a cada gobierno) garantizar el acceso a ellos a todos los habitantes de su jurisdicción.

Actualmente, los sistemas de alcantarillado para poblaciones urbanas y periurbanas usados en el Perú son diseñados utilizando el Sistema Convencional y el Sistema Condominial, por lo que representa para el Estado Peruano una alta inversión per cápita promover la construcción de estos sistemas en las zonas rurales y urbano marginales del Perú.

A su vez, los parámetros de diseño se basan en recomendaciones técnicas y especificaciones estipuladas en las normas básicas y códigos técnicos para calcular el caudal de diseño de los sistemas de alcantarillado. Si bien es cierto, estos planteamientos, el caudal de diseño es considerado una variable determinista, han resultado adecuados para evitar que las redes fallen por exigir al sistema más allá de su capacidad hidráulica, sin embargo, no se puede aseverar que estos hayan sido diseñados de una manera adecuada, ya que, podrían estar sobre o sub dimensionados al no tener registros estadísticos que confirmen o nieguen esta aseveración.

Por tanto, la presente investigación toma como referencia el Sistema de Desagüe Sanitario diseñado para el anexo San Francisco de Quilmaná - Cañete, con una población de 241 habitantes. Se propone un sistema integrado de alcantarillado de menor costo, donde el caudal de diseño sea calculado sobre la base de un modelo estocástico, utilizando una serie de procesos aleatorios y empleando técnicas estadísticas, donde se genere series sintéticas de consumo mediante la identificación de las funciones de distribución de probabilidad que mejor reproduzcan en el tiempo el consumo. Estas series sintéticas se convierten posteriormente en series de descargas a la red de saneamiento de los aparatos domésticos, logrando de esta manera obtener una función de distribución de probabilidad que reproduzca fidedignamente los caudales circulantes por las

tuberías de desagüe. Una vez obtenido el caudal de diseño de los colectores, se procede a diseñar el tanque séptico, red de alcantarillado de diámetro pequeño y la zanja de infiltración como condición básica para que el terreno absorba la disposición del efluente.

La presente investigación está dividida en seis capítulos, los que se describen a continuación:

En el Capítulo I, Introducción, se pone énfasis al comportamiento de la economía peruana, situación demográfica del Perú y al contexto actual del saneamiento en el Perú.

En el Capítulo II, Fundamento teórico, se pone énfasis a la teoría existente sobre Sistemas de alcantarillado aplicable al medio rural y urbano marginal, selección de muestras estadísticas, procesos estocásticos, tanques sépticos, hidráulica de tuberías, y el uso del software analítico Trace Wizard y software estadístico Easyfit.

En el Capítulo III, Propuesta de la investigación, pone énfasis en los componentes del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos, componentes del sistema de zanjas de infiltración para la disposición final del efluente, y diseño del sistema de alcantarillado integrado propuesto.

En el Capítulo IV, Aplicación del modelo y Comparación con el sistema convencional, se diseña el sistema de alcantarillado integrado propuesto para el Anexo San Francisco de Quilmaná – Cañete.

En el Capítulo V, Análisis y discusión de resultados, se realiza la estimación de costos y tiempo del sistema de alcantarillado propuesto y del sistema de alcantarillado convencional, posteriormente se compara y discute los resultados obtenidos.

En el Capítulo VI, Validación de la aplicación, basada en una encuesta a expertos para validar la aplicación del sistema de alcantarillado propuesto.

Finalmente, en Conclusiones y Recomendaciones, bajo el uso del Sistema de Alcantarillado Propuesto, el estado peruano tendrá una alternativa para reducir la brecha existente en el saneamiento en zonas rurales y urbano marginales, ya que, el sistema convencional cuesta, como costo directo, 85.97% más que el sistema propuesto.

ABSTRACT

Drinking water and basic sanitation have become internationally qualified, as a result of the declaration made in 2010 by the United Nations, as Human Rights. This means that it is up to each State (and in its name to each government) to guarantee access to them all the inhabitants of their jurisdiction.

Currently, the sewage systems for urban populations used in Peru are designed using Conventional System and Condominium System. It represents a high per capita investment for the Peruvian State to promote the construction of these systems in rural areas and slums areas in Peru.

By other hand, the design parameters are based on technical recommendations and specifications stipulated in the basic standards and technical codes to calculate the design flow of the sewer systems. Although it is true, these approaches, the design flow rate is considered a deterministic variable, have been adequate to prevent networks from failing to demand the system beyond its hydraulic capacity. However, it cannot be asserted that these have been designed in an appropriate way, since, they could be over or under-sized by not having statistical records that confirm or deny this assertion.

Therefore, this research takes as reference the Sanitary Drainage System designed for the San Francisco de Quilmaná - Cañete, with a population of 241 inhabitants. An integrated sewer system of lower cost is proposed, where the design flow is calculated on the basis of a stochastic model. Series of random processes and statistical techniques have been used, where synthetic series of consumption is generated by identifying the functions of probability distribution that best reproduce consumption over time. These synthetic series are subsequently converted into series of discharges to the sanitation network of domestic appliances. Thus achieving a probability distribution function that reliably reproduces the flow rates circulating through the drain pipes. Once the design flow of the collectors is obtained, the septic tank, sewage network of small diameter and the infiltration trench are designed as a basic condition for the soil to absorb the effluent disposal.

This research is divided into six chapters, which are described below:

In Chapter I, Introduction. Emphasis is placed on the behavior of the Peruvian economy, the demographic situation of Peru and the current context of sanitation in Peru.

In Chapter II, Theoretical Foundation. Emphasis is placed on the existing theory on sewage systems applicable to the rural and urban marginal environment, selection of statistical samples, stochastic processes, septic tanks, pipeline hydraulics. The use of Trace Wizard analytical software and Easyfit statistical software are presented.

In Chapter III, Research Proposal. It emphasizes the components of the sewage system of small or solids-free diameter, infiltration ditch system components for final effluent disposal, and design of the proposed integrated sewer system.

In Chapter IV, Application of the model and Comparison with the conventional system. The proposed integrated sewer system for the San Francisco de Quilmaná - Cañete is designed.

In Chapter V, Analysis and discussion of results. Costs and time estimation of the proposed sewerage system and the conventional sewerage system are performed. The results obtained are compared and discussed.

In Chapter VI, Revision based on a survey of experts to validate the application of the proposed sewer system have been taken.

Finally, in Conclusions and Recommendations, under the use of the Proposed Sewer System. The Peruvian state will have an alternative to reduce the existing gap in sanitation in rural and urban marginal areas, since the conventional system costs, as a direct cost, 86% more than the proposed system.

PRÓLOGO

Hoy en día existen servicios básicos que deben ser garantizados a los ciudadanos para permitir el desarrollo humano (social, cultural y tecnológico), entre estos servicios básicos se encuentra el saneamiento, lo que significa el acceso al agua y al alcantarillado.

Los servicios de agua en el Perú están enfocados en las zonas rurales y urbanas, sin embargo, el servicio de alcantarillado presenta altos déficit de cobertura en las zonas urbano-marginales.

En la presente tesis se hace una revisión al detalle de la bibliografía existente de los distintos sistemas de alcantarillado, por lo que para reducir la brecha de agua/saneamiento en zonas rurales y urbano marginales, se propone el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño, donde el caudal de diseño es determinado haciendo uso de un medidor ultrasónico no invasivo y los softwares TraceWizard y EasyFit.

Esta tesis es un gran punto de partida para el diseño de sistemas de alcantarillado de menor costo en zonas rurales y urbano marginales. Las fuentes e información usada serán de gran ayuda para el desarrollo de futuras investigaciones en el Perú.

Sabino Basualdo Montes

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
PRÓLOGO	5
ÍNDICE	6
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE GRÁFICOS	15
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	20
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	21
1.1. Generalidades	21
1.1.1. Antecedentes	21
1.1.2. Problemática	22
1.1.3. Objetivos.....	24
1.2. Comportamiento de la economía peruana	24
1.3. Situación demográfica del Perú	26
1.3.1. Población por regiones geográficas.....	27
1.3.2. Población por regiones políticas.....	28
1.3.3. Crecimiento de la población 2007 – 2017.....	30
1.4. Contexto actual del saneamiento en el Perú.....	30
1.4.1. Cobertura de agua potable y saneamiento.....	31
1.4.2. Inequidades en la cobertura de saneamiento	32
1.4.3. Relación entre saneamiento, desnutrición y pobreza.....	35
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	37
2.1. Sistemas de alcantarillado aplicable al medio rural y urbano marginal	37
2.1.1. Sistema de alcantarillado convencional por gravedad.....	37
2.1.2. Sistema de alcantarillado condominial o simplificado	41
2.1.3. Sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos.....	46
2.2. Selección de una muestra estadística apropiada para la investigación	50
2.2.1. Delimitar la población	51
2.2.2. Seleccionar la muestra	52

	Página
2.2.3. Cálculo del tamaño de muestra.....	55
2.3. Procesos estocásticos	56
2.3.1. Causalidad y aleatoriedad	56
2.3.2. Definición de proceso estocástico.....	57
2.3.3. Distribuciones probabilísticas de uso común	63
2.4. Tanques sépticos.....	70
2.4.1. Generalidades	70
2.4.2. Funcionamiento del tanque séptico	72
2.4.3. Uso del tanque séptico	73
2.4.4. Tanques sépticos de varios compartimientos o tanques sépticos en serie.....	75
2.4.5. Tipo de tanques sépticos por el material usado en su fabricación	76
2.5. Hidráulica de tuberías.....	78
2.5.1. Diseño de tuberías.....	78
2.5.2. Ecuaciones hidráulicas típicas.....	81
2.6. Software analítico Trace Wizard	87
2.7. Software estadístico Easyfit.....	91
2.8. Gráfico Q-Q cuantíl.....	93
CAPÍTULO III: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN	95
3.1. Componentes del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos.....	95
3.1.1. Instalaciones sanitarias de la vivienda.....	96
3.1.2. Tanques sépticos.....	96
3.1.3. Laterales de servicio del efluente.....	96
3.1.4. Colector principal	96
3.1.5. Buzones y estructuras de limpieza	97
3.1.6. Válvulas de aislamiento y retención	98
3.1.7. Válvulas de aire y respiradores	98
3.1.8. Estaciones de elevación	99
3.2. Componentes del sistema de zanjas de infiltración para la disposición final del efluente.....	99
3.3. Diseño del sistema de alcantarillado integrado propuesto	101
3.3.1. Cálculo del caudal de diseño.....	101
3.3.2. Diseño de tanque séptico con doble compartimiento de acuerdo a OXFAM	110

	Página
3.3.3. Diseño de la red de alcantarillado de diámetro pequeño	114
3.3.4. Diseño de la zanja de infiltración.....	119
3.4. Funcionamiento del sistema de alcantarillado propuesto	122
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL MODELO Y COMPARACIÓN CON EL SISTEMA CONVENCIONAL	126
4.1. Ubicación del proyecto	127
4.2. Diseño del sistema de alcantarillado propuesto.....	133
4.2.1. Cálculo del caudal de diseño	133
4.2.2. Diseño del tanque séptico con doble compartimiento.....	191
4.2.3. Diseño de la red de alcantarillado de diámetro pequeño	196
4.2.4. Diseño de la zanja de infiltración.....	221
4.3. Sistema convencional: red de alcantarillado convencional y planta de tratamiento de aguas residuales	225
4.3.1. Red de alcantarillado convencional	225
4.3.2. Planta de tratamiento de agua residual integral	235
4.3.3. Canalización de acequia.....	240
4.4. Construcción de pontón.....	241
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	242
5.1. Estimación de costos y tiempo del sistema de alcantarillado propuesto	242
5.1.1. Presupuesto.....	242
5.1.2. Plazo.....	248
5.1.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado	248
5.2. Estimación de costos y tiempo del sistema de alcantarillado convencional	253
5.2.1. Presupuesto	253
5.2.2. Plazo	262
5.2.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado	263
5.3. Comparación y discusión de resultados	267
5.3.1. Presupuesto.....	267

	Página
5.3.2. Plazo.....	274
5.3.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado	276
CAPÍTULO VI: VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN.....	282
6.1. Encuesta a expertos	282
6.2. Análisis y resultados de la encuesta a expertos	285
CONCLUSIONES.....	294
RECOMENDACIONES.....	297
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	298
ANEXO A: ENCUESTAS REALIZADAS EN QUILMANA.....	301
ANEXO B: PLANOS DEL SISTEMA PROPUESTO.....	302
ANEXO C: PLANOS DEL SISTEMA CONVENCIONAL.....	303
ANEXO D: CRONOGRAMA DEL SISTEMA PROPUESTO	304
ANEXO E: CRONOGRAMA DEL SISTEMA CONVENCIONAL	305
ANEXO F: COTIZACIÓN DE TRANQUE SEPTICO PREFABRICADO	306
ANEXO G: COTIZACIÓN LIMPIEZA Y SUCCIÓN DE TANQUE SEPTICO.....	307
ANEXO H: FICHA TECNICA DE FLUJÓMETRO ULTRASONICO NO INVASIVO	308

LISTA DE TABLAS		Página
Tabla N°	1 Perú: Oferta y Demanda Global Trimestral.....	25
Tabla N°	2 Población nacional Urbana y Rural del Perú, 2017.....	26
Tabla N°	3 Población Peruana por regiones geográficas, 2017.....	27
Tabla N°	4 Población total del Perú por regiones políticas, 2017.....	28
Tabla N°	5 Crecimiento poblacional del Perú entre los años 2007 - 2017.....	30
Tabla N°	6 Cobertura de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Perú, 2017 (%).....	31
Tabla N°	7 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado convencional.....	41
Tabla N°	8 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado condominial.....	46
Tabla N°	9 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado libre de solidos.....	50
Tabla N°	10 Ventajas y desventajas del Tanque Séptico.....	75
Tabla N°	11 Coeficientes de Hazen y Williams.....	82
Tabla N°	12 Valores del Coeficiente "n" de Kutter.....	84
Tabla N°	13 Muestra de la base de datos de salida de Trace Wizard.....	91
Tabla N°	14 Funciones de Distribución de Probabilidad del Software Easyfit.....	109
Tabla N°	15 Factor de Digestión de Lodos.....	112
Tabla N°	16 Capacidad de infiltración sugerida por la Organización Mundial de la Salud.....	120
Tabla N°	17 Cantidad de lotes en el Anexo San Francisco de Quilmaná, distribuido por manzanas.....	133
Tabla N°	18 Información básica de lotes por propietario en el Anexo San Francisco de Quilmaná al 01 de julio del 2018.....	135
Tabla N°	19 Resumen de lotes de acuerdo a su uso.....	138
Tabla N°	20 Distribución de lotes de acuerdo a la cantidad de habitantes.....	138
Tabla N°	21 Distribución de lotes de acuerdo a la cantidad de familias por vivienda.....	139
Tabla N°	22 Lotes seleccionados para la instalación del Flujómetro ultrasónico no invasivo.....	140
Tabla N°	23 Cálculo del caudal aproximado en el grifo.....	147
Tabla N°	24 Cálculo del caudal aproximado en la ducha.....	148
Tabla N°	25 Cálculo del caudal aproximado en el inodoro.....	148
Tabla N°	26 Resultado de la caracterización de la demanda.....	149
Tabla N°	27 Detalle del consumo diario en las viviendas monitorizadas por accesorio sanitario en días completos.....	151

	Página
Tabla N° 28 Detalle del consumo horario en las dos viviendas monitorizadas por accesorio sanitario	153
Tabla N° 29 Parámetros de forma de la función de distribución Johnson SB del volumen total diario	157
Tabla N° 30 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del volumen total diario	158
Tabla N° 31 Parámetros de forma de la función de distribución Wakeby (% V Fugas)	160
Tabla N° 32 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de fugas	161
Tabla N° 33 Parámetros de forma de la función de distribución Inv. Gaussiana (% V Grifos).....	163
Tabla N° 34 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de grifos	164
Tabla N° 35 Parámetros de forma de la función de distribución uniforme (% V Lavadoras)	166
Tabla N° 36 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de lavadoras	166
Tabla N° 37 Parámetros de forma de la función de distribución potencia (% V Duchas)	168
Tabla N° 38 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de duchas	169
Tabla N° 39 Parámetros de forma de la función de distribución Johnson SB (% V Inodoros).....	171
Tabla N° 40 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de inodoros	171
Tabla N° 41 Volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento (litros/día).....	173
Tabla N° 42 Parámetros de forma de la función de distribución Dagum 4P (Volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por día)	175
Tabla N° 43 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento por día	175
Tabla N° 44 Parámetros de forma de la función de distribución generalizada de valores extremos (Caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por segundo)	185
Tabla N° 45 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del caudal punta de agua residual descargada a la red de saneamiento por segundo	186
Tabla N° 46 Parámetros de forma del volumen de agua residual	187
Tabla N° 47 Volumen de agua residual en función del número de viviendas y probabilidad de ocurrencia de un caudal inferior.....	188
Tabla N° 48 Parámetros de forma del caudal punta de agua residual	189

	Página
Tabla N° 49 Caudal punta de agua residual en función del número de viviendas y probabilidad de ocurrencia de un caudal inferior	190
Tabla N° 50 Ubicación de los Tanques Sépticos	195
Tabla N° 51 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en la calle 1.....	199
Tabla N° 52 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en la Calle 1	200
Tabla N° 53 Cantidad de excavación por rango de profundidad en calle 1	203
Tabla N° 54 Cantidad de tubería a instalar en calle 1	203
Tabla N° 55 Cantidad de buzonetos a instalar en calle 1	203
Tabla N° 56 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 1.....	204
Tabla N° 57 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 1.....	204
Tabla N° 58 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 1	206
Tabla N° 59 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 1	206
Tabla N° 60 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 2	207
Tabla N° 61 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 2.....	207
Tabla N° 62 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 2	209
Tabla N° 63 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 2	209
Tabla N° 64 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 3.....	210
Tabla N° 65 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 3.....	210
Tabla N° 66 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 3	212
Tabla N° 67 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 3	212
Tabla N° 68 Cantidad de buzonetos a instalar en pasaje 3.....	212
Tabla N° 69 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 4.....	213
Tabla N° 70 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 4.....	213
Tabla N° 71 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 4	215
Tabla N° 72 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 4	215
Tabla N° 73 Cantidad de buzonetos a instalar en pasaje 4.....	215
Tabla N° 74 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 5 y 6.....	216
Tabla N° 75 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 5 y 6.....	217
Tabla N° 76 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 5 y 6.....	219
Tabla N° 77 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 5 y 6	219

	Página
Tabla N° 78 Resumen de cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado de diámetro pequeño	220
Tabla N° 79 Resumen de cantidad de tubería de PVC para red de alcantarillado de diámetro pequeño	220
Tabla N° 80 Resumen de cantidad de buzonetas en red de alcantarillado de diámetro pequeño	220
Tabla N° 81 Resumen de cantidad de tanques sépticos	221
Tabla N° 82 Cálculo Hidráulico de la Red de Alcantarillado Convencional: Versión Estudio de PRE-INVERSIÓN.....	226
Tabla N° 83 Cálculo Hidráulico de la Red de Alcantarillado Convencional: Versión Actualizado	227
Tabla N° 84 Cantidad de tubería para red de alcantarillado convencional.....	228
Tabla N° 85 Cantidad de buzones proyectados en la red de alcantarillado convencional	228
Tabla N° 86 Resumen de cantidad de buzones proyectados en la red de alcantarillado convencional	229
Tabla N° 87 Cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado convencional	229
Tabla N° 88 Resumen de cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado convencional	231
Tabla N° 89 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado propuesto	249
Tabla N° 90 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado propuesto en horizonte de 20 años	249
Tabla N° 91 Costos fijos de operación y mantenimiento en zanja de infiltración.....	250
Tabla N° 92 Costos fijos de operación y mantenimiento en zanja de infiltración en horizonte de 20 años.....	251
Tabla N° 93 Costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto	252
Tabla N° 94 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado convencional	263
Tabla N° 95 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado convencional en horizonte de 20 años	263
Tabla N° 96 Costos fijos de operación y mantenimiento en planta de tratamiento de aguas residuales	264
Tabla N° 97 Costos fijos de operación y mantenimiento en planta de tratamiento de aguas residuales en horizonte de 20 años.....	265
Tabla N° 98 Costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado convencional	266
Tabla N° 99 Componentes del sistema de alcantarillado propuesto y el sistema convencional	267
Tabla N° 100 Costo Directo del sistema de alcantarillado propuesto y convencional	268
Tabla N° 101 Variación del Costo Directo entre el sistema de alcantarillado propuesto y el sistema convencional	269

	Página
Tabla N° 102 Variación del costo directo respecto al sistema propuesto.....	269
Tabla N° 103 Costo directo desglosado de la red de alcantarillado de diámetro pequeño y convencional.....	270
Tabla N° 104 Cantidad de excavación en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional.....	271
Tabla N° 105 Cantidad de buzones y buzonetas en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional.....	272
Tabla N° 106 Cantidad de tubería en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional.....	272
Tabla N° 108 Costo directo desglosado de la zanja de infiltración y la PTAR.....	273
Tabla N° 109 Costo de Inversión para la construcción del sistema de alcantarillado convencional.....	273
Tabla N° 110 Costo de Inversión para la construcción del sistema de alcantarillado propuesto.....	274
Tabla N° 111 Cronograma de ejecución del Sistema de Alcantarillado Propuesto.....	275
Tabla N° 112 Cronograma de ejecución del Sistema de Alcantarillado Convencional.....	275
Tabla N° 113 Comparación entre el plazo de ejecución del sistema de alcantarillado propuesto y el sistema de alcantarillado convencional.....	276
Tabla N° 114 Costos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto y el sistema convencional.....	277
Tabla N° 115 Variación del costo de operación de sistema de alcantarillado propuesto y sistema convencional.....	278
Tabla N° 116 Variación del costo de mantenimiento de sistema de alcantarillado propuesto y sistema convencional.....	279

	Página
Gráfico N° 1 Producto Bruto Interno por Actividad Económica, 2017-II/2016-II	25
Gráfico N° 2 Población del Perú por Región Geográfica expresado en millones, 2017	27
Gráfico N° 3 Población Rural del Perú por regiones políticas, 2017	29
Gráfico N° 4 Evolución del acceso a los servicios de AP y Saneamiento Urbano entre los años 2007 - 2017	31
Gráfico N° 5 Evolución del acceso a los servicios de Agua y Desagüe en el medio rural entre los años 2007 - 2017	32
Gráfico N° 6 Inequidad en la cobertura de alcantarillado por región política del Perú, 2007	33
Gráfico N° 7 Variación entre la cobertura de agua y alcantarillado en las zonas Rurales, 2007	34
Gráfico N° 8 Cobertura (%) de alcantarillado por tamaño de centro poblado, 2007	35
Gráfico N° 9 Relación entre la cobertura de Saneamiento Rural y la Tasa de Desnutrición	36
Gráfico N° 10 Relación entre la cobertura de Saneamiento Rural y la Pobreza.....	36
Gráfico N° 11 Sistema de Alcantarillado Convencional	37
Gráfico N° 12 Esquema de una red de alcantarillado convencional	38
Gráfico N° 13 Sistema de alcantarillado condominial o simplificado.....	42
Gráfico N° 14 Esquema de una red de alcantarillado condominial.....	43
Gráfico N° 15 Sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos.....	47
Gráfico N° 16 Esencia del muestreo cuantitativo	51
Gráfico N° 17 Ejemplo de delimitación de la población	52
Gráfico N° 18 Representación de una muestra como subgrupo.....	52
Gráfico N° 19 Esquema de la generalización de la muestra a la población	54
Gráfico N° 20 Cálculo del tamaño de la muestra mediante uso de software STATS.....	56
Gráfico N° 21 Variación de la temperatura y la precipitación en Cañete (1936 – 2005).....	58
Gráfico N° 22 Variación del precio de las acciones de Abengoa (abril 2019 - setiembre 2019).....	58
Gráfico N° 23 Condicionamiento de probabilidad de futuros sucesos	60
Gráfico N° 24 Distribución de Poisson para $\lambda=2$ y $\lambda=16$	61
Gráfico N° 25 Tipos de procesos estocásticos.....	62
Gráfico N° 26 Distribución Normal	68
Gráfico N° 27 Distribución normal con varianzas iguales y medias aritméticas distintas.....	68
Gráfico N° 28 Función de densidad de probabilidad normal	68
Gráfico N° 29 Vista en planta de Tanque Séptico Típico.....	71
Gráfico N° 30 Vista en perfil de Tanque Séptico Típico.....	72

	Página
Gráfico N° 31 Tanque (o fosa) séptica	73
Gráfico N° 32 Ecuación de la energía en una tubería	78
Gráfico N° 33 Pérdida de carga local	80
Gráfico N° 34 Gráfico de Nikuradse	86
Gráfico N° 35 Captura de pantalla de la ventana principal de Trace Wizard	89
Gráfico N° 36 Tabla de propiedades de los accesorios.....	90
Gráfico N° 37 Tabla de resumen de eventos y volúmenes.....	90
Gráfico N° 38 Pantalla principal del software Esayfit.....	92
Gráfico N° 39 Pantalla de bondad de ajuste del software Easyfit.....	93
Gráfico N° 40 Gráfico Q-Q Cuantíl en el software Easyfit	93
Gráfico N° 41 Grafico Q-Q normal de EDAD.....	94
Gráfico N° 42 Esquema del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño	95
Gráfico N° 43 Estructura de limpieza típica en el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño	97
Gráfico N° 44 Válvula automática de liberación de aire de acero inoxidable	99
Gráfico N° 45 Sección de Zanja Típica	100
Gráfico N° 46 Detalle de la tubería de distribución perforada.....	101
Gráfico N° 47 Flujómetro Ultrasónico No Invasivo	103
Gráfico N° 48 Información Data Logger No Invasivo - Flujómetro Ultrasónico no Invasivo.....	104
Gráfico N° 49 Instantes de consumo en una vivienda para una hora de suministro	105
Gráfico N° 50 Pulsos Rectangulares de Consumo.....	106
Gráfico N° 51 Forma que representa una cisterna típica.....	107
Gráfico N° 52 Forma que representa una ducha típica	107
Gráfico N° 53 Forma que representa una lavadora y una lavavajilla	108
Gráfico N° 54 Tanque Séptico	113
Gráfico N° 55 Dimensiones Básicas del Tanque.....	113
Gráfico N° 56 Ejemplo de línea de gradiente hidráulico	118
Gráfico N° 57 Sección de la zanja para tubería de infiltración.....	121
Gráfico N° 58 Vista en planta de la zanja de infiltración	122
Gráfico N° 59 Tanque Séptico en condiciones iniciales	122
Gráfico N° 60 Tanque Séptico en funcionamiento.....	123
Gráfico N° 61 Tanque Séptico en funcionamiento a mitad de su capacidad	123
Gráfico N° 62 Tanque Séptico en plena descarga al efluente de diámetro pequeño.....	124
Gráfico N° 63 Recolección del colector de diámetro pequeño.....	124
Gráfico N° 64 Prueba en Laboratorio del Sistema de Alcantarillado de Diámetro Pequeño.....	125
Gráfico N° 65 Micro localización del distrito de Quilmaná	128
Gráfico N° 66 Ubicación geográfica de la zona en estudio.....	129
Gráfico N° 67 Ubicación del Anexo San Francisco	130
Gráfico N° 68 Mapa Geo referenciado de la Provincia de Cañete.....	131

	Página
Gráfico N° 69 Plano catastral de habilitación del Anexo San Francisco de Quilmaná.....	132
Gráfico N° 70 Cálculo del tamaño de la muestra para el anexo San Francisco mediante el software Decision Analyst STATSTM 2.0	134
Gráfico N° 71 Cantidad de aparatos sanitarios en el Anexo San Francisco de Quilmaná.....	140
Gráfico N° 72 Ultrasonic Portable Flowmeter UF2000B	141
Gráfico N° 73 Frontis del lote 7 de la manzana B - Pasaje 4.....	142
Gráfico N° 74 Flujómetro ultrasónico no invasivo instalado en el lote 7 de la manzana B – Pasaje 4	142
Gráfico N° 75 Sensores instalados en la caja de registro del lote 7 de la manzana B – Pasaje 4	143
Gráfico N° 76 Frontis del lote 8 de la manzana A – Calle 1.....	143
Gráfico N° 77 Flujómetro ultrasónico no invasivo instalado en el lote 8 de la manzana A – Calle 1.....	144
Gráfico N° 78 Sensores instalados en la aducción del tanque rotoplas del lote 8 de la manzana A – Calle1	144
Gráfico N° 79 Pulsos de consumo (l/s) desde 10:00:00 a.m. hasta 10:59:59 a.m. del 28 de julio de 2018.....	145
Gráfico N° 80 Pulsos de consumo (l/s) desde 10:00:00 a.m. hasta 10:00:59 a.m. del 28 de julio de 2018.....	146
Gráfico N° 81 Resultado gráfico de la caracterización de la demanda	149
Gráfico N° 82 Curva de modulación del caudal diario en las dos viviendas monitorizadas.....	150
Gráfico N° 83 Curva de modulación promedio horario de las dos viviendas monitorizadas.....	152
Gráfico N° 84 Curva de modulación para las fugas.....	154
Gráfico N° 85 Curva de modulación para el uso de grifos (lavaderos/lavamanos).....	154
Gráfico N° 86 Curva de modulación para el uso de lavadoras	155
Gráfico N° 87 Curva de modulación para el uso de duchas	155
Gráfico N° 88 Curva de modulación para el uso de inodoros	156
Gráfico N° 89 Histograma del volumen total diario.....	157
Gráfico N° 90 Función de distribución Johnson SB del volumen total diario.....	158
Gráfico N° 91 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de fugas	160
Gráfico N° 92 Función de Distribución Wakeby (% V Fugas).....	161
Gráfico N° 93 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de grifos	162
Gráfico N° 94 Función de Distribución Inv. Gaussiana (% V Grifos).....	164
Gráfico N° 95 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de lavadoras.....	165
Gráfico N° 96 Función de Distribución uniforme (% V lavadoras)	167
Gráfico N° 97 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de duchas.....	168
Gráfico N° 98 Función de Distribución potencia (% V duchas).....	169

	Página
Gráfico N° 99 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de inodoros.....	170
Gráfico N° 100 Función de Distribución Johnson SB (% V inodoros).....	172
Gráfico N° 101 Histograma de frecuencias de volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento por día	174
Gráfico N° 102 Función de Distribución Dagum 4P (Volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por día).....	176
Gráfico N° 103 Llenado y descarga de lavadora.....	177
Gráfico N° 104 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de grifos - Qd grifos (l/s)	178
Gráfico N° 105 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de lavadoras - Qd lavadoras (l/s)	179
Gráfico N° 106 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de duchas - Qd duchas (l/s)	180
Gráfico N° 107 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de inodoros - Qd inodoros (l/s).....	181
Gráfico N° 108 Caudal punta de agua residual - Qpk (l/s).....	183
Gráfico N° 109 Histograma de frecuencias de máximo caudal de agua residual descargada a la red de saneamiento en un segundo.....	184
Gráfico N° 110 Función de Distribución Generalizada de valores extremos (Caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento en un segundo)	186
Gráfico N° 111 Probabilidad de ocurrencia de los volúmenes de agua residual	188
Gráfico N° 112 Probabilidad de ocurrencia de caudales punta de aguas residuales.....	190
Gráfico N° 113 Vista en planta de la losa removible del Tanque Séptico propuesto.....	192
Gráfico N° 114 Vista en planta del Tanque Séptico propuesto.....	193
Gráfico N° 115 Corte Transversal del Tanque Séptico propuesto	194
Gráfico N° 116 Tubos de agua PVC-U NTP ISO 1452.....	198
Gráfico N° 117 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en Calle 1	202
Gráfico N° 118 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 1.....	205
Gráfico N° 119 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 2.....	208
Gráfico N° 120 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 3.....	211
Gráfico N° 121 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 4.....	214

	Página
Gráfico N° 122 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 5 y 6	218
Gráfico N° 123 Estratigrafía de la calicata realizada	221
Gráfico N° 124 Sección Transversal de Zanja de Infiltración	223
Gráfico N° 125 Corte Longitudinal de Zanja de Infiltración	224
Gráfico N° 126 Leyenda de la red de alcantarillado convencional.....	231
Gráfico N° 127 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-01 a Bz-06, pasaje 5 - de Bz-10 a Bz-08, pasaje 1, pasaje 2, pasaje 3 y pasaje 4	232
Gráfico N° 128 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-06 a Bz-09, pasaje 1 - de Bz-18 a Bz-20 y pasaje 6.....	233
Gráfico N° 129 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-09 a Bz-A	234
Gráfico N° 130 Vista en planta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).....	235
Gráfico N° 131 Corte Longitudinal de Humedal - Tramo de 0 a 50 metros.....	236
Gráfico N° 132 Corte Longitudinal de Humedal - Tramo de 50 a 100 metros.....	236
Gráfico N° 133 Corte Transversal de Humedal	237
Gráfico N° 134 Corte Transversal de Humedal - Vista de Tubo de ventilación.....	237
Gráfico N° 135 Vista en planta de cámara de rejillas y desarenador	238
Gráfico N° 136 Corte A-A de cámara de rejillas y desarenador	238
Gráfico N° 137 Vista en planta de biodigestores y lecho de secado	239
Gráfico N° 138 Sección Transversal de biodigestor y lecho de secado.....	239
Gráfico N° 139 Vista en planta de canal	240
Gráfico N° 140 Detalle típico de canal	240
Gráfico N° 141 Perfil Longitudinal de sección a rellenar.....	241
Gráfico N° 142 Sección de pontón.....	241
Gráfico N° 143 Variación entre costo de operación y mantenimiento del sistema convencional y sistema propuesto	280

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

ε	Coeficiente de Rugosidad absoluta
f	Factor de fricción de Darcy
Hf	Pérdida de carga en tuberías
K	Coeficiente de rugosidad (Colebrook and White)
M.C.A.	Metros de columna de agua
OXFAM	Oxford Committee for famine Relief o conocido en español como Comité de Oxford para ayudar a la hambruna
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
Qd	Caudal punta
Qp	Caudal de diseño
Re	Número de Reynolds
SBSS	Small Bore Sewer System o conocido en español como Sistema de alcantarillado de diámetro pequeño
v	Velocidad del fluido

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

1.1.1. Antecedentes

El agua potable y el saneamiento han pasado a ser calificados internacionalmente, por efecto de la declaración realizada el año 2010 por las Naciones Unidas, como Derechos Humanos, es decir que corresponde a cada Estado (y en su nombre a cada gobierno) garantizar el acceso a ellos a todos los habitantes de su jurisdicción. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

Al final de los años 60, el costo de los sistemas de alcantarillado convencionales por gravedad, en comunidades pequeñas, es mucho más costoso que el propio tratamiento y disposición. Los sistemas convencionales cuestan en promedio aproximadamente 4 veces el costo de tratamiento, y el costo de la operación y mantenimiento sigue un similar patrón debido al gran número de cámaras/buzones de limpieza e inspección requeridos por metro lineal de tubería. (Water Environment Federation, 2008)

Se estima que el costo de implantación de un sistema convencional es entre el 60% y 150% superior a un sistema no convencional. (Lampoglia & Rolim Mendoza, 2006)

Los sistemas convencionales de alcantarillado son costosos los que hace que sean económicamente inapropiados en comunidades o ciudades de poco poder adquisitivo. Por ejemplo, estudios realizados por el Banco Mundial mostraron que las inversiones para sistemas convencionales de alcantarillado en ocho ciudades de países en vías de desarrollo de US\$600 to US\$4,000 (precios de 1978) por conexión o lote. (Kalbermatten, Julius, & Gunnerson, 1982)

En los países en desarrollo, tal como Perú, donde la idoneidad de los sistemas de recolección no convencionales se decidirá básicamente por la capacidad económica y poder adquisitivo de la población que allí habita, los sistemas no convencionales o también conocidos como sistemas alternativos son la mejor opción. (Sundaravadivel & Vigneswaran, 2009)

Algunas alternativas para los diseños de sistemas de alcantarillado han sido desarrolladas y algunos de estos nuevos sistemas innovadores están en pleno

funcionamiento, aunque otros están todavía evolucionando. Los nuevos sistemas de alcantarillado innovadores, comúnmente conocidos como sistemas alternativos de redes de alcantarillado, incluyen sistemas de alcantarillado de presión (pressure sewer systems), sistemas de alcantarillado a vacío (vacuum sewer systems) y sistemas de alcantarillado de gravedad de diámetro pequeño (small bore sewer system). (Lauwo, Sharvelle, & Coesner, 2012)

El uso de sistemas de alcantarillado de gravedad de diámetro pequeño, permite al Estado evitar altos costos en excavación y construcción. Por tanto, en otras partes del mundo, específicamente Australia, este sistema está bastante desarrollado y su uso se ha ampliado en pequeñas y grandes comunidades. (Lauwo, Sharvelle, & Coesner, 2012)

De acuerdo a la UNESCO y el Banco Mundial, el sistema de alcantarillado de gravedad de diámetro pequeño tiene 4 principales ventajas: reduce el requerimiento de agua, reduce los costos por movimiento de tierra, reduce los costos de los materiales y por último reduce los requisitos de tratamiento de las aguas servidas.

Según ensayos realizados, en caso de sismos, las tuberías y ductos más pequeños con juntas no tan rígidas pueden sobrevivir al desplazamiento de compresión de varios cientos de milímetros sin falla, aunque el rendimiento y la vida útil se vean comprometidos; también aquellos tubos más grandes en longitud son más resistentes. (McFarlane, 2002)

Queda claro entonces que existe la necesidad de hacer uso de un sistema de alcantarillado alternativo cuyo costo/efectividad sea menor al sistema convencional; además, la presente investigación procura tener una función docente hacia los estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil, a fin de conseguir un mayor acercamiento hacia este sistema de alcantarillado; a la vez de procurar una explicación con una tendencia más orientada hacia la aplicación del mismo.

1.1.2. Problemática

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas (PNUD), se identifican que existen cinco servicios básicos que un estado debe garantizar a sus ciudadanos, al menos, para poder permitir del desarrollo humano. Los cinco servicios básicos son los siguientes: La salud, la educación, la identidad, el saneamiento básico y la electrificación.

Si bien el acceso al agua es importante, el acceso a saneamiento se vuelve determinante, debido a que impacta directamente sobre las EDAS (Desnutrición), sobre todo en niños menores de 5 años. Los resultados muestran que hay una relación inversa entre acceso a saneamiento y la tasa de desnutrición. (Charmarbagwala & Ranger, 2004)

Los avances logrados a la fecha en los Servicios de Saneamiento en el Perú han estado concentrados principalmente en las áreas urbanas, aunque todavía persisten altos déficit de cobertura en las zonas urbano-marginales y la calidad de los servicios es deficiente en la mayoría de los casos. El ámbito rural y las pequeñas localidades presentan el mayor déficit tanto en cobertura como en calidad de los servicios. A esta situación se añade el nivel de contaminación y de afectación a otras actividades, producido por las descargas de aguas servidas sin tratamiento a los cuerpos receptores. (Oblitas de Ruiz, 2010)

En el ámbito urbano se observa que se ha producido un mejoramiento de la cobertura de agua y saneamiento, pero en forma desigual, pasando la cobertura de agua de 84.0% el 2007 al 93.4% el 2013 mientras que la cobertura de saneamiento pasó del 80.7% a solo 83.6% en el mismo periodo. Con ello se produce una ampliación relativa de la brecha agua/saneamiento urbano que de 3.3 puntos en el año 2007 pasa 9.8 puntos porcentuales en el año 2013. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

En el ámbito rural la situación ha mejorado la cobertura de agua, pero bajo incremento de la cobertura de saneamiento generándose una ampliación de la brecha agua/saneamiento rural. La cobertura de agua paso de 31.7% en el 2007 al 63.2% el 2013 (duplicándose prácticamente), mientras que la cobertura de saneamiento pasó del 13% a sólo el 18.9% en el mismo periodo. Con ello la brecha se amplió de 18.7 a 44.3 puntos porcentuales generándose una situación crítica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

El tema está enmarcado en el contexto de los sistemas de alcantarillado, dentro del cual se tiene el sistema convencional y los sistemas no convencionales. No obstante, aún es necesario un mayor esfuerzo para familiarizar a los profesionales con los sistemas de alcantarillado no convencionales y el uso de nuevas tecnologías o materiales, específicamente los sistemas de alcantarillado de gravedad de diámetro pequeño con pendiente variable y el uso de tuberías de

PVC (liso y corrugado) y HDPE, dado la poca cantidad de investigación que existe referente a dichos temas en la actualidad en el Perú.

Al existir pocos casos de aplicación de este sistema, se hace mucho más dificultoso el poder impulsar la aplicación de dichos sistemas no convencionales en los proyectos de diseño de redes de alcantarillado en el Perú. Lo que genera que se tenga que hacer recopilación de bibliografía australiana, canadiense, nueva zelandesa, estadounidense y japonesa para que así se facilite dicha familiarización; razón final de esta investigación.

1.1.3. Objetivos

Objetivo General:

Proponer un sistema de alcantarillado no convencional de diámetro pequeño con pendiente variable, como alternativa de menor costo para el saneamiento de zonas semi-urbanas y rurales.

Objetivos Específicos:

- Aplicar el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño con pendiente variable – small bore sewer system (SBSS) en el Anexo San Francisco de Quilmaná, Cañete.
- Comparar los costos entre el sistema propuesto con el sistema de alcantarillado convencional.
- Validar por consulta de expertos el uso del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño con pendiente variable.

1.2. Comportamiento de la economía peruana

Como lo menciona el Instituto Nacional de Informática (INEI), en el informe del segundo trimestre del año 2017, la economía peruana medida a través del Producto Bruto Interno (PBI) a precios constantes de 2007, registró un crecimiento de 2.4% respecto a similar periodo del año anterior, tal como se muestra en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1 Perú: Oferta y Demanda Global Trimestral

(Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo período del año anterior)
Año Base 2007=100

Oferta y Demanda Global	2016/2015				2017/2016			
	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim. ^{1/}	I Trim.	II Trim.	I sem.	4 últimos Trim. ^{1/}
Producto Bruto Interno	4,3	3,7	4,0	4,0	2,1	2,4	2,3	3,0
Extractivas	11,5	12,6	12,1	9,5	3,3	3,4	3,3	6,9
Transformación	-1,4	-5,3	-3,4	-2,1	-0,4	1,5	0,6	-0,1
Servicios	4,7	4,2	4,4	4,8	2,3	2,4	2,4	2,8
Importaciones	-0,3	-2,9	-1,6	-0,7	2,4	7,1	4,7	3,4
Oferta y Demanda Global	3,4	2,3	2,8	3,0	2,2	3,4	2,8	3,1
Demanda Interna	3,0	-0,6	1,2	1,9	-0,6	1,3	0,4	0,5
Consumo Final Privado	3,8	2,9	3,4	3,5	2,1	2,0	2,0	2,8
Consumo de Gobierno	12,8	9,7	11,2	8,7	-4,4	2,1	-1,1	-0,8
Formación Bruta de Capital	-2,9	-12,7	-8,0	-4,6	-5,3	-1,0	-3,2	-4,8
Formación Bruta de Capital Fijo	-2,3	-3,7	-3,0	-4,0	-4,8	-2,8	-3,8	-4,6
Público	30,3	3,9	14,6	5,5	-16,9	-5,1	-10,5	-8,8
Privado	-9,3	-6,3	-7,9	-6,7	-1,1	-1,9	-1,5	-3,2
Exportaciones	5,0	15,8	10,5	7,6	14,3	11,7	12,9	14,0

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

También se observa en la Tabla N° 1 que la inversión bruta fija se contrajo en (-2.8%) por la reducción de nuevas construcciones (-2.9%), tal como se muestra en el Gráfico N° 1.

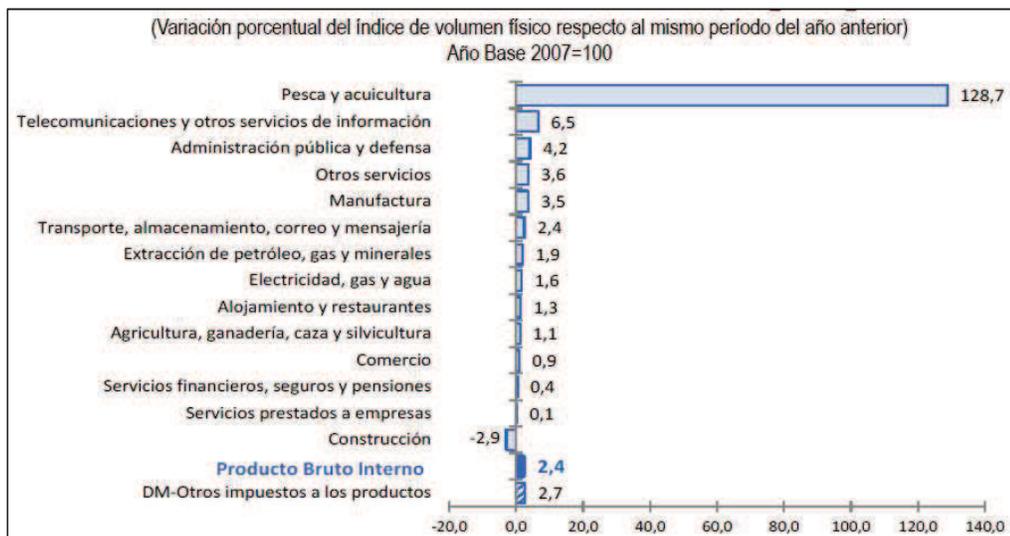


Gráfico N° 1 Producto Bruto Interno por Actividad Económica, 2017-II/2016-II

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

Durante el segundo trimestre de 2017, el valor agregado bruto de la actividad construcción a precios constantes de 2007, registró una disminución de -2.9% respecto al mismo periodo del año anterior, explicado por la menor ejecución de obras en edificios residenciales, edificios no residenciales, carreteras, calles y caminos y obras de ingeniería civil, en el sector público y privado. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

Las obras de ingeniería civil que comprenden la construcción de infraestructura agrícola disminuyeron en -54.6% en los tres niveles de gobierno; en infraestructura eléctrica (-65.5%) en los Gobierno nacional y local; y agua y saneamiento registró una caída de -0.6% en el ámbito de los Gobiernos regionales. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

Francisco Gripa, economista principal del BBVA Research para Perú, indicó que sobre todo la construcción será el sector no primario que registraría un mayor dinamismo en los siguientes meses. El economista estimó que el sector construcción crecería en 5% durante el segundo semestre. (Castillo, 2017)

Se evidencia que, de acuerdo a lo mencionado por Francisco Gripa, el sector construcción tendrá un mayor dinamismo en los siguientes meses, sin embargo, el sector saneamiento no será el abanderado en este crecimiento, ya que los sistemas convencionales no son necesariamente los sistemas más adecuados, en cuanto a costo, para las zonas rurales.

1.3. Situación demográfica del Perú

La población total del Perú estimada, de acuerdo al último Censo Nacional del año 2017, es 29.38 millones de habitantes; de los cuales el 79.3% y el 20.7% corresponden a los ámbitos urbana y rural, respectivamente. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Tabla N° 2 Población nacional Urbana y Rural del Perú, 2017

Ámbito	Población	%
Urbana	23,311,893	79.3
Rural	6,069,991	20.7
Total	29,381,884	100.0

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

1.3.1. Población por regiones geográficas

Para el año 2017 se estima que el 58.0% de la población peruana habita en la costa, 28.1% en la Sierra y el 13.9% en la Selva. Mientras que el 97.0% de la población de la costa, es urbana, en el caso de la Sierra un 53.4% vive en las zonas urbanas y el otro 46.6% de la zona rural; mientras que en la región Selva el 58.2% de la población es urbana y el otro 41.8% habita en la zona rural. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Tabla N° 3 Población Peruana por regiones geográficas, 2017

Región	Urbana	%	Rural	%	Total	%
Costa	16,526,178	97.0	511,119	3.0	17,037,297	58.0
Sierra	4,413,543	53.4	3,854,640	46.6	8,268,183	28.1
Selva	2,372,172	58.2	1,704,232	41.8	4,076,404	13.9
Total	23,311,893	79.3	6,069,991	20.7	29,381,884	100.0

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

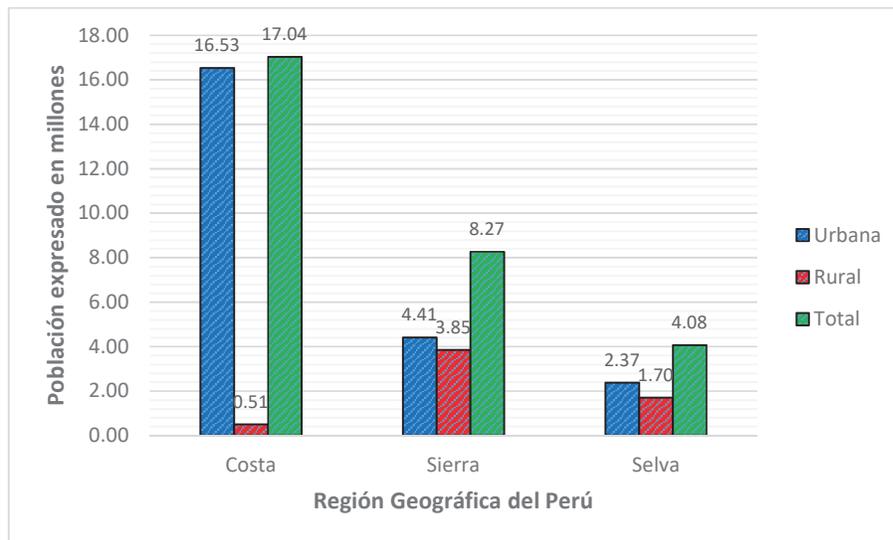


Gráfico N° 2 Población del Perú por Región Geográfica expresado en millones, 2017

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

1.3.2. Población por regiones políticas

Para el 2017, la provincia con mayor número de habitantes sigue siendo Lima (Lima Metropolitana), concentra en la actualidad al 32.3 % de la población total nacional y 40% de la población urbana.

Además de Lima, en el 2013 el país ya cuenta con 10 regiones que superan el millón de habitantes, entre las que se incluyen las regiones Piura y La Libertad, ubicadas en la costa norte del País, cada una con 1.85 y 1.77 millones de habitantes respectivamente, seguidas de Arequipa, Cajamarca, Junín, Cusco, Lambayeque, Puno y Áncash en ese orden de tamaño poblacional. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Tabla N° 4 Población total del Perú por regiones políticas, 2017

Región	Urbana	%	Rural	%	Total	%
Amazonas	157,560	0.7	221,824	3.7	379,384	1.3
Áncash	686,728	2.9	396,791	6.5	1,083,519	3.7
Apurímac	185,964	0.8	219,795	3.6	405,759	1.4
Arequipa	1,268,941	5.4	113,789	1.9	1,382,730	4.7
Ayacucho	358,045	1.5	258,131	4.3	616,176	2.1
Cajamarca	475,068	2.0	865,944	14.3	1,341,012	4.6
Callao	994,494	4.3	0	0.0	994,494	3.4
Cusco	731,252	3.1	474,275	7.8	1,205,527	4.1
Huancavelica	105,862	0.5	241,777	4.0	347,639	1.2
Huánuco	375,432	1.6	345,615	5.7	721,047	2.5
Ica	786,417	3.4	64,348	1.1	850,765	2.9
Junín	884,928	3.8	361,110	5.9	1,246,038	4.2
La Libertad	1,403,555	6.0	374,525	6.2	1,778,080	6.1
Lambayeque	971,121	4.2	226,139	3.7	1,197,260	4.1
Lima	9,324,796	40.0	160,609	2.6	9,485,405	32.3
Loreto	606,743	2.6	276,767	4.6	883,510	3.0
Madre de Dios	116,743	0.5	24,327	0.4	141,070	0.5
Moquegua	151,891	0.7	22,972	0.4	174,863	0.6
Pasco	160,269	0.7	93,796	1.5	254,065	0.9
Piura	1,471,833	6.3	384,976	6.3	1,856,809	6.3
Puno	630,648	2.7	542,049	8.9	1,172,697	4.0
San Martín	554,079	2.4	259,302	4.3	813,381	2.8
Tacna	296,788	1.3	32,544	0.5	329,332	1.1
Tumbes	210,592	0.9	14,271	0.2	224,863	0.8
Ucayali	402,144	1.7	94,315	1.6	496,459	1.7
Total	23,311,893	100.0	6,069,991	100.0	29,381,884	100.0

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Las regiones con mayor predominancia rural son: Cajamarca (865,944 habitantes), Puno (542,049 habitantes) y Cusco (474,275 habitantes). Las que tienen poca población rural son las regiones de: Tumbes (14,271 habitantes) y Callao, que no registra población rural. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

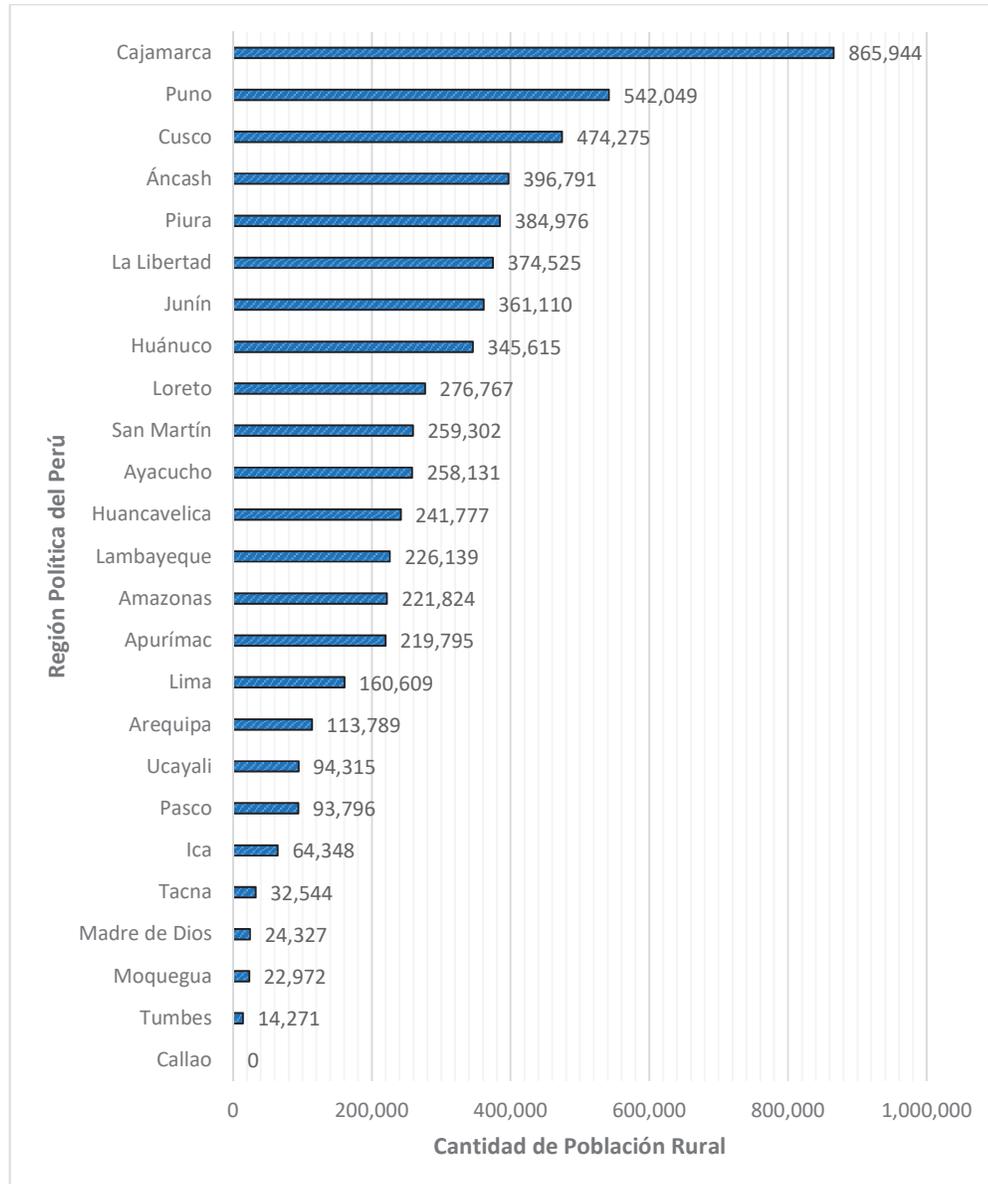


Gráfico N° 3 Población Rural del Perú por regiones políticas, 2017

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

1.3.3. Crecimiento de la población 2007 – 2017

En el periodo 2007 al 2017 se han producido cambios poblacionales importantes entre los que destacan los siguientes:

- a) La población total nacional mostró un crecimiento del 7.2% respecto al último censo realizado el año 2007. La población urbana se incrementó en 17.3% y la población rural se redujo en -19.4%.
- b) Es importante considerar que, en el caso del sector rural, más allá de que haya tenido un ritmo decreciente continúa siendo un sector bastante significativo con el 20.7% de la población nacional con 6 millones de habitantes.
- c) El año 2007, la región Lima representaba el 30.8% de la población total, mientras que el resto de regiones representaba el 69.2%. Sin embargo, de acuerdo al último censo del año 2017, Lima representa el 32.3% de la población total, mientras que el resto de regiones representa el 67.7%.

Tabla N° 5 Crecimiento poblacional del Perú entre los años 2007 - 2017

Población	Censo 2007	%	Censo 2017	%	Variación poblacional	Variación Poblacional (%)
Total	27,412,157	100.0	29,381,884	100.0	1,969,727	7.2
Urbana	19,877,353	72.5	23,311,893	79.3	3,434,540	17.3
Rural	7,534,804	27.5	6,069,991	20.7	-1,464,813	-19.4
Región						
Lima	8,445,211	30.8	9,485,405	32.3	1,040,194	12.3
Resto de Regiones	18,966,946	69.2	19,896,479	67.7	929,533	4.9

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

1.4. Contexto actual del saneamiento en el Perú

De acuerdo al programa de las naciones unidas (PNUD), se identifican que existen cinco servicios básicos que un estado debe garantizar a sus ciudadanos, al menos, para poder permitir el desarrollo humano. Los cinco servicios básicos son los siguientes: La salud, la educación, la identidad, el saneamiento básico y la electrificación.

1.4.1. Cobertura de agua potable y saneamiento

El Censo Nacional del año 2017 registró que el 90.3% de habitantes a nivel nacional tienen servicio de agua potable y el 66.6% al servicio de alcantarillado y/o algún sistema que le permita la disposición sanitaria de excretas. La cobertura del saneamiento rural es 18.9%, y la cobertura de agua potable en zonas rurales alcanza el 63.2%.

Tabla N° 6 Cobertura de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Perú, 2017 (%)

Servicio \ % de Cobertura	Urbana	Rural	Total
Agua	97.4	63.2	90.3
Saneamiento	83.1	18.9	66.6

Nota. Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

De acuerdo al Gráfico N° 4, es notorio que el acceso al agua potable ha evolucionado considerablemente pasando de 84.0% a 97.4% durante el transcurso de los años 2007 y 2017 respectivamente; así mismo, se aprecia que el acceso a los sistemas de alcantarillado también aumentó de 80.7% a 83.1%, en el mismo periodo que el agua potable.

Por tanto, se observa que, el agua potable tuvo un incremento porcentual del 13.4%, mientras el acceso al alcantarillado tuvo un incremento porcentual del 2.4%, es notorio entonces que, la cobertura de agua potable crece a razón de 5.5 mientras el alcantarillado lo hace a razón de 1.

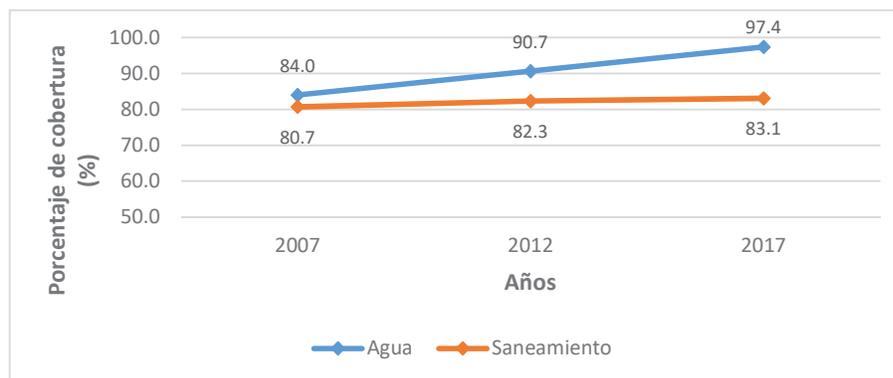


Gráfico N° 4 Evolución del acceso a los servicios de AP y Saneamiento Urbano entre los años 2007 - 2017

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

De acuerdo al Gráfico N° 5, es notorio que el acceso al agua potable ha evolucionado considerablemente pasando de 31.7% a 63.2% durante el transcurso de los años 2007 y 2017 respectivamente; así mismo, se aprecia que el acceso a los sistemas de alcantarillado también aumentó de 13.0% a 18.9%, en el mismo periodo que el agua potable.

Por tanto, se observa que, el acceso al agua potable tuvo un incremento porcentual del 31.5%, mientras el acceso al alcantarillado tuvo un incremento porcentual del 5.9%, es notorio entonces que, el agua potable crece a razón de 5.3 mientras el alcantarillado lo hace a razón de 1.

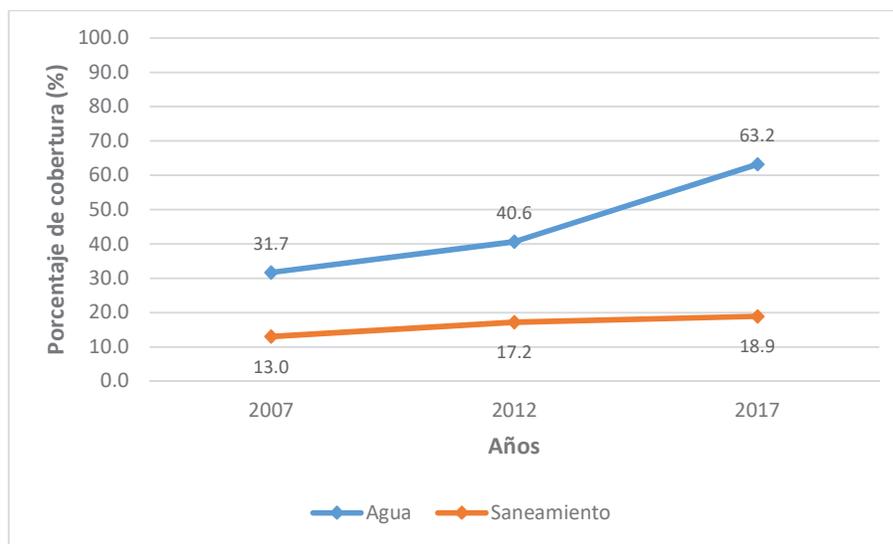


Gráfico N° 5 Evolución del acceso a los servicios de Agua y Desagüe en el medio rural entre los años 2007 - 2017

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

1.4.2. Inequidades en la cobertura de saneamiento

De acuerdo al último censo nacional de población y vivienda del año 2007, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento identifica tres tipos de inequidad:

- i. Brecha urbano – rural: Diferencia entre las coberturas de Saneamiento en el ámbito urbano con respecto al ámbito rural.
- ii. Brecha entre Agua Potable y Saneamiento en el ámbito rural.
- iii. Brecha de Saneamiento por tamaño poblacional.

De acuerdo al Gráfico N° 6, se observa claramente que las regiones que presentan mayor inequidad tipo i) son: Cajamarca, Lambayeque, Apurímac, Huánuco, La Libertad que van desde 66% al 74%. En términos generales, todas las regiones presentan una brecha mayor al 40% en términos de saneamiento urbano – rural.

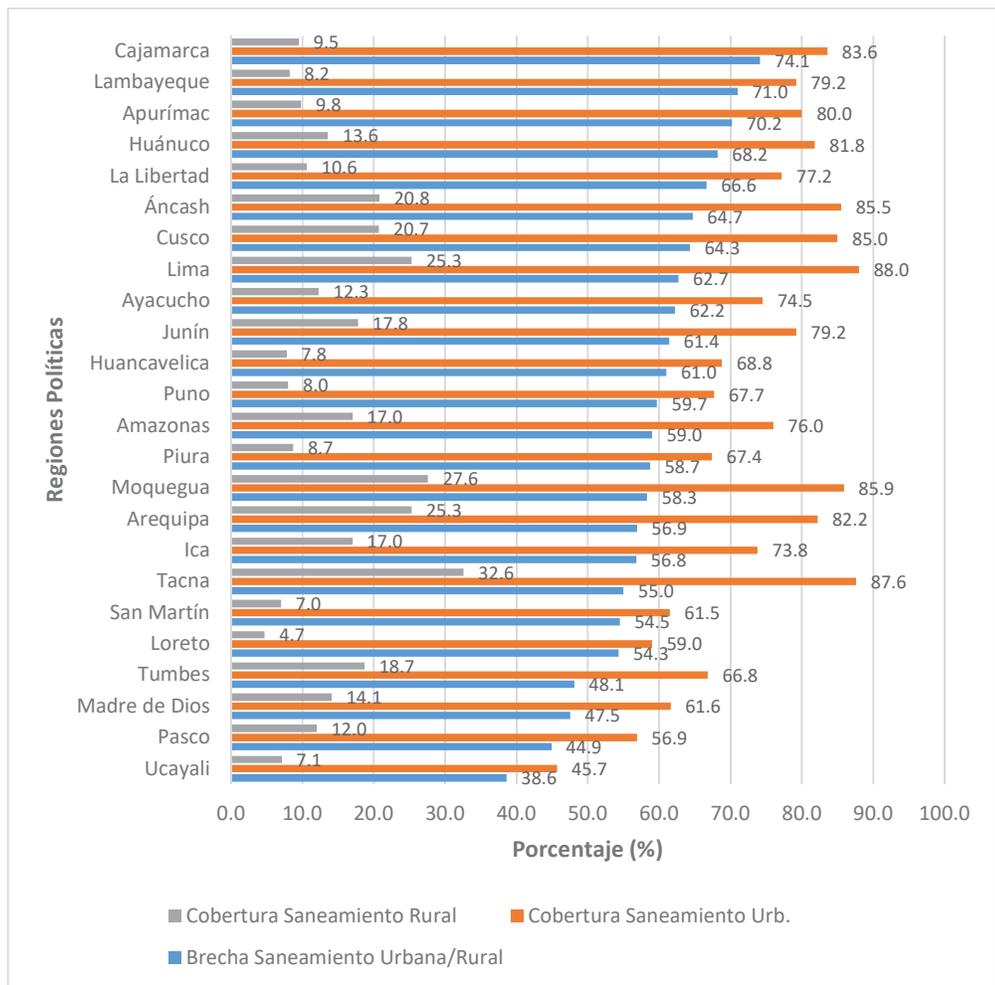


Gráfico N° 6 Inequidad en la cobertura de alcantarillado por región política del Perú, 2007

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

En términos de saneamiento rural, y basándonos en la inequidad tipo ii), se muestra en el Gráfico N° 7 que las regiones que presentan brechas críticas entre el agua y saneamiento son: Cajamarca, Apurímac, Ica, Ancash, Tumbes, Ayacucho y Cusco.

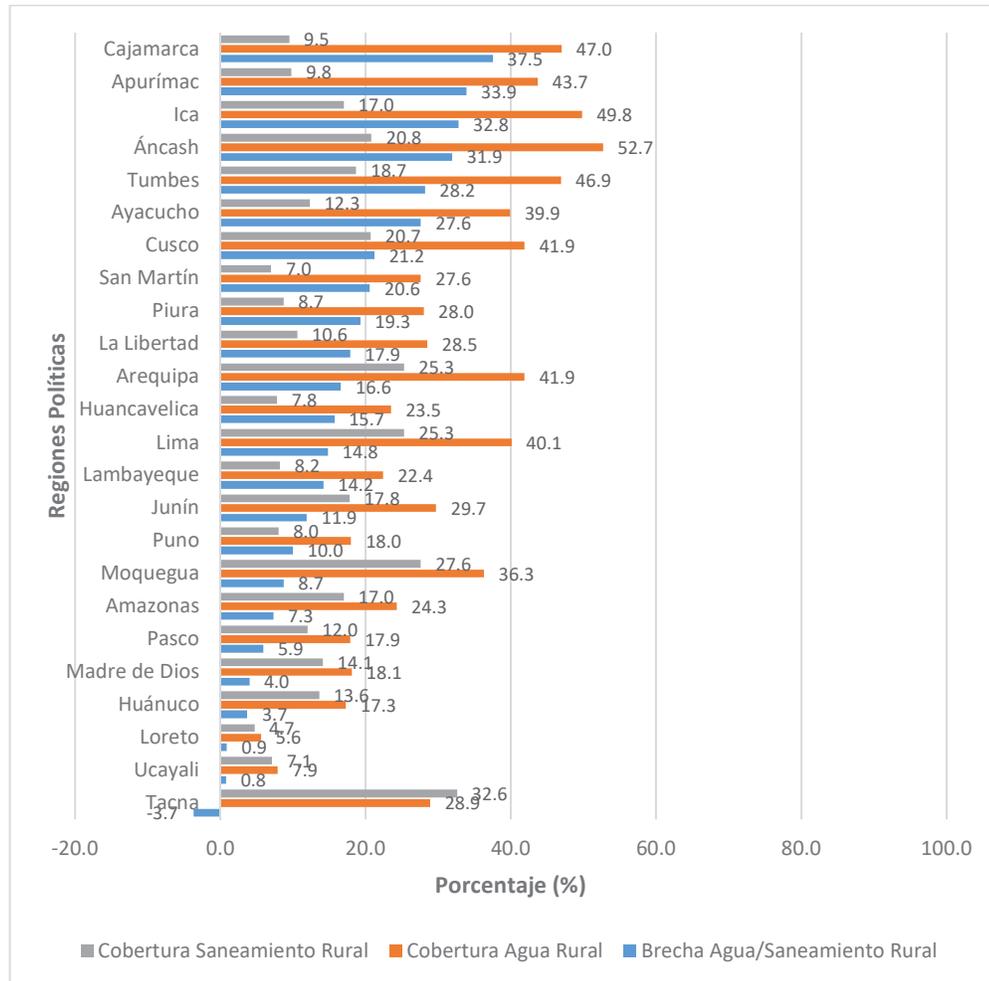


Gráfico N° 7 Variación entre la cobertura de agua y alcantarillado en las zonas Rurales, 2007

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014)

El Gráfico N° 8 hace referencia a la inequidad tipo iii), el cual muestra que a menor tamaño de población se tiene menor cobertura de saneamiento. También se muestra que las inversiones públicas de saneamiento están focalizadas en las localidades de mayor tamaño, es decir las zonas urbanas, puesto que tiene una mayor densidad poblacional.

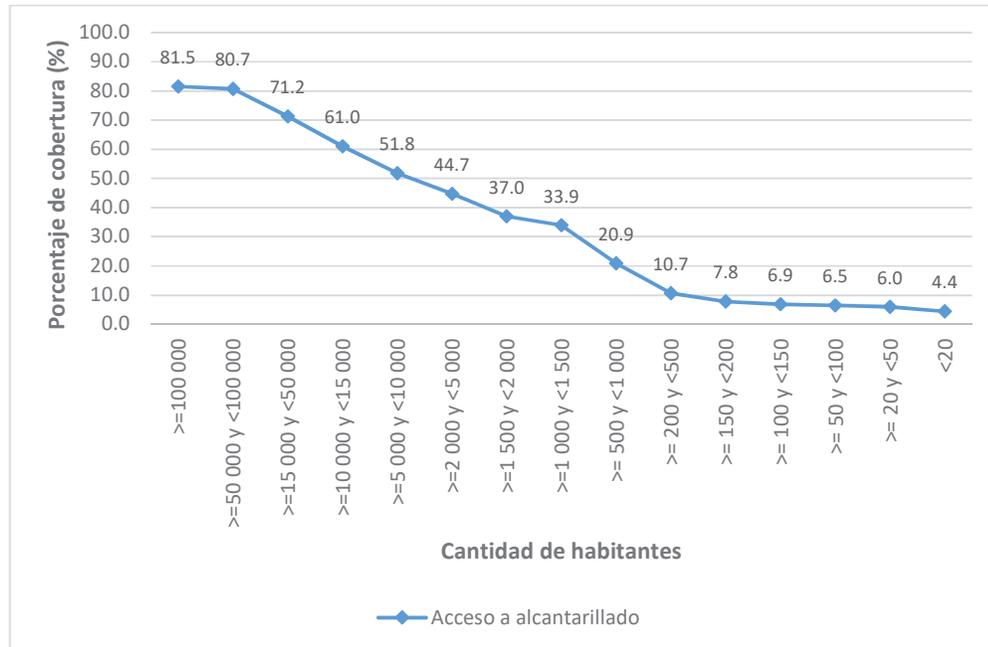


Gráfico N° 8 Cobertura (%) de alcantarillado por tamaño de centro poblado, 2007

Fuente: (INEI I. N., 2007)

1.4.3. Relación entre saneamiento, desnutrición y pobreza

Si bien el acceso al agua potable es importante, el acceso al saneamiento es aún mucho más importante, ya que este tiene una relación inversamente proporcional a la tasa de desnutrición y al nivel de pobreza, tal es así que esto puede ser observado en el Gráfico N° 9 y Gráfico N° 10.

Por cada variación en un punto porcentual en el saneamiento impacta en 5 puntos porcentuales al nivel de pobreza.

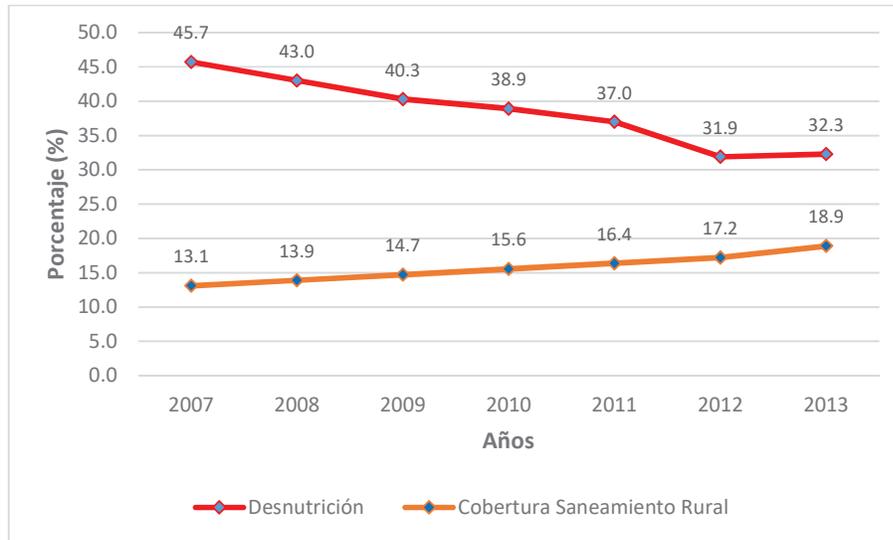


Gráfico N° 9 Relación entre la cobertura de Saneamiento Rural y la Tasa de Desnutrición

Fuente: (INEI I. , 2015)

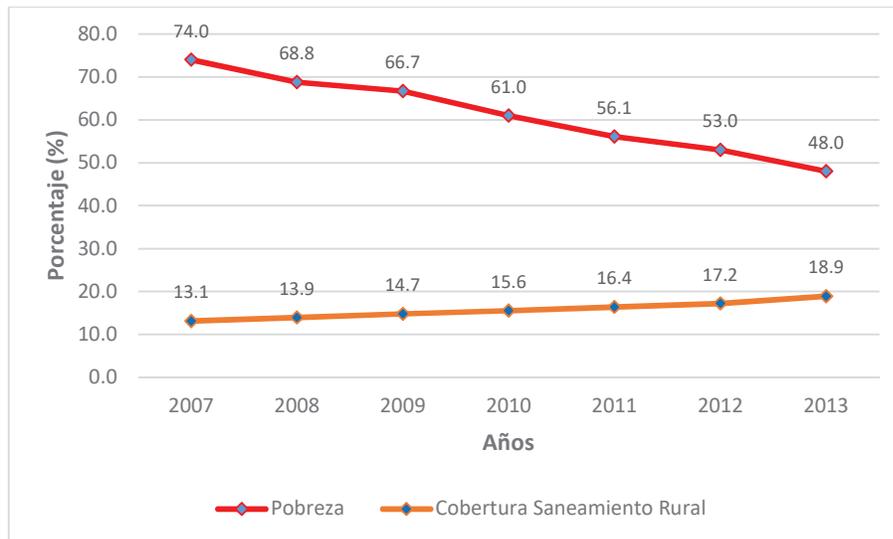


Gráfico N° 10 Relación entre la cobertura de Saneamiento Rural y la Pobreza

Fuente: (INEI I. , 2015)

Es notorio entonces que, de acuerdo a las estadísticas obtenidas del último censo nacional de población y vivienda del año 2007 y encuesta nacional de programas estratégicos del año 2013, el ámbito rural requiere no solo de inversión, sino también aplicación de nuevas tecnologías que reduzcan el costo per cápita del saneamiento rural.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Sistemas de alcantarillado aplicable al medio rural y urbano marginal

El sistema de alcantarillado es un conducto de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar aguas residuales que pueden fluir por gravedad bajo condiciones normales, también pueden ser bombeados o succionados.

2.1.1. Sistema de alcantarillado convencional por gravedad

Los alcantarillados convencionales por gravedad son grandes redes de tuberías subterráneas que transportan aguas negras, aguas grises y, algunas veces, aguas pluviales de las viviendas a las instalaciones del sistema de tratamiento semicentralizado o centralizado, utilizando gravedad y bombas (cuando sea necesario). (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

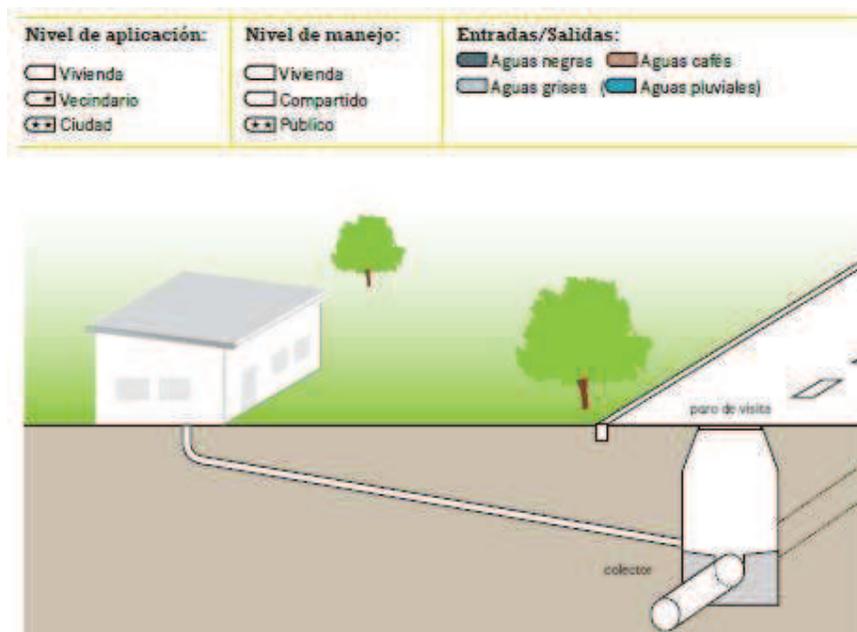


Gráfico N° 11 Sistema de Alcantarillado Convencional

Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

El sistema de alcantarillado convencional por gravedad se diseña con muchos ramales. Generalmente, la red se subdivide en red primaria (líneas principales de alcantarillado a lo largo de los principales caminos), red secundaria y red terciaria (a nivel vecindario y de vivienda). (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014).

Los colectores son generalmente de 200 mm o mayor, siendo excepcionales los de 150 mm. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

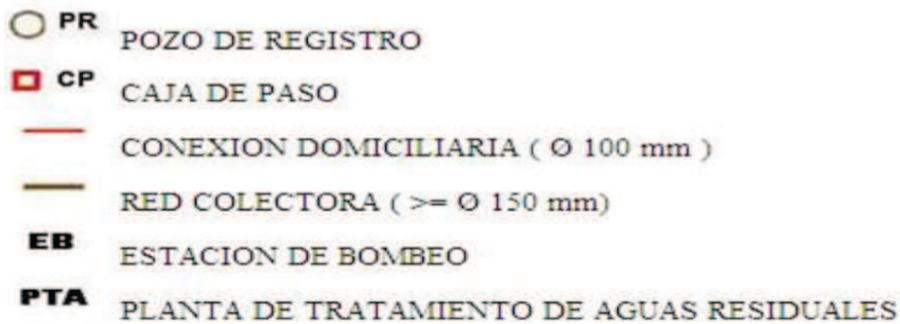
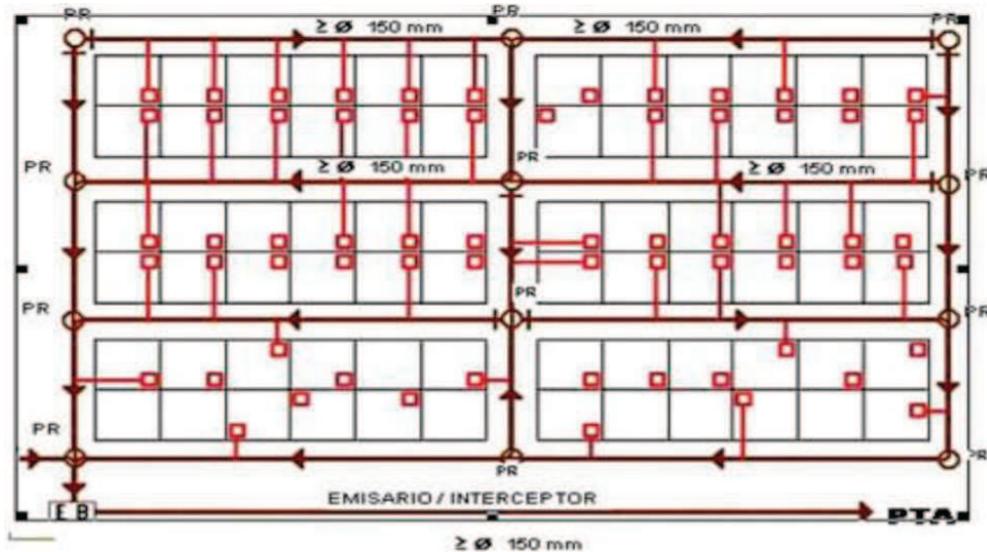


Gráfico N° 12 Esquema de una red de alcantarillado convencional

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

2.1.1.1. Consideraciones de diseño

Normalmente, los alcantarillados convencionales por gravedad no requieren pretratamiento in situ, ni tratamiento primario ni tratamiento de las aguas residuales antes de ser descargados. El alcantarillado debe estar diseñado para mantener la velocidad de autolimpieza de 0.6 a 0.7 m/s durante las condiciones climáticas más secas. Se debe garantizar una gradiente de descenso constante a lo largo del alcantarillado para mantener los flujos de autolimpieza, los cuales puede requerir excavaciones profundas. Cuando no se puede mantener la gradiente de descenso, se debe instalar una estación de bombeo. Los alcantarillados primarios son instalados debajo de los caminos, de 1,5 a 3 m de

profundidad para evitar los daños causados por la carga de tráfico. La profundidad depende también de la capa freática, el punto más bajo por servir (por ejemplo, un sótano) y la topografía. La selección del diámetro del tubo depende de los flujos máximos y promedios proyectados. Los materiales más usados son el concreto, el PVC y el hierro dúctil o fundido. Los pozos de registro se colocan en intervalos fijos por encima del alcantarillado, en las intersecciones del tubo y en los cambios de dirección de la tubería (vertical y horizontal). (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Los pozos de registro deben ser diseñados de forma que no sean una fuente de afluencia de aguas pluviales o de infiltración de agua subterránea. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Si los usuarios conectados descargan aguas residuales altamente contaminadas (por ejemplo, industria o restaurantes), puede ser necesario el tratamiento primario o en el sitio antes de la descarga al sistema de alcantarillado para reducir el riesgo de obstrucción y la carga de la planta de tratamiento de aguas residuales. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.1.2. Idoneidad

Debido a que pueden ser diseñados para llevar grandes volúmenes, los alcantarillados convencionales por gravedad son apropiados para transportar aguas residuales a una planta con sistema de tratamiento (semi)centralizado. Su planificación, construcción, operación y mantenimiento requieren conocimiento experto. La construcción de sistemas de alcantarillado convencional en áreas urbanas densas es complicada, porque interrumpe el tráfico y las actividades urbanas. La construcción de alcantarillado convencionales por gravedad es costosa y, debido a la instalación de una línea de alcantarillado, es disruptiva y requiere mucha coordinación entre autoridades, empresas de construcción y propietarios. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

El desplazamiento de tierra puede causar grietas en las paredes de los pozos de registros o en las juntas de las tuberías, convirtiéndose en una fuente de infiltración de acuíferos o de exfiltración de aguas residuales, y comprometiendo el funcionamiento de alcantarillado. Los alcantarillados convencionales por gravedad se pueden construir en climas fríos ya que requieren pozos profundos; además, el flujo de agua constante y voluminoso resiste la congelación. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.1.3. Aspectos de salud y aceptación

Si su construcción y saneamiento son adecuados, el alcantarillado es un medio higiénico y seguro para transportar aguas residuales. Esta tecnología proporciona un alto nivel de higiene y comodidad para el usuario. Sin embargo, dado que los desperdicios se conducen fuera del sitio para su tratamiento, los impactos ambientales y para la salud están determinados por el tratamiento que realice la planta aguas abajo. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.1.4. Operación y mantenimiento

Se emplean pozos de registro para las inspecciones de rutina y la limpieza del alcantarillado. Los desechos (por ejemplo, arenilla, palos y trapos) pueden acumularse en los pozos de registro y bloquear las líneas. Para evitar obstrucciones causadas por grasa es importante informar a los usuarios sobre la adecuada disposición final del aceite y la grasa. Algunos métodos comunes para limpiar alcantarillados convencionales por gravedad son arrastre, chorro a presión, limpieza con varilla y limpieza con pelota de hule o caucho. Los alcantarillados pueden ser peligrosos debido a los gases tóxicos, por lo que su mantenimiento debe estar a cargo de profesionales; no obstante, en comunidades bien organizadas, el mantenimiento de las redes terciarias podría estar a cargo de un grupo capacitado de miembros de la comunidad. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.1.5. Ventajas y desventajas**Tabla N° 7 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado convencional**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1) Menos mantenimiento en comparación con el alcantarillado simplificado y el libre de sólidos.	1) Muy alto costo de inversión; altos costos de mantenimiento y operación.
2) Las aguas grises y pluviales pueden manejarse al mismo tiempo.	2) Se debe mantener una velocidad mínima para evitar la deposición de sólidos en el alcantarillado.
3) Puede manejar arenilla y otros sólidos, así como grandes volúmenes de flujo.	3) Requiere excavaciones profundas. 4) Difícil y costos de ampliar conforme cambia y crece una comunidad. 5) Requiere diseño y mantenimiento experto, así como mano de obra en construcción calificada. 6) Las fugas plantean un riesgo de exfiltración de aguas residuales y de infiltración a los acuíferos, y son difíciles de identificar.

Nota. Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.2. Sistema de alcantarillado condominial o simplificado

Un alcantarillado condominial o simplificado describe una red de alcantarillado que se construye utilizando conductos de menor diámetro dispuestos a poca profundidad y en una gradiente más plana que los alcantarillados convencionales. Un alcantarillado simplificado permite un diseño más flexible por un costo menor. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Conceptualmente, el alcantarillado condominial o simplificado es el mismo que el alcantarillado convencional por gravedad, pero sin las normas de diseño innecesariamente conservadoras y con características de diseño que se adaptan

mejor a la situación local. Los tubos se colocan dentro de los límites de la propiedad, a través de los jardines frontales o patios, en lugar de debajo del camino principal, lo que permite que los tubos sean menos y más cortos. Dado que el alcantarillado simplificado normalmente se instala en condominios, también pueden tener el nombre de alcantarillado condominial. Los tubos también pueden pasar en vías de acceso, que sean demasiado estrechas para el tráfico pesado, o por debajo del pavimento (aceras). Ya que el alcantarillado simplificado se instala donde no esté sujeto a tráfico pesado, puede colocarse a poca profundidad y casi no requiere excavación.

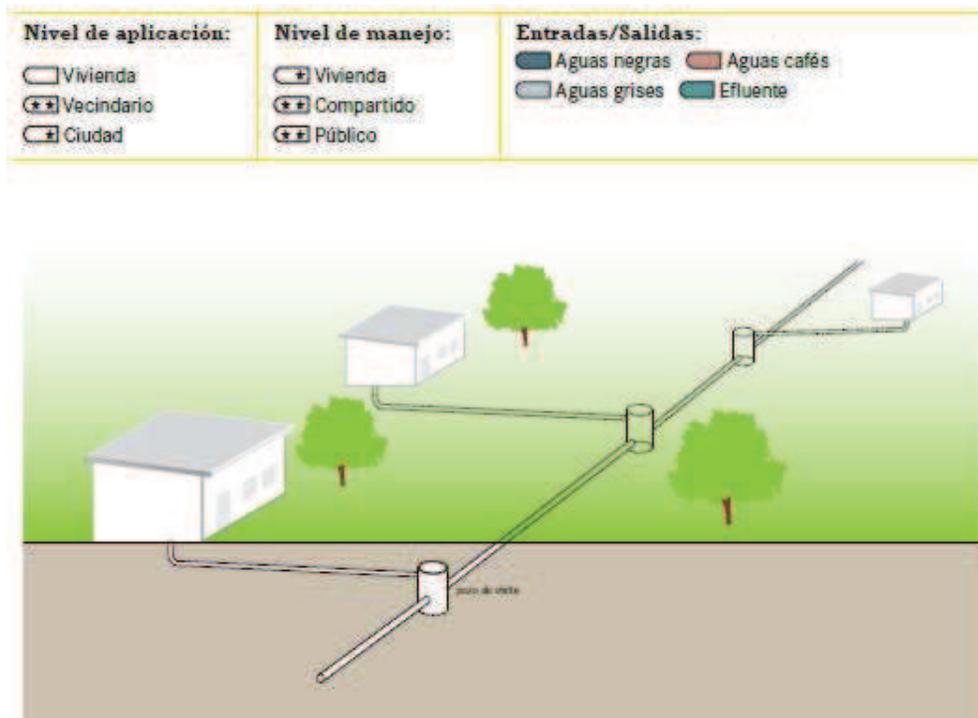


Gráfico N° 13 Sistema de alcantarillado condominial o simplificado

Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

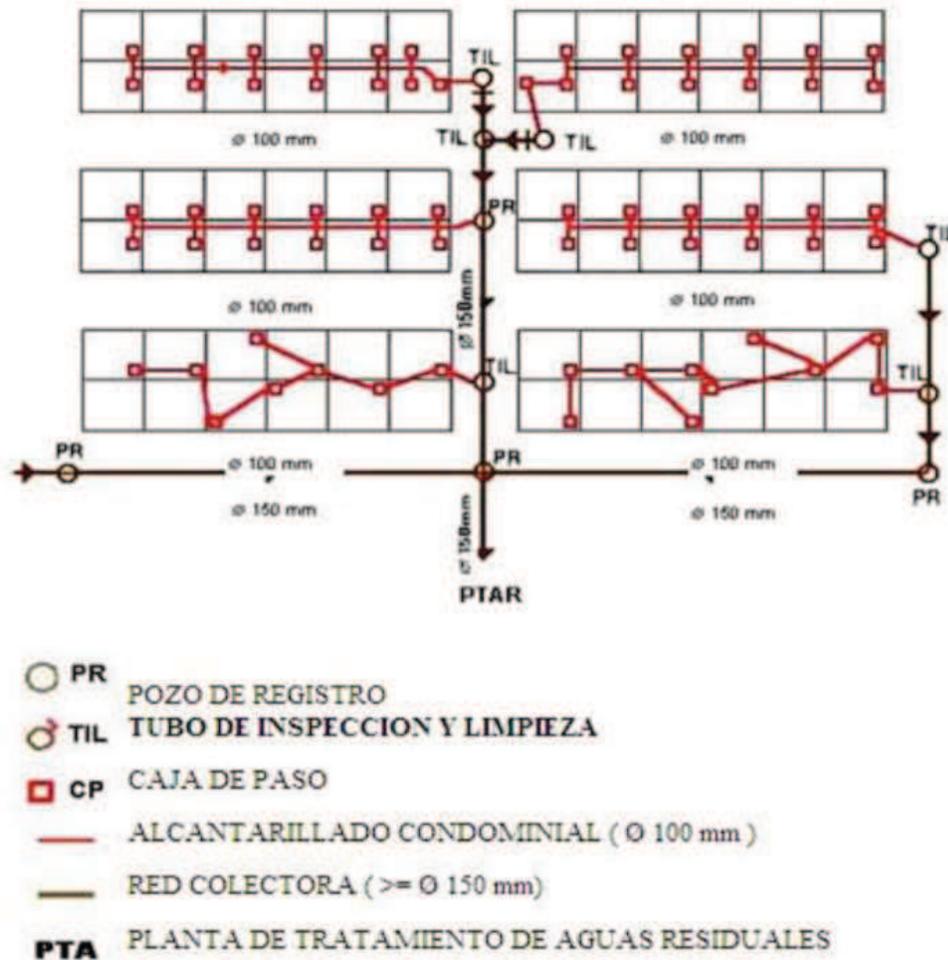


Gráfico N° 14 Esquema de una red de alcantarillado condominial

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

2.1.2.1. Consideraciones de diseño

A diferencia del alcantarillado convencional, que está diseñado para garantizar una velocidad mínima de autolimpieza, el diseño del alcantarillado simplificado se basa en una tensión de tracción mínima de 1N/m^2 (1 Pa) en el flujo máximo. El caudal mínimo debe ser de 1.5 L/s y el diámetro mínimo de alcantarillado debe medir 100 mm. Una gradiente de 0.5% suele ser suficiente. Por ejemplo, un alcantarillado de 100 mm colocado en una gradiente de 1 m a lo largo de 200 m servirá a unos 2,800 usuarios con un flujo de aguas residuales de 60L/persona/día. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

También se recomienda usar tubos de PVC. La profundidad a la que deben colocarse depende principalmente de la cantidad de tráfico. Por debajo de las aceras normalmente se utilizan cubierta de 40 a 65 cm. El diseño simplificado también puede aplicarse a los colectores; se puede colocar a poca profundidad, siempre y cuando esté lejos del tráfico. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Por lo general no es necesario contar con pozos de visita costosos. En cada unión o cambio de dirección bastará con colocar cámaras de inspección sencillas (o puntos de descarga). Las cajas de inspección también son usadas en la conexión de cada vivienda. Cuando las aguas grises de cocina contengan una cantidad significativa de aceite y grase se recomienda la instalación de trampas de grasa para evitar obstrucciones. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Las aguas grises deben ser descargadas en el alcantarillado para garantizar suficiente carga hidráulica. No se recomienda conectar aguas pluviales; sin embargo, en la práctica es difícil excluir todos los flujos de aguas pluviales, sobre todo cuando no hay tipo de drenaje. El diseño de las alcantarillas (y de la planta de tratamiento), por lo tanto, debe tener en cuenta el flujo adicional que pueda resultar de la afluencia de aguas pluviales. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.2.2. Idoneidad

El alcantarillado simplificado se puede instalar casi en todo tipo de establecimiento y es apropiado para zonas urbanas densas donde el espacio para tecnologías in situ es limitado. Debe considerarse como una opción donde haya suficiente densidad de población (alrededor de 150 personas por hectárea) y un suministro de agua fiable (al menos 60 L/persona/día). (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Donde el suelo sea rocoso o la capa freática esté alta, la excavación puede ser difícil. Bajo estas circunstancias, el costo de la instalación del alcantarillado es significativamente mayor que en condiciones favorables. El alcantarillado simplificado suele ser de 20% a 50% menos costoso que el alcantarillado convencional. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.2.3. Aspectos de salud y aceptación

Si su construcción y mantenimiento son adecuados, el alcantarillado simplificado es un medio higiénico y seguro para transportar aguas residuales. Los usuarios deben estar bien entrenados con respecto a los riesgos para la salud asociados con la eliminación de obstrucciones y el mantenimiento de cámaras de inspección. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.2.4. Operación y mantenimiento

Contar con los usuarios responsables y capacitados es esencial para garantizar que el flujo no se interrumpa y para evitar obstrucciones por basura y otros sólidos. Se recomienda lavar a menudo las tuberías para evitar dichas obstrucciones, las cuales pueden eliminarse al abrir el punto de descarga y meter un alambre rígido por el tubo. Las cámaras de inspección deben vacarse periódicamente para prevenir que la arenilla se desborde en el sistema. La operación del sistema depende de responsabilidades claramente definidas entre la autoridad de alcantarillado y la comunidad. Idealmente, las familias serán responsables del mantenimiento de las unidades de pretratamiento y de la parte condominial del alcantarillado. Sin embargo, en la práctica esto podría no ser factible porque los usuarios no pueden detectar problemas antes de que sean graves y costosos de reparar. En este caso se puede contratar a un proveedor de servicios privado o a un comité de usuarios para el mantenimiento. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.2.5. Ventajas y desventajas**Tabla N° 8 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado condominial**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1) Puede colocarse a menor profundidad y en una gradiente más plana que el alcantarillado convencional.	1) Requiere reparaciones y remociones de obstrucciones con más frecuencia que un alcantarillado convencional por gravedad.
2) Menor costo de inversión que el alcantarillado convencional; bajos costos de operación.	2) Requiere diseño y construcción por parte de expertos.
3) Puede ampliarse a medida que crece una comunidad.	3) Las fugas plantean un riesgo de exfiltración de aguas residuales y de infiltración a los acuíferos, y son difíciles de identificar.
4) Las aguas grises pueden manejarse al mismo tiempo.	
5) No requiere unidades de tratamiento primario en el sitio.	

Nota. Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3. Sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos

Un alcantarillado libre de sólidos es una red de tuberías de diámetro pequeño que transporta aguas residuales sin sólidos o aguas pre tratadas (por ejemplo, el efluente de una fosa séptica). Puede ser instalado a poca profundidad y no requiere un flujo mínimo de aguas residuales o una pendiente para funcionar. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Los alcantarillados libres de sólidos también son conocidos como alcantarillados asentados, de pequeño calibre, de diámetro pequeño, de gravedad de grado variable, o de gravedad de efluente de fosa séptica. Una condición previa para las redes de alcantarillado libre de sólidos es un pretratamiento eficiente en las viviendas. Un interceptor, por lo general la fosa séptica de una cámara, captura las partículas asentadas que pudieran obstruir las tuberías pequeñas. El interceptor de sólidos también funciona para atenuar descargas máximas. Dado que hay poco riesgo de deposiciones y obstrucciones, el alcantarillado libre de

sólidos no tiene autolimpieza, o sea, no necesita velocidad de flujo ni tensión de tracción mínimas. Requiere pocos puntos de inspección y puede tener gradientes inflexibles (esto es, pendientes negativas) y seguir la topografía. Cuando el alcantarillado sigue el contorno de la tierra, el derrame puede variar entre el flujo de canal abierto y la presión (máxima potencia). (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

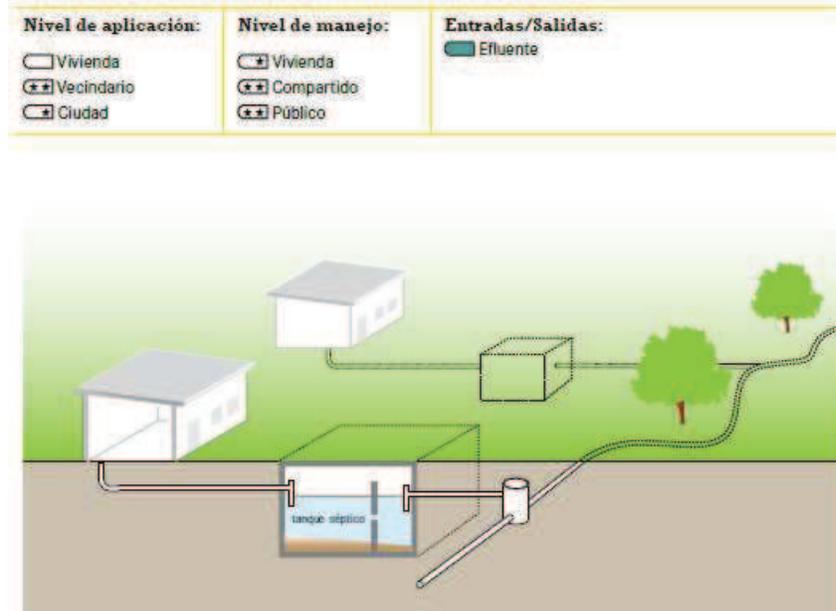


Gráfico N° 15 Sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos

Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3.1. Consideraciones de diseño

Si los interceptores son diseñados y operados correctamente, este tipo de alcantarillado no requerirá velocidades ni pendientes mínimas para la autolimpieza. Incluso los gradientes inflexibles son posibles, en tanto el extremo de aguas abajo del alcantarillado sea inferior al extremo de aguas arriba. En las secciones donde hay flujo de presión el nivel del agua en cualquier tanque interceptor debe ser mayor que la cabeza hidráulica (clave) dentro de la alcantarilla; de lo contrario, el líquido fluiría hacia el tanque. En puntos altos de secciones con flujo de presión la tubería debe estar ventilada. El alcantarillado libre de sólidos no debe instalarse en una gradiente uniforme con una alineación recta entre los puntos de inspección. La alineación puede ser curva para evitar obstáculos, permitiendo mayor tolerancia de construcción. Se necesita un

diámetro mínimo de 75 mm para facilitar la limpieza. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

No es necesario contar con pozos de registro costos porque no se requiere acceso para maquinaria de limpieza. Los puntos de descarga y lavado son suficientes y están instalados en los extremos de aguas arriba, los puntos altos, las intersecciones, o los principales cambios de dirección o tamaño. En comparación con los pozos de registro, los puntos de descarga pueden ser mejor sellados para impedir la entrada de aguas pluviales. Deben evitarse las aguas pluviales, ya que podrían superar la capacidad de los tubos y provocar obstrucciones por depósitos de arenilla. Lo ideal sería no tener aguas pluviales ni subterráneas en las alcantarillas, pero en la práctica debe esperarse que algunos empalmes no estén perfectamente sellados. Por lo tanto, se tienen que calcular los flujos de aguas pluviales y la infiltración a los acuíferos cuando se diseñe el sistema. El uso de tubos de PVC puede minimizar el riesgo de fugas. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3.2. Idoneidad

Funciona bien donde no haya espacio para un lecho de infiltración, o donde los efluentes no puedan ser desechados en el sitio (por ejemplo, debido a la baja capacidad de infiltración o acuíferos altos). También es conveniente en terrenos ondulados o en suelos rocosos. Un alcantarillado libre de sólidos puede conectarse a las fosas sépticas existentes, donde la infiltración no es apropiada (por ejemplo, debido a una mayor cantidad de viviendas o a un aumento en el uso del agua. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Al contrario del alcantarillado condominial o simplificado, el alcantarillado libre de sólidos también puede ser usado donde el consumo doméstico de agua es limitado. Esta tecnología constituye una opción flexible que puede ser fácilmente extendida a medida que la población crece. Debido a las excavaciones poco profundas y al uso de menos materiales, puede ser construida por un costo considerablemente menor que un alcantarillado convencional. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3.3. Aspecto de salud y aceptación

Si su construcción y mantenimiento son adecuados, el alcantarillado es un medio higiénico y seguro para transportar aguas residuales. Los usuarios deben estar bien entrenados con respecto a los riesgos para la salud asociados con la

eliminación de obstrucciones y el mantenimiento de tanques interceptores. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3.4. Operación y mantenimiento

Contar con usuarios responsables y capacitados es esencial para evitar las obstrucciones con basura y otros sólidos. Se recomienda desenlodar a menudo las fosas sépticas para garantizar el funcionamiento óptimo del alcantarillado, al igual que lavar con regularidad las tuberías para evitar obstrucciones. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Deben tomarse precauciones para evitar las conexiones ilegales, ya que es probable que no se instalen interceptores y que los sólidos entre al sistema. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

La autoridad de alcantarillado, un comité de usuarios o un contratista privado deben hacerse responsables del manejo, en particular, para garantizar que los interceptores sean desenlodados a menudo y para prevenir conexiones ilegales. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.1.3.5. Ventajas y desventajas

Tabla N° 9 Ventajas y desventajas de un sistema de alcantarillado libre de sólidos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
1) No Requiere una gradiente o velocidad de flujo mínima.	1) Los interceptores deben ser desenlodados con regularidad para evitar obstrucciones.
2) Puede ser usado donde el suministro de agua es limitado.	2) Requiere capacitación y aceptación para ser usado correctamente.
3) Menor costo de inversión que un alcantarillado convencional por gravedad; bajos costos de operación.	3) Necesita reparaciones y remociones de obstrucciones con más frecuencia que un alcantarillado convencional por gravedad.
4) Puede ampliarse a medida que crece la comunidad.	4) Requiere diseño y construcción por parte de expertos.
5) Las aguas grises pueden manejarse al mismo tiempo.	5) Las fugas implican un riesgo de exfiltración de aguas residuales y de infiltración a los acuíferos, y son difíciles de identificar.

Nota. Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.2. Selección de una muestra estadística apropiada para la investigación

Para seleccionar una muestra, lo primero que se hace es definir la unidad de muestreo/análisis (si se trata de individuos, organizaciones, periodos, comunidades, situaciones, piezas producidas, etc.). Una vez definido la unidad de muestreo/análisis se delimita la población. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectan datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.

Los resultados encontrados en la muestra se deben generalizar o extrapolar a la población. El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa. La esencia del muestreo cuantitativo podría esquematizarse como se presenta en el Gráfico N° 16. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

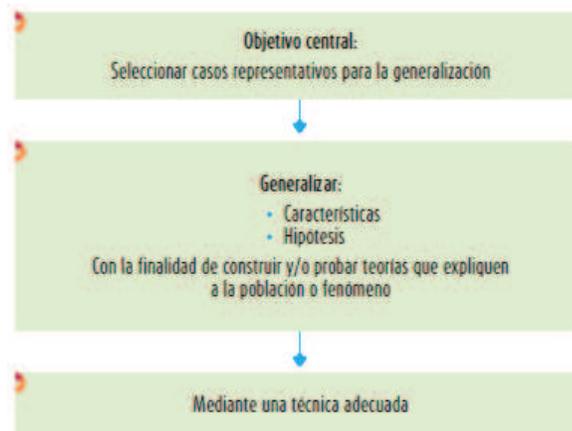


Gráfico N° 16 Esencia del muestreo cuantitativo

Fuente: (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

2.2.1. Delimitar la población

Una vez que se ha definido cuál será la unidad de muestreo/análisis, se procede a delimitar la población que va ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Llamado también Universo, es el conjunto de todos los elementos que tiene una característica o hacen parte de un espacio común y de los cuales se pretende realizar un estudio para conocer datos específicos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Por ejemplo, de la investigación sobre el uso de la televisión entre los niños, está claro que en dicha investigación la unidad de muestreo/análisis son los niños, pero, ¿De qué población se trata?, ¿De todos los niños del mundo?, ¿De todos los niños del Perú?, ¿De todos los niños de la República Mexicana? Sería muy ambicioso y prácticamente imposible referirse a poblaciones tan grandes. Así, en el ejemplo, la población se delimitaría con base al Gráfico N° 17. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

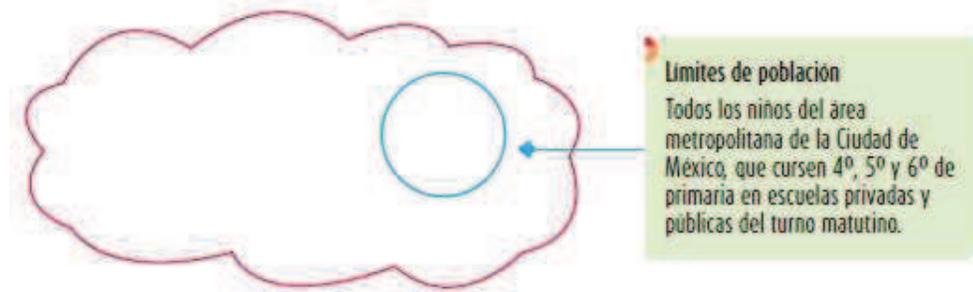


Gráfico N° 17 Ejemplo de delimitación de la población

Fuente: (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Al seleccionar la muestra se debe evitar tres errores que se pueden presentar: 1) desestimar o no elegir casos que deberían ser parte de la muestra (participantes que deberían estar, pero no fueron seleccionados), 2) incluir casos que no deberían estar porque no forman parte de la población y 3) seleccionar casos que son verdaderamente inelegibles. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Para evitar los errores antes mencionados, se debe realizar una adecuada delimitación del universo o población.

2.2.2. Seleccionar la muestra

La muestra, es en esencia, un subgrupo de la población. Es a su vez un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

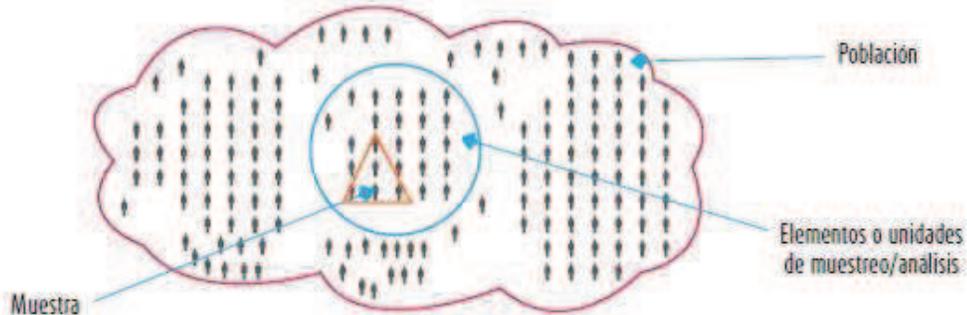


Gráfico N° 18 Representación de una muestra como subgrupo

Fuente: (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Pocas veces es posible medir toda la población, por lo que se obtiene o selecciona una muestra y, desde luego, se pretende que este subconjunto sea un reflejo fiel del conjunto de la población. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Básicamente, las muestras se categorizan en dos grandes ramas: las muestras no probabilísticas y las muestras probabilísticas. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

2.2.2.1. Muestras probabilísticas

Todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende del planteamiento del estudio, de diseño de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Las muestras probabilísticas tienen muchas ventajas; quizá la principal sea que puede medirse el tamaño del error en las predicciones, incluso el principal objetivo del diseño de una muestra probabilística es reducir al mínimo este error, al que se le llama error estándar. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Las muestras probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación, tanto descriptivos como correlacionales – causales (las encuestas de opinión o sondeos, por ejemplo), donde se pretender hacer estimaciones de variables en la población. Estas variables se analizan con pruebas estadísticas en una muestra, de la que se presupone que ésta es probabilística y que todos los elementos de la población tienen una misma probabilidad de ser elegidos. Las unidades o elementos muestrales tendrán valores muy parecidos a los de la población, de manera que las mediciones en el subconjunto nos darán estimados precisos del conjunto mayor. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

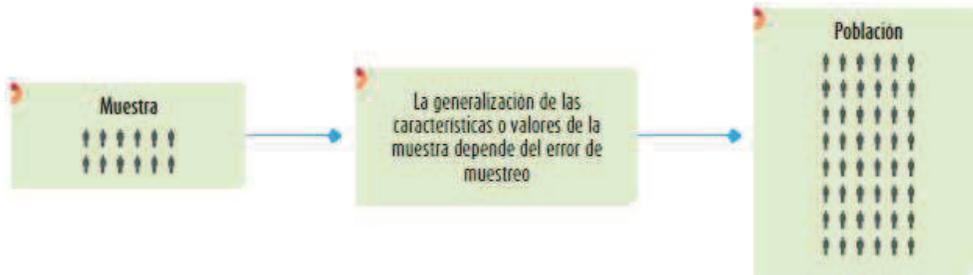


Gráfico N° 19 Esquema de la generalización de la muestra a la población

Fuente: (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

2.2.2.2. Muestras no probabilísticas

La elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014). Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Las muestras no probabilísticas también son llamadas muestras dirigidas, ya que suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Se seleccionan individuos o casos “típicos” sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada. Para fines cuantitativos, cuando la generalización o extrapolación de resultados hacia la población es una finalidad en sí misma, las muestras dirigidas implican algunas desventajas. La primera es que, al no ser probabilísticas, no es posible calcular con precisión el error estándar, es decir, no podemos determinar con qué nivel de confianza hacemos una estimación. Esto es un inconveniente si consideramos que la estadística inferencial se basa en la teoría de la probabilidad, por lo que las pruebas estadísticas en muestras no probabilísticas tienen un valor limitado a la muestra en sí, mas no la población. Es decir, los datos no pueden generalizarse a esta. En las muestras de este tipo, la elección de los casos no depende de que todos tengan la misma posibilidad de ser elegidos, sino de la decisión de un investigador o grupo de personas que recolectan los datos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

La ventaja de una muestra no probabilística, desde la visión cuantitativa, es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una “representatividad” de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características. Para el enfoque cualitativo, al no interesar tanto la posibilidad de generalizar los resultados, las muestras no probabilísticas o dirigidas son de gran valor, pues logran obtener los casos (personas, objetos, contextos, situaciones) que interesan al investigador y que llegan a ofrecer una gran riqueza para la recolección y el análisis de los datos. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

2.2.3. Cálculo del tamaño de muestra

Cuando se elabora una muestra probabilística, surge la pregunta: dado que una población es de tamaño “N”, ¿Cuál es el menor número de unidades muestrales (personas, casos, organizaciones, capítulos de telenovelas, etc.) que se necesita para conformar una muestra (n) que asegure un determinado nivel de error estándar, vale decir menor de 0.01? (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

La respuesta a la pregunta antes mencionada consiste en encontrar una muestra que sea representativa del universo o población con cierta posibilidad de error, este error debe ser minimizado y el nivel de confianza debe ser maximizado, así como la probabilidad. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

El tamaño de la muestra puede ser calculado mediante fórmulas clásicas que se han desarrollado por distintos investigadores, pero también se puede hacer uso de softwares para el cálculo del mismo:

Por ejemplo: Calcular el tamaño de la muestra representativa para el universo de número de empresas que se necesita para tener representadas a las 60 de una cierta ciudad “X”, con 90% de confianza y 6% de error máximo. (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Datos:

- Tamaño del universo: 60
- Error máximo aceptable: 6%
- Porcentaje estimado de la muestra: 50%
- Nivel deseado de confianza: 90%

El tamaño de la muestra que nos proporciona el software STATS es:

Decision Analyst STATS™ 2.0

Sample Size Determination
(Sample Size for Population Percentage Estimates)

Inputs

Universe Size
If universe is less than 99,999, replace 99,999 with the smaller number
60

Maximum Acceptable Percentage Points of Error
6%

Estimated Percentage Level
50%

Desired Confidence Level
90%

Results
The Sample Size Should Be...
46

Decision Analyst
The global leader in analytical research systems

Calculate Reset Exit

817 640-6166 | www.decisionanalyst.com

Gráfico N° 20 Cálculo del tamaño de la muestra mediante uso de software STATS

Fuente: (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

Tamaño de la muestra: 46 (número de empresas que se necesita para tener representadas a las 60 empresas de la ciudad “X”, con 90% de confianza y 6% de error máximo). (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014)

2.3. Procesos estocásticos

2.3.1. Causalidad y aleatoriedad

Si preguntáramos: ¿Cuánto tiempo tardaríamos en recorrer los 525 km que separa Lima de Huancayo, considerando que nos desplazamos con una velocidad constante de 75 km/hora?, contestaríamos sin dudar 7 horas.

Nuestra actitud sería muy distinta si previo a la pregunta, consideramos factores tales como: huaycos, choques, o distintos factores que pudiesen afectar el tiempo que nos tome el viaje de Lima a Huancayo, e incluso nuestra reacción sería distinta si nos preguntan por la cara que mostrará un dado o una moneda.

Entonces, es evidente que los resultados a las preguntas cuestionadas reflejan 2 fenómenos de naturaleza bastante distinta.

- El primero pertenece a los que podemos denominar **deterministas**, aquellos en los que la relación causa-efecto parece perfectamente determinada. En nuestro caso concreto, la conocida ecuación $e = v * t$, describe dicha relación.
- El segundo pertenece a la categoría de los denominados **aleatorios**, que se caracterizan porque aun repitiendo en las mismas condiciones el experimento que lo produce, el resultado variará de una repetición a otra dentro de un conjunto de posibles resultados.

La Teoría de la Probabilidad pretende emular el trabajo que los físicos y, en general, los científicos experimentales han llevado a cabo. Para entender esta afirmación observemos que la ecuación anterior, $e = v * t$, es un resultado experimental que debemos ver como un modelo matemático que, haciendo abstracción del móvil concreto y del medio en el que se desplaza, describe la relación existente entre el espacio, el tiempo y la velocidad. La teoría de la probabilidad nos permitirá la obtención de modelos aleatorios o estocásticos mediante los cuales podremos conocer, en términos de probabilidad, el comportamiento de los fenómenos aleatorios. (Montes Suay, 2007)

2.3.2. Definición de proceso estocástico

Se denomina **proceso estocástico** a toda variable que evoluciona a lo largo del tiempo de forma total o parcialmente aleatoria.

Un ejemplo, es la temperatura y la precipitación en Cañete, que durante años sube y baja drásticamente; su variación es parcialmente determinística y parcialmente aleatoria (Gráfico N° 21). Otro ejemplo, es la variación del precio de las acciones de la Constructora Transnacional Abengoa (Gráfico N° 22), que evoluciona de forma aleatoria, y durante el transcurrir del tiempo crece y decrece.

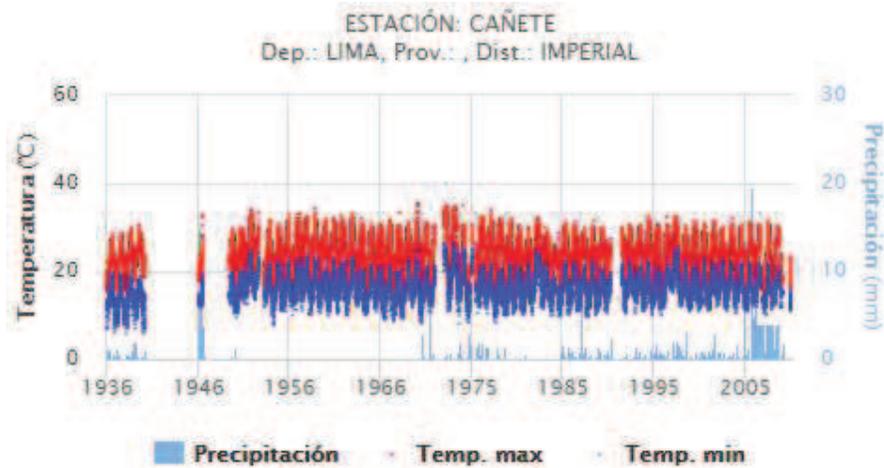


Gráfico N° 21 Variación de la temperatura y la precipitación en Cañete (1936 – 2005)

Fuente: Senamhi



Gráfico N° 22 Variación del precio de las acciones de Abengoa (abril 2019 - septiembre 2019)

Fuente: Elaboración propia

Los procesos estocásticos pueden ser clasificados en:

- ✓ **Tiempo discreto:** Cuando el valor de la variable sólo puede cambiar en una serie de momentos determinados del tiempo (por ejemplo, los sorteos de la lotería tienen lugar en determinadas fechas).
- ✓ **Tiempo continuo:** Cuando el valor de la variable puede cambiar en cualquier momento del tiempo (la temperatura, por ejemplo).

Otra forma de clasificar los procesos estocásticos es:

- ✓ **Variable continua:** La variable puede tomar cualquier valor comprendido en un rango (la temperatura, por ejemplo).
- ✓ **Variable discreta:** La variable sólo puede tomar determinados valores o estados discretos (los mercados financieros cotizan sus activos con unos precios que oscilan: de céntimo de sol en céntimo de sol, o en 1/8 de punto, etc.).

Formalmente hablando, un proceso estocástico se define por una ley de probabilidad que gobierna la evolución de una variable x (temperaturas, rendimientos, variación de los tipos de interés, etc.) a lo largo de un horizonte temporal t . De tal manera que para diferentes momentos de tiempo $t_1 < t_2 < t_3 \dots$ podemos obtener la probabilidad de que los valores correspondientes $x_1 < x_2 < x_3 \dots$ se sitúen dentro de un rango específico como, por ejemplo: (Mascareñas, 2013)

$$Prob [a_1 < x_1 < b_1]$$

$$Prob [a_2 < x_2 < b_2]$$

$$Prob [a_3 < x_3 < b_3]$$

Cuando se llegue al momento t_1 y observemos el valor correspondiente de x_1 , podemos condicionar la probabilidad de futuros sucesos a la luz de esta información (ver Gráfico N° 23).

La temperatura en Cañete es un **proceso estocástico estacionario**, es decir, que las propiedades estadísticas de esta variable son constantes durante largos periodos de tiempo. De tal manera que, aunque la tempera esperada para mañana pueda depender en parte de la de hoy, la temperatura media esperada el 25 de diciembre del próximo año y su varianza, casi no dependen de la temperatura de hoy, y su valor es igual al valor esperado de la temperatura del 25 de diciembre del siguiente año y a su varianza, siendo también igual a la temperatura esperada para el 25 de diciembre del tercer año, contando desde ahora mismo, y a su varianza, etcétera. (Mascareñas, 2013)

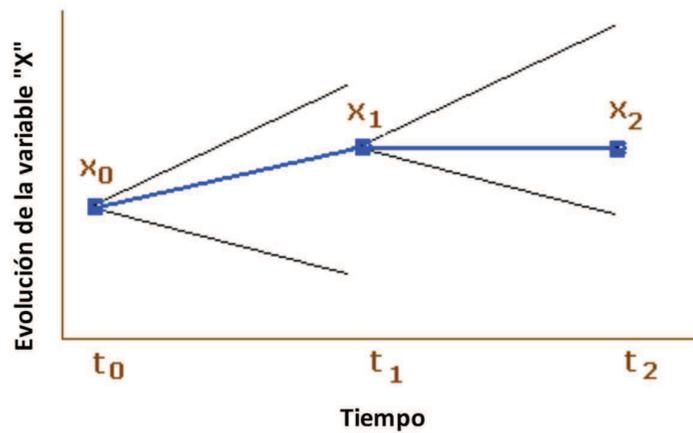


Gráfico N° 23 Condicionamiento de probabilidad de futuros sucesos

Fuente: (Mascareñas, 2013)

Por otra parte, las acciones de Abengoa son un ejemplo de un proceso estocástico no estacionario, porque el valor esperado de las mismas puede crecer o decrecer sin límites, lo que implica también que la varianza del precio en el año T va aumentando conforme aumenta T . (Mascareñas, 2013)

Tanto la temperatura en Cañete como el rendimiento de las acciones de Abengoa son **procesos estocásticos continuos en el tiempo**, porque el índice del tiempo t es una variable continua (dado que las variables varían continuamente a lo largo del tiempo). Por el contrario, los **procesos estocásticos discretos en el tiempo**, son aquellos en los que los valores de las variables sólo varían en momentos determinados (discretos) del tiempo. De forma similar, y como se mencionó líneas arriba, el conjunto de valores de x_t (los estados) también pueden ser continuos o discretos. (Mascareñas, 2013)

Podemos definir también X como el número de llamadas que se reciben en una hora, podemos decir que X sigue una distribución de Poisson de media λ . (Durban, 2013)

¿Pero, qué pasa si queremos definir ahora otra variable que corresponda al número de llamadas recibidas en la misma centralita durante todo el día de trabajo (8 horas)? (Durban, 2013)

Podríamos definir una nueva X' , variable que seguiría una distribución de Poisson, definida como número de llamadas recibidas en la centralita durante 8 horas, con una nueva λ' que sería igual a $8 \times \lambda$. (Durban, 2013)

Por ejemplo, si $\lambda=2$, las representaciones serían:

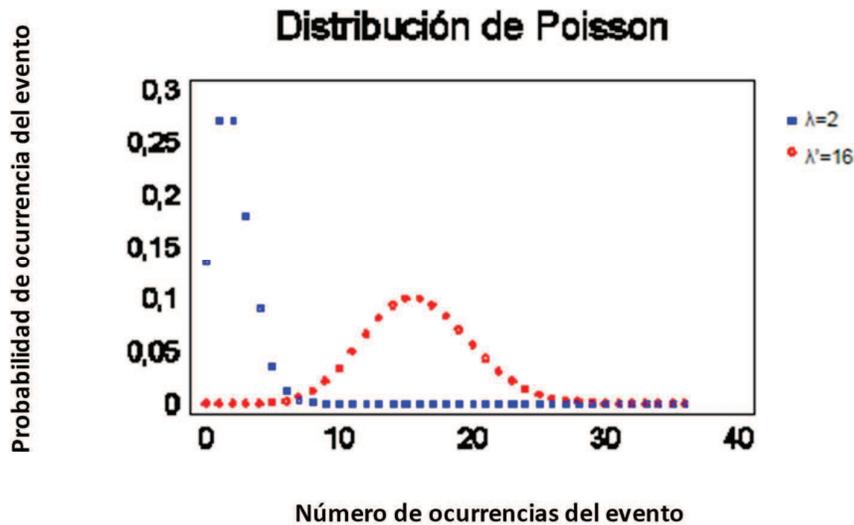


Gráfico N° 24 Distribución de Poisson para $\lambda=2$ y $\lambda=16$

Fuente: (Durban, 2013)

Así, para cada tiempo que fijemos, tendríamos una variable aleatoria. Se define entonces una familia de variables aleatorias que dependen de una variable determinista, en este caso el tiempo. (Durban, 2013)

Un proceso estocástico es una colección de variables aleatorias $\{X_t, t \in T\}$ definidas sobre un espacio de probabilidad (Ω, A, P) . (Montes Suay, 2007)

Obsérvese que el índice y el conjunto de índices se denotan mediante las letras t y T , respectivamente. La razón para ello es que en su origen los procesos estocásticos surgen del estudio de la evolución temporal de fenómenos aleatorios. Ello no presupone nada respecto a la numerabilidad de T . (Montes Suay, 2007)

Una primera clasificación de los procesos estocásticos toma como criterios el tipo de variables involucradas y la dimensión del índice. De acuerdo con ellos se pueden establecer cuatro tipos de procesos, que pueden ser de tiempo discreto o continuo, y de número de sucesos discreto o continuo (

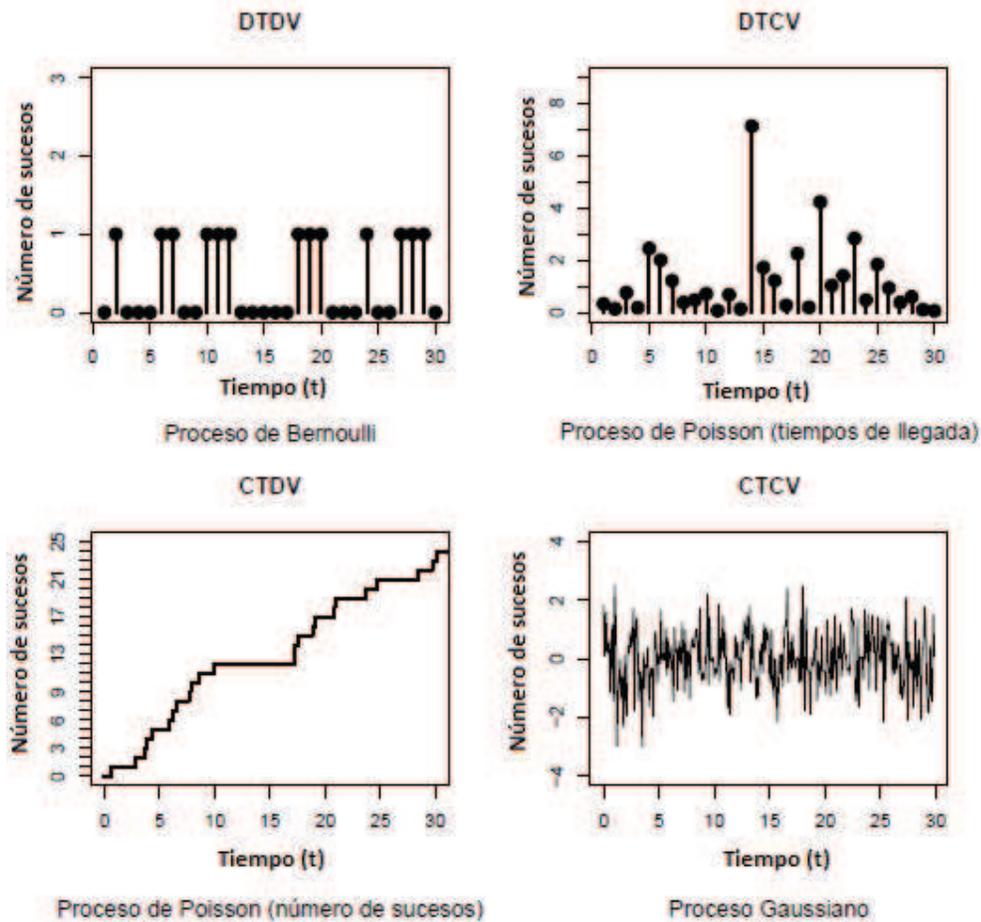


Gráfico N° 25 Tipos de procesos estocásticos

Fuente: (Montes Suay, 2007)

- DTDV (Discret Time / Discret Values), procesos con índice numerable y variables discretas, donde el tiempo y el número de sucesos toman valores discretos.
- DTCV (Discret Time / Continuous Values), procesos con índice numerable y variables continuas, donde el tiempo toma valores discretos, pero el número de sucesos toma valores continuos.
- CTDV (Continuous Time / Discret Values), procesos con índice no numerable y variables discretas, donde el tiempo toma valores continuos, pero el número de sucesos toma valores discretos.
- CTCV (Continuous Time / Continuous Values), procesos con índice no numerable y variable continuas, donde el tiempo y el número de sucesos toman valores continuos.

2.3.3. Distribuciones probabilísticas de uso común

Los valores de una variable sirven para describir o clasificar individuos o distinguir entre ellos. La mayoría de nosotros hacemos algo más que simplemente describir, clasificar o distinguir, porque tenemos ideas respecto a las frecuencias relativas de los valores de una variable. En estadística decimos que la variable tiene una función de probabilidad, una función de densidad de probabilidad o simplemente una función de distribución. (Badii & Castillo, 2007)

Las distribuciones de probabilidad están relacionadas con la distribución de frecuencias. De hecho, podemos pensar en la distribución de probabilidad como una distribución de frecuencias teórica. Una distribución de frecuencias teórica es una distribución de probabilidades que describe la forma en que se espera que varíen los resultados. Debido a que estas distribuciones tratan sobre expectativas de que algo suceda, resultan ser modelos útiles para hacer inferencias y tomar decisiones de incertidumbre. (Badii, Castillo, Landeros, & Cortez, 2007)

2.3.3.1. Distribución binomial o proceso de Bernoulli

Una distribución de probabilidad de una variable aleatoria discreta utilizada ampliamente es la distribución binomial. Esta distribución es apropiada para una variedad de procesos que describe datos discretos, que son resultado de un experimento (Badii, Castillo, Cortez, Guillen, & Villapando, 2007) conocido como proceso de Bernoulli en honor al matemático Suizo Jacob Bernoulli (1654-1705), el cual nos llevará a uno de sólo dos resultados posibles que son mutuamente exclusivos, tales como muerto o vivo, enfermo o saludable, etc., en donde la obtención del resultado deseado se considera como éxito "p" y el resultado no deseado como fracaso "q", donde, $q = 1-p$. (Badii, Castillo, Foroughbakhch, & Cortez, 2007)

Característica del proceso de Bernoulli

Se puede utilizar el resultado del lanzamiento de una moneda no alterada un cierto número de veces como ejemplo de proceso Bernoulli. El proceso se puede describir de la siguiente manera:

1. Cada ensayo conduce a uno de dos resultados posibles, mutuamente exclusivos, uno denominando éxito y el otro fracaso.
2. La probabilidad del resultado de cualquier intento permanente fijo con respecto al tiempo.

3. Los ensayos son estadísticamente independientes, es decir, el resultado de un ensayo en particular no es afectado por el resultado de cualquier otro ensayo.

Si p y $1-p$ son las probabilidades de éxito y fracaso respectivamente en cada ensayo, entonces, la probabilidad de obtener “ x ” éxitos y “ $n-x$ ” fracasos en algún orden específico se da por la siguiente ecuación: $p^x(1-p)^{n-x}$, entonces el número de formas en que podemos obtener “ x ” éxitos en “ n ” ensayos es el número de combinaciones de “ x ” objetos seleccionados de un conjunto de “ n ” objetos “ n/x ” así llegamos al siguiente resultado: (Badii & Castillo, 2009)

$$P(x) = \binom{n}{x} p^x q^{n-x}, \text{ Para } x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:

n = número de ensayos realizados.

p = probabilidad de éxito.

$q = (1-p)$ = probabilidad de fracaso.

$n - x$ = número de fracasos deseados.

P^x = probabilidad favorable.

Recordando la fórmula de combinaciones, la ecuación $P(x)$ es la siguiente:

$$P(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}$$

Propiedades de la distribución binomial

- Media: $\mu = n * p$
- Varianza: $\sigma^2 = n * p * q$
- Coficiente de sesgo: $\alpha_3 = \frac{q-p}{\sqrt{n * p * q}}$
- Desviación estándar: $\sigma = \sqrt{n * p * q}$
- Cuando “ p ” es menor que 0.5, la distribución binomial está sesgada hacia la derecha.
- Conforme “ p ” aumenta, el sesgo es menos notable.
- Cuando “ p ” = 0.5, la distribución binomial es simétrica.
- Cuando “ p ” es mayor que 0.5, la distribución esta sesgada hacia la izquierda.

2.3.3.2. Distribución de probabilidad hipergeométrica

Característica de la distribución hipergeométrica

Si se selecciona una muestra aleatoria de “n” consumidores de una población de “N” consumidores, el número “x” de usuarios que favorecen un producto específico tendría una distribución binomial cuando el tamaño muestra “n” es pequeño respecto a número de “N” de consumidores en la población, el número “x” a favor del producto tiene una distribución de probabilidad hipergeométrica, cuya fórmula es: (Badii & Castillo, 2009)

$$P(x) = \frac{C_x^r C_{N-x}^{N-r}}{C_n^N}$$

Donde:

N = número de elementos en la población.

r = número de elementos que tienen una característica específica, por ejemplo, el número de personas a favor de un producto en particular.

n = número de elementos en la muestra.

Propiedades de la distribución hipergeométrica

La distribución hipergeométrica al igual que otras distribuciones de probabilidades tiene un valor esperado o media (μ) y una desviación estándar (σ), y ambas medidas estadísticas se pueden calcular. Simbólicamente, se puede representar la media de una distribución hipergeométrica como:

a) Media: $\mu = \frac{nr}{N}$

b) Varianza: $\sigma^2 = \frac{r(N-r)n(N-n)}{N^2(N-1)}$

c) Desviación estándar: $\sigma = \sqrt{\frac{r(N-r)n(N-n)}{N^2(N-1)}}$

2.3.3.3. Distribución de probabilidad geométrica

Característica de la distribución geométrica

En un experimento binomial se tiene una serie de eventos idénticos e independientes, y que cada uno origina un “éxito” E o un “fracaso” F, con $p(E) = p$ y $p(F) = 1 - p = q$. Si el objetivo es buscar el número “x” de pruebas hasta la observación del primer éxito, entonces “x” posee una distribución de probabilidad

geométrica. El número de pruebas podría seguir indefinidamente y “x” es un ejemplo de variable aleatoria discreta que puede tomar un número infinito, pero contable de valores. Las fórmulas para la distribución geométrica son: (Badii & Castillo, 2009)

$$P(x) = pq^{x-1} \quad x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, \infty$$

Donde:

x = número de pruebas independientes hasta la ocurrencia del primer éxito.

p = probabilidad de éxito en una sola prueba, $q = 1 - p$.

Propiedades de la distribución geométrica

a) Media: $\mu = \frac{1}{p}$

b) Varianza: $\sigma^2 = \frac{1-p}{p^2}$

c) Desviación estándar: $\sigma = \sqrt{\frac{1-p}{p^2}}$

La distribución de probabilidad geométrica proporciona un modelo discreto para el lapso, el número “x” de minutos, antes de que un consumidor en una fila o línea de espera (en un supermercado, servicio de reparaciones, hospital, etc.) reciba la atención, donde el lapso o intervalo de tiempo es una variable aleatoria continua. La distribución de probabilidad geométrica es una analogía discreta de una distribución de probabilidad continua particular, conocida como exponencial. Este modelo discreto para la distribución de probabilidad de tiempo de espera “x” se basa en la suposición de que la probabilidad de recibir el servicio durante cualquier minuto es idéntica e independiente del resultado durante cualquier otro minuto y que “x” se mide en minutos “enteros”, es decir, $x = 1, 2, 3 \dots$ (Badii & Castillo, 2009)

2.3.3.4. Distribución de probabilidad normal o gaussiana

La distribución normal se utiliza cuando existe una variable aleatoria continua, donde dicha variable puede asumir cualquier valor de una gama de ellos y por tanto la distribución de probabilidad es continua. (Badii & Castillo, 2009)

Característica de la distribución gaussiana

La distribución normal presenta las siguientes propiedades:

- a) La curva es simétrica, tiene un solo pico, por consiguiente, es unimodal y presenta una forma de campana.
- b) La media de una población distribuida normalmente se encuentra en el centro de su curva normal.
- c) A causa de la simetría de la distribución normal de probabilidad, la media, la moda y la mediana de la distribución se encuentran también en el centro; en consecuencia, para una curva normal, la media, la mediana y la moda tienen el mismo valor.
- d) La curva se extiende en ambas direcciones, y tiende gradualmente a unirse con el eje horizontal, sin embargo, nunca lo interseca y tiende al infinito.

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}(x-\mu)^2/\sigma^2}$$

Donde:

μ = la media.

σ^2 = la varianza.

Σ = la desviación típica.

π = 3.1419.

e (exponencial) = 2.71828.

Propiedades de la distribución normal

La ecuación de una distribución normal con $\mu = 0$ y $\sigma = 1$, la distribución normal estandarizada es:

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}x^2}$$

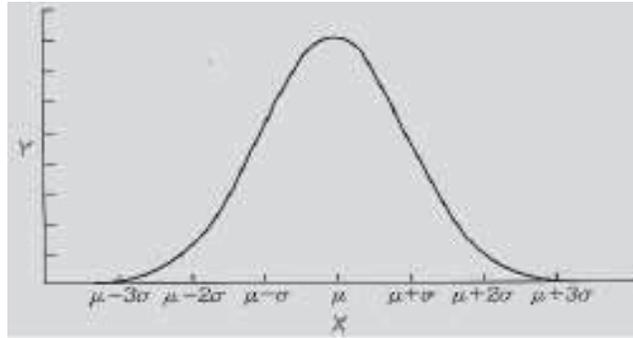


Gráfico N° 26 Distribución Normal

Fuente: (Badii & Castillo, 2009)

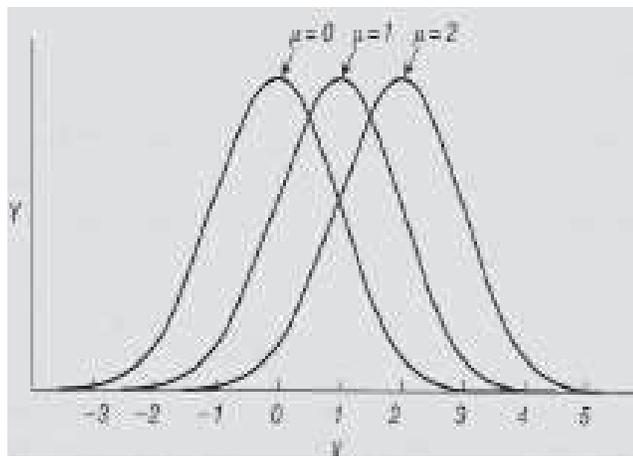


Gráfico N° 27 Distribución normal con varianzas iguales y medias aritméticas distintas

Fuente: (Badii & Castillo, 2009)

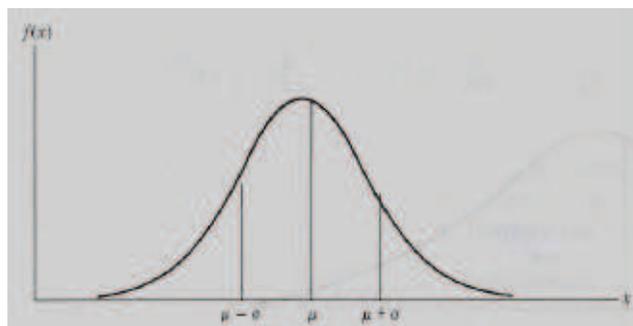


Gráfico N° 28 Función de densidad de probabilidad normal

Fuente: (Badii & Castillo, 2009)

La distribución de probabilidad normal, mostrada en el Gráfico N° 28, es simétrica respecto a la media μ .

El histograma de frecuencia relativa para muchas de las mediciones tiene forma acampanada y se puede aproximar con la función mostrada en el Gráfico N° 28.

El área total limitada por la curva y el eje "x" es 1; por tanto, el área bajo la curva entre "x" = "a" y "x" = "b", con $a < b$, representa la probabilidad de que "x" esté entre "a" y "b". (Badii & Castillo, 2009). Esta probabilidad se denota por $P\{a < x < b\}$, y se calcula de la siguiente manera:

$$\left[z = \frac{x - \mu}{\sigma} \right]$$

2.3.3.5. Distribución de probabilidad Poisson

La distribución de probabilidad de Poisson debe su nombre a Simeón Denis Poisson (1781 – 1840), un francés que desarrolló la distribución en el año 1834 a partir de los estudios sobre esta distribución (Badii, Castillo, Foroughbakhch, & Cortez, 2007). La distribución de Poisson es un buen modelo para la distribución de frecuencias relativas del número de eventos raros que ocurren en una unidad de tiempo, de distancia, de espacio, etcétera. Por esta razón se utiliza mucho en área de investigación científica, tanto en administración de empresas como en las actividades biológicas para modelar la distribución de frecuencias relativas del número de accidentes industriales por unidad de tiempo, también se usa para modelar la distribución de frecuencias relativas del número de reclamaciones de seguros, por unidad de tiempo, o la frecuencia de enfermedades raras que ocurre en una población dada. (Badii & Castillo, 2009)

Característica de la distribución de Poisson

- a) Las consecuencias de los eventos son independientes. La ocurrencia de un evento en un intervalo de espacio o tiempo no tiene efecto sobre la probabilidad de una segunda ocurrencia del evento en el mismo, o cualquier otro intervalo.
- b) Teóricamente, debe ser posible un número infinito de ocurrencias del evento en el intervalo.
- c) La probabilidad de la ocurrencia única del evento en un intervalo dado es proporcional a la longitud del intervalo.
- d) La media y la varianza son iguales.

La probabilidad de tener exactamente "x" presentaciones en una distribución de Poisson se calcula de la siguiente manera:

$$P(x) = f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

Donde:

P(x) = probabilidad de tener exactamente x presentaciones.

$$e^{-\lambda} = 2.71828^{-\lambda}$$

λ = parámetro de distribución o media donde $\lambda = p(x)$, es el número promedio de ocurrencias de eventos raros por unidad de tiempo de distancia de espacio.

X = número de eventos raros por unidad de distancia de espacio.

2.4. Tanques sépticos

2.4.1. Generalidades

Las aguas residuales recolectadas del desagüe de las alcantarillas de la casa deben someterse a tratamiento antes de la descarga a un área de absorción del suelo o a un sistema de alcantarillado de diámetro pequeño. Los dispositivos tales como tanques sépticos o unidades de tratamientos mejorados (ETU) proporcionan diversos grados de tratamiento físico y biológico. El tratamiento físico está restringido a procesos que dependen de la concentración de desechos y la calidad del agua residual. (New York State Department of Health, 2012)

Las fosas sépticas son cámaras de sedimentación que reducen la turbulencia y la velocidad de las descargas de aguas residuales domésticas y permiten tiempo para la separación física de la mayoría de los sólidos flotantes y sedimentables en las aguas residuales. Los materiales más pesados que el agua se depositan en el fondo y forman "lodo". Los materiales más ligeros que el agua ascienden a la superficie y forman "espuma". Es importante que la espuma y el lodo no escapen del tanque séptico, y sobrecarguen u obstruyan el campo de absorción. En el Gráfico N° 30 se muestra un tanque séptico típico. Dos grupos de bacterias, aeróbicas y anaeróbicas, proporcionan tratamiento biológico de aguas residuales. Las bacterias aeróbicas degradan la materia orgánica en presencia de aire u oxígeno. Las bacterias anaeróbicas realizan una función similar en ausencia de oxígeno elemental, pero a un ritmo mucho más lento. Las fosas sépticas son

cámaras estancas de gran tamaño que promueven el crecimiento de bacterias anaeróbicas para la descomposición biológica de las aguas residuales y proporcionan tiempo de retención para la formación de sedimentos y escoria. Las fosas sépticas deben dimensionarse para un tiempo mínimo de detención de 36 horas y deben estar construidas con un deflector o un punto sanitario en la entrada y la salida del tanque para asegurar la retención de material flotante y sólidos sedimentables. El rendimiento de un tanque séptico se puede mejorar instalando un filtro de efluente en la salida y haciendo compartimientos en el tanque séptico. Ni la espuma ni los lodos deben ser limpiados del tanque séptico por las aguas residuales que fluyen a través del tanque. Los gases en aumento producidos de manera rutinaria por la digestión anaeróbica de la materia orgánica en tanques sépticos interfieren con la sedimentación de partículas y provocan la resuspensión de los sólidos sedimentados previamente (lodo). Por lo tanto, como mínimo, el deflector de salida o T sanitaria debe estar equipado con un dispositivo de deflexión de gas para minimizar el flujo de tales partículas / sólidos fuera del tanque séptico. (New York State Department of Health, 2012)

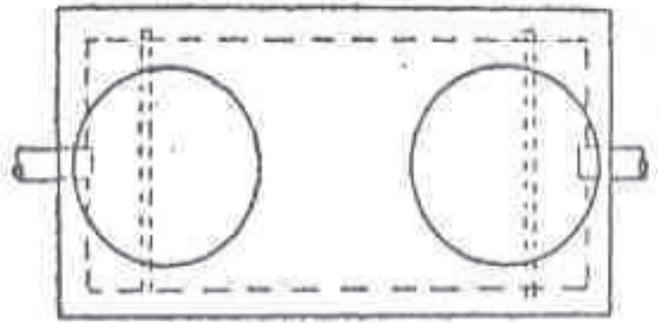
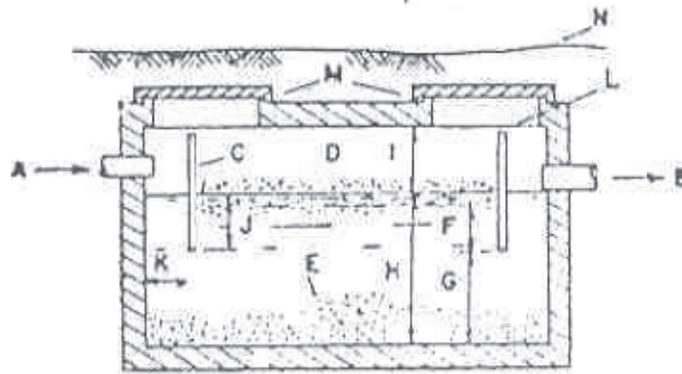


Gráfico N° 29 Vista en planta de Tanque Séptico Típico

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)



- A. _ ENTRADA
- B. _ SALIDA
- C. _ PANTALLA
- D. _ ESPUMA FLOTANTE
- E. _ LODOS
- F. _ ESPACIO PARA ESPUMA
- G. _ ESPACIO PARA LODO
- H. _ ALTURA DEL AGUA DE EL TANQUE
- I. _ ESPACIO LIBRE
- J. _ ALTURA DE PENETRACION DE LA PANTALLA
- K. _ DISTANCIA DE LA PANTALLA A LA PARED. 20-30 cms.
- L. _ ESPACIO LIBRE ENTRE LA PANTALLA Y TECHO. 2-5 cms PARA VENTILACION
- M. _ TAPAS DEL TANQUE. PREFERIBLE CIRCULAR
- N. _ NIVEL DE TERRENO APROXIMADO 30 cms BAJO LA LOSA DEL TANQUE

Gráfico N° 30 Vista en perfil de Tanque Séptico Típico

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)

Se recomienda aumentar el diámetro de la sección vertical de un tee sanitario de salida a más de cuatro (4) pulgadas para disminuir la velocidad de flujo ascendente y la posible descarga de sólidos suspendidos del tanque séptico. El uso de un filtro de efluente también minimiza el flujo de artículos / sólidos fuera del tanque séptico. Los tanques más grandes tienen la ventaja de proporcionar tiempos de detención más largos, requieren bombeos menos frecuentes y pueden acomodar cambios en el hogar (como agregar dormitorios, bañera de hidromasaje o triturador de basura). Los tanques más grandes suelen proporcionar un buen retorno de costo-beneficio. (New York State Department of Health, 2012)

2.4.2. Funcionamiento del tanque séptico

Un tanque o fosa séptica es una cámara resistente al agua hecha de concreto, fibra de vidrio, PVC o plástico, a través de la cual fluyen aguas negras y aguas grises para su tratamiento primario. Los procesos de asentamiento y anaerobios reducen

los materiales sólidos y los orgánicos, pero el tratamiento solo es moderado. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

El líquido fluye a través de la fosa y las partículas pesadas se asientan en el fondo, mientras que la espuma (sobre todo aceite y grasa) flota hacia la superficie. Con el tiempo, los sólidos que se asientan en el fondo son degradados anaerobiamente. Sin embargo, la tasa de acumulación es mayor que la tasa de descomposición, y el lodo y la espuma que se acumulan deben eliminarse periódicamente. El efluente de la fosa séptica debe dispersarse mediante un pozo de absorción, lecho de infiltración, o bien, ser transportado a otra tecnología de tratamiento a través de un alcantarillado libre de sólidos. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Generalmente, puede esperarse la eliminación de 50% de sólidos, 30 a 40% de DBO y una reducción logarítmica de 1 de E. coli en una fosa séptica bien diseñada y mantenida, aunque la eficiencia varía mucho dependiendo de su operación y mantenimiento, así como de las condiciones climáticas. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

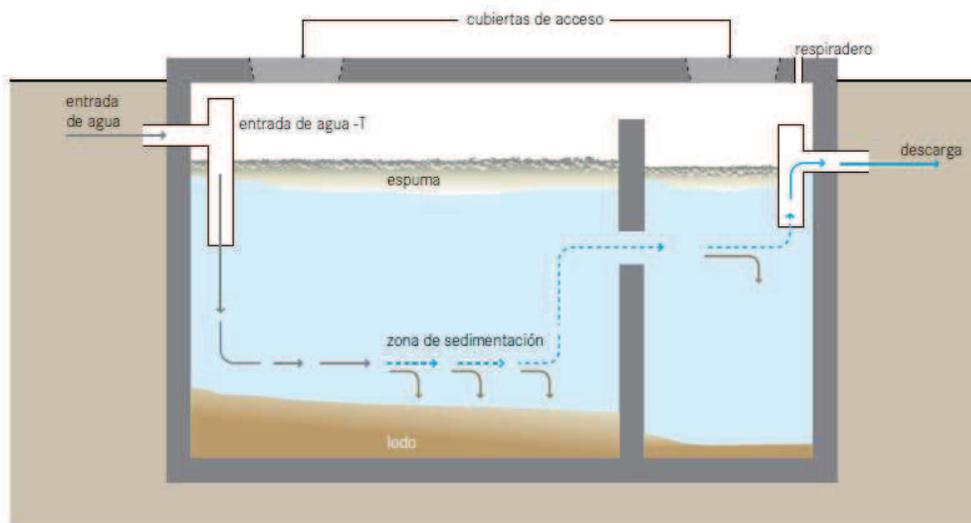


Gráfico N° 31 Tanque (o fosa) séptica

Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.4.3. Uso del tanque séptico

IDONEIDAD

Esta tecnología se aplica comúnmente a viviendas. Se pueden diseñar tanques sépticos más grandes y con varias cámaras para grupos de viviendas o edificios públicos (por ejemplo: escuelas).

Un tanque séptico es apropiado donde hay una forma de dispersar o transportar el efluente. Si se utilizan tanques sépticos en zonas densamente pobladas no se debe usar infiltración en el sitio; de lo contrario, la tierra se sobresaturará y se contaminará, y las aguas podrían llegar a la superficie, lo cual plantearía un riesgo grave para la salud. En cambio, los tanques sépticos deben conectarse a algún tipo de tecnología de conducción, a través de la cual el efluente sea transportado a otro sitio para su tratamiento posterior o disposición final. A pesar de que los tanques sépticos son resistentes al agua, se recomienda no construirlas en zonas con napas freáticas altas, o donde haya inundaciones frecuentes.

Dado que el tanque séptico debe ser desenlodada de vez en cuando, es necesario el acceso para un camión aspirador hasta el sitio. A menudo las fosas sépticas se instalan en las viviendas bajo la cocina o el baño, lo que dificulta su vaciado.

Los tanques sépticos pueden instalarse en cualquier clima, aunque su eficiencia será menor en climas más fríos, ya que no son eficientes para la eliminación de nutrientes ni de patógenos. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

ASPECTOS DE SALUD Y ACEPTACIÓN

Bajo condiciones normales de funcionamiento, los usuarios beneficiarios no entran en contacto con el afluente o efluente. El efluente, la espuma y el lodo tienen que manejarse con cuidado, ya que contienen altos niveles de organismos patógenos. Los usuarios deben tener cuidado al abrir el tanque para evitar la liberación de gases inflamables y tóxicos. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Debido a su delicada ecología, se debe tener cuidado de no descargar productos químicos fuertes en el tanque séptico. Los niveles de espuma y lodo deben ser monitoreados para garantizar que el tanque esté funcionando bien. En general, el tanque séptico tiene que vaciarse cada dos a cinco años, para esto se puede usar tecnología de vaciado y transporte motorizado, aunque el vaciado y el transporte manual también es una opción. (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

El tanque séptico debe ser revisado periódicamente para garantizar que sigan siendo resistentes al agua.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Tabla N° 10 Ventajas y desventajas del Tanque Séptico

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología sencilla y fuerte. • No requiere energía eléctrica. • Bajos costos de operación. • Larga vida útil. • Requiere un terreno pequeño (se puede construir bajo tierra). 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca reducción de patógenos, sólidos y orgánicos. • Debe garantizarse un desenlodado frecuente. • El efluente y el lodo requieren tratamiento adicional y/o descarga apropiada.

Nota. Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

2.4.4. Tanques sépticos de varios compartimientos o tanques sépticos en serie

Múltiples compartimientos en un tanque séptico o tanques en serie dan como resultado una mejor retención de sólidos flotantes y sedimentables. El segundo compartimento o tanque tiene una turbulencia, velocidad y caudales instantáneos reducidos que los que se producirían en un tanque de un solo compartimento. La compartimentación del tanque y las modificaciones de salida (filtro de efluentes y / o dispositivo deflector de gas) reducirán la liberación de sólidos suspendidos y reducirán los riesgos de obstrucción del sistema de absorción y, por lo tanto, son altamente recomendables. Un típico tanque séptico de doble compartimento se muestra en el Gráfico N° 31. (New York State Department of Health, 2012)

- a) Se recomiendan tanques dobles o dos (2) tanques en serie para todos los sistemas y se requerirán cuando: (1) se propone un sistema de montículo, (2) se propone un sistema intermitente de filtro de arena, o (3) se puede esperar razonablemente que se use un triturador de basura en el momento de la construcción del hogar o en el futuro. (New York State Department of Health, 2012)

- b) El primer compartimento o el primer tanque en serie debe acumular entre el 60% a 75% del volumen total de diseño. (New York State Department of Health, 2012)
- c) El deflector que separa los compartimentos del tanque se extenderá desde la parte inferior del tanque a al menos seis (6) pulgadas (15 centímetros) por encima de la parte invertida de la tubería de salida. El deflector que separa los compartimentos del tanque terminará al menos una (1) pulgada (2.5 centímetros) por debajo de la parte inferior del techo del tanque para permitir la ventilación de los gases del tanque. (New York State Department of Health, 2012)
- d) Cada compartimento debe tener al menos una (1) tapa de inspección y una abertura de acceso visual sobre el deflector de entrada / salida. Una abertura de registro puede reemplazar una abertura de acceso visual. Una tapa de inspección que se abre por encima del deflector de entrada / salida satisface el requisito. (New York State Department of Health, 2012)

2.4.5. Tipo de tanques sépticos por el material usado en su fabricación

2.4.5.1. Tanques sépticos prefabricado de concreto armado

- a) El concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de 2,500 libras por pulgada cuadrada (psi) (175 kg/cm²) a 28 días establecidos. Es recomendable 3,000 psi (210 kg/cm²) de concreto. (New York State Department of Health, 2012)
- b) El espesor de la pared debe ser de un mínimo de tres (3) pulgadas. Todas las paredes, piso, techo y cubiertas de acceso deberán contener acero de refuerzo. (New York State Department of Health, 2012)
- c) Todas las juntas y orificios de drenaje deben estar sellados de manera que el tanque sea hermético. (New York State Department of Health, 2012)
- d) Los tanques con una junta debajo del nivel del líquido deben someterse a pruebas de estanqueidad antes de rellenarlos. (New York State Department of Health, 2012)

2.4.5.2. Tanques sépticos de concreto armado in situ

- a) El concreto debe tener una resistencia mínima a la compresión de 2,500 libras por pulgada cuadrada (psi) (175 kg/cm²) a 28 días establecidos. Es

recomendable 3,000 psi (210 kg/cm²) de concreto. (New York State Department of Health, 2012)

- b) Las paredes y los pisos se deben verter al mismo tiempo (vertido monolítico). (New York State Department of Health, 2012)
- c) Las paredes, los pisos y el techo deben ser de al menos tres (3) pulgadas (7.5 centímetros) de espesor con un refuerzo adecuado para asegurar un soporte de 300 psf. Las paredes y el piso no reforzado deben tener un espesor mínimo de seis (6) pulgadas (15 centímetros). (New York State Department of Health, 2012)
- d) Las cubiertas de acceso deben contener refuerzo para asegurar soporte para 300 psf. (New York State Department of Health, 2012)
- e) Los tanques con una junta debajo del nivel del líquido deben someterse a pruebas de estanqueidad antes de rellenarlos. (New York State Department of Health, 2012)

2.4.5.3. Tanques sépticos de fibra de vidrio y polietileno

- a) Todas las paredes, el piso, el techo y las cubiertas de acceso deben asegurar un soporte de 300 psf. (New York State Department of Health, 2012)
- b) La instalación no se debe dar en áreas donde el nivel del agua subterránea puede elevarse al nivel del fondo del tanque séptico a menos que el fabricante tenga una característica o método de instalación que impida que el tanque flote. Se deben seguir las recomendaciones de instalación del fabricante. (New York State Department of Health, 2012)
- c) Se debe tener especial cuidado durante la instalación, la cama y el relleno de estos para evitar daños a los tanques. Se deben seguir las instrucciones de instalación del fabricante. Estos tanques a veces se seleccionan para su instalación en sitios de difícil acceso debido al peso ligero del tanque. (New York State Department of Health, 2012)
- d) Todos los tanques deben ser vendidos por el fabricante completamente ensamblados. Si un tanque es entregado a un sitio en secciones, todas las uniones deberán sellarse con juntas herméticas y se someterá a pruebas de estanqueidad después de la instalación y antes del relleno. Los tanques con una junta debajo del nivel del líquido deben someterse a pruebas de estanqueidad antes de rellenarlos. (New York State Department of Health, 2012)

- e) El fabricante o proveedor debe instalar deflectores de entrada y salida o camisas sanitarias o el fabricante deberá proporcionar herramientas, equipos y / o instrucciones apropiadas para instalar la entrada y la salida. Se deben seguir las recomendaciones de instalación del fabricante. (New York State Department of Health, 2012)

2.4.5.4. Tanques sépticos de acero

- a) El material usado debe ser anticorrosivo. (New York State Department of Health, 2012)
- b) Cualquier daño en el revestimiento interior o exterior del tanque debe ser solaqueado con un material de recubrimiento equivalente antes de la colocación / relleno, ya que las superficies de hacer no protegidas se deterioran rápidamente por la corrosión. (New York State Department of Health, 2012)
- c) Todas las paredes, el piso, el techo y las cubiertas de acceso deben garantizar el soporte para 300 psf. (New York State Department of Health, 2012)

2.5. Hidráulica de tuberías

2.5.1. Diseño de tuberías

Sea una tubería de sección variable como la mostrada en el Gráfico N° 32. Aplicando la ecuación de la energía entre las secciones 1 y 2 se tiene: (Rocha Felices, 2007)

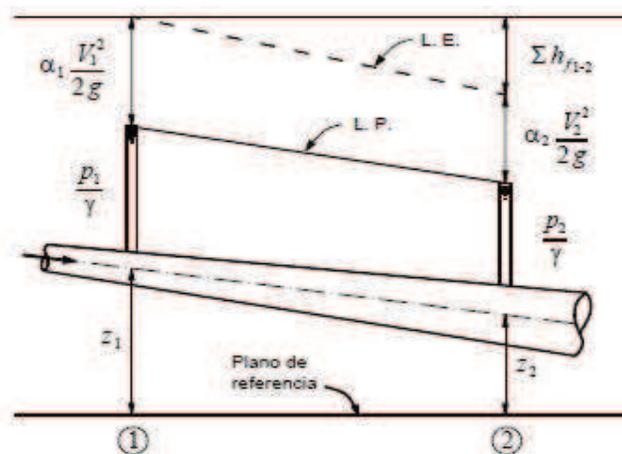


Gráfico N° 32 Ecuación de la energía en una tubería

Fuente: (Rocha Felices, 2007)

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \sum h_{f_{1-2}}$$

Al pasar de la sección 1 a la sección 2 hay una parte de la energía que “se pierde”, esta es la que no se transforma en presión, velocidad o elevación. Es la energía consumida en forma de fricción y que denominamos h_f , pérdida de energía o pérdida de carga. (Rocha Felices, 2007)

Para el movimiento uniforme, la sección transversal es invariable, por lo tanto, la velocidad también lo es y la energía de velocidad es constante, y para este caso α_1 es igual a α_2 .

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

Entonces, la ecuación de la energía es:

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \sum h_{f_{1-2}}$$

A la línea que resulta de unir las elevaciones a las que sube el líquido en una serie de piezómetros instalados a lo largo de la tubería se le denomina línea piezométrica o línea de gradiente hidráulica (L.P.). (Rocha Felices, 2007)

Si en cada sección se adiciona la cota piezométrica el valor correspondiente a la energía de velocidad se obtiene la línea de energía. En el movimiento uniforme a la línea de energía y la línea piezométrica son paralelas. (Rocha Felices, 2007)

Con respecto a la línea de gradiente o piezométrica se definen los siguientes conceptos:

- La línea gradiente indica por medio de su altura sobre el eje de la tubería la presión en cualquier punto de ella.
- En una tubería o en tuberías de igual rugosidad y diámetro, cuanto mayor es la pendiente o inclinación de la línea de gradiente tanto mayor será la velocidad del fluido.
- La línea de gradiente hidráulica indica por su descenso vertical la energía perdida entre dos secciones (para el movimiento uniforme).
- La gradiente hidráulica es recta para tuberías rectas de sección transversal constante y para tuberías cuya longitud sea aproximadamente igual a la línea que une sus extremos.

La línea de energía siempre desciende en la dirección del escurrimiento, salvo que se coloque una bomba. (Rocha Felices, 2007)

La línea de gradiente hidráulica no siempre desciende en la dirección del escurrimiento. (Rocha Felices, 2007)

La línea de energía y la de gradiente coinciden con la superficie libre para un líquido en reposo. Tal sería el caso de un estanque. (Rocha Felices, 2007)

En la ecuación de la energía se hace mención a $\sum h_{f_{1-2}}$, esto representa la suma de todas las pérdidas de carga (energía) que ocurren entre las secciones comparadas.

Estas pérdidas de carga son fundamentalmente de dos tipos: continuas y locales.

Las pérdidas de carga continuas se deben a la fricción y se calculan por medio de la fórmula de Darcy:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Las pérdidas de carga locales o singulares ocurren en determinados puntos de la tubería y se deben a la presencia de algo especial que se denomina genéricamente singularidad: un codo, una válvula, un estrechamiento, etc. (Rocha Felices, 2007)

En el Gráfico N° 33 se observa una tubería mostrando la línea de energía y la súbita caída que experimenta como consecuencia de una singularidad, que produce una pérdida de carga local (h_{loc}). (Rocha Felices, 2007)

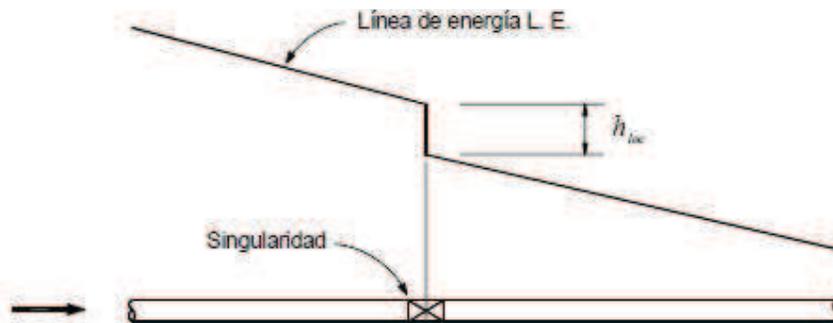


Gráfico N° 33 Pérdida de carga local

Fuente: (Rocha Felices, 2007)

Las pérdidas de carga locales se expresan genéricamente en función de la velocidad en la tubería, h_{loc} es la pérdida de carga local expresada en unidades de longitud, K es un coeficiente adimensional que depende de las características de la singularidad que genera la pérdida de carga (codo, válvula, etc) así como el número de Reynolds y de la rugosidad, V es la velocidad media en la tubería.

A las pérdidas de carga locales también se les denomina pérdidas menores. Esto en razón que en tuberías muy largas la mayor parte de la pérdida de carga es continua. Sin embargo, en tuberías muy cortas las pérdidas de carga locales pueden ser proporcionalmente muy importantes. (Rocha Felices, 2007)

$$h_{loc} = K \frac{V^2}{2g}$$

Radio Hidráulico R, es la relación que existe entre el área transversal y el perímetro mojado de un conducto hidráulico.

$$R = \frac{A}{P}$$

Para una tubería de sección circular se tiene:

$$R = \frac{D}{4}$$

2.5.2. Ecuaciones hidráulicas típicas

2.5.2.1. La Ecuación de Hazen-Williams

Debido a la complejidad de las ecuaciones de Prandtl y Von Kármán, y la ecuación de Darcy Weisbach, se siguió un camino independiente para obtener ecuaciones que permitieran hacer cálculos y diseños de flujos en tuberías. (Saldarriaga, 2007)

Una de las ecuaciones empíricas (independientes del análisis de Darcy) más exitosas fue la de Hazen-Williams (desarrollada por G.S. Williams y A.H. Hazen 1906). La forma original de esta ecuación, planteada en unidades del sistema internacional, era la siguiente: (Saldarriaga, 2007)

$$v = 0.849 \times C_{hw} \times R^{0.63} \times S^{0.54}$$

Donde:

v : velocidad media de la tubería. (m/s)

R : radio hidráulico (m)

S: pérdida de energía por unidad de peso (altura) por unidad de longitud.

C_{hw} : coeficiente de rugosidad de la tubería.

La ecuación de Hazen y Williams expresado en términos de gasto es la siguiente:
(Rocha Felices, 2007)

$$Q = 0.000426 \times C_{hw} \times D^{2.63} \times S^{0.54}$$

Donde:

Q: gasto en litros por segundo.

C_{hw} : coeficiente de Hazen y Williams.

D: diámetro en pulgadas.

S: pendiente de la línea de energía en metros por km.

Para una tubería en el cual el diámetro, la longitud y el coeficiente de resistencia son constantes, se tiene lo siguiente:

$$Q = K \times hf^{0.54}$$

Donde:

$$K = 0.000426 \times C_{hw} \times D^{2.63} \times L^{-0.54}$$

Los valores de la constante C_{hw} de Hazen y Williams han sido determinados experimentalmente, mismos que son función de la naturaleza de las paredes. Los valores usuales son los mostrados en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 Coeficientes de Hazen y Williams

NATURALEZA DE LAS PAREDES	C_H
Extremadamente lisas y rectas	1440
Lisas	130
Madera lisa, cemento pulido	120
Acero ribeteado	110
Fierro fundido viejo	95
Fierro viejo en mal estado	60-80
Fuertemente corroído	40-50

Nota. Fuente: (Rocha Felices, 2007)

- Si el diámetro D y la pendiente de la línea de energía S se mantienen constantes, se tendría:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_{HW_1}}{C_{HW_2}}$$

Significa esto que, si el coeficiente C_{HW} varía, el gasto variará en la misma proporción. Podría también aplicarse este concepto a dos tuberías que tengan el mismo diámetro y el mismo valor de S . Sus gastos estarán en la misma proporción que sus respectivos coeficientes de Hazen y Williams. (Rocha Felices, 2007)

- Si el diámetro y el gasto permanecen constantes, entonces:

$$C_{HW_1} \times S_1^{0.54} = C_{HW_2} \times S_2^{0.54}$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{C_{HW_1}}{C_{HW_2}} \right)^{1.85}$$

El coeficiente de Hazen-Williams (C_{HW}) es más una medida de la rugosidad relativa que de la rugosidad absoluta de la tubería. El coeficiente C_{HW} no es una característica física del tubo. Es una característica del tubo, del flujo y del fluido. Por esta razón, el uso de la ecuación de Hazen y Williams tiene que estar limitado a ciertas características del fluido y del flujo. Los límites, establecidos claramente los investigadores en sus pruebas experimentales, son los siguientes: (Saldarriaga, 2007)

- a) El fluido debe ser agua o agua residual a temperaturas normales.
- b) El diámetro debe ser superior o igual a 50 mm (2 pulg).
- c) La velocidad en las tuberías debe ser inferior a 3 m/s (10 pies/seg).

2.5.2.2. La Ecuación de Manning

Es la fórmula cuyo uso se encuentra más extendido en la actualidad. Proviene de considerar que en la fórmula de Chezy el coeficiente C es: (Rocha Felices, 2007)

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Pero se conoce que la ecuación general para el cálculo de la velocidad media de un conducto es:

$$V = C \times \sqrt{R \times S}$$

Donde V es la velocidad media, C es el coeficiente de Chezy, R es el radio hidráulico y S es la pendiente.

Reemplazando el coeficiente C en la ecuación general para el cálculo de la velocidad media, se tiene:

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

Los valores del coeficiente de rugosidad son los de Kutter, los mismos que se utilizan en la fórmula de Ganguillet-Kutter:

Tabla N° 12 Valores del Coeficiente "n" de Kutter

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, lisa, pintada	0.013
Superficie, metálica, corrugada	0.025
Cemento liso	0.011
Mortero de cemento	0.013
Madera cepillada	0.012
Tablones sin cepillar	0.014
Concreto liso	0.013
Concreto frotachado	0.015
Gunita (sección bien terminada)	0.019
Gunita (sección ondulada)	0.022
Superficie asfáltica lisa	0.013
Superficie asfáltica rugosa	0.016
Tierra, limpia, sección nueva	0.018
Tierra, limpia, sección antigua	0.022
Tierra gravosa	0.025
Tierra, con poca vegetación	0.027
Tierra, con vegetación	0.035
Tierra, con pedrones	0.040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0.010
Acero soldado	0.012
Acero riveteado	0.016
Fierro fundido	0.013 - 0.014
Cemento liso	0.011 - 0.013
Vidrio	0.010

Nota. Fuente: (Rocha Felices, 2007)

Se observa que las dimensiones de n son $TL^{-1/3}$. En consecuencia, al tener “ n ” unidades debería de cambiar de un sistema de unidades a otro. Sin embargo, desde el principio se impusieron los valores de “ n ” determinados por Kutter (sistema métrico decimal) y se halló una solución práctica que consiste en considerar a “ n ” como adimensional e incorporar en la ecuación de Manning, en unidades inglesas, un factor de corrección que es parte de la fórmula. (Rocha Felices, 2007)

Así se tiene que, en el sistema de unidades inglesas, la ecuación de Manning es:

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Las unidades de 1.4886 son $ft^{1/3}/sec$. ($1.486 = 3.2808^{1/3}$). En el sistema métrico decimal la constante vale 1 y sus unidades son $m^{1/3}/s$. (Rocha Felices, 2007)

La fórmula de Manning es de carácter empírico; por tanto, está limitado a condiciones determinadas:

- La fórmula de Manning es aceptable para valores intermedios de la rugosidad relativa. Tampoco hay que olvidar que una expresión de este tipo no puede englobar la acción de la viscosidad. Es de suponer que su poca exactitud disminuya con números Reynolds bajos. (Rouse, 1951)

En la literatura europea es frecuente que la fórmula aparezca con el nombre de Strickler o de Manning-Strickler, con la siguiente formula: (Rocha Felices, 2007)

$$V = kR^{2/3} S^{1/2}, \text{ donde } k = \frac{1}{n}$$

La ecuación de Strickler se conoce frecuentemente en los libros franceses con el nombre de fórmula de Gauckler, quien fue un ingeniero que en 1868 publicó en “Annales des Ponts et Chaussées” la fórmula en cuestión, la misma que en 1891 fue atribuida en su forma actual al irlandés Manning.

2.5.2.3. La Ecuación de Colebrook-White

La gran mayoría de los flujos en tuberías, cuando por ellas fluye agua, se encuentra en la zona de transición de los diagramas de Nikuradse y Moody; por ello, no se podía aplicar ninguna de las ecuaciones de diseño de Prandtl y Vin Kármán. Dos investigadores ingleses, C.F. Colebrook y H. White, hicieron una clasificación de las rugosidades relativas con el fin de entender mejor el flujo

transicional. (Saldarriaga, Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos, 2007)

Desde el punto de vista hidráulico no se puede decir que un determinado contorno es en sí liso o rugoso. Depende también de las características del escurrimiento. Un contorno puede comportarse como liso frente a un flujo, pero como rugoso frente a otro flujo. Todo depende de la relación entre el tamaño de la rugosidad y el espesor de la subcapa laminar que podrías desarrollarse. (Rocha Felices, 2007)

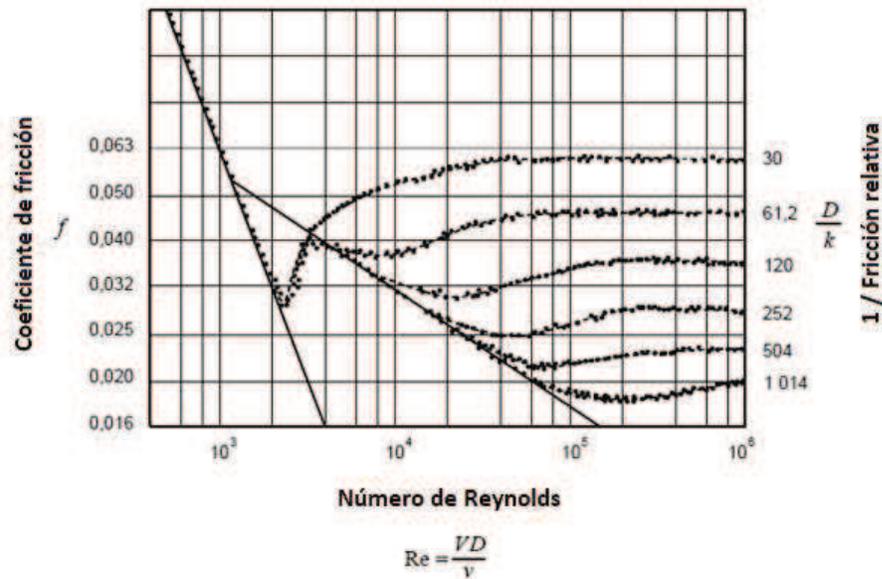


Gráfico N° 34 Gráfico de Nikuradse

Fuente: (Rocha Felices, 2007)

En el gráfico de Nikuradse, Gráfico N° 34, se ve claramente que las tuberías más lisas requieren de un número de Reynold mayor para apartarse de la ecuación general de las tuberías lisas. Es decir, las tuberías empiezan a comportarse como lisas para el mismo valor de la relación de k/δ . (Rocha Felices, 2007)

En las tuberías de rugosidad natural (no homogénea, diferente de la que usó Nikuradse), el fenómeno de la transición es diferente. Esto se debe a que en una superficie con rugosidad natural las irregularidades del fondo son de diferente tamaño. Basta la presencia de algunas protuberancias mayor que la media para alterar la subcapa laminar. (Rocha Felices, 2007)

Los valores de f en la zona de transición entre tuberías lisas y rugosas se obtienen por medio de la fórmula de Colebrook y White.

Se sabe lo siguiente:

$$\text{Tuberías Rugosas} \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \times \log \times \frac{3.71 \times D}{k}$$

$$\text{Tuberías Lisas} \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \times \log \times \frac{Re \times \sqrt{f}}{2.51}$$

Combinando ambas expresiones se obtiene la ecuación de Colebrook y White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{k}{3.71 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

2.6. Software analítico Trace Wizard

Trace Wizard © es una herramienta avanzada para tomar un seguimiento de flujo de alta resolución, desagregar el seguimiento en una lista de eventos de componentes y luego asignar accesorios específicos a cada evento de uso de agua. Aquacraft desarrolló la primera versión del programa en 1996, y ahora está en la versión 5.0. Trace Wizard se ha utilizado para análisis de uso final en países de todo el mundo, incluidos los Estados Unidos, Australia, Jordania, Austria, España, Singapur, Arabia Saudita, Abu Dhabi y Canadá. (Deoreo, 2018)

Dentro de las investigaciones realizadas por investigadores reconocidos en el mundo, se encuentran uno en Colombia y otro en Nueva Zelanda.

La investigación realizada en Colombia es un Modelo Estocástico de demanda de agua en edificaciones y la recolección y procesamiento de datos para su formulación (Saldarriaga, Modelo Estocástico de demanda de agua en edificaciones, 2014), y la investigación realizada en Nueva Zelanda es un estudio de usos finales del agua (Heinrich M., 2007).

Trace Wizard es un programa de sistemas expertos en el que un analista capacitado identifica los aparatos con el programa, y el programa encuentra todos los eventos similares en la traza y los etiqueta en consecuencia. Trace Wizard facilita el trabajo del analista al proporcionar una biblioteca de propiedades de accesorios predeterminadas que se pueden ajustar para cumplir con los requisitos de cada sitio en estudio. Las propiedades de los accesorios también pueden

copiarse de otras trazas similares (o de análisis anteriores para un sitio determinado) para acelerar el proceso. Trace Wizard se puede usar para el análisis basto, por ejemplo, en instalaciones ICI más grandes, que podrían distinguir simplemente entre eventos de interior, exterior y de fuga / continuo. Más a menudo, Trace Wizard se ha utilizado para clientes residenciales para cuantificar el agua utilizada para cada uso final principal: de cada ciclo de lavadora de ropa individual, inodoros, usos de grifos, duchas, fugas, etc. (Deoreo, 2018)

Trace Wizard proporciona las siguientes estadísticas sobre cada evento de uso de agua individual: volumen, caudal máximo, tiempo de inicio, tiempo de parada, duración, caudal de modo y frecuencia de flujo de modo. (Deoreo, 2018)

El análisis de seguimiento de flujo con Trace Wizard no es un cuadro negro. Un analista trabaja con el programa en un proceso iterativo para identificar las propiedades del aparato, que el programa aplica a todos los eventos en la traza e identifica todos los que coinciden. El programa vuelve a analizar la traza para tabular los eventos y cuantificar el efecto del cambio. Aquacraft normalmente tiene un analista en la desagregación primaria, y luego otro hace un control de calidad en la traza para refinar los resultados. Trace Wizard cuenta con una ventana gráfica interactiva en la que cada tipo de evento de uso de agua (inodoro, grifo, ducha, etc.) tiene su propio color. El analista recorre visualmente la traza de flujo utilizando la herramienta de gráfico. Ella realiza ajustes en las propiedades del accesorio, con frecuencia vuelve a ejecutar la rutina de análisis del accesorio, y ocasionalmente coloca manualmente la identificación de un accesorio en un evento. Este proceso ajusta el procesamiento de señales de Trace Wizard y las capacidades de reconocimiento de patrones a las propiedades exactas del sitio que se está estudiando. Si alguna vez se registran datos de este mismo sitio en el futuro, se pueden usar las mismas propiedades del accesorio, acelerando así el proceso de análisis. (Deoreo, 2018)

Al concluir el análisis, el producto final es una base de datos de eventos de uso del agua a los que se les ha dado una identificación del accesorio. Esta base de datos se crea en los formatos Jet 3.0 o 3.5 y puede analizarse más a fondo utilizando cualquier producto de base de datos compatible, como Microsoft Access. Al vincular los datos de uso del agua con la información de las encuestas, se pueden realizar análisis poderosos para examinar los factores que afectan el uso del agua en el grupo. (Deoreo, 2018)

El Gráfico N° 35 muestra una captura de pantalla de la ventana principal del programa "Trace Wizard". En esta vista, la representación gráfica de los datos de flujo se puede ver en la parte central de la pantalla. En este caso, se muestra una ventana de flujo de dos horas con el tiempo a lo largo del eje horizontal. El eje vertical es el caudal, que en este caso es de litros por minuto, pero puede ser cualquier unidad de flujo. Hay cinco categorías de eventos de uso del agua que se muestran en la ventana: una fuga continua, en azul oscuro; una ducha, en rojo; un inodoro, en verde y cuatro lavadoras de ropa, en color azul claro. (Deoreo, 2018)

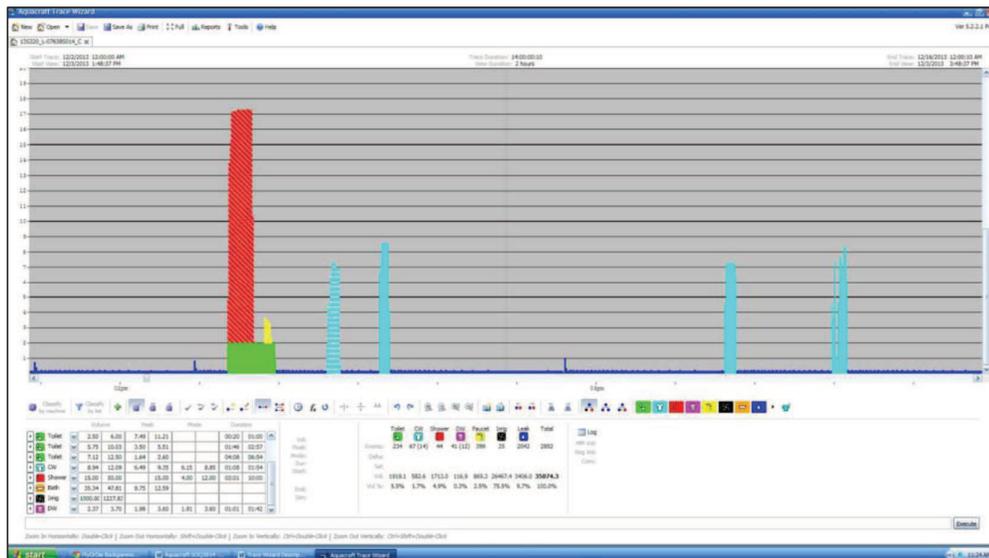


Gráfico N° 35 Captura de pantalla de la ventana principal de Trace Wizard

Fuente: (Deoreo, 2018)

El Gráfico N° 36 muestra un primer plano de la tabla de propiedades de los aparatos. Cada accesorio se describe por su volumen, flujo máximo, flujo de modo y duración. Por ejemplo, el primer inodoro de la lista incluye todos los eventos con volúmenes entre 2.5 y 6 L, con flujos máximos entre 7.49 y 11.21 lpm y duraciones entre 20 segundos y 1 minuto. Estas propiedades del accesorio se pueden crear manual o automáticamente al elegir un evento de la pantalla y arrastrarlo a la tabla. (Deoreo, 2018)

		Caudal		Volúmen (l)	Caudal máximo (lpm)	Moda (lpm)	Duración	
Toilet		2.50	6.00	7.49	11.21		00:20	01:00
Toilet		5.75	10.03	3.50	5.51		01:46	02:57
Toilet		7.12	12.50	1.64	2.60		04:08	06:54
CW		8.94	12.09	6.49	9.35	6.15 8.85	01:08	01:54
Shower		15.00	50.00		15.00	4.00 12.00	03:01	10:00
Bath		35.34	47.81	8.75	12.59			
Irrig		1000.00	1227.83					
DW		2.37	3.70	1.98	3.60	1.91 3.60	01:01	01:42

Gráfico N° 36 Tabla de propiedades de los accesorios

Fuente: (Deoreo, 2018)

El Gráfico N° 37 muestra un primer plano de la tabla de eventos y volúmenes. Esta tabla muestra los totales acumulados de la cantidad de eventos clasificados para cada categoría y el volumen total de flujo atribuido al dispositivo. En este caso, hubo un total de 2852 eventos categorizados durante el período de seguimiento de 2 semanas: 234 retretes, 67 lavadoras de ropa (de las cuales 14 fueron el ciclo inicial de una carga), etc. Hubo un total de 35,075 litros de flujo utilizados durante las 2 semanas (2505 lpd), de las cuales 1919 fueron para inodoros, 583 fueron para lavarropas, etc. El mayor porcentaje de agua se usó para el riego de jardines, pero el siguiente porcentaje mayor fue para fugas. (Deoreo, 2018)

	Toilet	CW	Shower	DW	Faucet	Irrig	Leak	Total
Events:	234	67 (14)	44	41 (12)	399	25	2042	2852
Delta:								
Sel:								
Vol:	1919.1	582.6	1713.0	116.9	869.3	26467.4	3406.0	35074.3
Vol %:	5.5%	1.7%	4.9%	0.3%	2.5%	75.5%	9.7%	100.0%

Gráfico N° 37 Tabla de resumen de eventos y volúmenes

Fuente: (Deoreo, 2018)

En la Tabla N° 13 se puede observar una pequeña muestra de la salida de la base de datos de Trace Wizard. En un estudio típico, esta tabla puede contener más de 1 millón de registros. Los datos sin procesar se pueden resumir en una amplia

variedad de formas, tales como resúmenes diarios por uso final, conteos de usos, volúmenes por uso y por hora (usos diurnos). (Deoreo, 2018)

Tabla N° 13 Muestra de la base de datos de salida de Trace Wizard

House Code	startTime	endTime	duration	firstCycle?	volume	peak	mode	class
Código de la Vivienda	Inicio	Fin	Duración (seg)	Primer Ciclo?	Volumen (l)	Caudal Máximo (lpm)	Moda (lpm)	Tipo
13S301	6/12/2013 15:15:40	6/12/2013 15:15:50	10	0	0.097	0.58	0.58	Leak (fuga)
13S301	6/12/2013 15:16:40	6/12/2013 15:16:50	10	0	0.070	0.42	0.42	Leak (fuga)
13S301	6/12/2013 15:21:30	6/12/2013 15:21:40	10	0	0.292	1.75	1.75	Faucet (grifo)
13S301	6/12/2013 15:22:10	6/12/2013 15:22:20	10	0	0.013	0.08	0.08	Leak (fuga)
13S301	6/12/2013 15:36:30	6/12/2013 15:39:00	150	0	10.328	4.42	4.42	Faucet (grifo)
13S301	6/12/2013 15:37:40	6/12/2013 15:38:50	70	0	3.952	3.66	3.66	Faucet (grifo)
13S301	6/12/2013 15:39:20	6/12/2013 15:40:10	50	0	7.778	12.25	12.25	Toilet (Inodoro)

Nota. Fuente: (Deoreo, 2018)

2.7. Software estadístico Easyfit

EasyFit es un software desarrollado por Mathwave, mismo que permite ajustar automáticamente las distribuciones a los datos de la muestra y seleccionar el mejor modelo en unos segundos. Está diseñado para hacer el análisis de datos lo más fácil posible, dejar los detalles técnicos complejos entre bastidores y permitirle que se enfoque en los objetivos de la investigación realizada. (MathWave Technologies, 2018)

EasyFit permite seleccionar fácil y rápidamente la distribución de probabilidades que mejor se ajuste a los datos. Las características principales son las siguientes:

- Compatibilidad con más de 55 distribuciones de probabilidad
- Modo eficaz de ajuste automático de datos
- Capacidad de ajuste manual de distribución
- Gráficos interactivos
- Pruebas de bondad de ajuste

El Gráfico N° 38 muestra la pantalla principal del software, en esta pantalla se puede ver que se presentan distintas opciones de gráficos (funciones de distribución de probabilidad); asimismo, en el Gráfico N° 39 se puede ver la

bondad de ajuste de cada función de distribución de probabilidad. (MathWave Technologies, 2018)

A su vez, el software Easyfit también genera gráficos Q-Q Cuantil para verificar la afinidad del modelo con los datos reales, esto se puede verificar en el Gráfico N° 40. (MathWave Technologies, 2018)

Por tanto, en función a los parámetros brindados por el software EsayFit, es potestad del usuario seleccionar con que función de distribución de probabilidad desea trabajar. (MathWave Technologies, 2018)

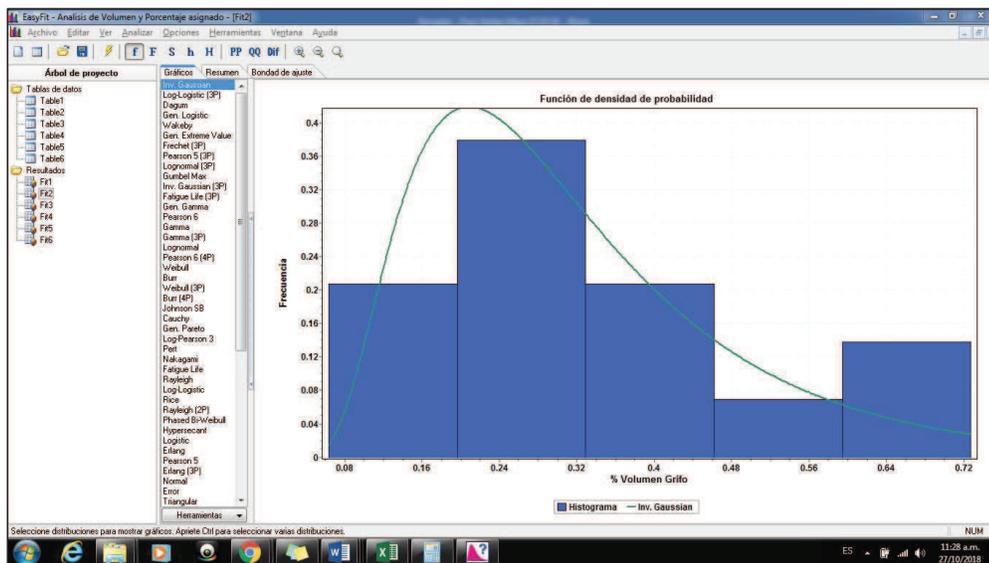


Gráfico N° 38 Pantalla principal del software Easyfit

Fuente: (MathWave Technologies, 2018)

Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0.26221	51	5.6279	53	N/A	
2	Burr	0.12574	20	0.43146	17	0.82157	25
3	Burr (4P)	0.12848	22	0.47778	19	0.10934	3
4	Cauchy	0.1298	24	0.87282	32	3.3291	29
5	Dagum	0.09979	3	0.3536	3	0.16199	14
6	Dagum (4P)	0.22763	47	5.2452	51	N/A	
7	Erlang	0.16698	37	1.0474	38	2.7968	34
8	Erlang (3P)	0.17736	39	1.2004	41	4.7232	42
9	Error	0.18166	41	0.95822	34	7.1247	46
10	Error Function	0.71483	60	44.797	60	119.16	53
11	Exponential	0.29789	52	3.0713	45	14.561	49
12	Exponential (2P)	0.23509	49	2.6154	44	3.0744	37
13	Fatigue Life	0.14227	29	0.67473	29	2.5947	33
14	Fatigue Life (3P)	0.11663	12	0.39405	11	0.12538	6
15	Frechet	0.20863	45	1.6984	43	6.5779	45
16	Frechet (3P)	0.11175	7	0.38305	7	0.26079	16
17	Gamma	0.11868	15	0.41748	16	0.13179	10
18	Gamma (3P)	0.11195	16	0.41331	13	0.13008	9
19	Gen. Extreme Value	0.10943	6	0.36291	5	0.13464	13
20	Gen. Gamma	0.11811	13	0.41555	15	0.13218	11
21	Gen. Gamma (4P)	0.23368	48	5.5031	52	N/A	

Gráfico N° 39 Pantalla de bondad de ajuste del software Easyfit

Fuente: (MathWave Technologies, 2018)

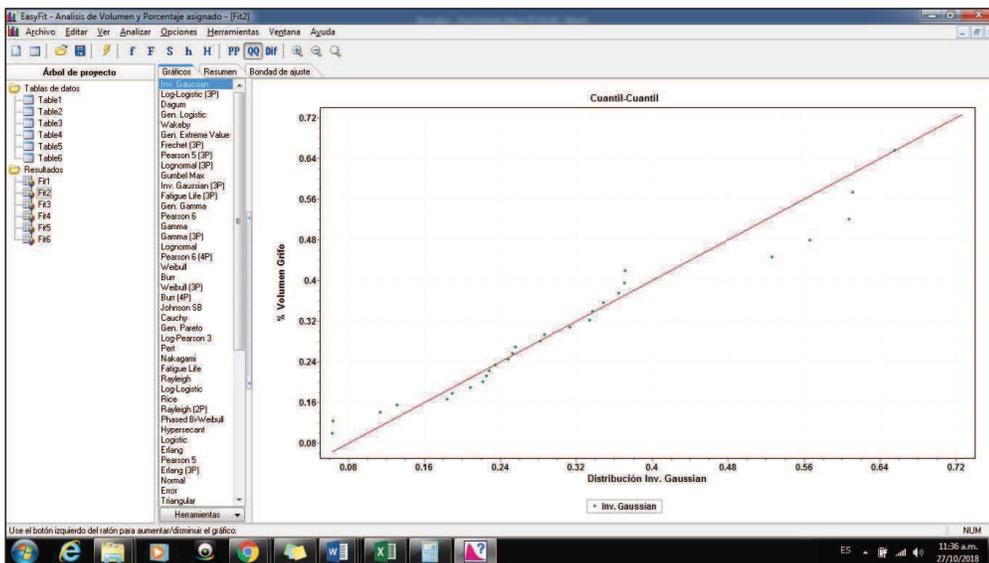


Gráfico N° 40 Gráfico Q-Q Cuantil en el software Easyfit

Fuente: (MathWave Technologies, 2018)

2.8. Gráfico Q-Q cuantil

Un gráfico Cuantil-Cuantil permite observar cuan cerca está la distribución de un conjunto de datos a alguna distribución ideal o comparar la distribución de dos conjuntos de datos. (Romero Saldaña, 2016)

Muestra los diagramas de probabilidad normal y de probabilidad sin tendencia. Los gráficos Q-Q representan los cuantiles de la distribución de una variable respecto a los cuantiles de cualquier de las integrantes en una serie de distribuciones de contraste. Los gráficos de probabilidad se suelen utilizar para determinar si la distribución de una variable coincide con otra distribución especificada. Si la variable seleccionada coincide, los puntos se agruparán en torno a una línea recta. (Romero Saldaña, 2016)

Este gráfico se construye con parejas de valores, donde a cada valor observado se le empareja con su valor esperado, procedente éste último de una distribución normal. Si la muestra es extraída de una población normal ambos valores se encontrarán en la misma línea recta. (Romero Saldaña, 2016)

Como podemos observar, prácticamente todos los puntos representados coinciden sobre la línea recta y, en consecuencia, podemos afirmar que la variable EDAD sigue una distribución normal. (Romero Saldaña, 2016)

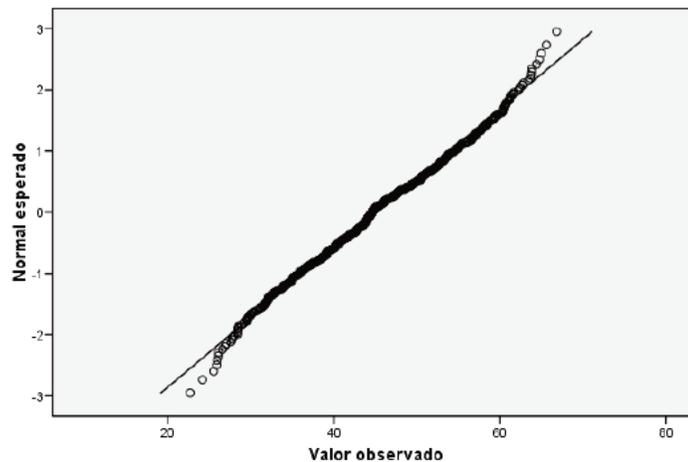


Gráfico N° 41 Grafico Q-Q normal de EDAD

Fuente: (Romero Saldaña, 2016)

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Componentes del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño o libre de sólidos

A diferencia del alcantarillado convencional, el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño requiere componentes que son instalados en propiedad privada si fuese necesario. Estos componentes incluyen tanques sépticos y/o válvulas de control. El rendimiento adecuado de estos componentes es fundamental para la operación exitosa del alcantarillado de diámetro pequeño. (Water Environment Federation, 2008)

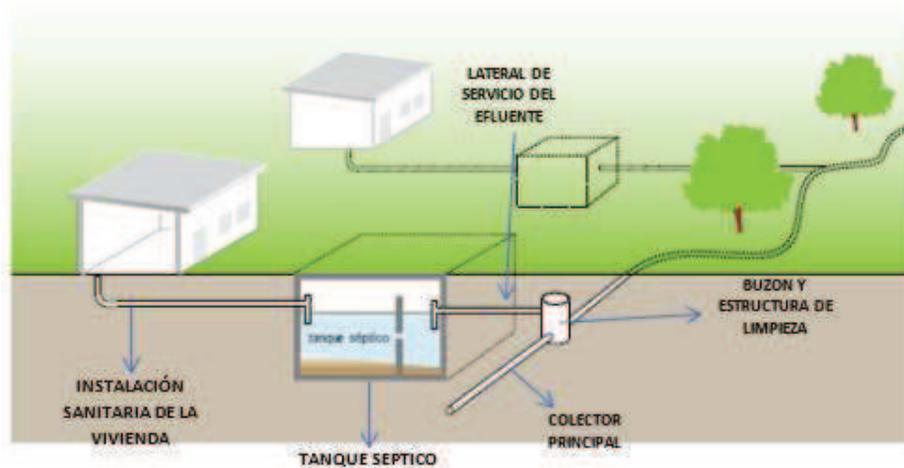


Gráfico N° 42 Esquema del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño

Fuente: (Anne Tilley, Ulrich, Luthi, & Zurbrügg, 2014)

Los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño típicos consisten en lo siguiente:

- Instalaciones sanitarias de la vivienda,
- Tanques Sépticos,
- Laterales de servicio del efluente,
- Colector Principal,
- Buzones y estructuras de limpieza,
- Válvulas de aislamiento y retención,
- Válvulas de aire y respiradores,
- Estaciones de elevación.

3.1.1. Instalaciones sanitarias de la vivienda

Todas las aguas residuales entregan el sistema de alcantarillado del efluente del tanque séptico a través del alcantarillado del edificio. Transporta las aguas residuales sin procesar del edificio a la entrada del tanque interceptor. Típicamente, el alcantarillado del edificio tiene una tubería de 10 centímetros de diámetro colocada en una pendiente prescrita, típicamente no menos del 1%. El material de la tubería es típicamente hierro fundido, arcilla vitrificada o cloruro de polivinilo (PVC). (Water Environment Federation, 2008)

3.1.2. Tanques sépticos

Las fosas sépticas se usan típicamente como tanques interceptores. El tanque séptico es un tanque hermético enterrado que se utiliza para eliminar los sólidos sedimentables, la arena, la grasa y la basura en el agua residual cruda, a través de la sedimentación y la flotación. El efluente del tanque se conduce a la alcantarilla a través del servicio lateral en la propiedad que sirve. El tanque debe ser inspeccionado y/o limpiado a intervalos regulares. (Water Environment Federation, 2008)

Los tanques interceptores realizan las siguientes tres funciones importantes:

- a. Eliminación de sólidos sedimentables y flotantes de las aguas residuales sin procesar,
- b. Almacenamiento de los sólidos eliminados,
- c. Atenuación de flujo

3.1.3. Laterales de servicio del efluente

Los laterales de servicio conectan el tanque interceptor al colector principal. Los laterales suelen usar tubos de plástico. Por lo general, no tienen un diámetro mayor que el colector principal. Normalmente son de tubos de PVC de 2,5 cm a 3,8 cm y son más pequeños que el colector principal. En ambos casos, los laterales de servicio no necesariamente se colocan en un grado uniforme o con una alineación recta. (Water Environment Federation, 2008)

3.1.4. Colector principal

Las tuberías colectoras de gravedad o de presión normalmente transportan las aguas residuales sedimentadas a un sistema de alcantarillado por gravedad convencional o a una planta de tratamiento. El tubo de plástico de cloruro de polivinilo, con juntas de goma, se utiliza casi exclusivamente en los Estados

Unidos. Sin embargo, la tubería flexible de HDPE con juntas fundidas por calor también se ha utilizado con éxito en algunos lugares. (Water Environment Federation, 2008)

3.1.5. Buzones y estructuras de limpieza

Los registros y las limpiezas proporcionan acceso a la red de colectores de alcantarillado convencionales para diversas tareas de mantenimiento. Sin embargo, son una fuente importante de infiltración, entrada y sedimento. Debido a que llevan el efluente pretratado, las tuberías de alcantarillado de efluentes no requieren limpieza de tuberías, y el uso de pozos de alcantarillado para efluentes generalmente no se considera. En la rara ocasión en que se usa uno, solo se encuentra en los cruces principales o en aguas residuales muy específicas. Las limpiezas se usan típicamente en los terminales aguas arriba, uniones principales, cambios en el tamaño o alineación de la tubería y puntos altos. Las limpiezas se instalan de manera típica con un accesorio en forma de estrella, se colocan justo debajo de la superficie del suelo y se encierran en una caja de válvulas. (Ver Gráfico N° 43). No se muestra en la figura el drenaje de la caja de válvulas y la necesidad de un tapón de cierre hermético. (Water Environment Federation, 2008)

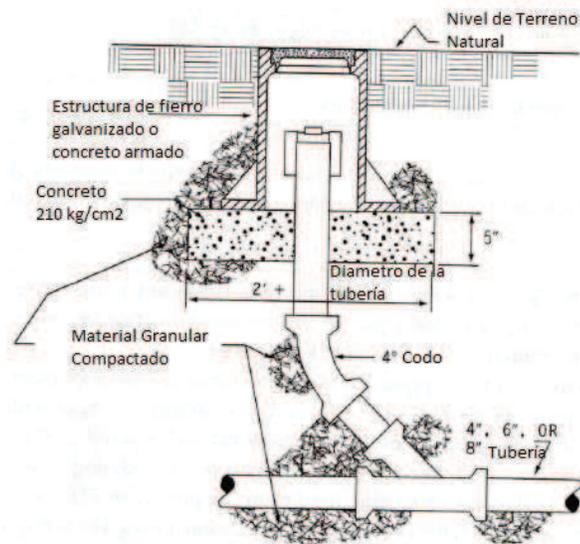


Gráfico N° 43 Estructura de limpieza típica en el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño

Fuente: (Water Environment Federation, 2008)

3.1.6. Válvulas de aislamiento y retención

Las válvulas se pueden usar en un sistema de pasos para aislar las áreas de drenaje individuales y las conexiones de las casas individuales del sistema total. La capacidad de segmentar el sistema puede facilitar las reparaciones y el mantenimiento de rutina, con una interrupción mínima de la operación del sistema. Las válvulas deben colocarse en los cruces de línea y en las líneas de servicio antes de que se conecten con la línea principal y en otros puntos estratégicos exclusivos de una disposición de sistema individual. Las válvulas pueden ser de varios tipos diferentes, siempre que permitan un flujo completo sin obstrucciones sobre la sección transversal de la tubería cuando están abiertas y son resistentes a la corrosión. Las válvulas y las puntas deben estar compuestas del mismo material base siempre que sea posible. (Water Environment Federation, 2008)

Se recomiendan válvulas de retención en cada conexión de servicio, para evitar el reflujos de aguas residuales desde la línea principal hacia el tanque séptico o el compartimento de almacenamiento en el lugar. Las válvulas de retención también pueden ser necesarias en áreas bajas, donde las cabezas potenciales durante los flujos máximos pueden elevarse por encima de las elevaciones de drenaje en el hogar. (Water Environment Federation, 2008)

3.1.7. Válvulas de aire y respiradores

Las salidas de aire pueden ser los accesorios más importantes utilizados en el diseño de líneas de recolección. Estas líneas son susceptibles a las cerraduras de aire, similares a las experimentadas en los sistemas de transporte de agua potable a presión. Para protegerse contra los bloqueos de aire, la frecuencia de las deflexiones de línea debajo de la línea de nivel hidráulico (HGL) debe controlarse, o varios puntos altos en la línea deben estar equipados con válvulas de descarga de aire o salidas de aire. (Water Environment Federation, 2008)

En todos los puntos donde se permiten los gradientes de inflexión, se ventilan los puntos altos principales en la red eléctrica. Las válvulas de liberación de aire (Ver Gráfico N° 44) se usan comúnmente y se colocan dentro de una estructura tipo limpieza. Dibujos detallados de diseños específicos de componentes de liberación de aire se pueden encontrar en otros lugares. Las conexiones de fuente individual que se conectan en una cumbre también pueden servir como ventilación, si el servicio lateral no está atrapado o equipado con una válvula de retención. (Water Environment Federation, 2008)

3.1.8. Estaciones de elevación

Las estaciones de elevación se utilizan de manera típica en los colectores de gravedad convencionales para elevar las aguas residuales de una cuenca de drenaje a otra o para evitar excavaciones excesivamente profundas. Las alcantarillas de diámetro pequeño a menudo se confinan a subcuencas más pequeñas en el enfoque descentralizado, que busca mantener el agua en su cuenca de origen a través del tratamiento y la dispersión y / o reutilización. Algunas fosas sépticas son esencialmente pequeñas estaciones de elevación simplificadas. Por lo general, se compran como una combinación de tanques de interceptación / presurización construidos de polietileno o fibra de vidrio. A menudo utilizan bombas sumergibles de baja capacidad y poca capacidad, accionadas por interruptores de flotación de mercurio, pero existen numerosas variaciones. El funcionamiento exitoso se puede mejorar mediante el uso de detección de efluentes antes del bombeo. (Water Environment Federation, 2008)

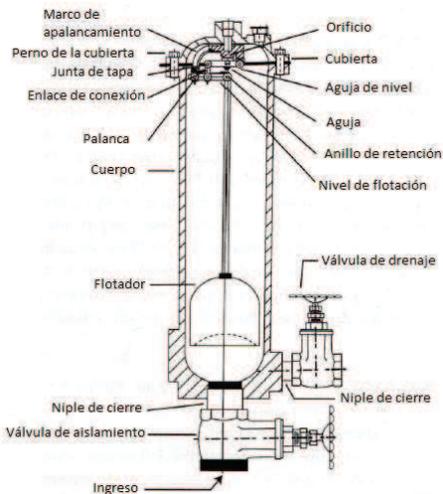


Gráfico N° 44 Válvula automática de liberación de aire de acero inoxidable

Fuente: (Water Environment Federation, 2008)

3.2. Componentes del sistema de zanjas de infiltración para la disposición final del efluente

Los sistemas de zanja y cama son el método más comúnmente utilizado para el tratamiento y disposición de aguas residuales en el sitio. Las zanjas son excavaciones poco profundas y niveladas generalmente de 1 a 5 pies (0.3 a 1.5

m) de profundidad y de 1 a 3 pies (0.3 a 0.9m) ancho El fondo se llena con 6 pulgadas (15 cm) o más de roca triturada lavada o grava sobre la cual se coloca una sola línea de tubería de distribución perforada. (United States Environmental Protection Agency, 1980)

Se coloca roca adicional sobre la tubería y roca cubierta con una barrera semipermeable adecuada para evitar que el relleno penetre la roca, tanto los fondos como las paredes laterales y las zanjas son superficies infiltrantes. (United States Environmental Protection Agency, 1980)

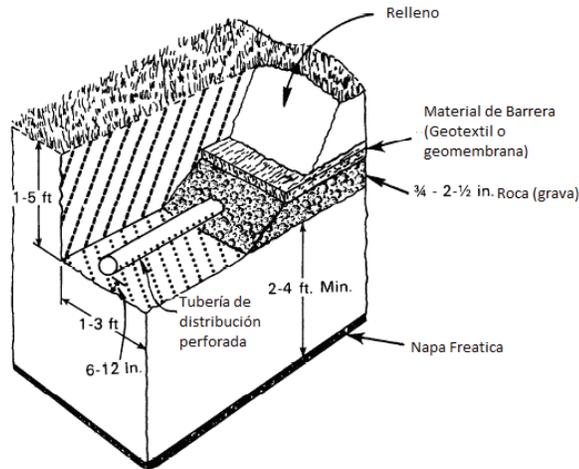


Gráfico N° 45 Sección de Zanja Típica

Fuente: (United States Environmental Protection Agency, 1980)

Las aguas residuales que ingresan a la zanja o cama deben estar casi libres de sólidos, grasas y grasas sedimentables. Grandes cantidades de estos, los constituyentes de las aguas residuales, aceleran la obstrucción del suelo

El uso normal de otros productos químicos expulsado por los hogares y los detergentes no tienen efectos nocivos en el sistema. (United States Environmental Protection Agency, 1980)

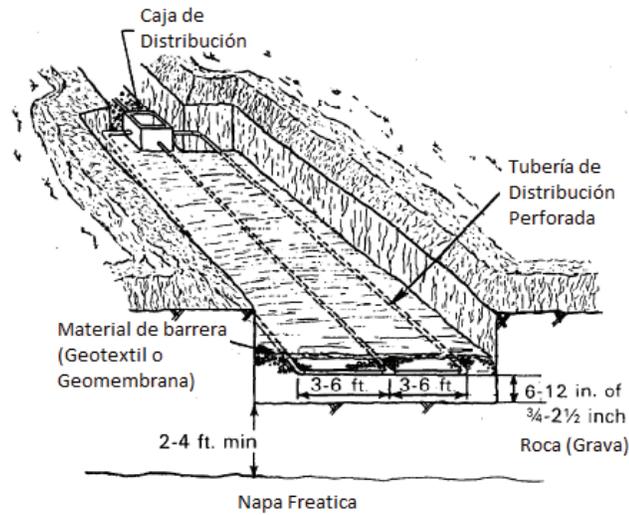


Gráfico N° 46 Detalle de la tubería de distribución perforada

Fuente: (United States Environmental Protection Agency, 1980)

3.3. Diseño del sistema de alcantarillado integrado propuesto

3.3.1. Cálculo del caudal de diseño

3.3.1.1. Encuesta socioeconómica en el área de estudio

El objetivo de la presente encuesta es obtener datos importantes y condición de vida de la población, estas encuestas también sirven para determinar las viviendas representativas en las cuales se hará uso del Flujómetro ultrasónico no invasivo. (El formato de la encuesta que se usó en la presente investigación se encuentra en el Anexo A: Encuestas realizadas en Quilmaná).

Entre los objetivos específicos de la presente encuesta se tiene lo siguiente:

- Obtener información básica de la localidad.
- Obtener información sobre la vivienda.
- Obtener información sobre la familia.
- Obtener información sobre el abastecimiento de agua potable.
- Obtener información sobre el saneamiento.
- Obtener información general y otros servicios de la vivienda.

3.3.1.2. Determinación de los caudales punta de aguas residuales en vivienda rurales y urbano marginales

En el presente apartado y de acuerdo a un estudio realizado por (Caicedo Londoño, 2011), quien definió un modelo estocástico para la determinación de las aguas residuales en edificios de viviendas urbanas en la ciudad de Madrid, se presenta el procedimiento seguido para la estimación de los caudales punta de aguas residuales en viviendas rurales y urbano marginales. Dicho procedimiento se ha estructurado en tres fases claramente diferenciadas. La primera fase corresponde a la recolección de datos y medición de los consumos de agua en las mencionadas viviendas. En el presente estudio se optó, como punto de partida, por la medición directa de los caudales suministrados a las viviendas y no por la medición directa de los caudales circulantes por la red de saneamiento; ya que, la zona de estudio no cuenta con red de saneamiento, y es motivo del presente estudio proponer nuevas tecnologías para que puedan contar con sistemas de saneamiento, además es inviable técnicamente medir los caudales circulantes por la red de saneamiento con la suficiente exactitud y frecuencia. (Caicedo Londoño, 2011)

El procesamiento de las mediciones comprende una primera etapa de depuración de datos, donde se eliminan posibles errores de lectura del Flujómetro Ultrasónico No Invasivo, y continua con una segunda etapa en la que se analiza cada uso de agua y se les asigna a aparatos concretos dentro de las viviendas.

Es preciso mencionar que la obtención de datos reales de consumo en continuo, con una resolución cercana a un segundo, es complicado, y, de hecho, esto es una limitación para llevar a cabo este tipo de estudios. Sin embargo, para la presente investigación, esto se trató de minimizar con el uso de un Flujómetro Ultrasónico No Invasivo CMS UF-2000B.



Gráfico N° 47 Flujómetro Ultrasonico No Invasivo

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que en la primera etapa se realiza encuestas socioeconómicas en el área de estudio, esto sirve para hacer una valoración inicial de las variables explicativas del consumo. Los resultados de estas encuestas permiten seleccionar la muestra de las viviendas que se deben monitorizar, cómo centrar el análisis en las variables que, a priori, se muestran más significativas. (Caicedo Londoño, 2011). La monitorización en las viviendas seleccionadas se lleva a cabo mediante la instalación de un Flujómetro Electrónico No Invasivo el cual tiene incorporado una memoria SD (Data Logger) con alta capacidad de almacenamiento, este Flujómetro es capaz de muestrear con una frecuencia de un segundo, es decir, se obtiene información del volumen totalizado y del caudal circulante en cada instante en intervalos de un segundo.

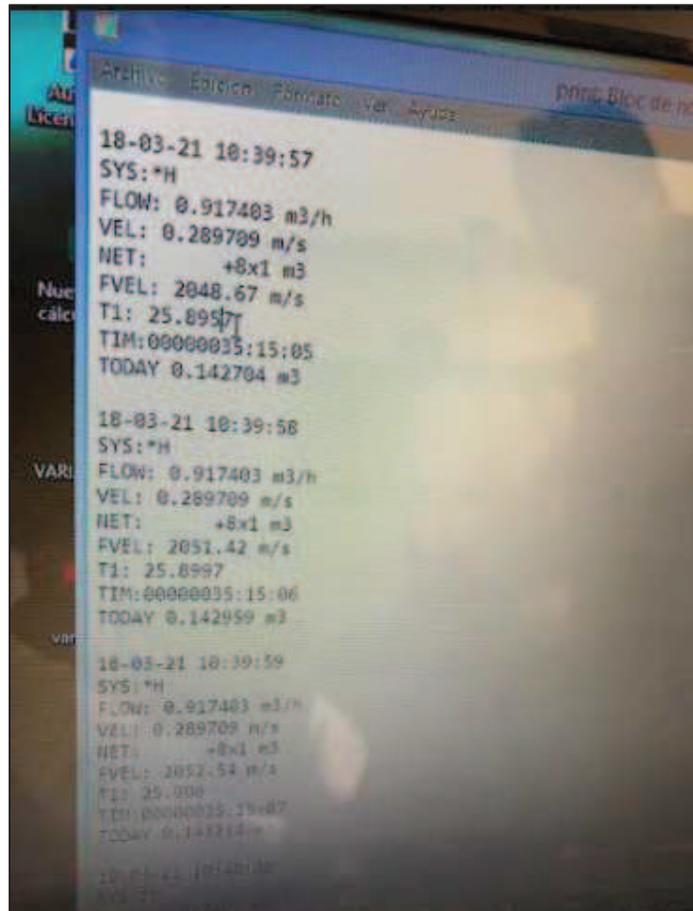


Gráfico N° 48 Información Data Logger No Invasivo - Flujómetro Ultrasonico no Invasivo

Fuente: Elaboración Propia

La información almacenada sobre los consumos se analiza mediante un software específico, este software es comúnmente conocido como Easyfit en su versión 5.6., con esto se somete a un tratamiento estadístico con el fin de abordar la fase dos de la presente investigación. No obstante, manteniendo la esencia de la presente tesis de investigación, es determinar las cargas hidráulicas del sistema de saneamiento, se observa la necesidad de convertir los pulsos de consumo en descargas a la red de saneamiento.

La transformación es diferente para cada uno de los aparatos de consumo, para facilitar el análisis se crea una base de datos que describe los caudales descargados a la red de saneamiento, con el mismo detalle de la base de datos de consumos de agua. (Caicedo Londoño, 2011)

En este análisis tanto el consumo de agua como las descargas de cada aparato, se caracteriza por medio de un conjunto de variables aleatorias. En concreto, para el volumen de agua que se consume en una vivienda, se utilizan seis variables aleatorias: volumen total utilizado y distribución porcentual de este volumen, en el uso de cada aparato. En cuanto al consumo de agua demandado por cada aparato, es caracterizado con cuatro variables aleatorias: caudal de descarga, duración, volumen descargado y distribución temporal a lo largo del día del consumo. (Caicedo Londoño, 2011)

La caracterización del consumo mediante variables aleatorias, supuestos como variables independientes, permite la generación de una serie sintética de descargas a la red de evacuación de aguas. Agrupando un número dado de series sintéticas, es posible determinar el caudal punta de agua residual que se genera, como una determinada probabilidad de no ser superado en un periodo de retorno dado y un concreto número de viviendas. (Caicedo Londoño, 2011)

En efecto, la determinación de los caudales punta de aguas residuales en viviendas rurales y urbano marginales se estructura en tres fases:

3.3.1.2.1. Fase I: Medición de los consumos de agua en viviendas rurales y urbano marginales

La medición de los consumos de agua en viviendas, así como también el análisis y discriminación de los volúmenes de agua por aparatos.

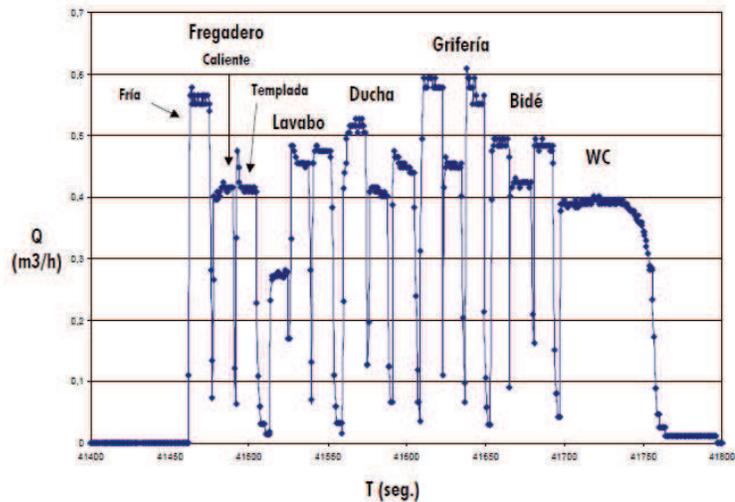


Gráfico N° 49 Instantes de consumo en una vivienda para una hora de suministro

Fuente: (Caicedo Londoño, 2011)

Cuando un usuario abre un grifo genera automáticamente un consumo que puede ser representado como un pulso rectangular, caracterizado por un tiempo de inicio (t_0 , en segundos), un tiempo de finalización (t_f , en segundos), una duración que viene expresada por " $L = t_f - t_0$ " y una intensidad (caudal, en lps) " X ". El Gráfico N° 50 representa cada pulso rectangular y lo que sucedería en caso de superponerse varios de estos pulsos. (Caicedo Londoño, 2011)

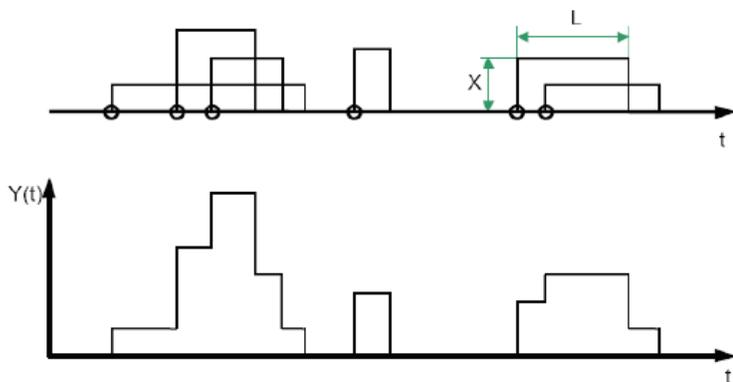


Gráfico N° 50 Pulsos Rectangulares de Consumo

Fuente: (Caicedo Londoño, 2011)

La caracterización de la demanda de agua en pulsos requiere que se localicen los instantes inicial y final del consumo. Con estos dos valores se calcula la duración del pulso y los valores recogidos de caudal en dicho intervalo servirán para calcular el caudal promedio del mismo. No obstante, un hecho habitual es la existencia de variaciones de caudal dentro de un mismo consumo, o la aparición de solapamientos entre consumos, los cuales generan los caudales máximos que deben soportar las redes de saneamiento. A continuación, se presenta la manera en la que se identifica el consumo en de los aparatos más comunes en las viviendas. (Caicedo Londoño, 2011)

- **Cisternas:** Su aparición comienza con un aumento instantáneo del caudal que alcanza un máximo que permanece constante durante un intervalo de tiempo, para luego iniciar un descenso paulatino del caudal, originado por el cierre progresivo de la válvula de llenado de la cisterna. Dicha pendiente o especie de "cola" que presenta la descarga, es la que representa el tipo de consumo. El Gráfico N° 51 muestra un ejemplo de la forma que presenta una cisterna típica. Iniciando con el vaciado de la cisterna que continua con su llenado

continuo hasta el momento en que la válvula de llenado comienza a cerrar produciendo el descenso de caudal. (Caicedo Londoño, 2011)

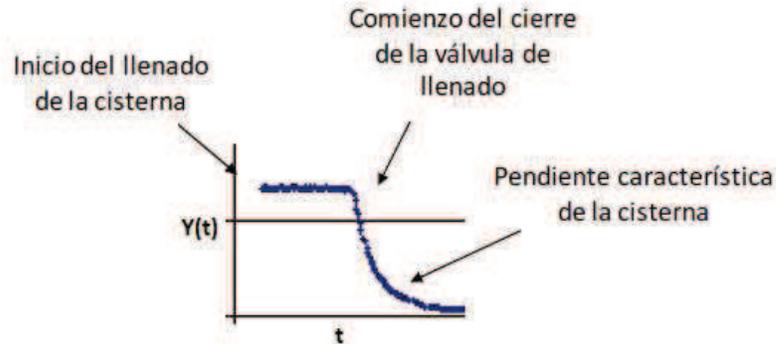


Gráfico N° 51 Forma que representa una cisterna típica

Fuente: (Caicedo Londoño, 2011)

- **Grifos:** Son usos de caudal y duración variada, los cuales son considerados como una variable completamente aleatoria. Para estos usos no existe una característica concreta que permita su identificación. (Caicedo Londoño, 2011)
- **Duchas:** Se trata de consumos que se producen normalmente a caudal elevado y durante un intervalo de tiempo considerable. En ocasiones, este consumo se ve interrumpido durante unos minutos debido al enjabonado. Un factor que ayuda a la identificación de las duchas es la hora en la que tiene lugar el consumo puesto que se trata de una actividad que habitualmente se realiza a primera hora de la mañana o a última hora del día. En el Gráfico N° 52 se muestra un ejemplo de una ducha sin interrupción donde la duración y volumen aproximados son 16 minutos y 60 litros. (Caicedo Londoño, 2011)

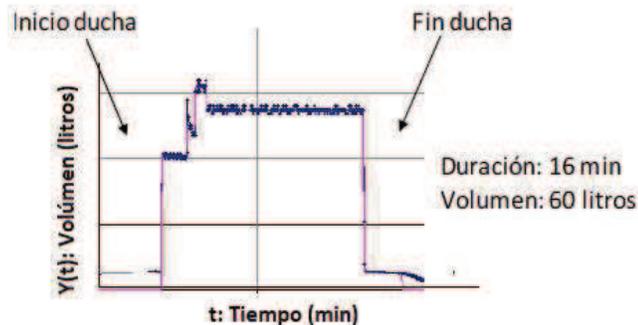


Gráfico N° 52 Forma que representa una ducha típica

Fuente: (Caicedo Londoño, 2011)

- **Lavadoras y Lavavajillas:** Estos dos aparatos presentar patrones similares por lo que se puede emplear una misma descripción para ambos. Su comportamiento característico consiste en la aparición de ciclos repetitivos con un mismo caudal, inferior para el caso de lavavajillas. El volumen de estos ciclos puede variar en función del programa seleccionado, no obstante, no dejan de ser estructuras que aparecen de forma cíclica durante un determinado intervalo de tiempo. A pesar de las variaciones de volumen, el caudal se mantiene constante, lo que ayuda en su identificación. En el Gráfico N° 53 se representa un ejemplo donde ha coincidido simultáneamente un ciclo de lavadora con uno de lavavajillas.

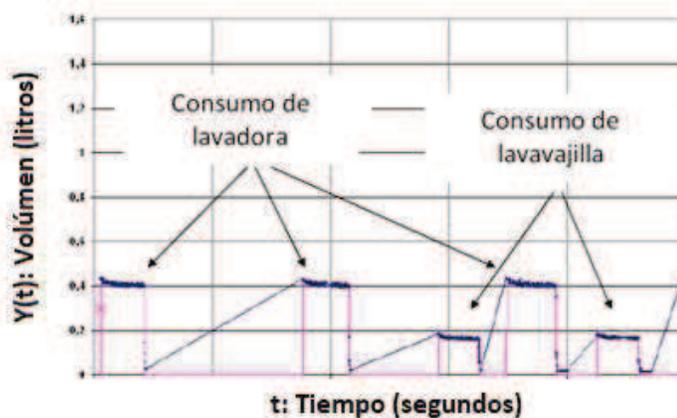


Gráfico N° 53 Forma que representa una lavadora y una lavavajilla

Fuente: (Caicedo Londoño, 2011)

3.3.1.2.2. Fase II: Transformación de los caudales suministrados a las viviendas en caudales asignados a cada aparato.

Para monitorear el uso final de agua de los aparatos individuales en cada casa, se utilizó un método llamado Análisis de traza de flujo. Esta técnica requería el registro de datos de alta frecuencia de un solo medidor de agua de alta resolución en la entrada del suministro de agua a la casa. Este enfoque se probó con éxito en el estudio WEEP (Heinrich M., 2007). Se requirió un procedimiento de calibración para ajustar de manera óptima el paquete de software de análisis de datos, "Trace Wizard" de Aquacraft,

El consumo de cada accesorio es una variable aleatoria que, por lo cual, el consumo de cada accesorio puede ser definido como una función de distribución de probabilidad.

A efectos de estudiar la información obtenida, hay softwares estadísticos que ayudan a realizar el análisis correspondiente, en la presente investigación se usó el software Easyfit (licenciado), mismo que cuenta con 65 funciones de distribución de probabilidad.

Tabla N° 14 Funciones de Distribución de Probabilidad del Software Easyfit

#	Distribución	#	Distribución	#	Distribución
1	Beta	23	Gen. Pareto	45	Pearson 5 (3P)
2	Burr	24	Gumbel Max	46	Pearson 6
3	Burr (4P)	25	Gumbel Min	47	Pearson 6 (4P)
4	Cauchy	26	Hypersecant	48	Pert
5	Dagum	27	Inv. Gaussian	49	Bi-Exponential
6	Dagum (4P)	28	Inv. Gaussian (3P)	50	Power Function
7	Erlang	29	Johnson SU	51	Rayleigh
8	Erlang (3P)	30	Kumaraswamy	52	Rayleigh (2P)
9	Error	31	Laplace	53	Reciprocal
10	Error Function	32	Levy	54	Rice
11	Exponential	33	Levy (2P)	55	Triangular
12	Exponential (2P)	34	Log-Logistic	56	Uniform
13	Fatigue Life	35	Log-Logistic (3P)	57	Wakeby
14	Fatigue Life (3P)	36	Log-Pearson 3	58	Weibull
15	Frechet	37	Logistic	59	Weibull (3P)
16	Frechet (3P)	38	Lognormal	60	Chi-Squared
17	Gamma	39	Lognormal (3P)	61	Chi-Squared (2P)
18	Gamma (3P)	40	Nakagami	62	Johnson SB
19	Gen. Extreme Value	41	Normal	63	Log-Gamma
20	Gen. Gamma	42	Pareto	64	Phased Bi-Weibull
21	Gen. Gamma (4P)	43	Pareto 2	65	Student's t
22	Gen. Logistic	44	Pearson 5		

Nota. Fuente: (MathWave Technologies, 2018)

3.3.1.2.3. Fase III: Creación de series sintéticas de descargas a la red de saneamiento

Creación de series sintéticas de descargas a la red de saneamiento. La agrupación de dichas series sintéticas permite establecer los caudales punta de un número de viviendas.

3.3.2. Diseño de tanque séptico con doble compartimiento de acuerdo a OXFAM

De acuerdo a la (Organización Panamericana de la Salud, 2005), los principios que han de orientar el diseño de un tanque séptico son los siguientes:

- Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

3.3.2.1. Diseño inicial

Los pasos a seguir para el diseño de un tanque séptico de doble compartimiento de acuerdo a la Guía elaborada por OXFAM (Oxford Committee for famine Relief) o conocido en español como “Comité de Oxford para ayudar a la hambruna”, son los siguientes:

1. Elegir una ubicación adecuada. Esto debería estar aguas abajo desde la fuente de aguas residuales. Al menos a 15 m del suministro de agua más cercano. Esto es un mínimo y debería ser más si el suelo es rocoso y las fisuras podrían llevar más lejos la salida. Evite las áreas donde el agua de lluvia se pararía o fluiría sobre el tanque o zonas de tránsito vehicular pesado. (Oxfam, 2008)
2. Dibujar un plano que muestre el tanque séptico y las distancias a las viviendas, las líneas de propiedad, los pozos, las fuentes de agua y cualquier otra característica prominente hecha por el hombre o natural. Muestra la pendiente del suelo. (Oxfam, 2008)
3. Calcular el volumen del tanque. El volumen consta de dos componentes. Almacenamiento de lodos y volumen de retención de líquidos. (Oxfam, 2008)
4. Calcular la cantidad de agua residual que ingresa al tanque en 24 horas (Caudal diario). Esto depende del contexto. Si se conoce el consumo de agua, las aguas residuales se pueden tomar en un 90%. (Oxfam, 2008)

Por ejemplo:

$$\text{Caudal diario} = 0.9 \times \text{Consumo de agua}$$

Si el consumo mensual de agua es 18,000 litros

Consumo de agua = 18,000/30 = 600 litros por día

Caudal diario = 600 × 0.9 = 540 litros por día

5. Decidir un tiempo de retención (RT) entre 1 a 3 días. Decidir un tiempo de retención mayor para minimizar la frecuencia de limpieza (costos de operación). Elegir un tiempo de retención corta para minimizar las dimensiones del tanque y la inversión inicial. Los tanques largos permiten que las aguas residuales tengan mayor tiempo de digestión y esto reduce la carga de las aguas residuales. Los tanques pequeños (<6m³) necesitan mayor tiempo de retención debido al incremento de la turbulencia (p.e. 2 o 3 días). (Oxfam, 2008)
6. Multiplicar el caudal diario por el tiempo de retención en días. p.e. 540 litros por día x 2 días = 1,080 litros de capacidad. **Nota:** Si el caudal se da durante un periodo de 8 horas, este tiene que ser multiplicado por 3 (24/3). Esto se da en el caso de Colegios u otras instituciones. (p.e. 1,080 litros x 3 = 3,240 litros). (Oxfam, 2008)
7. El volumen necesario para el almacenamiento de lodos en climas cálidos es:

$$B = P \times N \times S \times F$$

P: Cantidad de habitantes usando el sistema

B: Capacidad de almacenamiento de lodos en litros

N: Periodo de limpieza de lodos del tanque séptico

S: Ratio de acumulación de lodo y espuma (p.e. los tanques que solo reciben descarga de los inodoros tienen un ratio de acumulación de lodo y espuma igual a 25 litros por persona por año, y los tanques que reciben descarga de los inodoros y grifos de la vivienda tienen un ratio igual a 40 litros por persona por año). (Franceys, Pickford, & Reed, 1992). Como regla general, 2/3 el volumen total es para el almacenamiento de lodos y 1/3 es para el almacenamiento de espuma. (Oxfam, 2008)

F: Factor de Digestión de Lodos

Tabla N° 15 Factor de Digestión de Lodos

Desludging period - Years	Average Air Temp.		
	> 20°C all year	10 - 20°C all year	< 10°C in winter
1	1.3	1.5	2.5
2	1.0	1.15	1.5
3	1.0	1.0	1.27

Nota. Fuente: (Reed, 2004)

Por ejemplo, para 100 personas, limpiar el tanque séptico cada dos años en una zona de clima cálido es:

$$B = 100 \times 2 \times 40 \times 1 = 8,000 \text{ litros}$$

8. El volumen total $VT = B + (DF \times RT)$

Por ejemplo: $VT = 8,000 + (540 \times 1.5) = 8,810 \text{ litros}$

Se sugiere como mínimo un volumen mínimo igual a 1.3 m³ para minimizar la turbulencia. (Oxfam, 2008)

9. La longitud total debería ser 2 o 3 veces el ancho del tanque séptico con doble compartimiento. (Oxfam, 2008)

Entonces para un tanque séptico de 9,500 litros:

$$\text{Ancho } (W) = 1.8 \text{ metros Largo}(3W) = 5.4 \text{ metros Altura} = 1.2 \text{ metros}$$

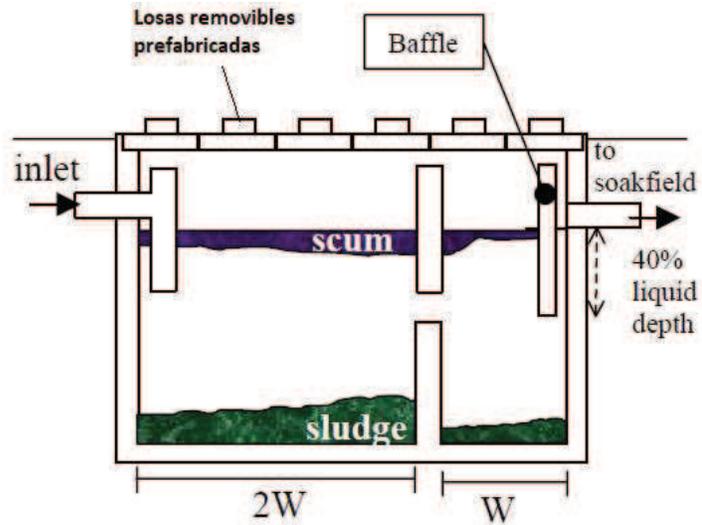


Gráfico N° 54 Tanque Séptico

Fuente: (Oxfam, 2008)

3.3.2.2. Construcción del tanque séptico

1. Las paredes del tanque pueden ser de concreto armado, mampostería de piedra, ladrillo o bloques de hormigón. El tanque debe ser impermeable con un revestimiento de 25 mm de yeso de cemento, aplicado en dos capas, a fin de evitar la infiltración alrededor del tanque y mantener el espacio anaeróbico. Para tanques pequeños, no es necesario reforzar el piso. El espacio entre las paredes y el lado del agujero debe llenarse con grava o similar. La base debe tener al menos 15 cm de espesor. (Oxfam, 2008)
2. El tanque debe estar dividido en dos compartimentos. El primero debe ser el doble del segundo. Hay un agujero en la pared de separación que permite que el líquido fluya a través de él, pero no la espuma o lodo. La velocidad máxima a través de los agujeros es 0.1 m/s para minimizar la turbulencia. (Oxfam, 2008)

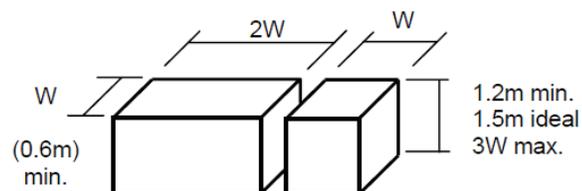


Gráfico N° 55 Dimensiones Básicas del Tanque

Fuente: (Oxfam, 2008)

3. Las tuberías de entrada y salida consisten en tubos en T. En la salida, esto es para evitar escoria o sólidos que entren en el campo del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño. En la entrada, esto es para reducir la turbulencia, la base puede inclinarse hacia la entrada en un tanque grande para permitir que se almacenen más lodos. La salida en un tanque más grande puede ser un diseño de vertedero. (Oxfam, 2008)
4. El techo del tanque puede estar hecho de secciones removibles con asas de elevación (de fácil acceso) o un techo sólido de concreto reforzado con orificios de acceso redondos (diámetro mínimo de 0.6 m) (no puede caer dentro del tanque). Éstos brindan acceso al tanque para evacuar, verificar los niveles y el mantenimiento. (Oxfam, 2008)

3.3.3. Diseño de la red de alcantarillado de diámetro pequeño

3.3.3.1. Velocidad mínima requerida

El diseño convencional de alcantarillado por gravedad se basa en lograr velocidades de "autolimpieza" durante períodos normales de flujo máximo diario para transportar cualquier arena que pueda entrar al alcantarillado, restregar la grasa y resuspender los sólidos que se han asentado en el alcantarillado durante períodos de flujo bajo. Sin embargo, en los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño, el tratamiento primario proporcionado en los tanques interceptores aguas arriba de cada conexión elimina la arena y la mayoría de la grasa y los sólidos sedimentables. La experiencia con los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño ha demostrado que los flujos normales que ocurren dentro de los sistemas pueden mantener la red libre. Por lo tanto, el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño no necesita diseñarse para mantener velocidades mínimas de flujo, aunque algunos códigos de estado en los Estados Unidos de América requieren que se mantengan velocidades mínimas de 30 a 45 cm / s durante los períodos de flujo máximo diario. (Water Environment Federation, 2008)

Las velocidades máximas no deben exceder de 4 a 5 m / s. A velocidades de flujo por encima de este límite, el aire puede ser arrastrado por las aguas residuales que pueden acumularse en las bolsas de aire para reducir la capacidad hidráulica del colector. Las limpiezas de caída se pueden usar donde el gradiente de la tubería produce velocidades excesivas, pero estas situaciones se deben evitar tanto como sea posible en el diseño. (Water Environment Federation, 2008)

3.3.3.2. Ecuaciones Hidráulicas

Las ecuaciones hidráulicas utilizadas para el diseño de los colectores principales son las mismas que las utilizadas en las alcantarillas por gravedad convencionales. Sin embargo, a diferencia de las alcantarillas por gravedad convencionales, la sección de los sistemas de alcantarillado de pequeño diámetro se puede presionar por debajo de la línea de pendiente hidráulica, de modo que los flujos pueden alternar entre el canal abierto y el flujo de presión. Por lo tanto, se deben realizar análisis por separado para cada segmento del alcantarillado en el que el tipo de flujo no cambia. (Water Environment Federation, 2008)

Se usan las fórmulas de flujo de tubería Manning y Hazen-Williams. El coeficiente de rugosidad utilizado varía de 0.009 a 0.015 para el valor Manning n y de 100 a 150 para el valor C Hazen-Williams. Los valores típicos de n y C son 0.013 y 140, respectivamente. Las profundidades de diseño de flujo permitidas en la red han estado medio llenas o llenas. La mayoría de los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño más antiguos diseñados con gradientes uniformes usaban condiciones medio llenas para dictar cambios en el tamaño de la tubería. Sin embargo, los sistemas con gradientes variables permiten que el colector principal se sobrecargue a su capacidad. En estos sistemas, los cambios en el tamaño de la tubería son dictados por la elevación relativa de la línea de pendiente hidráulica a cualquier elevación de conexión de servicio. (Water Environment Federation, 2008)

Los procedimientos de diseño para sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño siguen el diseño de alcantarillado convencional, excepto en las secciones sumergidas, donde se produce un flujo presurizado. En estas secciones, se debe determinar la elevación de la línea de pendiente hidráulica durante las condiciones de flujo máximo diario, para verificar que sea más baja que cualquier inversión de salida del tanque interceptor. Cuando la línea de pendiente hidráulica está por encima de un tanque invertido, la profundidad de la alcantarilla puede aumentarse para bajar la línea de pendiente hidráulica, el diámetro de la tubería principal puede aumentar para reducir la pérdida de fricción o puede instalarse una unidad de bomba en la conexión para elevar las aguas residuales al colector. Si se espera una sobrecarga a corto plazo por encima de cualquier inversión de salida del tanque interceptor, las válvulas de retención en

el lateral de servicio individual pueden ser suficientes para evitar el reflujos. (Water Environment Federation, 2008)

Las ecuaciones hidráulicas que normalmente se usan para calcular las elevaciones de la Línea de pendiente hidráulica son las ecuaciones de Manning y Hazen-Williams. Ambos pueden usarse para flujo de canal abierto o conducto de presión, pero típicamente, la ecuación de Manning se usa para flujo de canal abierto, mientras que la ecuación de Hazen-Williams se usa para flujo de conducto de presión. (Water Environment Federation, 2008)

3.3.3.3. Análisis de la Línea de Gradiente Hidráulico

Un buen diseño hidráulico del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño optimiza la capacidad hidráulica del sistema con los costos de construcción y operación. El diseño se basa en el análisis de la línea de gradiente hidráulico y energético para diferentes configuraciones de sistema. Debido a que el sistema de alcantarillado de pequeño diámetro usa la gravedad como fuerza motriz, el diseño está limitado por la energía potencial disponible entre la elevación de una conexión y la elevación de la salida de la alcantarilla. Los diseños de red, los tamaños de tubería y la alineación vertical de los colectores determinarán el grado de excavación requerido: el factor de construcción más influenciado por el diseño hidráulico. El sistema de gravedad de diámetro pequeño con bomba, por otro lado, no está limitado por la energía potencial disponible, ya que las bombas se utilizan para proporcionar la energía necesaria. Sin embargo, un buen diseño dará como resultado menores costos de capital de la bomba, el componente más costoso del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño, que se ve afectado por el diseño hidráulico. El concepto de línea hidráulica y de grado de energía es fundamental para el diseño del sistema de alcantarillado de diámetro pequeño, y un buen conocimiento práctico de ellos es esencial. (Water Environment Federation, 2008)

La línea de gradiente hidráulico es una representación gráfica de las elevaciones a las que subiría el agua en una serie de piezómetros conectados a lo largo de una tubería bajo flujo de presión. En el flujo de canal abierto, la línea de grado hidráulico es la superficie del agua a lo largo de la tubería. Si se detiene el flujo, la línea de pendiente hidráulica será horizontal, representando el nivel de agua estática, pero, en condiciones de flujo, la línea de gradiente hidráulico se inclina hacia abajo debido a pérdidas por fricción. En el flujo de canal abierto, esto es el

resultado de la pérdida de elevación de la tubería invertida y las pérdidas por fricción. (Water Environment Federation, 2008)

La línea de gradiente energético es la energía total disponible a lo largo de la tubería. Es la suma del potencial y la energía cinética en cualquier punto de la línea. La energía cinética se mide por la "velocidad de la cabeza", que es igual a la mitad del cuadrado de la velocidad del flujo dividido por la aceleración resultante de la gravedad ($V^2 / 2g$). Debido a que la línea de ley de energía representa la energía total del flujo en cualquier punto de la tubería, la línea de pendiente hidráulica en una ubicación designada disminuye a medida que aumenta el cabezal de velocidad. Sin entradas ni pérdidas de energía en ningún punto de medición, la energía total no cambia. Por lo tanto, si la velocidad del flujo disminuye, la energía cinética se convierte nuevamente en energía potencial, elevando la línea de pendiente hidráulica para mantener la energía total constante en ese punto. (Water Environment Federation, 2008)

Establecer las elevaciones de la línea de gradiente energético y la línea de gradiente hidráulico es la clave del buen diseño hidráulico de las tuberías. Sin embargo, en la mayoría de las alcantarillas, las velocidades de flujo son bajas, por lo que la cabeza de velocidad generalmente contribuye poco a la línea de grado de energía. (Water Environment Federation, 2008)

La línea de gradiente hidráulico se utiliza en el diseño de alcantarillado de efluentes de diámetro pequeño para determinar los diámetros de tubería óptimos, los requisitos de rendimiento de la bomba y el funcionamiento óptimo de la bomba. En el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño, porque la línea de nivel de energía no puede ser mayor que la energía potencial disponible resultante de la diferencia de elevación entre cualquier entrada y la salida de alcantarillado, la línea de gradiente energético o la línea de gradiente hidráulico, porque el cabezal de velocidad puede ser ignorado, establece el diámetro de la tubería necesaria para llevar el flujo máximo de diseño. En un sistema de alcantarillado de diámetro pequeño con bomba, la línea de gradiente hidráulico establece los requisitos de rendimiento de la bomba necesarios para descargar con éxito las aguas residuales a la red de alcantarillado en el punto de conexión. También advierte dónde aumentar el diámetro de una tubería sería beneficioso para reducir las pérdidas de carga en la alcantarilla y, por lo tanto, la línea de gradiente hidráulico en funcionamiento (ver Gráfico N° 56). (Water Environment Federation, 2008)

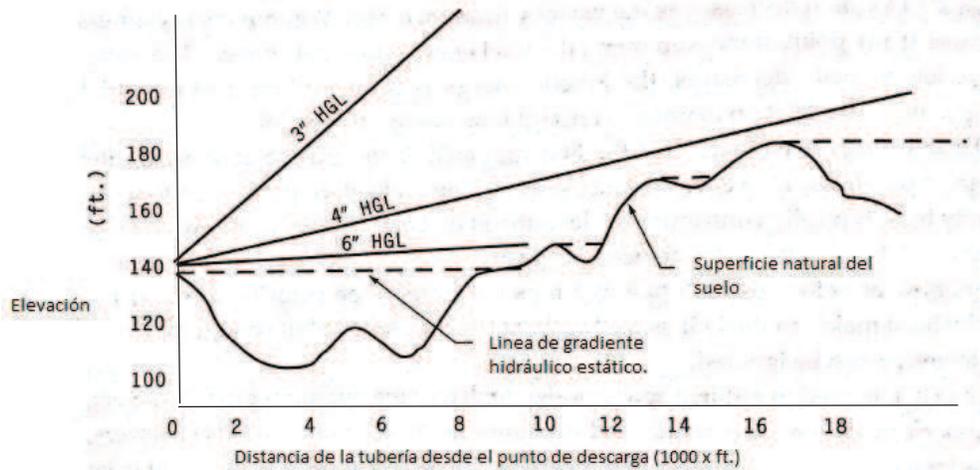


Gráfico N° 56 Ejemplo de línea de gradiente hidráulico

Fuente: (Water Environment Federation, 2008)

Para realizar el análisis hidráulico, se dibujan a escala el plan del sistema y el perfil del sistema, incluidas todas las líneas de colectores. En el plan del sistema, los nodos se establecen en puntos convenientes a lo largo de la red de tuberías. Estos puntos, típicamente, se ubican en "cumbres" significativas de la tubería invertida, uniones de alcantarillado, a intervalos de 122 a 183 m en tramos largos ininterrumpidos y, en el caso del sistema de alcantarillado de pequeño diámetro con gradiente variable, cambios abruptos en el gradiente de la tubería. En cada uno de los nodos, se anota el número acumulado de conexiones o el flujo contributivo total aguas arriba del nodo proyectado al final del período de diseño. Las conexiones asignadas a cada nodo se utilizan para estimar el flujo de diseño en la sección de tubería entre el nodo y el nodo ascendente adyacente. (Water Environment Federation, 2008)

El dibujo del perfil del sistema incluye la elevación de la superficie del suelo a lo largo de la ruta de la tubería, la elevación invertida de la tubería, todas las ubicaciones de conexión de servicio y la elevación invertida de la salida del tanque séptico medida o estimada. El sistema calculado que opera la línea de gradiente hidráulico se dibuja en este perfil.

El análisis hidráulico del sistema de tuberías comienza con el colector aguas abajo, en sentido hacia aguas arriba. El análisis de cada tramo comienza asumiendo un diámetro de tubería de prueba. La pendiente de la línea de

gradiente hidráulico se calcula utilizando el flujo de diseño estimado para ese tramo y la ecuación de Hazen-Williams o Manning. Se dibuja la línea de gradiente hidráulico resultante, continuando la gráfica desde la línea gradiente hidráulico dibujado para el tramo anterior. Si la línea de gradiente hidráulico es demasiado empinada, causando más pérdida de carga en la tubería principal de lo deseado, el análisis se repite usando un tamaño de tubería de mayor diámetro. Por el contrario, si la línea de gradiente hidráulico es demasiado plana, un aumento de altura puede ser aceptable, por lo que se intenta un diámetro menor, por razones económicas (Gráfico N° 56). (Water Environment Federation, 2008)

En el flujo de conductos cerrados (donde el agua fluye bajo presión), el perfil del tubo puede extenderse por encima de la línea de gradiente hidráulico. Donde esto ocurre, se crea una presión negativa en la tubería, creando un efecto de sifón en la sección sobre la línea de gradiente hidráulico. No se producen consecuencias perjudiciales, siempre y cuando la tubería permanezca hermética al aire, pero, con el tiempo, los gases generados por las aguas residuales y el aire que se filtra al sistema se acumulan en esta sección, rompiendo el efecto del sifón. Como resultado, las pérdidas de cabeza en la tubería aumentarán drásticamente. Por esta razón, se deben evitar las secciones de presión negativa y todas las cumbres importantes provistas con válvulas de liberación de aire. (Water Environment Federation, 2008)

3.3.4. Diseño de la zanja de infiltración

El diseño de los sistemas de absorción del suelo comienza en la superficie infiltrante, donde las aguas residuales ingresan al suelo. Con la continua aplicación de aguas residuales, esta superficie se obstruye y la tasa de infiltración de aguas residuales se reduce por debajo de la capacidad de percolación del suelo circundante. Por lo tanto, la superficie infiltrante se debe dimensionar sobre la base de la conductividad hidráulica esperada de la alfombra de obstrucción y la estimación del caudal diario de aguas residuales. (United States Environmental Protection Agency, 1980)

1. De acuerdo a la (Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020, 2012), el área útil de percolación será el mayor valor entre las áreas del fondo y de las paredes laterales, contabilizándolas desde la tubería hacia abajo.

2. De acuerdo a (Oxfam, 2008), la longitud de la zanja es calculada con la siguiente formula:

$$L = (N \times Q) / 2 \times D \times I$$

Donde:

L: Longitud en metros.

N: Número de usuarios.

Q: Caudal de aguas residuales en litros por persona por día.

D: Profundidad efectiva en metros.

I: Ratio de infiltración en litros por m² por día. (Ver Tabla N° 16)

Tabla N° 16 Capacidad de infiltración sugerida por la Organización Mundial de la Salud

Type of soil	Infiltration Capacity. (L / m² per day) (SIR)
Coarse / medium sand	50
Fine sand, loamy sand	33
Sandy loam, loam	25
Porous silty clay / porous silty clay loam	20
Compact silty loam, compact silty clay loam and non-expansive clay	10
Expansive clay	<10

Nota. Fuente: (Oxfam, 2008)

3. La clave de la tubería debe estar 5 centímetros debajo del geotextil o geomembrana. (Oxfam, 2008)

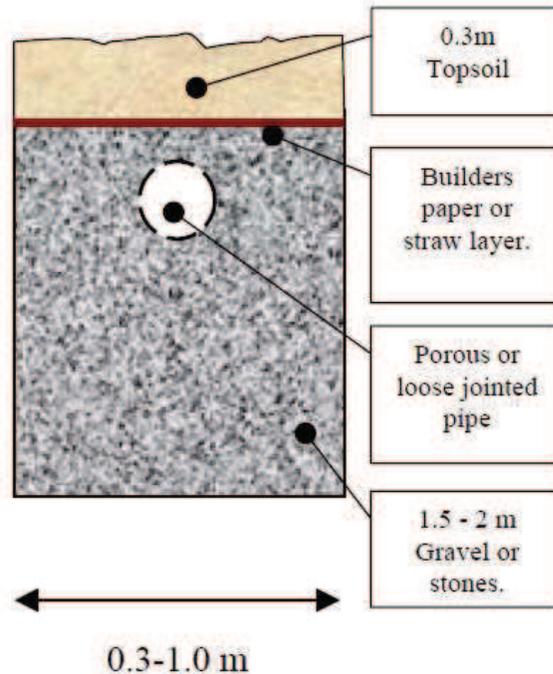


Gráfico N° 57 Sección de la zanja para tubería de infiltración

Fuente: (Oxfam, 2008)

4. La cota de fondo de la zanja debe estar ubicado sobre el nivel de la napa freática. (Oxfam, 2008)
5. La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 1 a 2 metros entre el fondo de la zanja y el nivel freático. (United States Enviromental Protection Agency, 1980)
6. La configuración de las zanjas podrá tener diferentes diseños dependiendo del tamaño y la forma de la zona de eliminación disponible, la capacidad requerida y la topografía del área. (Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020, 2012)
7. La longitud máxima de cada línea de drenes; será de 30 m. Todas las líneas de drenaje serán de igual longitud, en lo posible. (Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020, 2012)
8. Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de drenes. El espaciamiento entre los ejes de cada zanja tendrá un valor mínimo de 2 metros. (Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020, 2012)

9. La pendiente mínima de los drenes será de 1,50/00 (1,5 por mil) y un valor máximo de 50/00(5 por mil). (Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020, 2012)

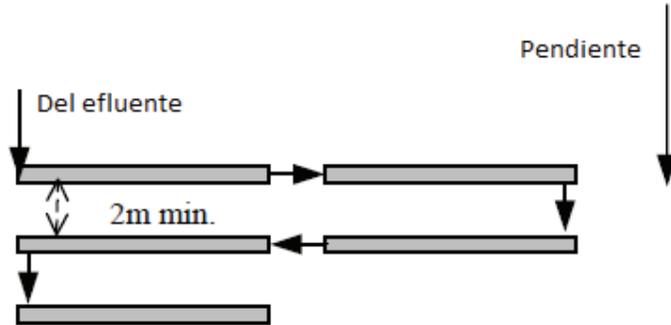


Gráfico N° 58 Vista en planta de la zanja de infiltración

Fuente: (Oxfam, 2008)

3.4. Funcionamiento del sistema de alcantarillado propuesto



Gráfico N° 59 Tanque Séptico en condiciones iniciales

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)



Gráfico N° 60 Tanque Séptico en funcionamiento

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)



Gráfico N° 61 Tanque Séptico en funcionamiento a mitad de su capacidad

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)

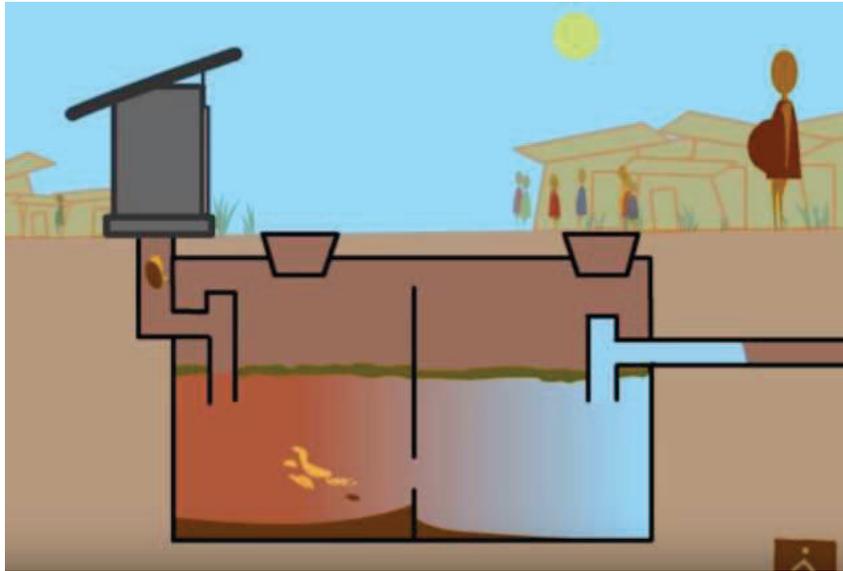


Gráfico N° 62 Tanque Séptico en plena descarga al efluente de diámetro pequeño

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)

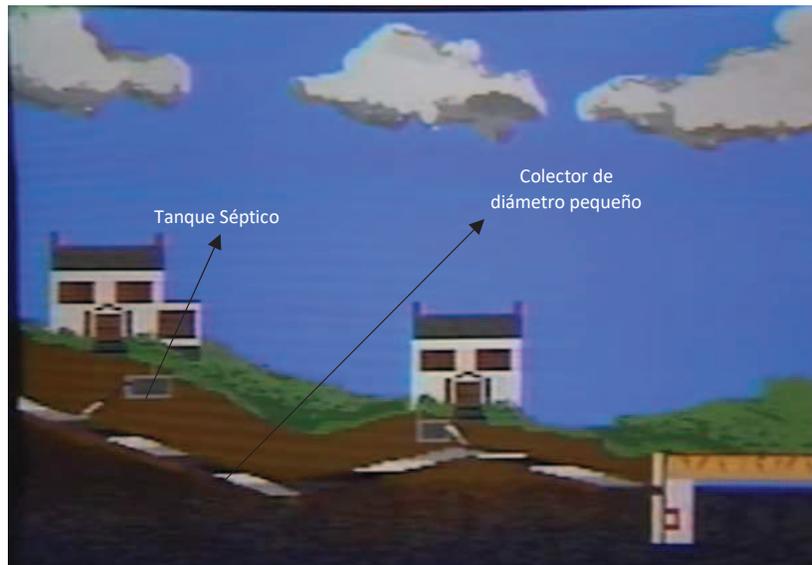


Gráfico N° 63 Recolección del colector de diámetro pequeño

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)



Gráfico N° 64 Prueba en Laboratorio del Sistema de Alcantarillado de Diámetro Pequeño

Fuente: (Healthabitat Australia, 2011)

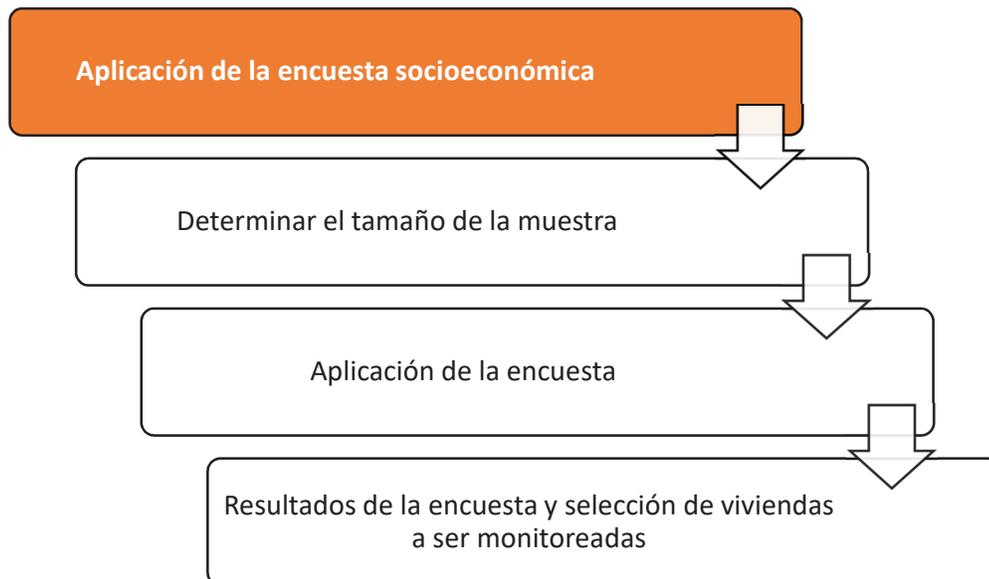
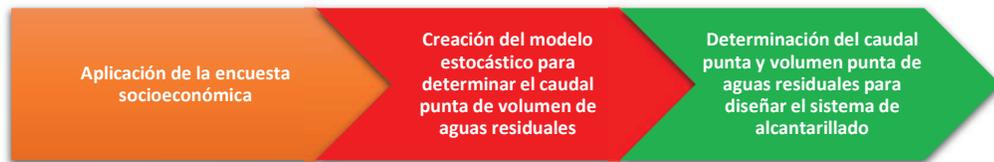
En el Gráfico N° 64 se muestra que, si un tanque séptico se encuentra debajo de la línea de gradiente hidráulico, este necesitara una bomba con una válvula check para controlar la emisión del efluente.

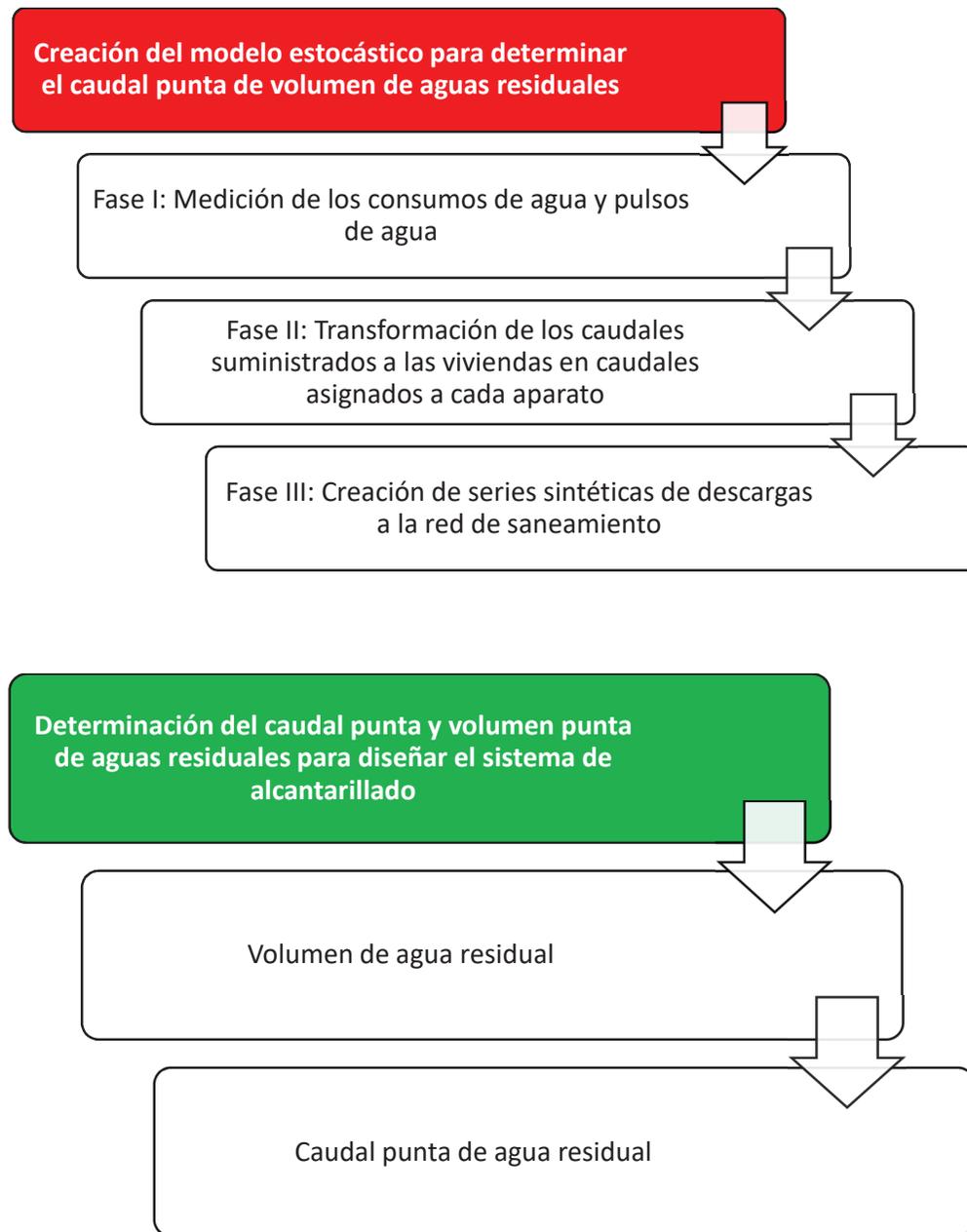
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL MODELO Y COMPARACIÓN CON EL SISTEMA CONVENCIONAL

La aplicación de la presente propuesta de investigación se muestra en el siguiente diagrama de flujo:



El cálculo del caudal de diseño se detalla de la siguiente manera:





4.1. Ubicación del proyecto

La zona de estudio de la presente investigación es el anexo San Francisco, mismo que se encuentra ubicado en el distrito de Quilmaná, provincia de Cañete y departamento de Lima.

UBICACIÓN:

REGIÓN : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA
PROVINCIA : CAÑETE
DISTRITO : QUILMANÁ
ANEXO : SAN FRANCISCO

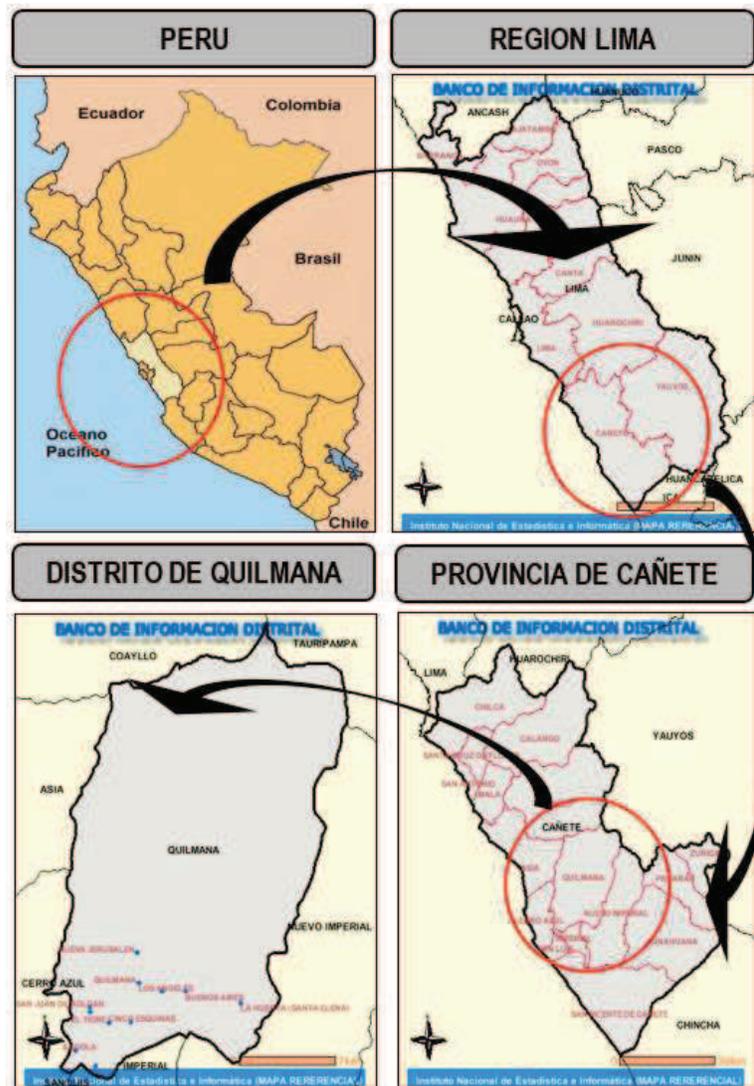


Gráfico N° 65 Micro localización del distrito de Quilmaná

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)



Gráfico N° 66 Ubicación geográfica de la zona en estudio

Fuente: Elaboración propia

Actualmente la población no cuenta con el servicio de desagüe; la población del Anexo San Francisco en un 87% elimina sus excretas en letrinas construidas por los mismos pobladores de manera rustica y el 13% de la población elimina sus excretas a campo abierto, con la consecuente contaminación de las zonas

circundantes y un riesgo latente para la salud de la población. (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

El sistema de redes de alcantarillado será proyectado por las calles del Anexo San Francisco y el lugar de tratamiento del efluente, estarán ubicados en las coordenadas UTM-WGS 84 E: 347734.52 m; N 8561875.25 m y en la cota 80.00 msnm, ubicadas a través de GPS, el terreno tiene U.C. 018612, el área considerado para la instalación del sistema de tratamiento del efluente es un área de 3,604.53 M2, perímetro 301.68 ml de uso exclusivo para el sistema de tratamiento del efluente, comprado por la Municipalidad Distrital de Quilmaná.

El distrito de Quilmaná limita por el Norte, Sur, Este y Oeste con los siguientes distritos:

- POR EL NORTE:** DISTRITOS DE COAYLLO Y TAURIPAMPA (YAUYOS)
- POR EL SUR:** DISTRITOS DE IMPERIAL Y SAN LUIS
- POR EL ESTE:** DISTRITO DE NUEVO IMPERIAL
- POR EL OESTE:** DISTRITOS DE CERRO AZUL Y ASIA



Gráfico N° 67 Ubicación del Anexo San Francisco

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

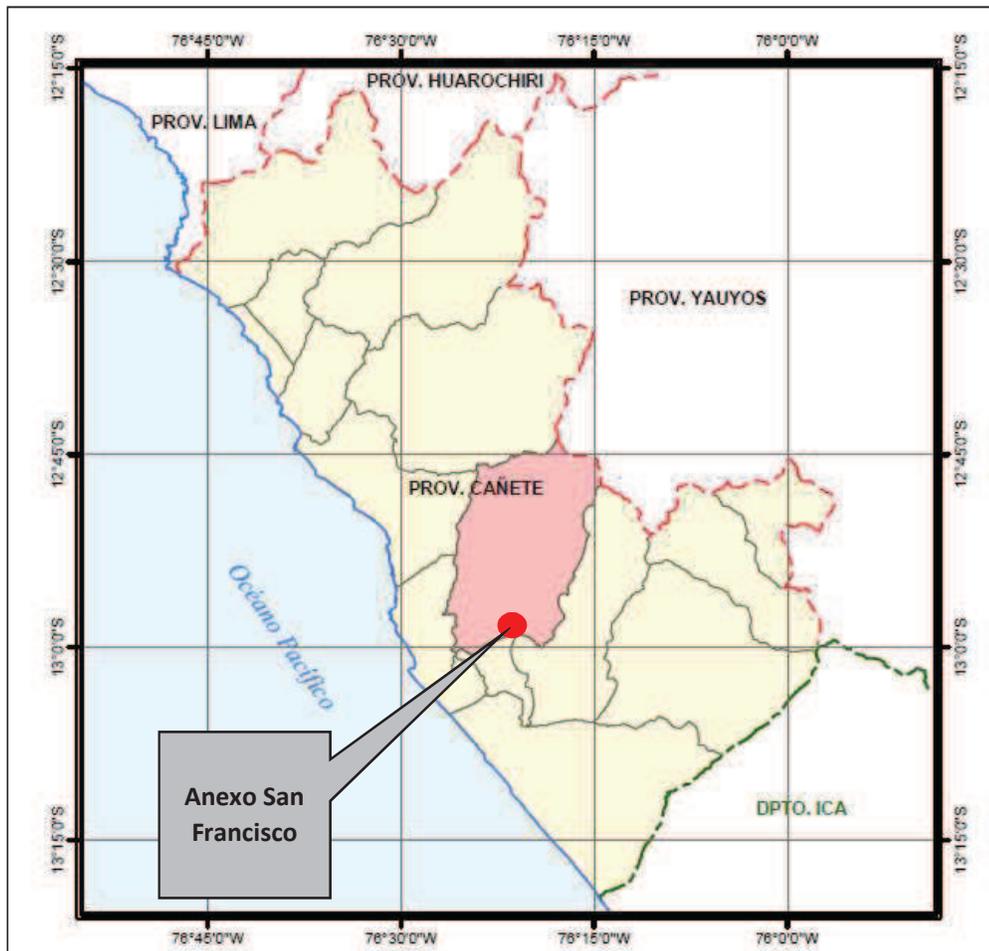


Gráfico N° 68 Mapa Geo referenciado de la Provincia de Cañete

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

LOCALIDAD		COORDENADAS			Elevación Geoidal
ANEXO	SAN FRANCISCO	Código	Norte (Y)	Este (X)	
		BM-1	8561635.4567	347305.9920	79.473 msnm

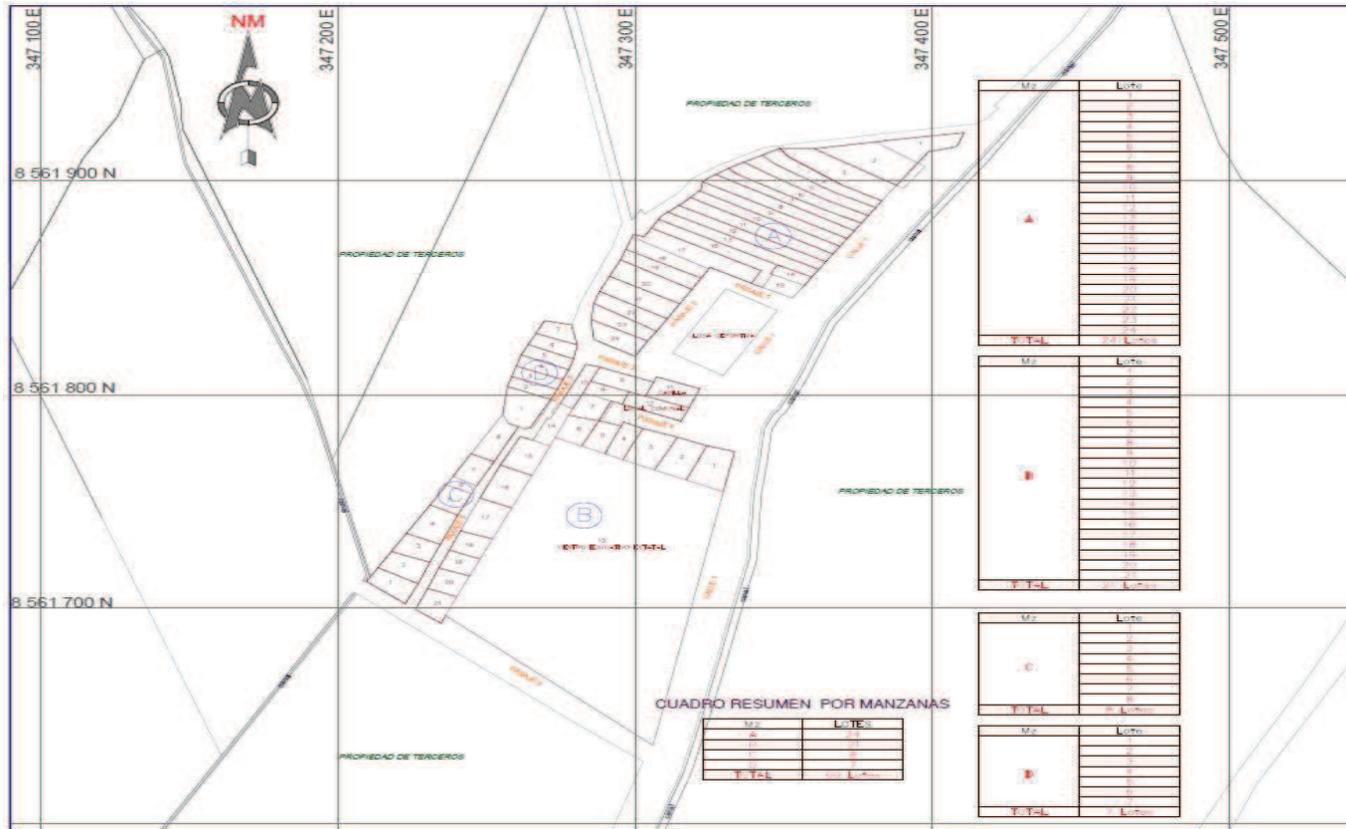


Gráfico N° 69 Plano catastral de habilitación del Anexo San Francisco de Quilmaná

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

De acuerdo a los planos catastrales (ver Gráfico N° 69), el Anexo San Francisco de Quilmaná cuenta con 60 predios, mismos que se encuentran distribuidos en 4 manzanas (A, B, C y D).

Tabla N° 17 Cantidad de lotes en el Anexo San Francisco de Quilmaná, distribuido por manzanas

Manzana	Cantidad de Lotes
A	24
B	21
C	8
D	7
Total	60

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2. Diseño del sistema de alcantarillado propuesto

4.2.1. Cálculo del caudal de diseño

4.2.1.1. Aplicación de encuesta socioeconómica

4.2.1.1.1. Determinar el tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se hace uso del software Decision Analyst STATS™ 2.0

Cálculo del tamaño de la muestra representativa para el universo de número de lotes que se necesita para tener representadas a los 60 lotes del Anexo San Francisco, con 90% de confianza y 6% de error máximo.

Datos:

- Tamaño del universo: 60
- Error máximo aceptable: 6%
- Porcentaje estimado de la muestra: 50%
- Nivel deseado de confianza: 95%

El tamaño de la muestra que nos proporciona el software Decision Analyst STATS™ 2.0 es:

Decision Analyst STATS™ 2.0

Sample Size Determination (Sample Size for Population Percentage Estimates)

Inputs

Universe Size
If universe is less than 99,999, replace 99,999 with the smaller number
60

Maximum Acceptable Percentage Points of Error
6%

Estimated Percentage Level
50%

Desired Confidence Level
90%

Results
The Sample Size Should Be...
46

Decision Analyst
The global leader in analytical research systems

Calculate Reset Exit

817 640-6166 | www.decisionanalyst.com

Gráfico N° 70 Cálculo del tamaño de la muestra para el anexo San Francisco mediante el software Decision Analyst STATSTM 2.0

Fuente: Elaboración propia

Tamaño de la muestra: 46 (número de lotes que se necesita para tener representadas a los 60 lotes del Anexo San Francisco, con 90% de confianza y 6% de error máximo).

Por tanto, las encuestas socioeconómicas deberían ser aplicadas como mínimo en 46 lotes, entre los cuales pueden estar incluidos los lotes inhabitados y los lotes unificados con lotes existentes.

4.2.1.1.2. Aplicación de la encuesta

Debido a que, de acuerdo al catastro urbano, el Anexo San Francisco cuenta con 60 lotes, las encuestas fueron realizadas en su totalidad el 01 de julio del 2018, desde las 10:35 am hasta la 01:30 pm, producto de ello se tiene la siguiente tabla:

Tabla N° 18 Información básica de lotes por propietario en el Anexo San Francisco de Quilmaná al 01 de julio del 2018

Ítem	Manzana	Lote	Ubicación	Propietario	Condición de Lote	# Habitantes	Uso	# Pisos
1	A	1	Calle 1	Juana Quispe Ellaconce	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
2	A	2	Calle 1	Antoni Rivera Pardo	Encuestado	4	Vivienda y otra actividad productiva asociada	1
3	A	3	Calle 1	Pedro Porta Vilcapuma	Encuestado	1	Sólo vivienda	1
4	A	4	Calle 1		Inhabitado		Inhabitado	
5	A	5	Calle 1	Juan Jimenez Cortez	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
6	A	6	Calle 1	Manuel Teodoro Villa Yataco	Encuestado	1	Sólo vivienda	1
7	A	7	Calle 1		Inhabitado		Inhabitado	
8	A	8	Calle 1	Jorge Luis Ñañez Yataco	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
9	A	9	Calle 1	Jose Alfredo Yataco Jimenez	Encuestado	4	Vivienda y otra actividad productiva asociada	1
10	A	10	Calle 1		Inhabitado		Inhabitado	
11	A	11	Calle 1	Carmen Rosa Villa Berial	Encuestado	4	Sólo vivienda	1
12	A	12	Calle 1		Inhabitado		Inhabitado	
13	A	13	Calle 1	Pilar Ventura Jorge	Encuestado	2	Sólo vivienda	1
14	A	14	Calle 1	Silvia Yataco Sayra	Encuestado	3	Vivienda y otra actividad productiva asociada	1
15	A	15	Calle 1		Inhabitado		Inhabitado	
16	A	16	Pasaje 1		Unificado con Lt 17 Mz A		Unificado con Lt 17 Mz A	
17	A	17	Pasaje 1	Irma Bertha Ñañez de Jimenez	Encuestado	7	Sólo vivienda	2
18	A	18	Pasaje 2	Julia Ventura Cerba	Encuestado	3	Sólo vivienda	1
19	A	19	Pasaje 2	Eymi Elias Ventura	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
20	A	20	Pasaje 2	Luis Alberto Napan Muñoz	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
21	A	21	Pasaje 2	Nancy Ñañez	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
22	A	22	Pasaje 2	Beatriz Ramos de Avalos	Encuestado	4	Sólo vivienda	1

Ítem	Manzana	Lote	Ubicación	Propietario	Condición de Lote	# Habitantes	Uso	# Pisos
23	A	23	Pasaje 2	Marcelo Yataco Peña	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
24	A	24	Pasaje 2	Richard Yataca Viilca	Encuestado	2	Sólo vivienda	1
25	B	1	Pasaje 4		Inhabitado		Inhabitado	
26	B	2	Pasaje 4	Maria Jimenez Cortez	Encuestado	6	Vivienda y otra actividad productiva asociada	1
27	B	3	Pasaje 4		Fuera del tamaño de la muestra			
28	B	4	Pasaje 4		Unificado con Lt 3 Mz B		Unificado con Lt 3 Mz B	
29	B	5	Pasaje 4		Inhabitado		Inhabitado	
30	B	6	Pasaje 4	Saul Quispe Ellancoze	Encuestado	4	Sólo vivienda	1
31	B	7	Pasaje 4	Libia Ramos de Huamancachi	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
32	B	8	Pasaje 4	Leocadia Santa Velasquez Vilas	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
33	B	9	Pasaje 4		Fuera del tamaño de la muestra			
34	B	10	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
35	B	11	Calle 1	Capilla	Encuestado	0	Capilla	1
36	B	12	Calle 1	Local Comunal	Encuestado	0	Local Comunal	1
37	B	13	Calle 1	Centro Educativo Estatal	Encuestado	0	Centro Educativo	1
38	B	14	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
39	B	15	Pasaje 5	Esther Luzmila Cuba	Encuestado	6	Sólo vivienda	1
40	B	16	Pasaje 5	Ana Maria Garcia Gutierrez	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
41	B	17	Pasaje 5		Inhabitado		Inhabitado	
42	B	18	Pasaje 5		Inhabitado		Inhabitado	
43	B	19	Pasaje 5	Miguel Litano Bereche	Encuestado	5	Sólo vivienda	1
44	B	20	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
45	B	21	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
46	C	1	Pasaje 5		Inhabitado		Inhabitado	

Ítem	Manzana	Lote	Ubicación	Propietario	Condición de Lote	# Habitantes	Uso	# Pisos
47	C	2	Pasaje 5	Olga Rosa Campusano Serva	Encuestado	1	Sólo vivienda	1
48	C	3	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
49	C	4	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
50	C	5	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
51	C	6	Pasaje 5	Alicia Carpio Castillo	Encuestado	3	Sólo vivienda	1
52	C	7	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
53	C	8	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
54	D	1	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
55	D	2	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
56	D	3	Pasaje 5	José Allon Nolasco	Encuestado	2	Sólo vivienda	2
57	D	4	Pasaje 5		Fuera del tamaño de la muestra			
58	D	5	Pasaje 5	Rene Eliar Avalor Ramos	Encuestado	2	Sólo vivienda	1
59	D	6	Pasaje 5	Juan Carlos Avalos Ramos	Encuestado	4	Sólo vivienda	1
60	D	7	Pasaje 5	Richard Yataco Vilca	Encuestado	1	Sólo vivienda	1

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N° 18, al ser el tamaño de la muestra 46 lotes, hay 14 lotes que no formaron parte de la muestra. Asimismo, de los 46 lotes antes indicados, se logró identificar a los propietarios de 34 lotes, mientras existen 10 lotes inhabitados y 2 lotes unificados.

Los propietarios de los 14 lotes restantes no fueron identificados, puesto que, de acuerdo a comentarios de sus vecinos, estos no residen permanentemente en sus viviendas del Anexo San Francisco.

4.2.1.1.3. Resultados de la encuesta y selección de viviendas a ser monitoreadas

Producto de la encuesta realizada se tiene que el 79.41% de las viviendas representativas son lotes cuyo uso solo se da como vivienda, también se puede verificar que existe una capilla, un centro educativo, un local comunal y 4 viviendas con otra actividad productiva asociada (bodega o internet). Ver Tabla N° 19

Tabla N° 19 Resumen de lotes de acuerdo a su uso

Tipo de Uso	Cantidad de Lotes	%
Capilla	1	2.94
Centro Educativo	1	2.94
Local Comunal	1	2.94
Sólo vivienda	27	79.41
Vivienda y otra actividad productiva asociada	4	11.77
Total	34	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

De los lotes cuyo uso es sólo vivienda o vivienda y otra actividad asociada, es decir 31 lotes, se tiene que el 19.36% cuentan con cuatro habitantes por vivienda.

De acuerdo a la Tabla N° 20, el 64.52% de los lotes cuentan con cuatro o más habitantes por vivienda.

Tabla N° 20 Distribución de lotes de acuerdo a la cantidad de habitantes

Habitantes por Vivienda	Cantidad de lotes	%
Uno	4	12.90

Habitantes por Vivienda	Cantidad de lotes	%
Dos	4	12.90
Tres	3	9.68
Cuatro	6	19.36
Cinco	6	19.36
Seis	7	22.58
Siete	1	3.22
Total	31	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N° 21, el 83.87 % de los lotes cuentan con una familia por vivienda.

Tabla N° 21 Distribución de lotes de acuerdo a la cantidad de familias por vivienda

Familias por Vivienda	Cantidad de lotes	%
1	26	83.87
2	5	16.13
Total	31	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

El 100% de la población beneficiaria del anexo San Francisco cuenta con el servicio de agua potable las veinticuatro (24) horas de los siete (7) días de la semana. Asimismo, el costo mensual que paga cada habitante por el servicio de agua potable es siete (7) soles mensuales.

De los lotes encuestados, cuyo uso es solo como vivienda, usan el agua potable para beber, preparar alimentos, lavar ropa, higiene personal y limpieza de la vivienda. En tanto, la capilla, el local comunal y el centro comunal usan el agua para el higiene personal y limpieza de la vivienda.

De acuerdo al Gráfico N° 71, del total de lotes encuestados, diecisiete (17) lotes cuentan con inodoros, once (11) lotes cuentan con lavavajillas (lavaplatos), dos (2) lotes cuentan con lavadoras, diecinueve (19) lotes cuentan con grifos (lavamano/lavacara), dieciocho (18) lotes cuentan con duchas y siete (7) lotes cuentan con tanque rotoplas de 1,100 lts de capacidad.

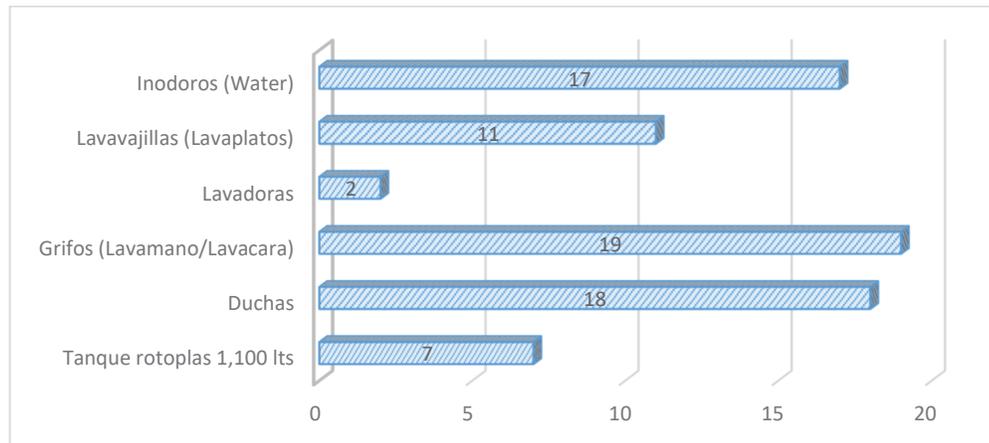


Gráfico N° 71 Cantidad de aparatos sanitarios en el Anexo San Francisco de Quilmaná

Fuente: Elaboración propia

Considerando que, el Flujómetro ultrasónico no invasivo debe ser instalado en dos (2) viviendas representativas que tengan la mayor cantidad de aparatos sanitarios, ya que las variables aleatorias, para determinar la caudal punta de agua residual son el volumen total y el % de volumen de cada uno de los accesorios, las dos viviendas escogidas para la presente investigación son los mostrados en la Tabla N° 22. Además, el lote 8 de la manzana A cuenta con 5 habitantes, en tanto el lote 7 de la manzana B cuenta con 6 habitantes, es decir son los lotes que mayor consumo y descarga de agua deberían tener, puesto que tienen la mayor cantidad de accesorios y la mayor cantidad de habitantes.

Tabla N° 22 Lotes seleccionados para la instalación del Flujómetro ultrasónico no invasivo

Manzana	Lote	Ubicación	# Habitantes	Flujómetro Ultrasónico	Cantidad de días
A	8	Calle 1	5	06/08/2018 – 19/08/18	14
B	7	Pasaje 4	6	22/07/18 – 05/08/18	15

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Creación del modelo estocástico para determinar el caudal punta y volumen de aguas residuales

4.2.1.2.1. Fase I: Medición de los consumos de agua y pulsos de agua

Para la presente investigación, el medidor de caudal utilizado fue un sensor ultrasónico no invasivo (Ultrasonic Portable Flowmeter UF2000B). (Ver Gráfico N° 72)

Este Flujómetro utiliza un principio de medición basado en tiempos de transito de flujo por ultrasonidos. Dicho principio consiste en el envío periódico de ondas, a través de las cuales el aparato realiza el cálculo de la velocidad (v) y el caudal (Q) del fluido por medio de la medición de la variación de los tiempos de tránsito (Δt) entre ondas consecutivas. Los datos son adquiridos cada segundo y almacenados en la memoria del dispositivo para luego ser procesados. (Saldarriaga, 2014)

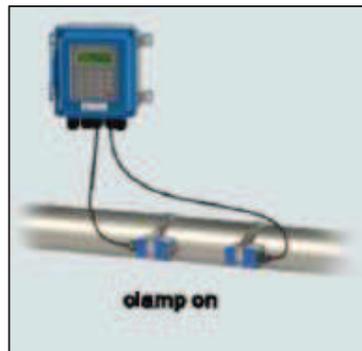


Gráfico N° 72 Ultrasonic Portable Flowmeter UF2000B

Fuente: Elaboración propia

Tal como se indicará en la Tabla N° 22, los predios escogidos fueron el lote 8 de la manzana A y el lote 7 de la manzana B, y son estos los predios donde se instaló el Flujómetro ultrasónico no invasivo por un periodo de 29 días calendario, 14 días en el primero y 15 días en el segundo respectivamente.

El Flujómetro ultrasónico no invasivo registró los pulsos por cada segundo en el lote 7 de la manzana B desde el 22 de julio de 2018 hasta el 05 de agosto de 2018, en tanto registró los pulsos por cada segundo en el lote 8 de la manzana A desde el 06 de agosto de 2018 hasta el 19 de agosto de 2018.



Gráfico N° 73 Frontis del lote 7 de la manzana B - Pasaje 4

Fuente: Elaboración propia

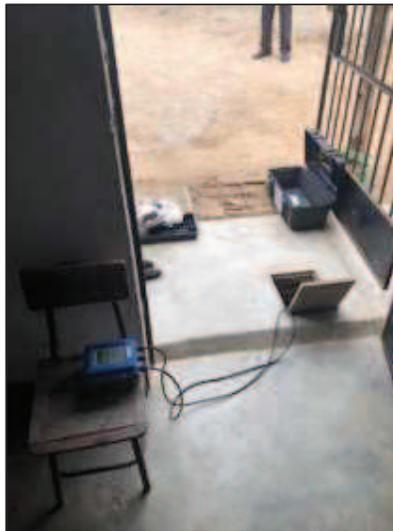


Gráfico N° 74 Flujoímetro ultrasónico no invasivo instalado en el lote 7 de la manzana B – Pasaje 4

Fuente: Elaboración propia



**Gráfico N° 75 Sensores instalados en la caja de registro del lote 7 de la manzana B
– Pasaje 4**

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 76 Frontis del lote 8 de la manzana A – Calle 1

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 77 Flujómetro ultrasónico no invasivo instalado en el lote 8 de la manzana A – Calle 1

Fuente: Elaboración propia



Gráfico N° 78 Sensores instalados en la aducción del tanque rotoplas del lote 8 de la manzana A – Calle1

Fuente: Elaboración propia

Los datos registrados con ayuda del Flujómetro ultrasónico no invasivo se encuentran almacenados en una Base de datos, los pulsos registrados son aproximadamente 2,332,800. El Gráfico N° 79 muestra claramente los pulsos de consumo registrados entre las 10:00:00 a.m. hasta las 10:59:59 a.m. del 28 de julio de 2018.

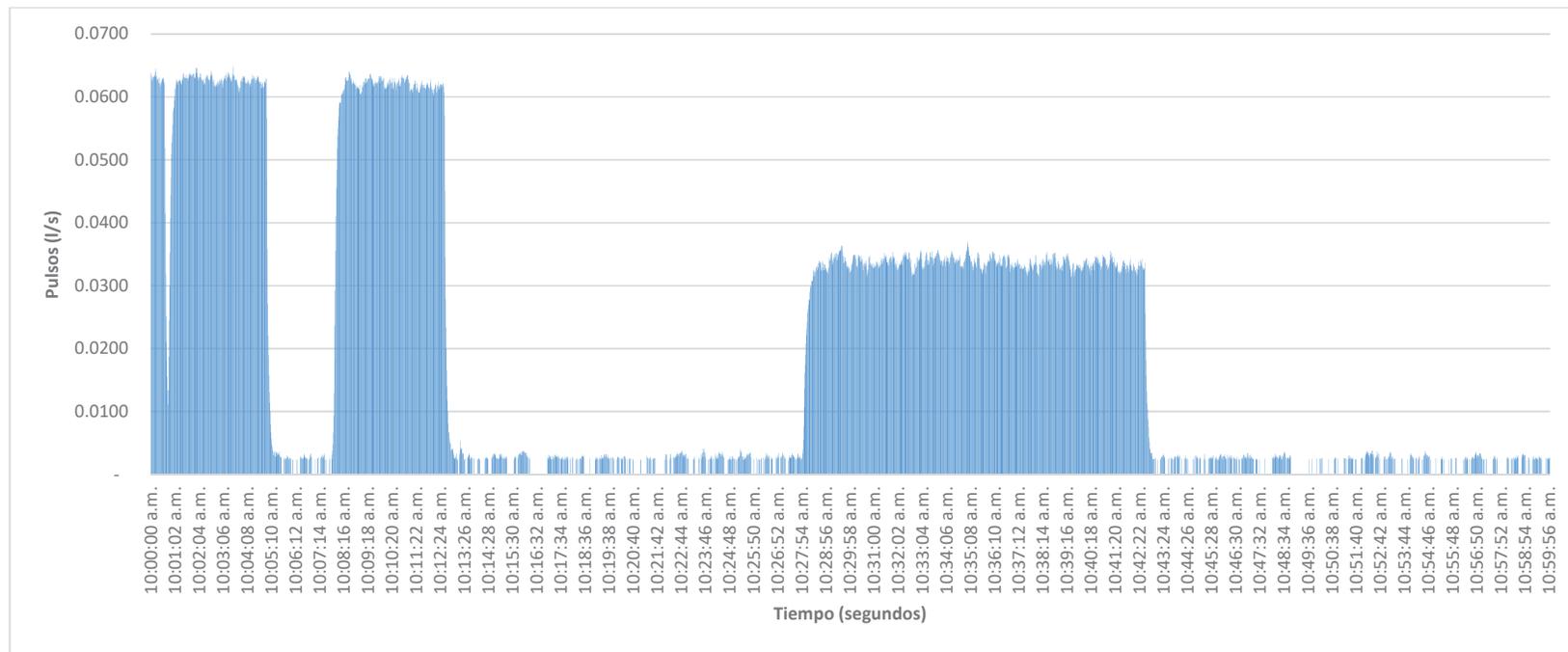


Gráfico N° 79 Pulsos de consumo (l/s) desde 10:00:00 a.m. hasta 10:59:59 a.m. del 28 de julio de 2018

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 80 se muestra los pulsos de consumo registrados a mayor detalle, para el caso en particular, el consumo entre las 10:00:00 a.m. y 10:00:42 a.m. corresponde al consumo realizado por un grifo (0.06 l/s), y entre las 10:00:44 a.m. se da inicio al consumo de inodoro (0.0180 l/s) y una ducha (0.0296 l/s).

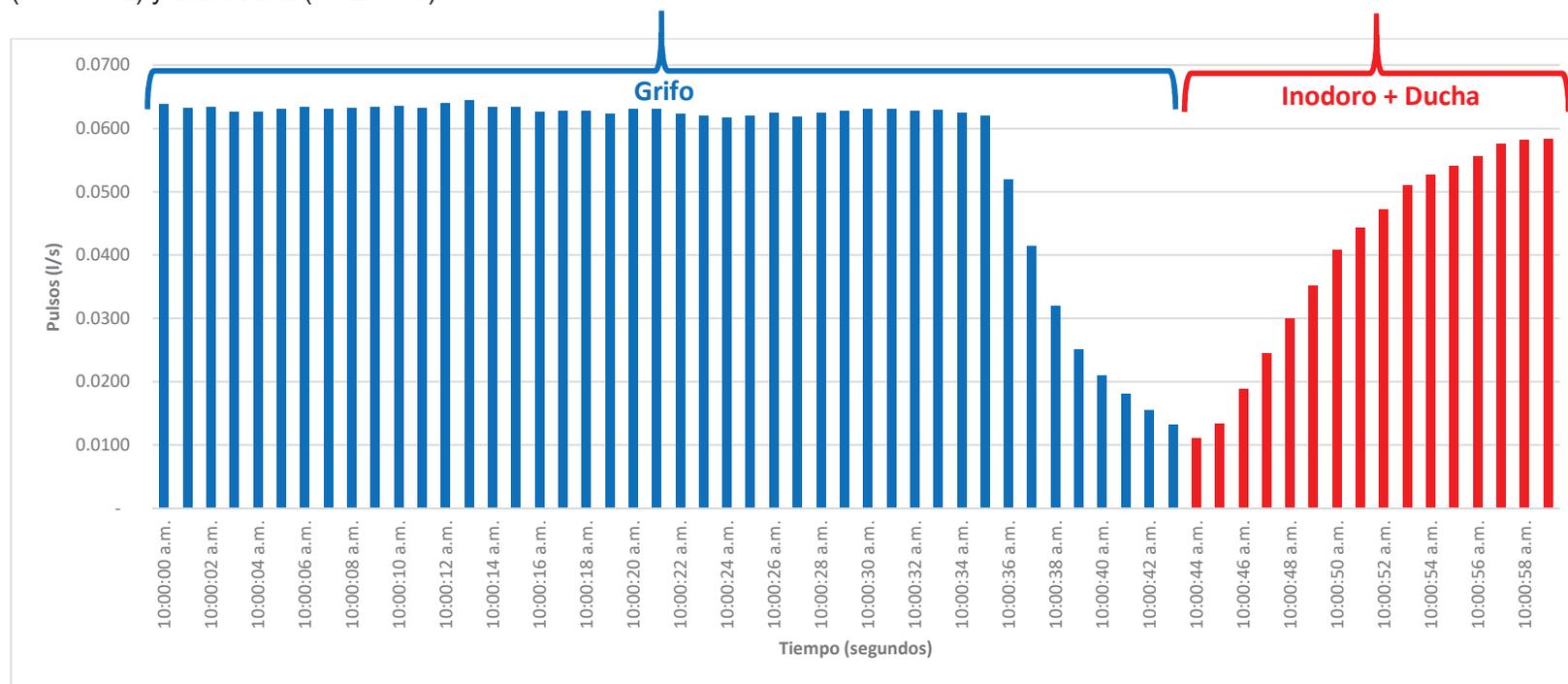


Gráfico N° 80 Pulsos de consumo (l/s) desde 10:00:00 a.m. hasta 10:00:59 a.m. del 28 de julio de 2018

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2. Fase II: Transformación de los caudales suministrados a las viviendas en caudales asignados a cada aparato

Con el fin de procesar los datos fue necesario hacer uso del software “Trace Wizard” para lograr la caracterización del consumo de agua entre los diferentes pulsos, este software disgrega los pulsos en una serie de eventos por aparato sanitario. Asimismo, este software brinda el volumen, caudal y duración de cada evento.

Identificar los usos no es un trabajo sencillo, la complicación se debe a que los consumos domésticos comúnmente ocurren de manera simultánea en un intervalo de tiempo. Evidentemente estos solapamientos dificultan el reconocimiento de los usos, es por esto que descomponer la demanda en sus microcomponentes esenciales se realizará mediante el uso del software “Trace Wizard”.

Para identificar los usos es necesario contar con el caudal promedio aproximado de los accesorios sanitarios usados en las viviendas monitoreadas. Para la presente investigación, se determinó el caudal aproximado haciendo uso de una jarra con medidas volumétricas y un cronómetro para calcular el tiempo de llenado del mismo. Es preciso indicar que las mediciones se tomaron 3 veces al día (mañana, tarde y noche) durante 7 días de una semana.

El caudal promedio aproximado del grifo, en condiciones normales, es 0.0660 litros por segundo. (Ver Tabla N° 23)

Tabla N° 23 Cálculo del caudal aproximado en el grifo

Grifo (Lavadero / Lavamano)			
(A)	Volumen promedio:	0.80	l
(B)	Tiempo promedio:	12.13	seg
(C)=(A/B)	Caudal Promedio (Q):	0.0660	l/s

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los consumos de las lavadoras ocurren en grupos de tres y la duración esta entre los 15 y 30 minutos ($15 \text{ min} < t < 30 \text{ min}$), con un periodo total de lavado de una (1) hora y treinta (30) minutos.

El caudal aproximado de la ducha, en condiciones normales, es 0.0296 litros por segundo. (Ver Tabla N° 24)

Tabla N° 24 Cálculo del caudal aproximado en la ducha

Ducha			
(A)	Volumen promedio:	0.60	l
(B)	Tiempo promedio:	20.25	seg
(C)=(A/B)	Caudal Promedio (Q):	0.0296	l/s

Nota. Fuente: Elaboración propia

El caudal aproximado del inodoro, en condiciones normales, es 0.0180 litros por segundo. (Ver Tabla N° 25)

Tabla N° 25 Cálculo del caudal aproximado en el inodoro

Inodoro			
(A)	Volumen promedio:	6.38	l
(B)	Tiempo promedio:	355.2	seg
(C)=(A/B)	Caudal Promedio (Q):	0.0180	l/s

Nota. Fuente: Elaboración propia

El consumo de agua por orden de importancia en cada uno de los aparatos sanitarios en el interior de las viviendas es: fugas (35.8%), lavadero (31.0%), lavadoras (23.2%), duchas (6.0%) e inodoro (4.0%). Las fugas se deben a la antigüedad de los sistemas sanitarios de las viviendas monitoreada que, como se sabe, se encuentran en condiciones precarias.

Finalmente, mediante el uso del Software Trace Wizard se obtiene la caracterización de la demanda, mismo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 26 Resultado de la caracterización de la demanda

Aparato Sanitario	Volumen (l)	%
Fugas 	2755.70	35.77
Grifos 	2389.10	31.00
Lavadoras 	1786.30	23.18
Duchas 	462.90	6.01
Inodoros 	311.40	4.04
Total	7705.40	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

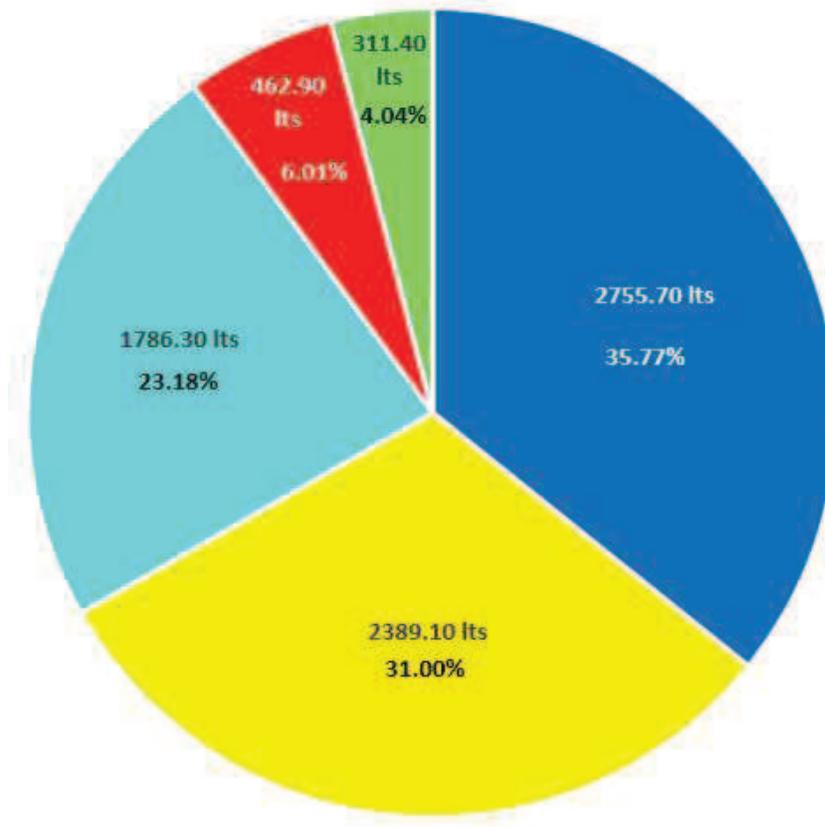


Gráfico N° 81 Resultado gráfico de la caracterización de la demanda

Fuente: Elaboración propia

La curva de modulación diaria de las viviendas muestra que el consumo promedio es 264.46 litros/vivienda/día, asimismo el caudal máximo diario es 716.00 litros/vivienda/día, este caudal máximo se dió el sábado 28 de julio de 2018 (feriado nacional en Perú), y el caudal mínimo diario es 125.60 litros/vivienda/día, este caudal mínimo se dió el lunes 23 de julio de 2018 (inicio de semana). Ver Gráfico N° 82.

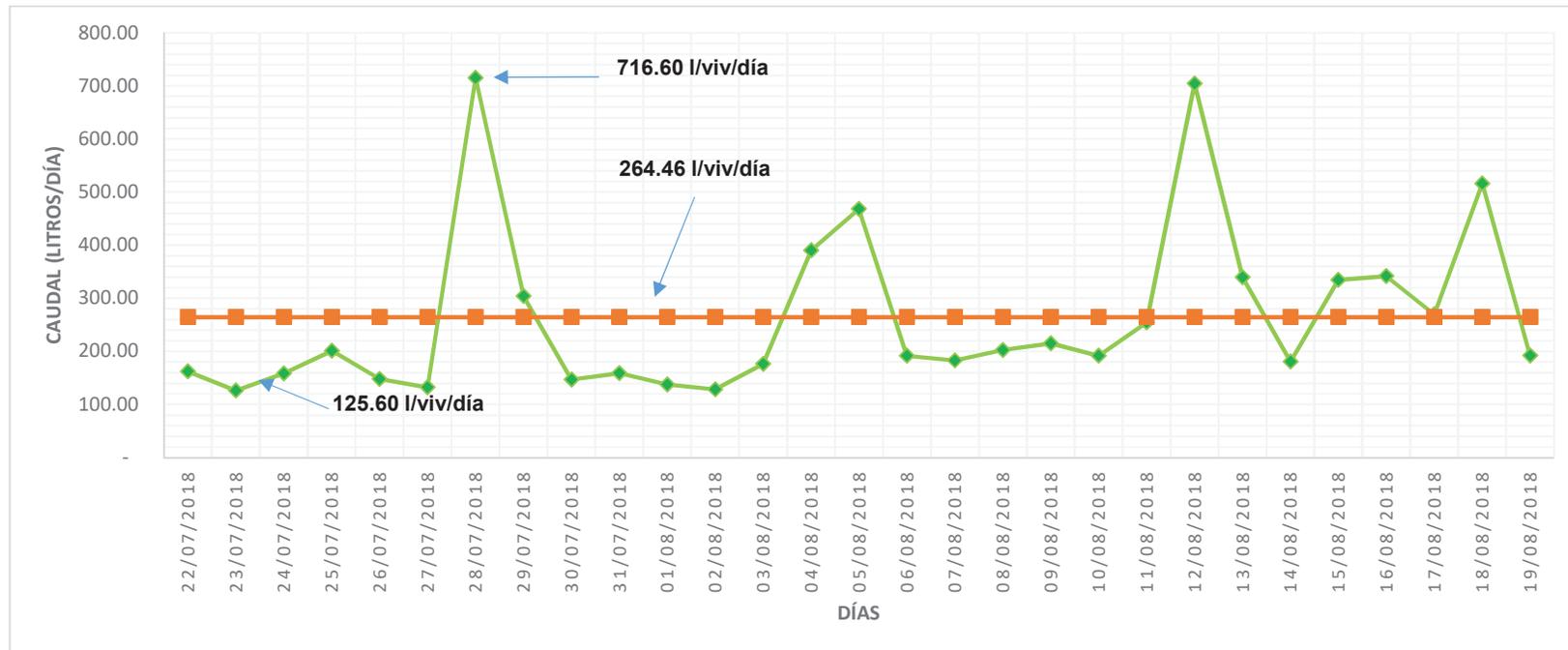


Gráfico N° 82 Curva de modulación del caudal diario en las dos viviendas monitorizadas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N° 27, las duchas son usadas aproximadamente 3 días por semana, y las lavadoras son usadas los fines de semana (sábados y domingos).

Tabla N° 27 Detalle del consumo diario en las viviendas monitorizadas por accesorio sanitario en días completos

File: Peru001
Start: Sunday, July 22, 2018 5:47:05 PM
End: Sunday, August 19, 2018 6:00:00 PM

Full Day	Volume (lts)	Leak 	Faucet 	CW 	Shower 	Toilet 
1:	125.6	62.3	42.4	0.0	8.2	12.7
2:	158.9	79.7	59.1	0.0	0.0	20.1
3:	200.9	68.3	122.0	0.0	0.0	10.5
4:	147.1	88.3	37.3	0.0	9.3	12.2
5:	131.7	77.2	25.0	0.0	12.7	16.8
6:	716.6	68.6	94.4	512.5	11.7	29.4
7:	304.1	105.1	172.2	0.0	5.4	21.4
8:	147.5	91.3	34.6	0.0	21.6	0.0
9:	158.8	99.9	59.0	0.0	0.0	0.0
10:	137.7	86.1	43.2	0.0	0.0	8.4
11:	129.5	82.2	47.3	0.0	0.0	0.0
12:	176.4	143.9	32.5	0.0	0.0	0.0
13:	389.5	130.5	44.3	172.2	37.9	4.6
14:	467.7	98.3	29.8	265.0	59.8	14.8
15:	191.2	125.1	42.5	0.0	15.9	7.7
16:	183.6	126.8	51.8	0.0	0.0	4.9
17:	202.8	153.4	45.8	0.0	0.0	3.7
18:	216.0	148.7	62.1	0.0	0.0	5.3
19:	192.0	149.9	12.4	0.0	19.8	10.0
20:	254.3	136.6	88.8	0.0	14.4	14.5
21:	704.1	104.3	175.3	367.7	49.4	7.5
22:	337.8	109.5	221.6	0.0	0.0	6.6
23:	180.8	112.7	41.3	0.0	18.9	7.8
24:	333.6	73.4	69.7	180.3	0.0	10.1
25:	340.8	73.9	179.3	0.0	69.7	17.8
26:	308.3	50.5	224.1	0.0	5.1	28.6
27:	515.4	37.1	172.6	266.3	37.5	2.0
Total	7352.7	2683.6	2230.4	1764.0	397.3	277.5

Nota. Fuente: Elaboración propia

La curva de modulación horaria de las viviendas muestra que el consumo promedio obtenido durante las horas de menor consumo, de 1 a 4 de la mañana, es de 0.0 litros por vivienda y hora, a su vez, el consumo promedio obtenido durante las horas de mayor consumo, de 6 a 8 de la mañana, es de 22.76 litros por vivienda y hora. Ver Gráfico N° 83

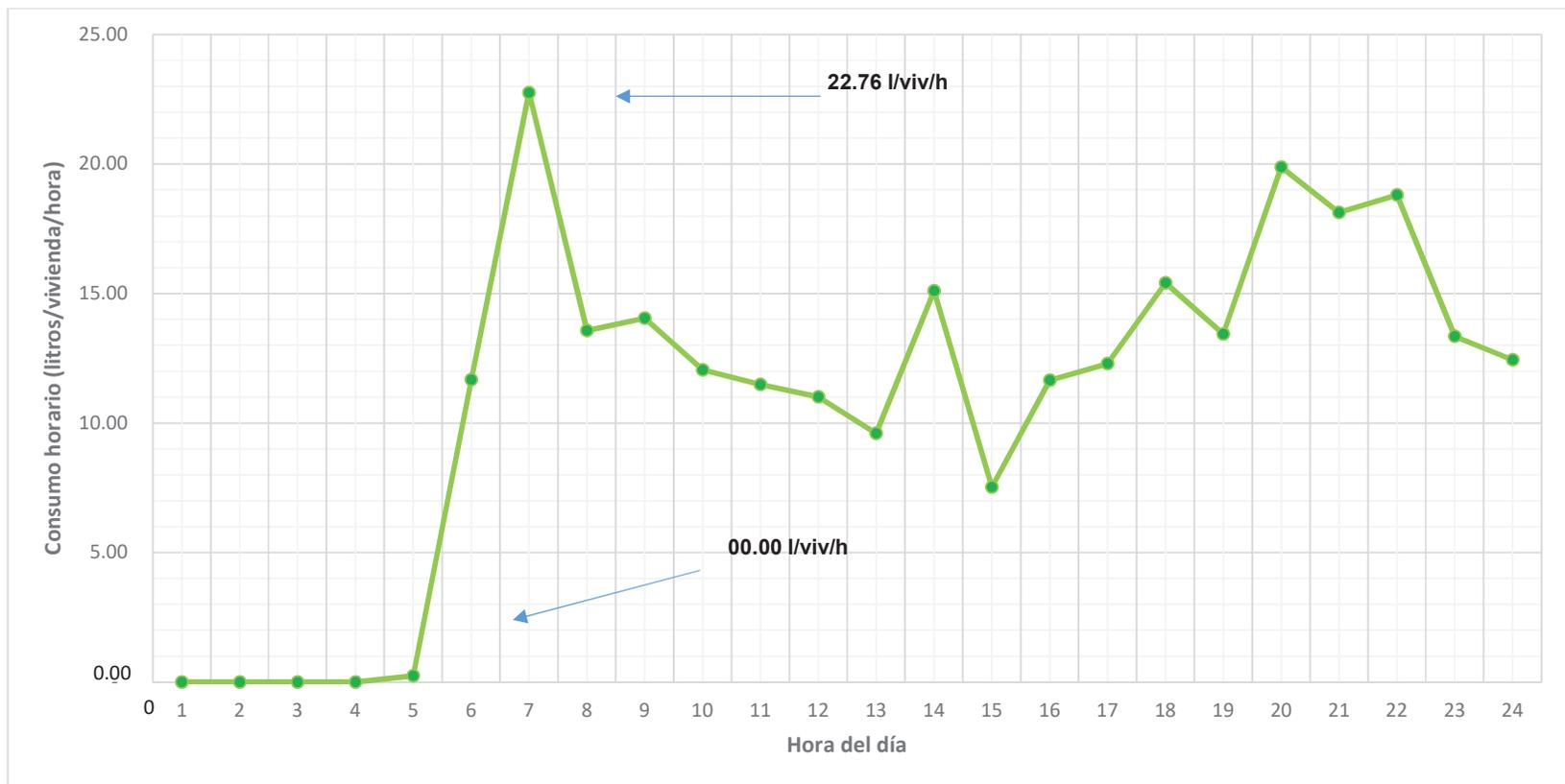


Gráfico N° 83 Curva de modulación promedio horario de las dos viviendas monitorizadas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N° 28, desde las 00:00:00 a.m. horas hasta las 04:00:00 a.m., el consumo es prácticamente nulo.

Tabla N° 28 Detalle del consumo horario en las dos viviendas monitorizadas por accesorio sanitario

Periodo del día (Hora)	Volumen (l)	Fugas	Grifos	Lavadoras	Duchas	Inodoros
						
00:00:00 a.m. - 00:59:59 a.m.	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
01:00:00 a.m. - 01:59:59 a.m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02:00:00 a.m. - 02:59:59 a.m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03:00:00 a.m. - 03:59:59 a.m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04:00:00 a.m. - 04:59:59 a.m.	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05:00:00 a.m. - 05:59:59 a.m.	338.80	224.90	85.00	0.00	8.00	20.90
06:00:00 a.m. - 06:59:59 a.m.	659.00	198.40	281.70	0.00	110.40	68.50
07:00:00 a.m. - 07:59:59 a.m.	399.50	221.90	142.30	0.00	10.90	24.40
08:00:00 a.m. - 08:59:59 a.m.	442.90	198.10	192.70	0.00	22.70	29.40
09:00:00 a.m. - 09:59:59 a.m.	349.00	147.40	109.70	14.60	62.10	15.20
10:00:00 a.m. - 10:59:59 a.m.	332.00	102.00	135.80	61.80	19.90	12.50
11:00:00 a.m. - 11:59:59 a.m.	321.30	65.10	128.30	103.90	24.00	0.00
12:00:00 p.m. - 12:59:59 p.m.	277.60	55.20	88.20	109.20	21.90	3.10
13:00:00 p.m. - 13:59:59 p.m.	436.10	45.30	239.70	86.60	54.80	9.70
14:00:00 p.m. - 14:59:59 p.m.	219.00	48.30	56.30	105.70	0.00	8.70
15:00:00 p.m. - 15:59:59 p.m.	337.50	61.00	116.90	149.30	0.00	10.30
16:00:00 p.m. - 16:59:59 p.m.	356.40	98.70	63.50	175.60	0.00	18.60
17:00:00 p.m. - 17:59:59 p.m.	447.30	145.80	65.30	224.40	8.60	3.20
18:00:00 p.m. - 18:59:59 p.m.	390.20	175.80	44.50	150.60	11.90	7.40
19:00:00 p.m. - 19:59:59 p.m.	576.10	175.00	82.80	222.40	80.20	15.70
20:00:00 p.m. - 20:59:59 p.m.	524.00	186.20	120.00	195.30	9.90	12.60
21:00:00 p.m. - 21:59:59 p.m.	545.10	176.30	216.70	130.80	0.00	21.30
22:00:00 p.m. - 22:59:59 p.m.	386.20	208.50	77.70	56.30	17.80	25.90
23:00:00 p.m. - 23:59:59 p.m.	360.60	214.70	141.90	0.00	0.00	4.00
Total	7,705.70	2,755.70	2,389.00	1,786.50	463.10	311.40
%	100.00%	35.77%	31.00%	23.18%	6.01%	4.04%

Nota. Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se han obtenido curvas de modulación en el uso de los diferentes aparatos que integran las viviendas. Los gráficos N° 85, 86, 87, 88 y 89 representan las curvas de modulación de cada uno de los aparatos sanitarios.

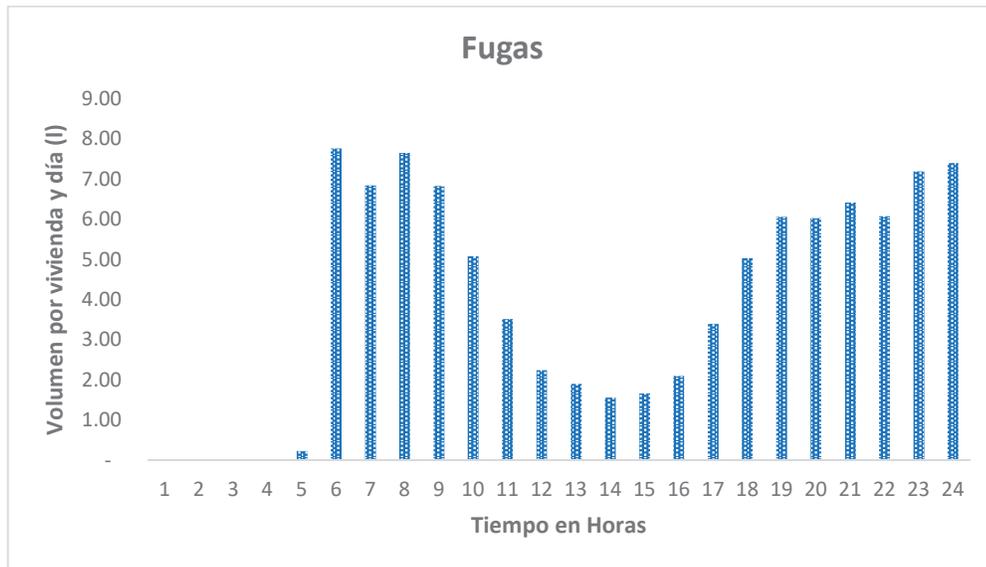


Gráfico N° 84 Curva de modulación para las fugas

Fuente: Elaboración propia

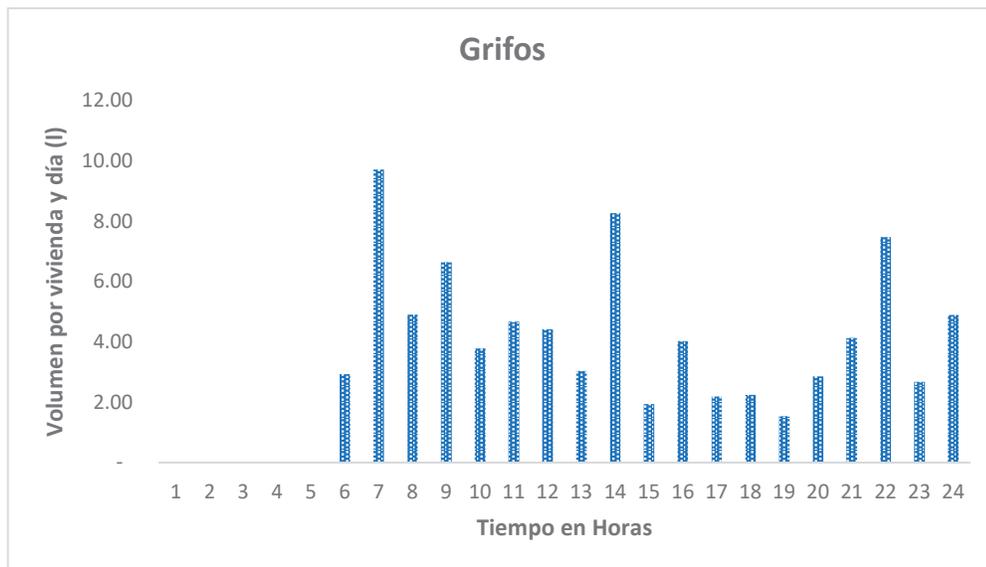


Gráfico N° 85 Curva de modulación para el uso de grifos (lavaderos/lavamanos)

Fuente: Elaboración propia

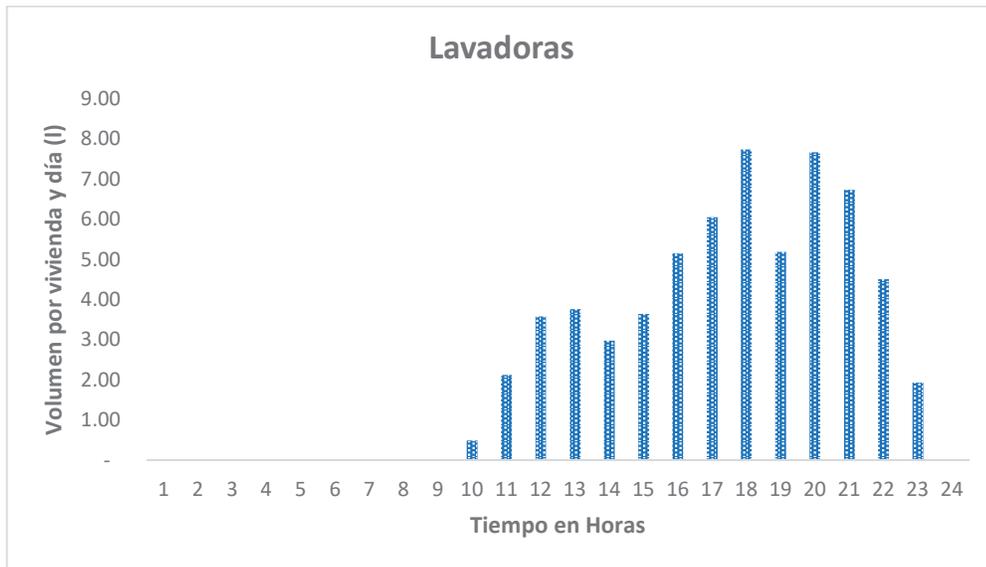


Gráfico N° 86 Curva de modulación para el uso de lavadoras

Fuente: Elaboración propia

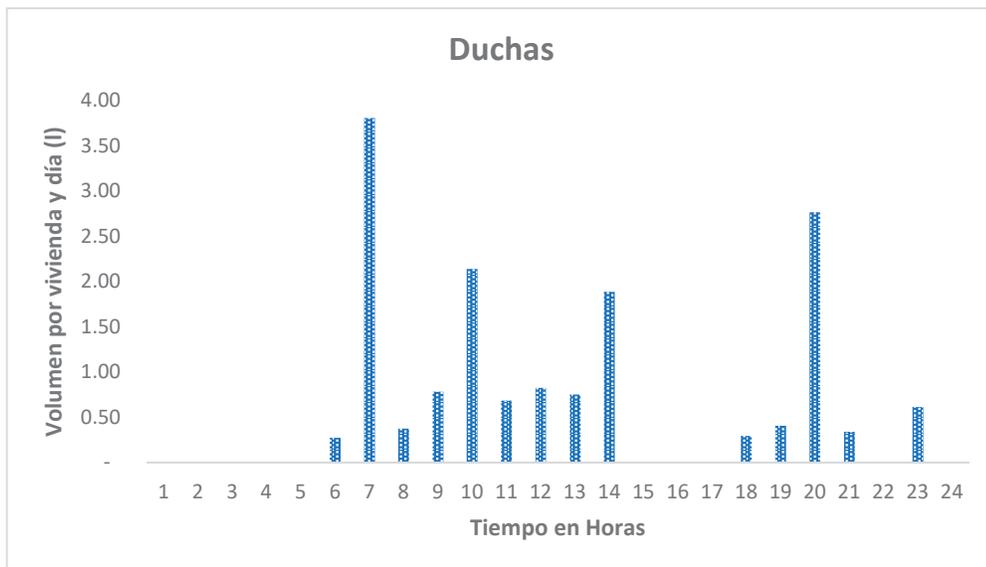


Gráfico N° 87 Curva de modulación para el uso de duchas

Fuente: Elaboración propia

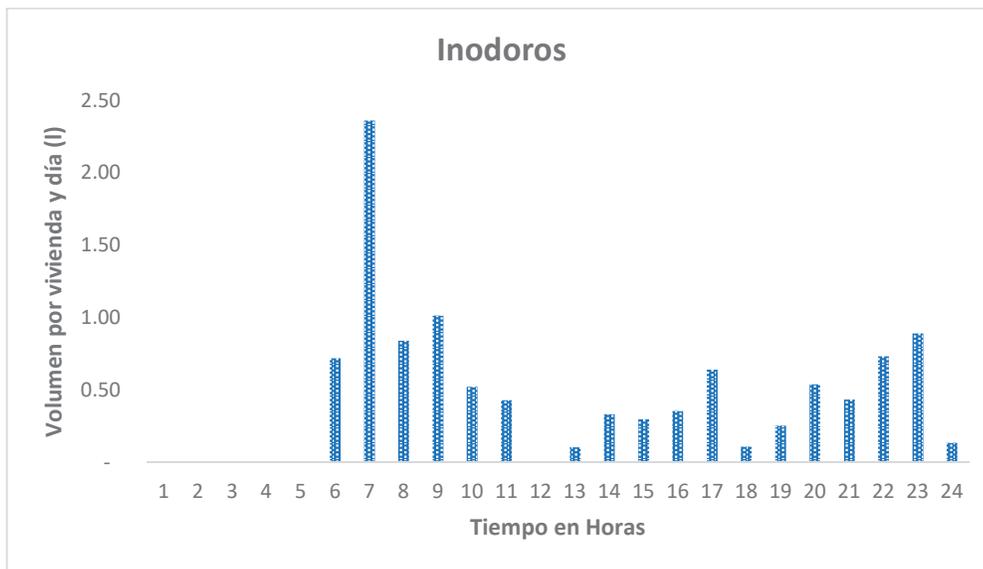


Gráfico N° 88 Curva de modulación para el uso de inodoros

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2.1. Función de Distribución de Probabilidad que mejor se ajusta al consumo de agua

Disponer con registros reales, gracias al Flujómetro ultrasónico, ha permitido estimar las funciones de probabilidad que mejor se ajustan al fenómeno.

El histograma de frecuencias obtenido a partir de los datos registrados (ver Gráfico N° 89) presenta una forma sesgada positivamente, donde se muestra que el 82% de los consumos diarios se encuentran entre 120 a 360 litros/día.

Del histograma de frecuencias, y con el uso del software EsayFit 5.6, se encuentra que la función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del volumen total, es una función de distribución de probabilidad Johnson SB con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 29.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.08766 (Ver Tabla N° 30), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

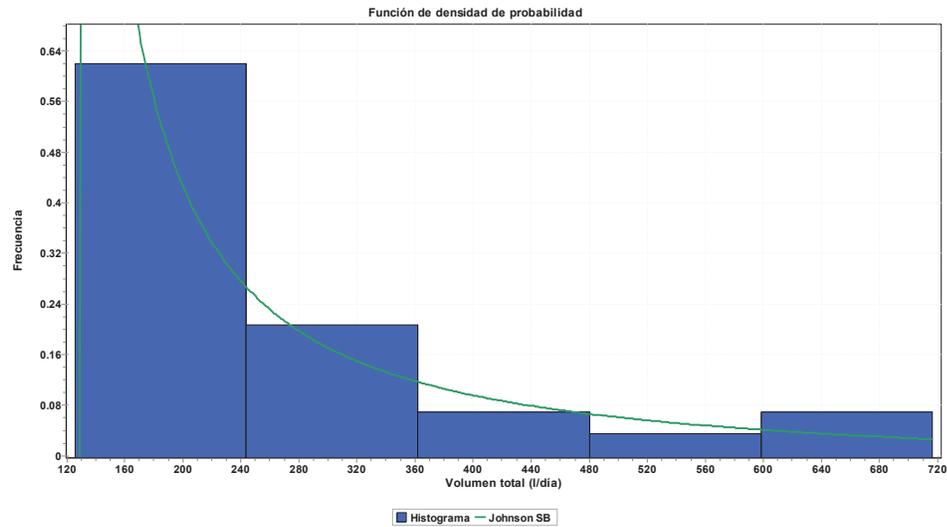


Gráfico N° 89 Histograma del volumen total diario

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29 Parámetros de forma de la función de distribución Johnson SB del volumen total diario

Función de Distribución de Probabilidad Johnson SB	Parámetros
<p>Johnson SB Distribution</p> <p>Parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> γ - continuous shape parameter δ - continuous shape parameter ($\delta > 0$) λ - continuous scale parameter ($\lambda > 0$) ξ - continuous location parameter <p>Domain</p> $\xi \leq x \leq \xi + \lambda$ <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)$ <p>where $z \equiv \frac{x-\xi}{\lambda}$, and Φ is the Laplace Integral.</p>	<p>Johnson SB</p> <ul style="list-style-type: none"> γ 1.3838 δ 0.58699 λ 823.83 ξ 129.08

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del volumen total diario

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
30	Johnson SB	0.08766	1
15	Fatigue Life (3P)	0.09215	2
37	Log-Logistic (3P)	0.09744	3
41	Lognormal (3P)	0.10398	4
24	Gen. Pareto	0.10421	5
61	Wakeby	0.10421	6
22	Gen. Gamma (4P)	0.10753	7
16	Frechet	0.10809	8
29	Inv. Gaussian (3P)	0.10843	9
19	Gamma (3P)	0.11065	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantil – cuantil (ver Gráfico N° 90), donde se compara el volumen total (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que, en los días de mayor consumo, la función de probabilidad tiende a sobreestimar muy ligeramente el volumen total.

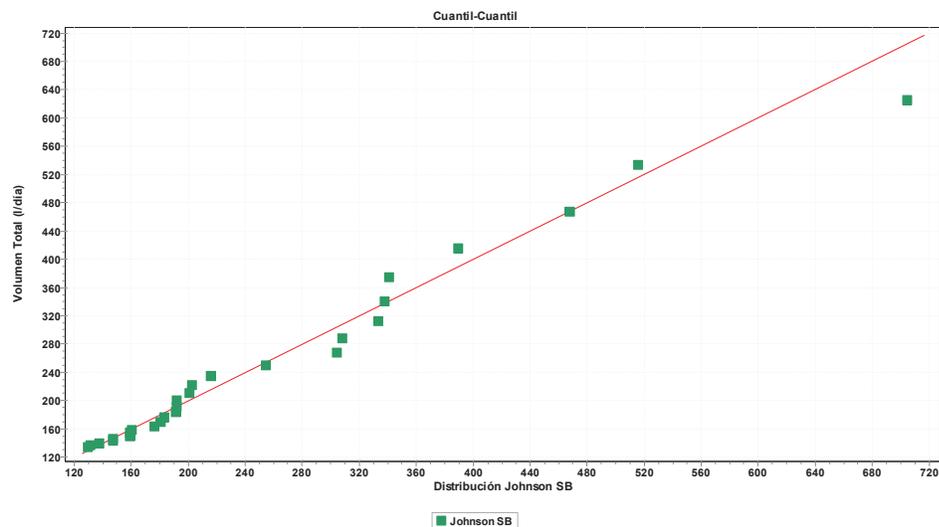


Gráfico N° 90 Función de distribución Johnson SB del volumen total diario

Fuente: Elaboración propia

El volumen de agua potable consumido en un día se puede representar en el porcentaje que le corresponde a cada uno de los cinco (05) aparatos sanitarios. Por tanto, el volumen total quedaría representado mediante la siguiente formula:

$$V_{Total_i} = \sum_{i=1}^5 V_{j_i}$$

Donde:

i: Cantidad de días registrados.

j: Accesorios sanitarios

El porcentaje de consumo de cada uno de los accesorios sanitarios es una variable aleatoria que depende del día de consumo, ya que, las familias usualmente usan mayor cantidad de agua los sábados y domingos, lo cual significa que el uso es variable, y este depende del día concreto en el que se analicen los datos registrados.

4.2.1.2.2.2. Porcentaje de consumo asignado a fugas

El histograma de frecuencias del porcentaje de volumen consumido por las fugas (ver Gráfico N° 91) muestra que los datos no son simétricos, además es claro que, si sacamos un promedio, el porcentaje de volumen consumido por las fugas es el 40%.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del porcentaje de consumo de las fugas, es una función de distribución de probabilidad Wakeby con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 31.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.10734 (Ver Tabla N° 32), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

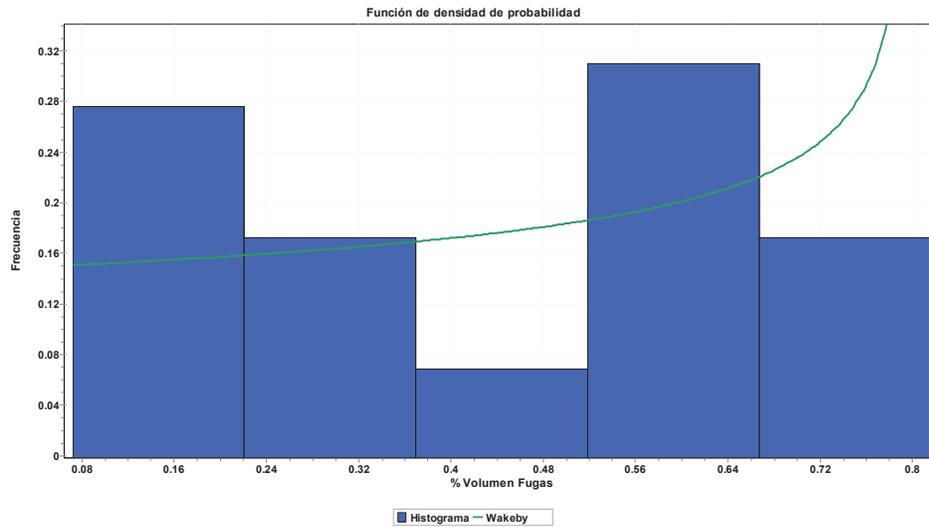


Gráfico N° 91 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de fugas

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31 Parámetros de forma de la función de distribución Wakeby (% V Fugas)

Función de Distribución de Probabilidad Wakeby	Parámetros
<p>Wakeby Distribution</p> <p>The Wakeby distribution is defined by the quantile function</p> $x(F) = \xi + \frac{\alpha}{\beta} (1 - (1 - F)^\beta) - \frac{\gamma}{\delta} (1 - (1 - F)^{-\delta})$ <p>Parameters</p> <p>$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi$ (all continuous)</p> <p>The following conditions are imposed:</p> <p>$\alpha \neq 0$ or $\gamma \neq 0$, $\beta + \delta > 0$ or $\beta = \gamma = \delta = 0$, if $\alpha = 0$, then $\beta = 0$, if $\gamma = 0$, then $\delta = 0$, $\gamma \geq 0$ and $\alpha + \gamma \geq 0$.</p> <p>Domain</p> <p>$\xi \leq x < \infty$ if $\delta \geq 0$ and $\gamma > 0$, $\xi \leq x \leq \xi + \alpha/\beta - \gamma/\delta$ if $\delta < 0$ or $\gamma = 0$.</p>	<p>The screenshot shows a software interface for the Wakeby distribution. It has a title bar 'Wakeby' and a close button. Below the title bar, there are five input fields with their respective parameter names and values: alpha (1.0044), beta (1.2823), gamma (0), delta (0), and xi (0.01178). At the bottom of the interface, there are several icons: a green checkmark, a folder icon, a lightning bolt icon, a bar chart icon, and an information icon.</p>

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de fugas

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
58	Wakeby	0.10374	1
23	Gen. Pareto	0.10374	2
1	Beta	0.1097	3
57	Uniform	0.1157	4
9	Error	0.11574	5
29	Johnson SB	0.11701	6
19	Gen. Extreme Value	0.13794	7
30	Kumaraswamy	0.13961	8
48	Pert	0.15678	9
35	Log-Logistic (3P)	0.16118	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantil – cuantil (ver Gráfico N° 92), donde se compara el % volumen fugas (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que, en los días de mayor porcentaje, la función de probabilidad tiende a subestimar muy ligeramente el porcentaje de volumen de consumo de las fugas.

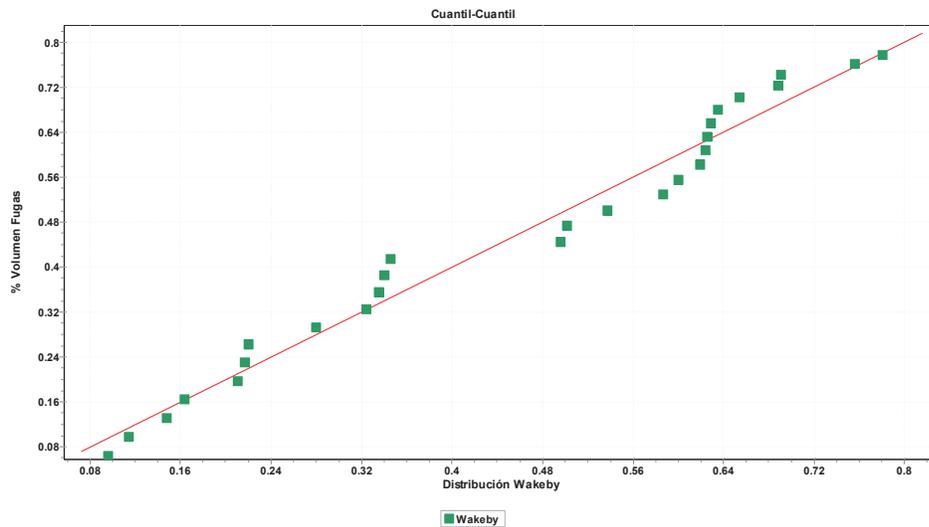


Gráfico N° 92 Función de Distribución Wakeby (% V Fugas)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2.3. Porcentaje de consumo asignado a grifos

El histograma de frecuencias del porcentaje de volumen consumido por los grifos (ver Gráfico N° 93) muestra una distribución asimétrica positiva, además la mayor parte de los datos (80%) se concentra entre 20 y 32%.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del porcentaje de consumo de los grifos, es una función de distribución de probabilidad Inv. Gaussiana con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 33.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.09113 (Ver Tabla N° 34), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

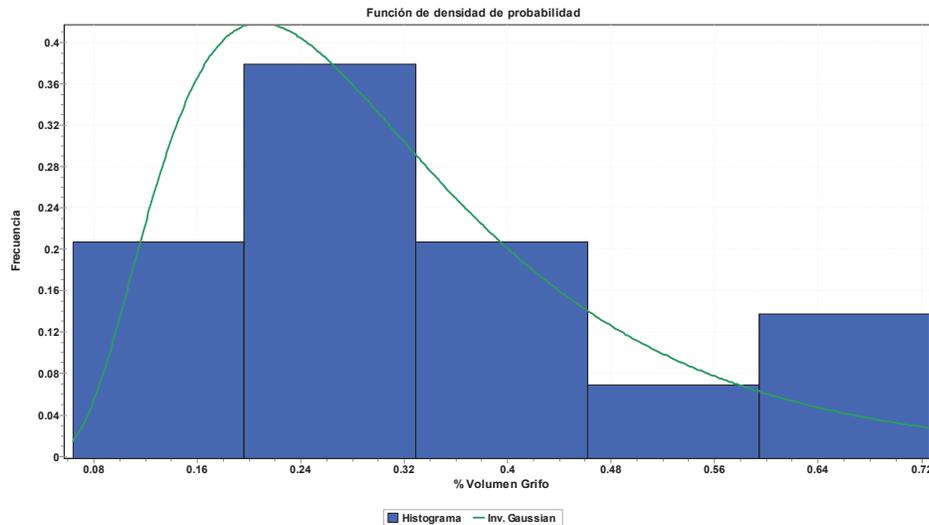
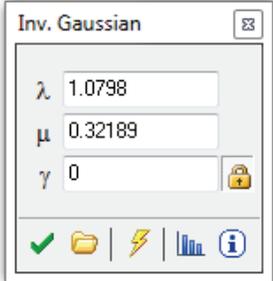


Gráfico N° 93 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de grifos

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 33 Parámetros de forma de la función de distribución Inv. Gaussiana (% V Grifos)

Función de Distribución de Probabilidad Inv. Gaussiana	Parámetros
<p>Inverse Gaussian Distribution</p> <p>Parameters λ - continuous parameter ($\lambda > 0$) μ - continuous parameter ($\mu > 0$) γ - continuous location parameter ($\gamma = 0$ yields the two-parameter Inverse Gaussian distribution)</p> <p>Domain $\gamma < x < +\infty$</p> <p>Three-Parameter Inverse Gaussian Distribution</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi(x-\gamma)^3}} \exp\left(-\frac{\lambda(x-\gamma-\mu)^2}{2\mu^2(x-\gamma)}\right)$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \Phi\left(\sqrt{\frac{\lambda}{x-\gamma}}\left(\frac{x-\gamma}{\mu}-1\right)\right) + \Phi\left(-\sqrt{\frac{\lambda}{x-\gamma}}\left(\frac{x-\gamma}{\mu}+1\right)\right) \exp(2\lambda/\mu)$ <p>Two-Parameter Inverse Gaussian Distribution</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{2\pi x^3}} \exp\left(-\frac{\lambda(x-\mu)^2}{2\mu^2 x}\right)$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \Phi\left(\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\left(\frac{x}{\mu}-1\right)\right) + \Phi\left(-\sqrt{\frac{\lambda}{x}}\left(\frac{x}{\mu}+1\right)\right) \exp(2\lambda/\mu)$ <p>where Φ is the Laplace Integral.</p>	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de grifos

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
27	Inv. Gaussian	0.09113	1
35	Log-Logistic (3P)	0.09602	2
5	Dagum	0.09979	3
22	Gen. Logistic	0.10035	4
58	Wakeby	0.10649	5
19	Gen. Extreme Value	0.10943	6
16	Frechet (3P)	0.11175	7
45	Pearson 5 (3P)	0.1127	8
39	Lognormal (3P)	0.1145	9
24	Gumbel Max	0.11583	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantíl – cuantíl (ver Gráfico N° 94), donde se compara el % volumen grifos (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que, en los días de mayor porcentaje , la función de probabilidad tiende a sobreestimar muy ligeramente el porcentaje de volumen de consumo de los grifos.

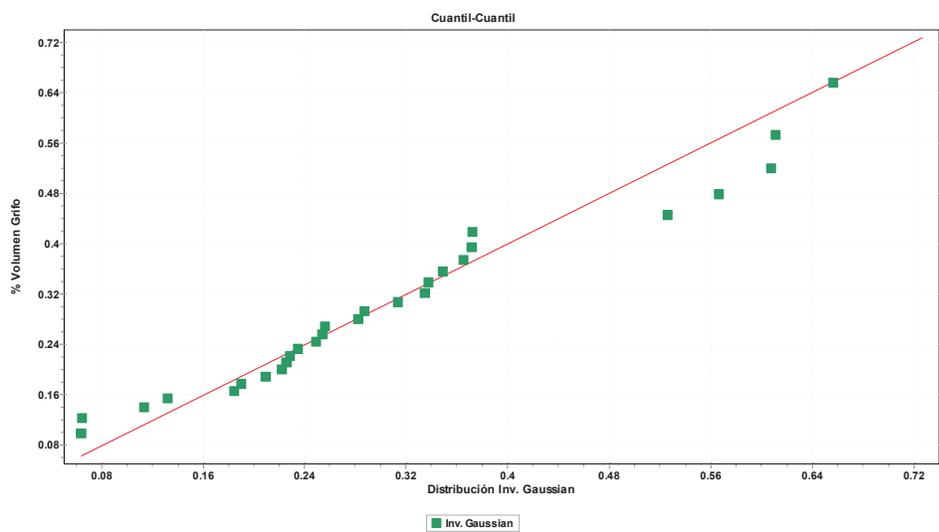


Gráfico N° 94 Función de Distribución Inv. Gaussiana (% V Grifos)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2.4. Porcentaje de consumo asignado a lavadoras

El histograma de frecuencias del porcentaje de volumen consumido por las lavadoras (ver Gráfico N° 95) muestra una distribución totalmente asimétrica, el cual muestra que la mayor parte de consumos de la lavadora representa entre el 10 al 16% del consumo total realizado en un día.

Es preciso indicar que, debido a los pocos días de registro, no se podría aseverar con precisión que el uso de las lavadoras solo representa el 10% del uso total, motivo por el cual esto se consideraría como una limitante de la presente investigación, y podría ser abarcado a mayor detalle en futuras investigaciones.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del porcentaje de consumo de las lavadoras, es una función de distribución de probabilidad Uniforme con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 35.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.40815 (Ver Tabla N° 36), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

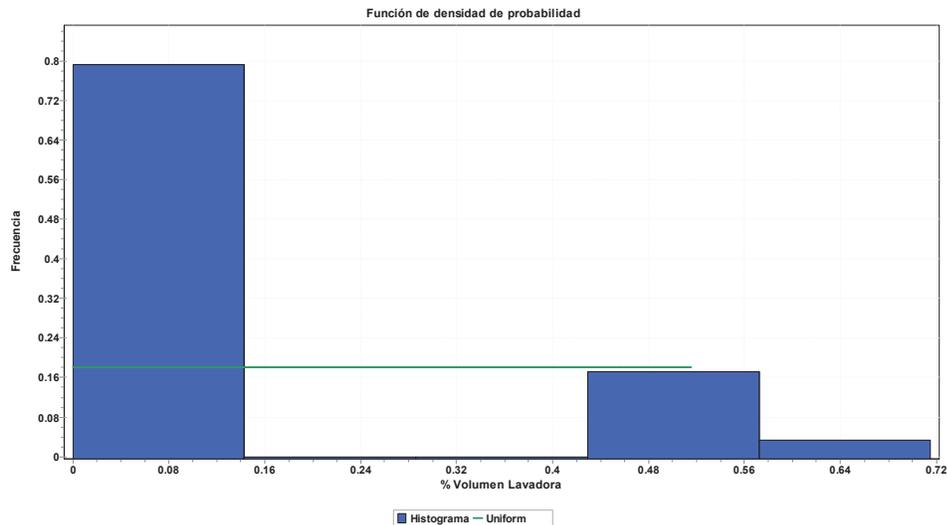
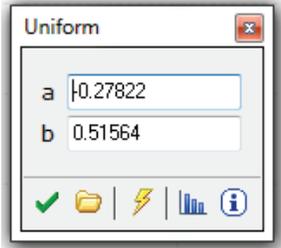


Gráfico N° 95 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de lavadoras

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35 Parámetros de forma de la función de distribución uniforme (% V Lavadoras)

Función de Distribución de Probabilidad Uniforme	Parámetros
<p>Uniform Distribution</p> <p>Parameters</p> <p>a, b - continuous boundary parameters ($a < b$)</p> <p>Domain</p> <p>$a \leq x \leq b$</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \frac{1}{b-a}$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \frac{x-a}{b-a}$	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 36 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de lavadoras

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
42	Uniform	0.40815	1
19	Gumbel Max	0.42276	2
25	Kumaraswamy	0.44583	3
32	Normal	0.45639	4
29	Logistic	0.47763	5
43	Wakeby	0.4804	6
18	Gen. Pareto	0.4804	7
6	Error	0.48196	8
21	Hypersecant	0.49302	9
7	Error Function	0.5	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantíl – cuantíl (ver Gráfico N° 96), donde se compara el % volumen lavadoras (eje ordenadas) con la

predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que el modelo no se ajusta claramente a los datos registrados, motivo por el cual, este porcentaje de consumo podría ser motivo para futuras investigaciones.

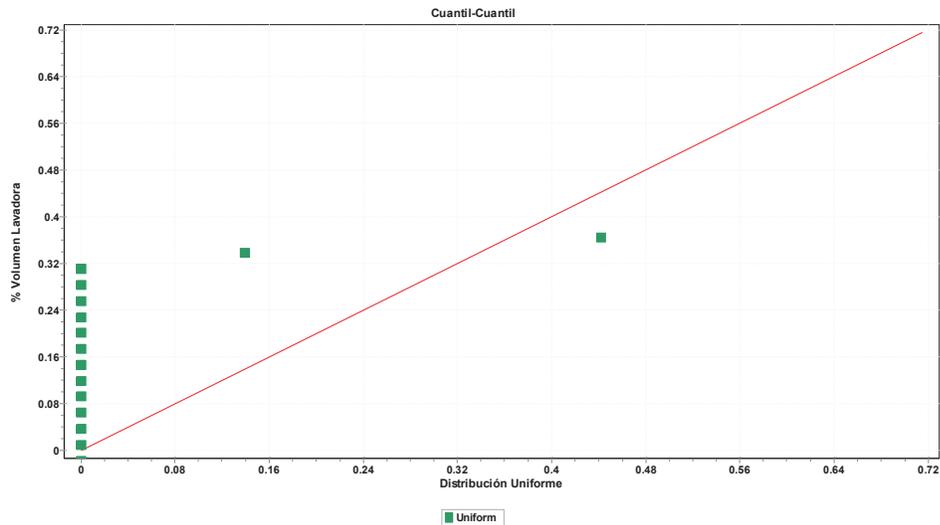


Gráfico N° 96 Función de Distribución uniforme (% V lavadoras)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2.5. Porcentaje de consumo asignado a duchas

El histograma de frecuencias del porcentaje de volumen consumido por las duchas (ver Gráfico N° 97) muestra una distribución decreciente a medida que aumenta el % de consumo, por lo cual la mayor parte de los datos (80%) se concentra entre 0 y a 24 %.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del porcentaje de consumo de los grifos, es una función de distribución de probabilidad potencia con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 37.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.22402 (Ver Tabla N° 38), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

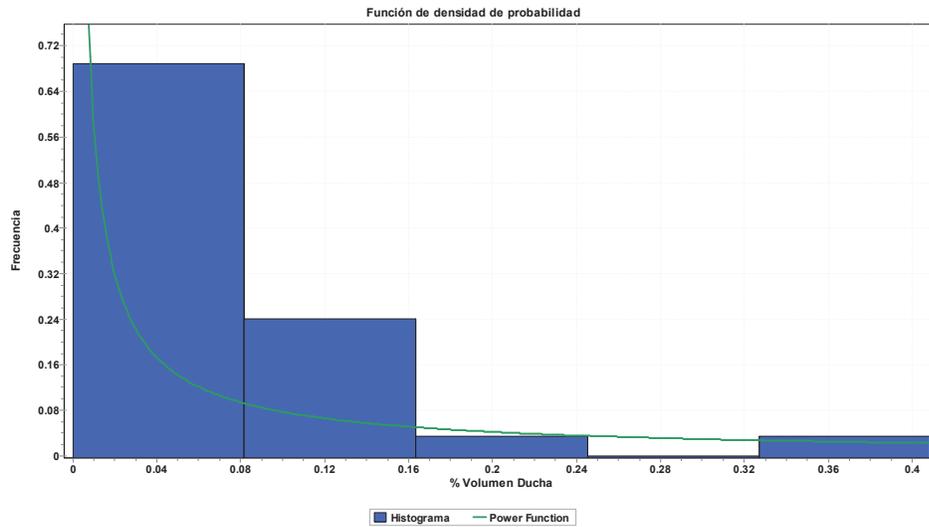
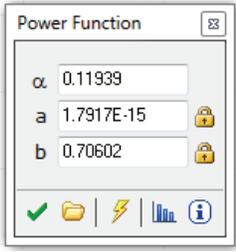


Gráfico N° 97 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de duchas

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37 Parámetros de forma de la función de distribución potencia (% V Duchas)

Función de Distribución de Probabilidad Potencia	Parámetros
<p>Power Function Distribution</p> <p>Parameters</p> <p>α - continuous shape parameter ($\alpha > 0$) a, b - continuous boundary parameters ($a < b$)</p> <p>Domain</p> <p>$a \leq x \leq b$</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \frac{\alpha(x - a)^{\alpha - 1}}{(b - a)^\alpha}$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \left(\frac{x - a}{b - a}\right)^\alpha$	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 38 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de duchas

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
40	Power Function	0.22402	1
30	Logistic	0.22631	2
45	Wakeby	0.23083	3
19	Gen. Pareto	0.23083	4
22	Hypersecant	0.24155	5
25	Johnson SB	0.24197	6
33	Normal	0.24328	7
18	Gen. Logistic	0.25285	8
15	Gen. Extreme Value	0.25328	9
20	Gumbel Max	0.25398	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantil – cuantil (ver Gráfico N° 98), donde se compara el % volumen duchas (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que, en los días de mayor porcentaje , la función de probabilidad tiende a subestimar el porcentaje de volumen de consumo de los grifos.

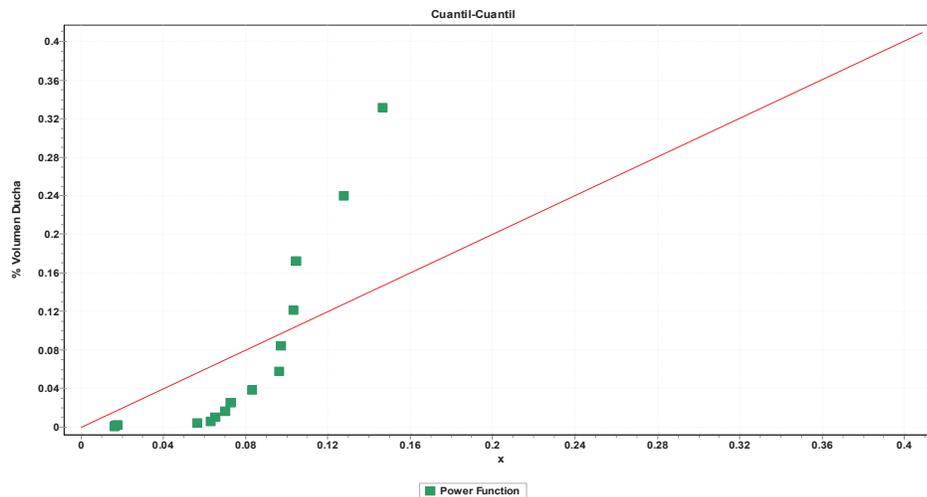


Gráfico N° 98 Función de Distribución potencia (% V duchas)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.2.6. Porcentaje de consumo asignado a inodoros

El histograma de frecuencias del porcentaje de volumen consumido por los inodoros (ver Gráfico N° 99) muestra una distribución decreciente a medida aumenta el % de consumo, por lo cual la mayor parte de los datos (80%) se concentra entre 0 y a 8 %.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del porcentaje de consumo de los grifos, es una función de distribución de probabilidad Johnson SB con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 39.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.07064 (Ver Tabla N° 40), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

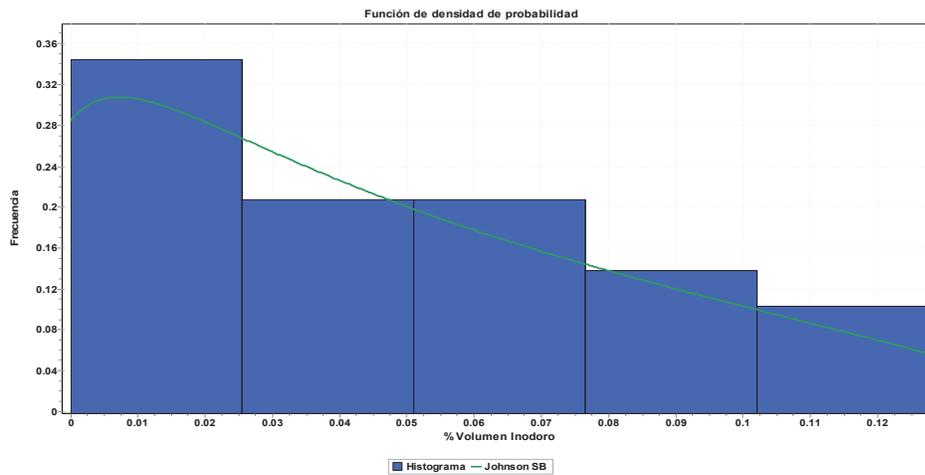
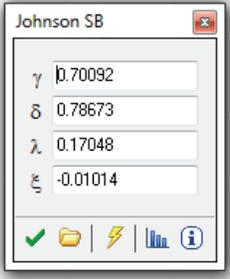


Gráfico N° 99 Histograma de frecuencias de porcentaje (%) de volumen de inodoros

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 39 Parámetros de forma de la función de distribución Johnson SB (% V Inodoros)

Función de Distribución de Probabilidad Johnson SB	Parámetros
<p>Johnson SB Distribution</p> <p>Parameters</p> <p>γ - continuous shape parameter δ - continuous shape parameter ($\delta > 0$) λ - continuous scale parameter ($\lambda > 0$) ξ - continuous location parameter</p> <p>Domain</p> <p>$\xi \leq x \leq \xi + \lambda$</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi} z(1-z)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)$ <p>where $z \equiv \frac{x - \xi}{\lambda}$, and Φ is the Laplace Integral.</p>	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 40 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del % de volumen de inodoros

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
29	Johnson SB	0.07064	1
23	Gen. Pareto	0.07979	2
54	Wakeby	0.07979	3
24	Gumbel Max	0.08025	4
19	Gen. Extreme Value	0.0843	5
22	Gen. Logistic	0.08491	6
40	Normal	0.11001	7
9	Error	0.1182	8
36	Logistic	0.1235	9
26	Hypersecant	0.13775	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantíl – cuantíl (ver Gráfico N° 100), donde se compara el % volumen duchas (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que el modelo se ajusta perfectamente a los % de los consumos reales.

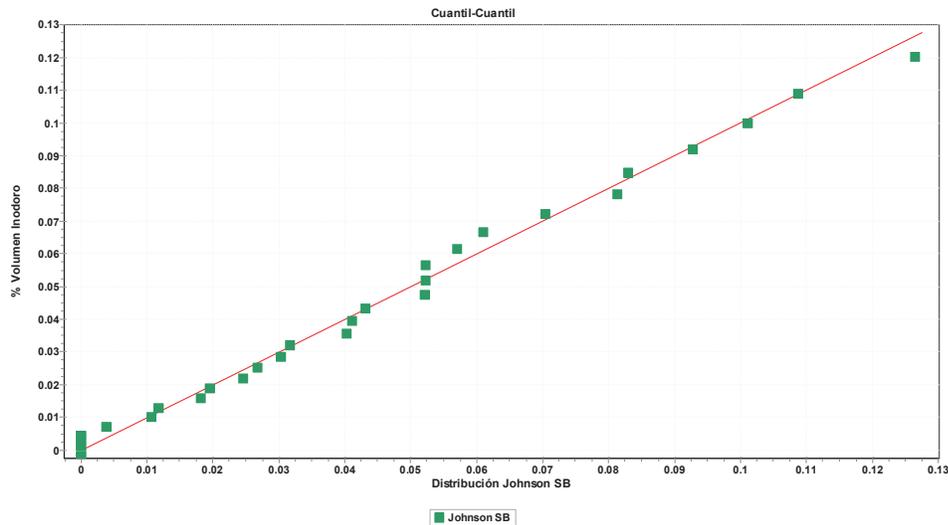


Gráfico N° 100 Función de Distribución Johnson SB (% V inodoros)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.3. Fase III: Creación de series sintéticas de descargas a la red de saneamiento

Conociendo el porcentaje y el volumen de agua que es consumido debido a las fugas, se puede conocer el volumen (litros/día) y el caudal (litros/segundo) de descarga de aguas a la red de saneamiento.

Por tanto, para conocer la descarga de aguas a la red de saneamiento solo se considera la descarga realizada por los grifos, lavadoras, duchas e inodoros, mas no las fugas, ya que, este es un caudal que se pierde en el proceso del consumo de agua.

4.2.1.2.3.1. Volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento (litros/día)

El promedio del volumen de agua residual descargado a la red de saneamiento es 170.68 litros/día. Los sábados y domingos, días en que se da uso a las lavadoras, el volumen descargado es aproximadamente 500 litros.

**Tabla N° 41 Volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento
 (litros/día)**

Día	Fecha	Volumen Total (l/día)	Grifo (l/día)	Lavadora (l/día)	Ducha (l/día)	Inodoro (l/día)
Domingo	22/07/2018	142.11	41.12	22.35	65.59	13.05
Lunes	23/07/2018	63.30	42.40	-	8.20	12.70
Martes	24/07/2018	79.20	59.10	-	-	20.10
Miércoles	25/07/2018	132.50	122.00	-	-	10.50
Jueves	26/07/2018	58.80	37.30	-	9.30	12.20
Viernes	27/07/2018	54.50	25.00	-	12.70	16.80
Sábado	28/07/2018	648.00	94.40	512.50	11.70	29.40
Domingo	29/07/2018	199.00	172.20	-	5.40	21.40
Lunes	30/07/2018	56.20	34.60	-	21.60	-
Martes	31/07/2018	59.00	59.00	-	-	-
Miércoles	01/08/2018	51.60	43.20	-	-	8.40
Jueves	02/08/2018	47.30	47.30	-	-	-
Viernes	03/08/2018	32.50	32.50	-	-	-
Sábado	04/08/2018	259.00	44.30	172.20	37.90	4.60
Domingo	05/08/2018	369.40	29.80	265.00	59.80	14.80
Lunes	06/08/2018	66.10	42.50	-	15.90	7.70
Martes	07/08/2018	56.70	51.80	-	-	4.90
Miércoles	08/08/2018	49.50	45.80	-	-	3.70
Jueves	09/08/2018	67.40	62.10	-	-	5.30
Viernes	10/08/2018	42.20	12.40	-	19.80	10.00
Sábado	11/08/2018	117.70	88.80	-	14.40	14.50
Domingo	12/08/2018	599.90	175.30	367.70	49.40	7.50
Lunes	13/08/2018	228.20	221.60	-	-	6.60
Martes	14/08/2018	68.00	41.30	-	18.90	7.80
Miércoles	15/08/2018	260.10	69.70	180.30	-	10.10
Jueves	16/08/2018	266.80	179.30	-	69.70	17.80
Viernes	17/08/2018	257.80	224.10	-	5.10	28.60
Sábado	18/08/2018	478.40	172.60	266.30	37.50	2.00
Domingo	19/08/2018	138.44	117.54	-	-	20.90
Total		4,949.65	2,389.05	1,786.35	462.89	311.35
%		100.00	48.27	36.09	9.35	6.29

Nota. Fuente: Elaboración propia

El histograma de frecuencias del volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento por día (ver Gráfico N° 101) muestra una distribución decreciente a medida aumenta el volumen de descarga a la red de saneamiento, por lo cual la mayor parte de los datos (80%) se concentra entre 40 a 280 litros/día.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento, es una función de distribución de probabilidad Dagum 4P con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 42.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.12816 (Ver Tabla N° 43), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

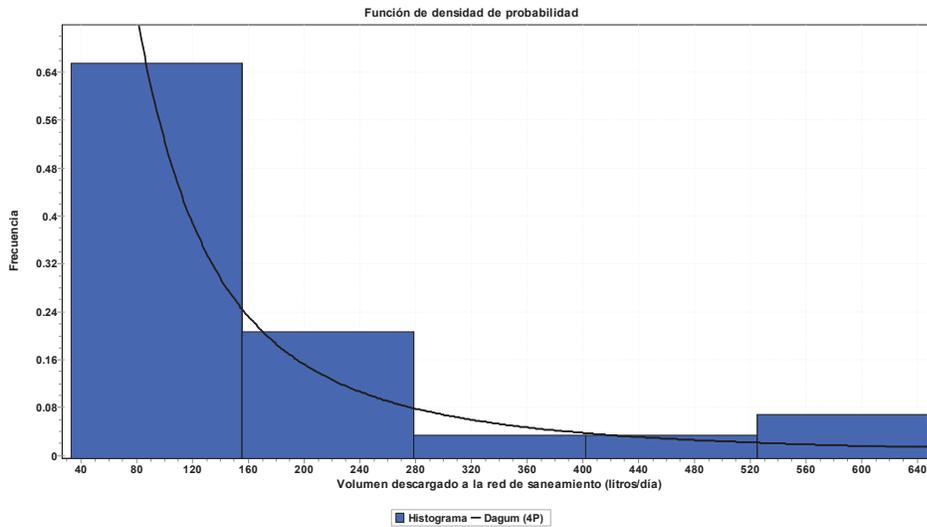


Gráfico N° 101 Histograma de frecuencias de volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento por día

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 42 Parámetros de forma de la función de distribución Dagum 4P (Volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por día)

Distribución Dagum 4P	Parámetros
<p>Dagum Distribution</p> <p>Parameters</p> <p>k - continuous shape parameter ($k > 0$) α - continuous shape parameter ($\alpha > 0$) β - continuous scale parameter ($\beta > 0$) γ - continuous location parameter ($\gamma \geq 0$ yields the three-parameter Dagum distribution)</p> <p>Domain</p> <p>$\gamma \leq x < +\infty$</p> <p>Four-Parameter Dagum Distribution</p> <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \frac{\alpha k \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha k - 1}}{\beta \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)^{\alpha k + 1}}$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)^{-k}$	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 43 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento por día

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
8	Dagum (4P)	0.12816	1
30	Johnson SB	0.1344	2
17	Frechet (3P)	0.14823	3
16	Frechet	0.14936	4
46	Pearson 5 (3P)	0.1509	5
29	Inv. Gaussian (3P)	0.15352	6
48	Pearson 6 (4P)	0.15367	7
37	Log-Logistic (3P)	0.15479	8
41	Lognormal (3P)	0.16102	9
15	Fatigue Life (3P)	0.16261	10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantil – cuantil (ver Gráfico N° 102), donde se compara el volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la

función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que el modelo se ajusta perfectamente al volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento reales.

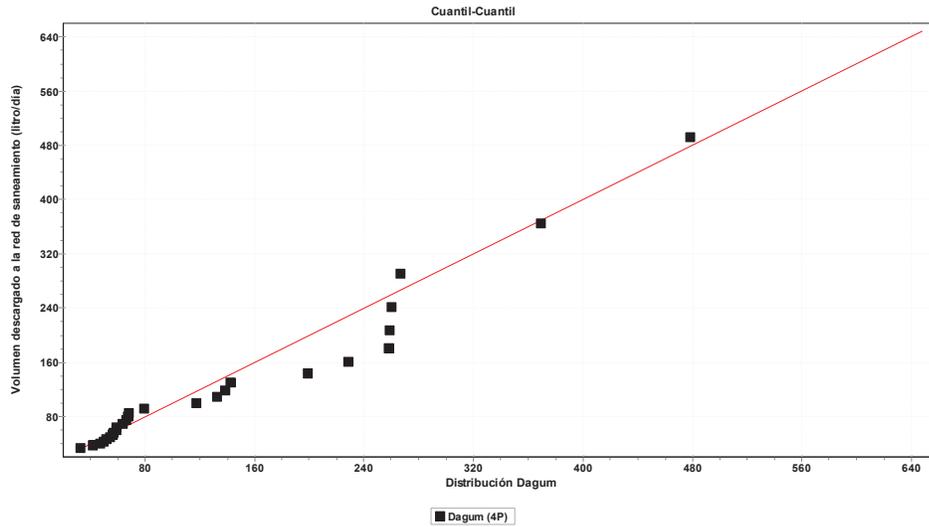


Gráfico N° 102 Función de Distribución Dagum 4P (Volumen de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por día)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.3.2. Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento (litros/segundo)

De igual forma, que el volumen, el caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento por un determinado aparato sanitario es el máximo caudal descargado en un segundo durante los días registrados.

$$Q_{d_{jk}} = \text{Máx} Q_{jik}$$

Donde:

j: Aparato sanitario (Grifos, Lavadoras, Duchas, Inodoro).

i: Número de días simulado (22/07/18 – 19/08/18).

k: Segundo (1, 2, 3, 86400).

Por tanto, el caudal de descarga para cada uno de los accesorios queda definido de la siguiente manera:

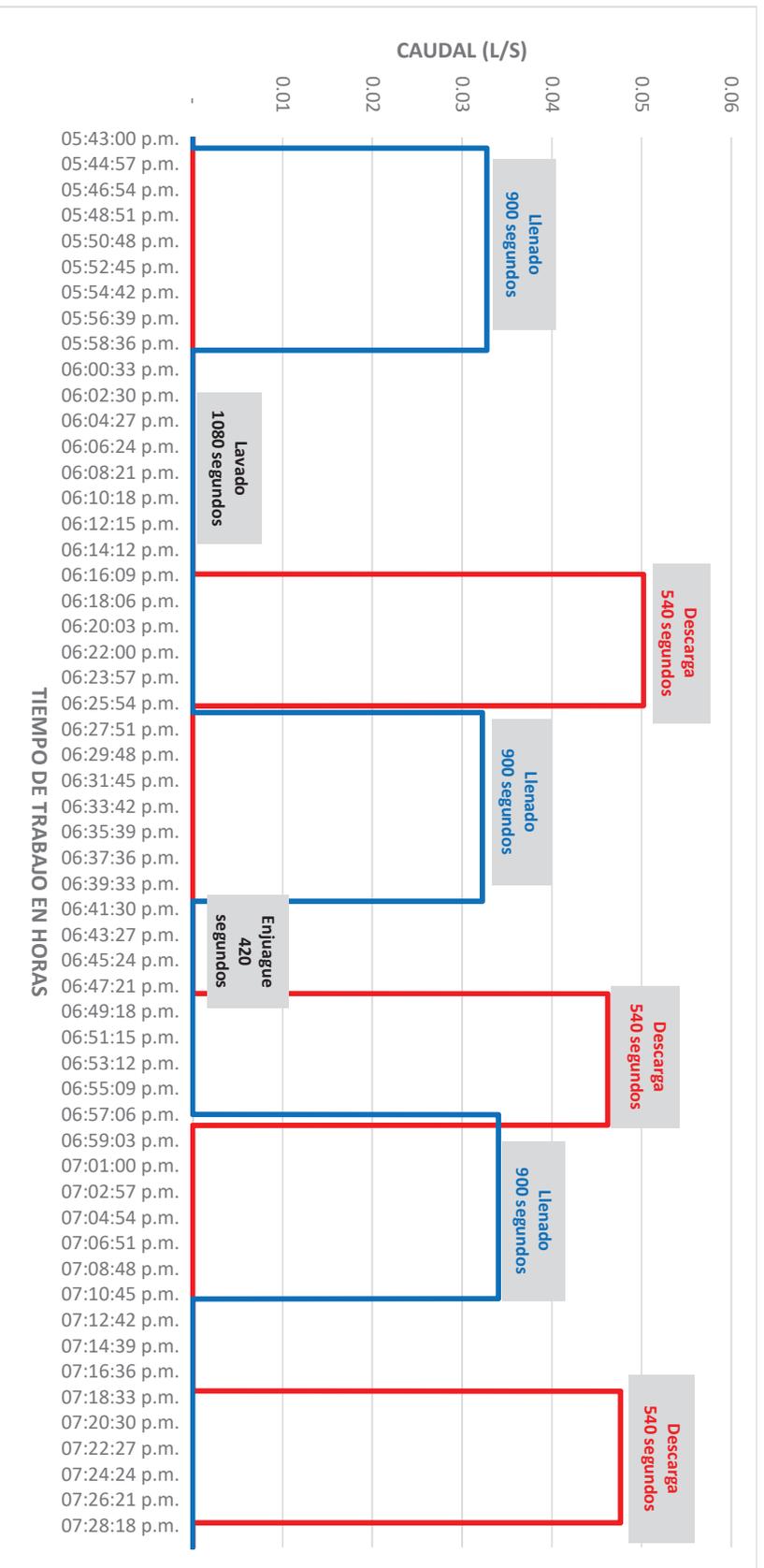


Gráfico N° 103 Llenado y descarga de lavadora

Fuente: Elaboración propia

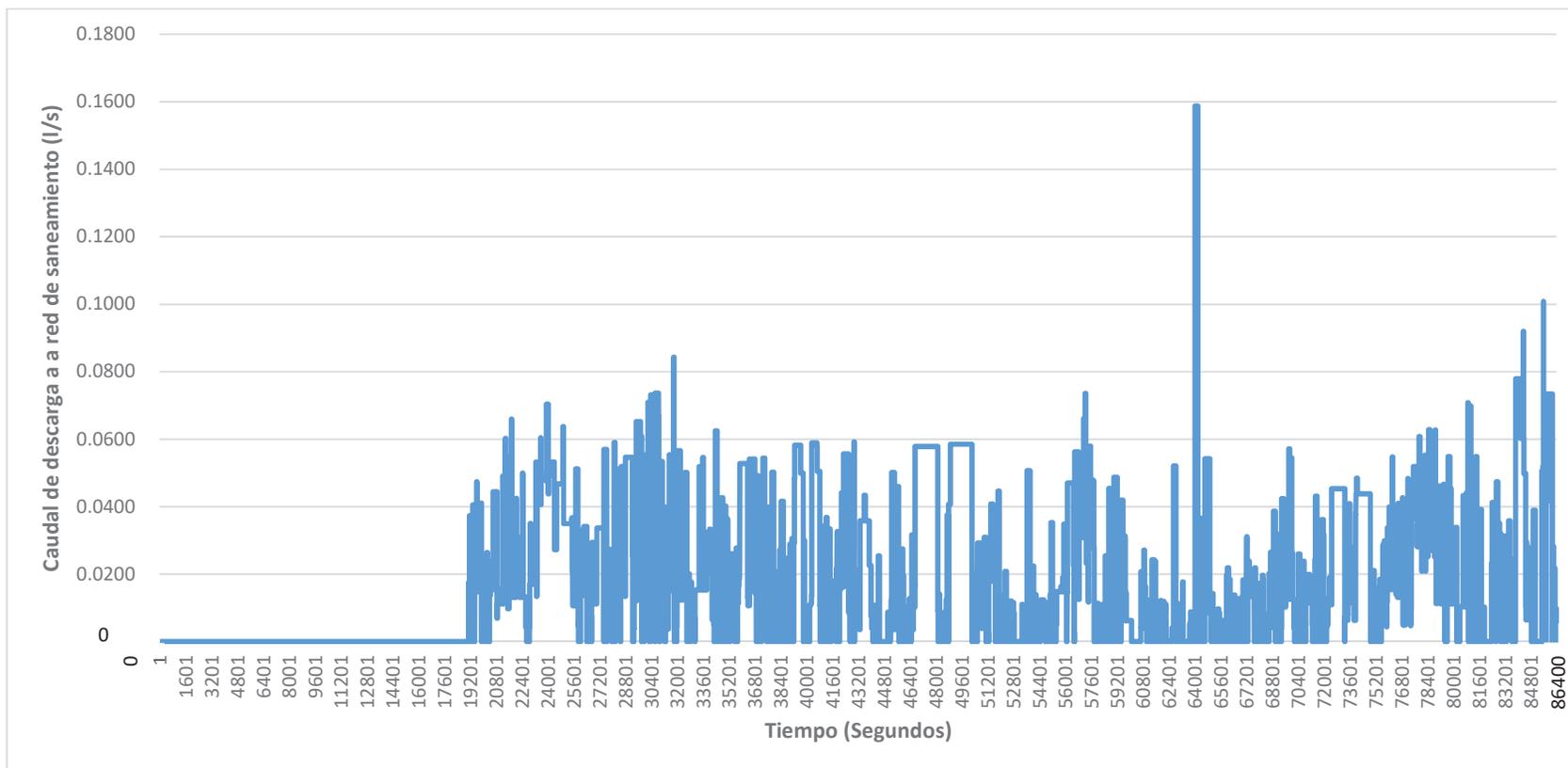


Gráfico N° 104 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de grifos - Qd grifos (l/s)

Fuente: Elaboración propia

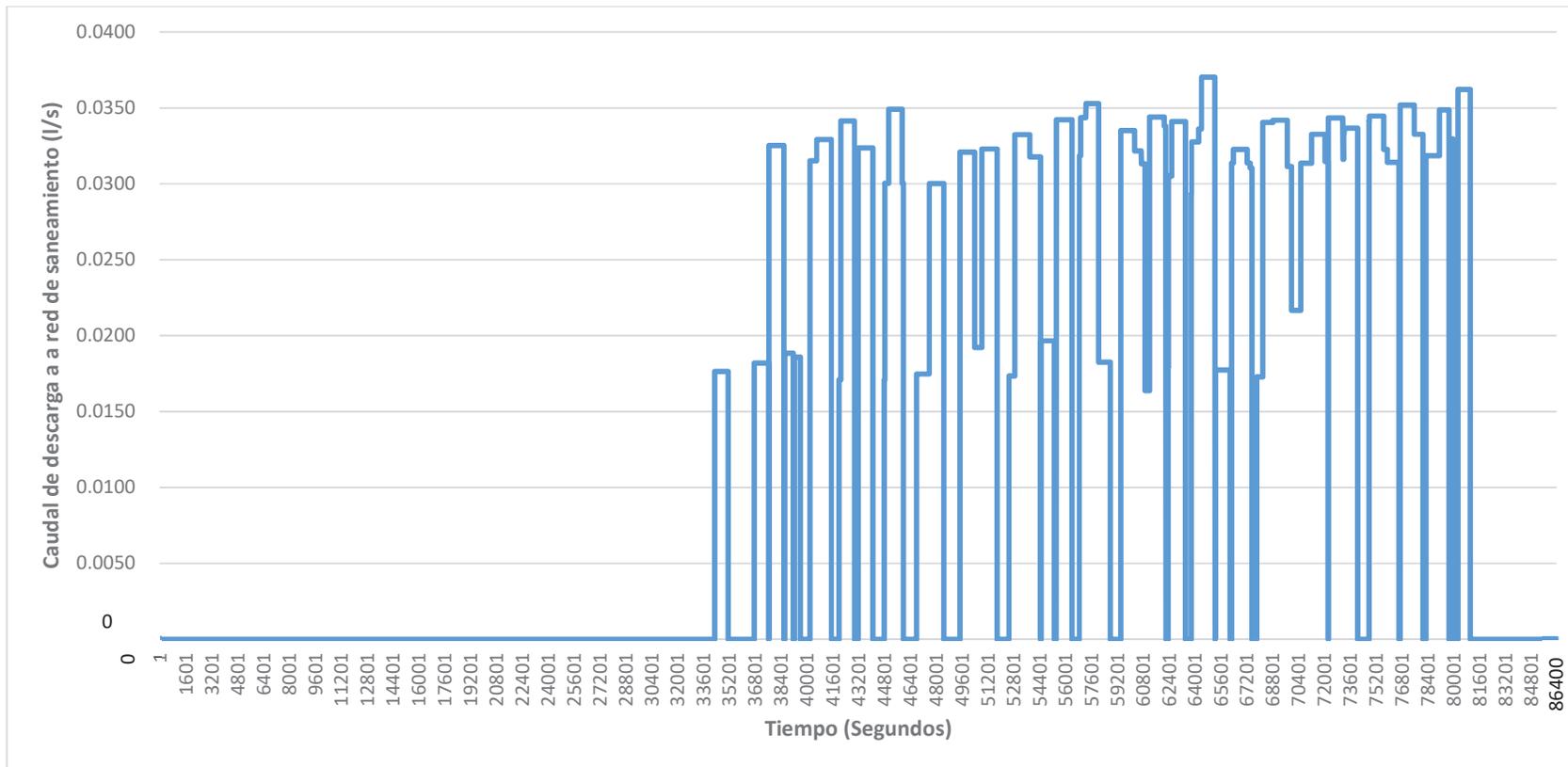


Gráfico N° 105 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de lavadoras - Qd lavadoras (l/s)

Fuente: Elaboración propia

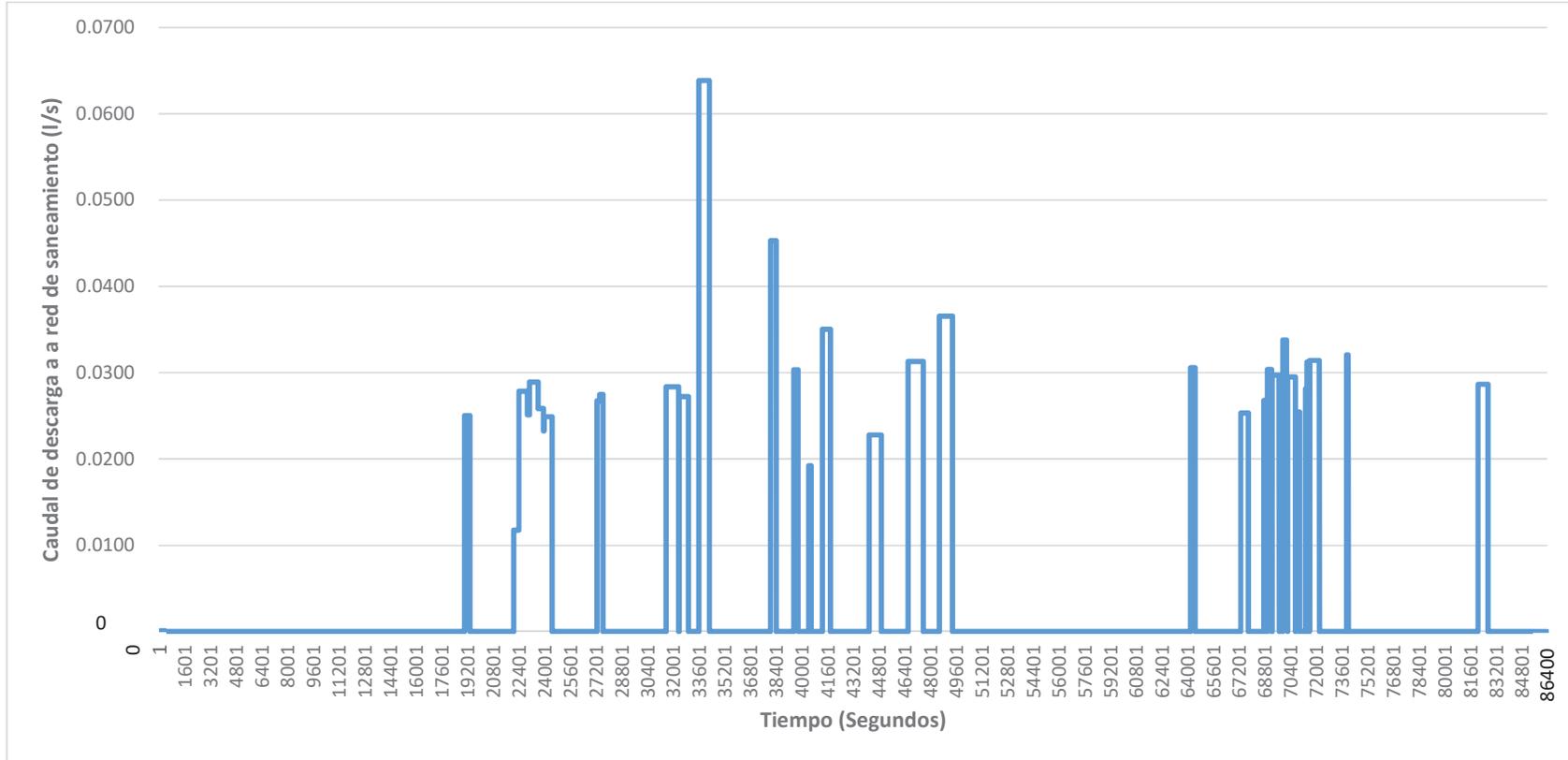


Gráfico N° 106 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de duchas - Qd duchas (l/s)

Fuente: Elaboración propia

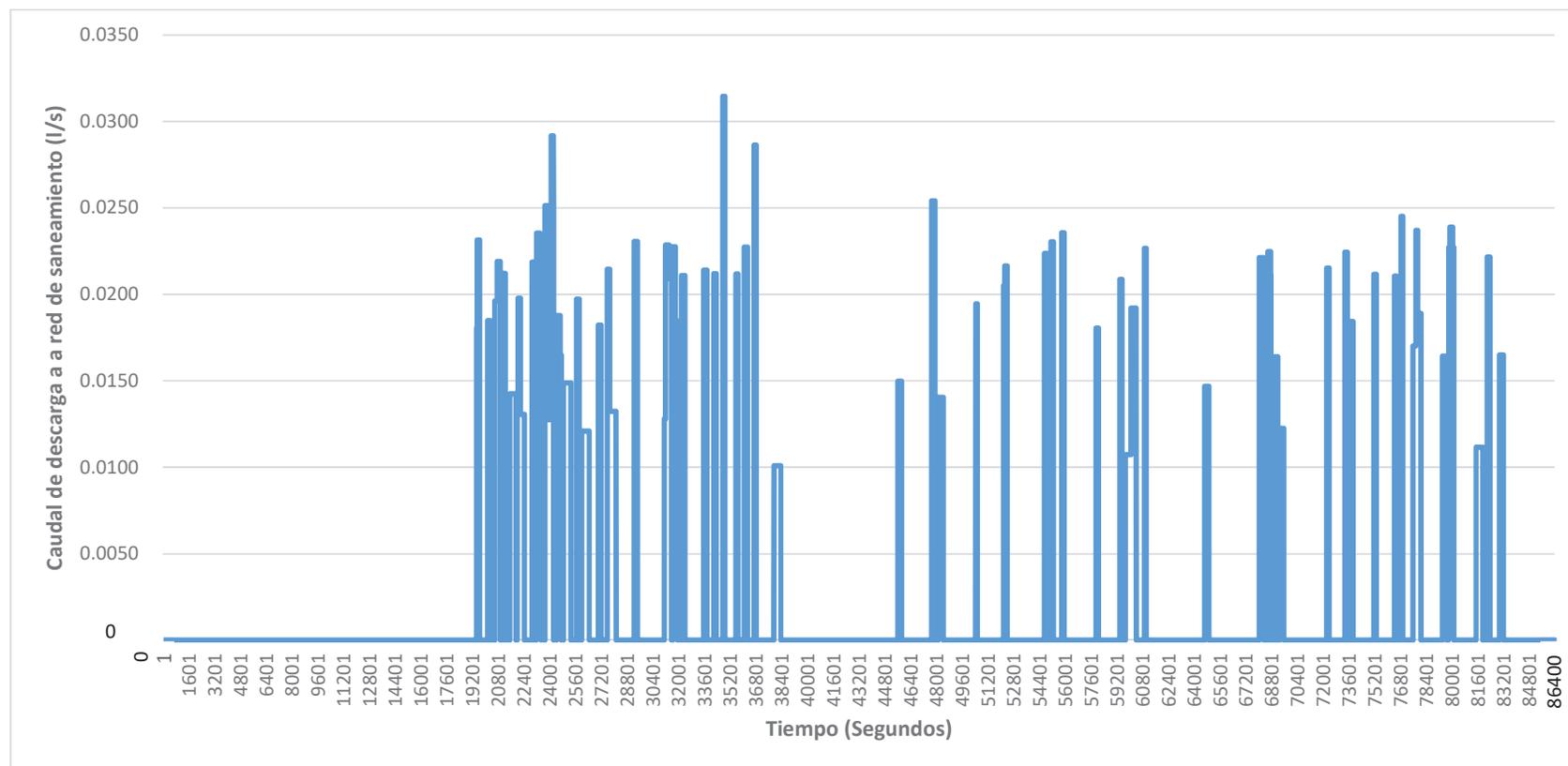


Gráfico N° 107 Caudal de aguas residuales descargadas a la red de saneamiento debido al uso de inodoros - Qd inodoros (l/s)

Fuente: Elaboración propia

Ahora, los caudales de aguas residuales obtenidos en cada uno de los pulsos; así como el instante en el cual se produce, son almacenados en una matriz, mismo que nos da facilidad y trabajabilidad para conocer el caudal correspondiente en cualquiera de los 86400 segundos de un día.

Por tanto, con el fin de considerar la simultaneidad en la descarga de los aparatos, el caudal de descarga es la sumatoria del máximo caudal de descarga de los accesorios en un segundo.

Bajo las consideraciones antes indicadas, la propuesta quedaría definida mediante una función de distribución de probabilidad que mejor represente al máximo caudal de aguas residuales que se puede producir en un periodo de tiempo.

$$Q_{p_k} = \sum_{j=1}^n Q_{d_{jk}}$$

Donde:

Q_{pk} : Caudal punta de agua residual en un determinado segundo (l/s).

j : Aparato sanitario (Grifos, Lavadoras, Duchas, Inodoro).

n : Cantidad de aparatos sanitarios.

k : Segundo (1, 2, 3, 486400).

El máximo caudal de aguas residuales, que se puede producir en un segundo, queda definido bajo los números aleatorios mostrados en el Gráfico N° 108.

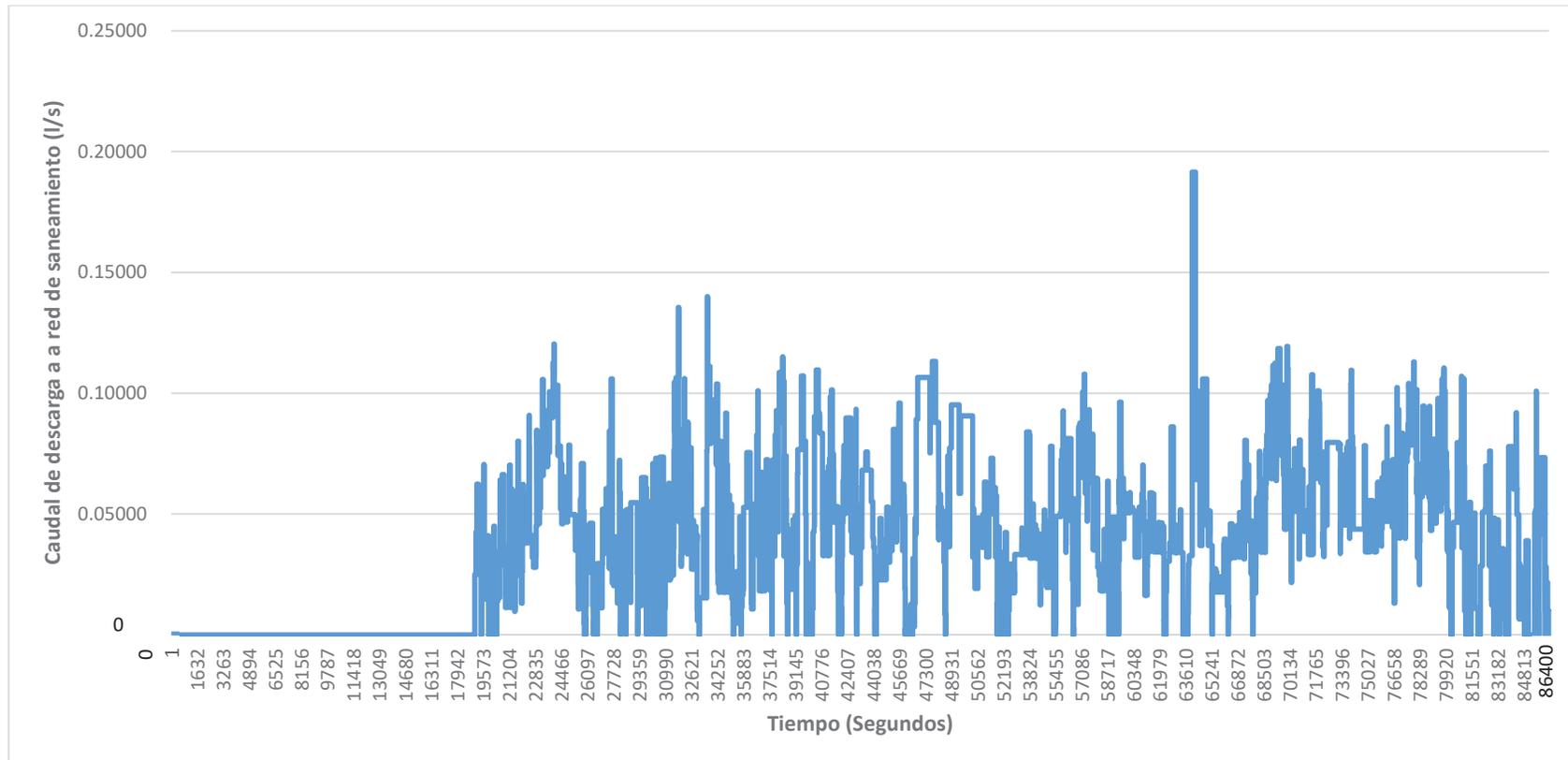


Gráfico N° 108 Caudal punta de agua residual - Qpk (l/s)

Fuente: Elaboración propia

El histograma de frecuencias del caudal punta de agua residual descargada a la red de saneamiento por segundo (ver Gráfico N° 109) muestra una distribución simétrica a los lados, donde la mayor parte de los datos (80%) se encuentra entre 0.00 l/s a 0.10 l/s.

La función que mejor reproduce con alto bondad de ajuste el comportamiento de la variable aleatoria del caudal punta de agua residual descargada a la red de saneamiento, es una función de distribución de probabilidad Generalizada de valores extremos con los parámetros de forma mostrados en la Tabla N° 44.

De acuerdo a la prueba de Kolmogórov-Smirnov, también llamado prueba K-S, que es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí, la presente función de distribución de probabilidad tiene un coeficiente de 0.02533 (Ver Tabla N° 45), y es la función de distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos registrados.

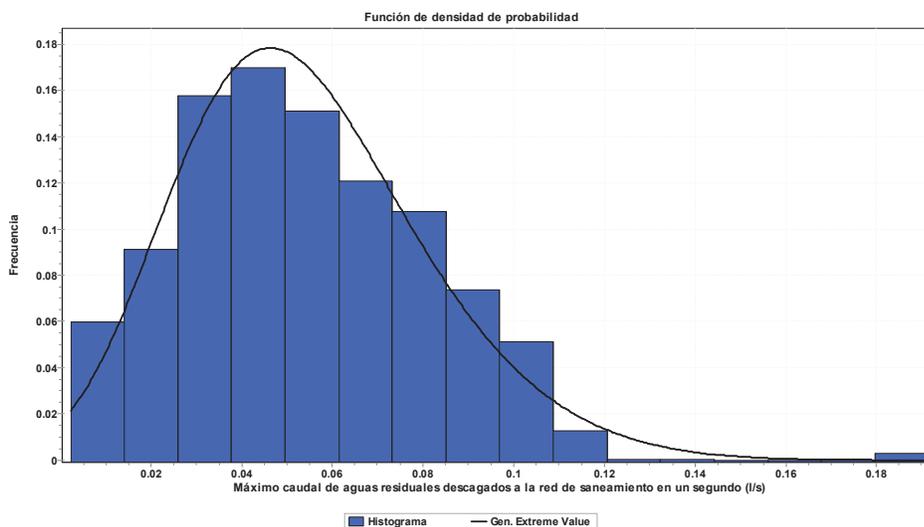


Gráfico N° 109 Histograma de frecuencias de máximo caudal de agua residual descargada a la red de saneamiento en un segundo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 44 Parámetros de forma de la función de distribución generalizada de valores extremos (Caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento por segundo)

Distribución Generalizada de Valores Extremos	Parámetros
<p style="color: red;">Generalized Extreme Value Distribution</p> <p>Parameters</p> <p>k - continuous shape parameter σ - continuous scale parameter ($\sigma > 0$) μ - continuous location parameter</p> <p>Domain</p> $1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} > 0 \quad \text{for } k \neq 0$ $-\infty < x < +\infty \quad \text{for } k = 0$ <p>Probability Density Function</p> $f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp(-(1 + kz)^{-1/k}) (1 + kz)^{-1-1/k} & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z)) & k = 0 \end{cases}$ <p>Cumulative Distribution Function</p> $F(x) = \begin{cases} \exp(-(1 + kz)^{-1/k}) & k \neq 0 \\ \exp(-\exp(-z)) & k = 0 \end{cases}$ <p>where $z \equiv \frac{x - \mu}{\sigma}$</p>	<div data-bbox="964 810 1247 1066" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Parámetros ⌵</p> <p>k <input type="text" value="-0.13914"/></p> <p>σ <input type="text" value="0.02463"/></p> <p>μ <input type="text" value="0.04268"/></p> <p> <input checked="" type="button" value="Aplicar"/> <input type="button" value="Restab."/> </p> </div>

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 45 Prueba de Kolmorógov-Smirnov del caudal punta de agua residual descargada a la red de saneamiento por segundo

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov	
		Estadística	Rango
19	Gen. Extreme Value	0.02533	1
57	Wakeby	0.02983	2
3	Burr (4P)	0.03141	3
1	Beta	0.03273	4
2	Burr	0.03286	5
18	Gamma (3P)	0.03301	6

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la bondad del ajuste se recurre al gráfico cuantil – cuantil (ver Gráfico N° 110), donde se compara el caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento (eje ordenadas) con la predicción obtenida a partir de la función de probabilidad definida por los parámetros de forma y escala anteriormente mencionadas (eje de abscisas), se observa que el modelo se ajusta perfectamente al caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento reales.

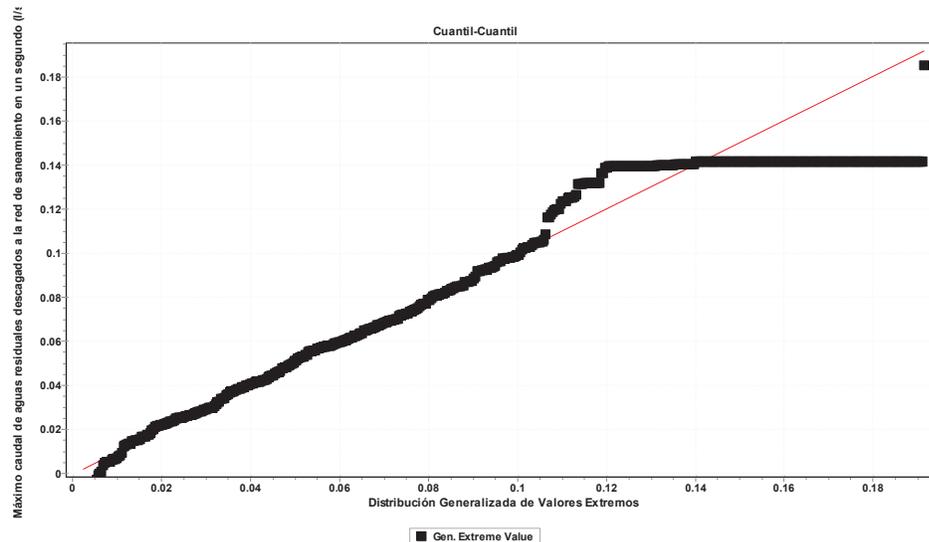


Gráfico N° 110 Función de Distribución Generalizada de valores extremos (Caudal punta de aguas residuales descargada a la red de saneamiento en un segundo)

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Determinación del caudal punta y volumen punta de aguas residuales para diseñar el sistema de alcantarillado

4.2.1.3.1. Volumen de agua residual

Laminar caudales y obtener volúmenes reales de descarga es un proceso complicado, y tal como se mostrase en la Tabla N° 42, en este caso, el volumen de agua residual (litros/día) se encuentra definido por la función de distribución de probabilidad Dagum (4P).

$$F(x) = \left(1 + \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{-\alpha} \right)^{-k}$$

$$x = \beta \times \sqrt[-\alpha]{-k \sqrt{F(x)} - 1} + \gamma$$

Los parámetros de forma de la función de distribución de probabilidad, que mejor se ajustan al volumen de descarga real, son los que se muestran en la Tabla N° 46.

Tabla N° 46 Parámetros de forma del volumen de agua residual

k:	1.0168
α:	1.1579
β:	59.0000
γ:	32.0040

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 47 se muestra las series de volumen de agua residual descargada a la red de saneamiento bajo una determinada probabilidad de ocurrencia de no ser superado y una cierta cantidad de viviendas.

El Gráfico N° 111 muestra el comportamiento asintótico horizontal del volumen de agua residual descargada al sistema de alcantarillado.

Tabla N° 47 Volumen de agua residual en función del número de viviendas y probabilidad de ocurrencia de un caudal inferior

Probabilidad	Volumen (l/día)	Número de Viviendas					
F(x)	x	10 (l/día)	20 (l/día)	30 (l/día)	40 (l/día)	50 (l/día)	60 (l/día)
1.0	807.5418	8,075.4179	16,150.8357	24,226.2536	32,301.6715	40,377.0894	48,452.5072
0.9	431.5325	4,315.3252	8,630.6505	12,945.9757	17,261.3009	21,276.6261	25,891.9514
0.8	230.5112	2,305.1121	4,610.2243	6,915.3364	9,220.4486	11,525.5607	13,830.6729
0.7	156.7618	1,567.6181	3,135.2362	4,702.8542	6,270.4723	7,838.0904	9,405.7085
0.6	117.2934	1,172.9336	2,345.8673	3,518.8009	4,691.7345	5,864.6681	7,037.6018
0.5	92.1896	921.8962	1,843.7924	2,765.6887	3,687.5849	4,609.4811	5,531.3773
0.4	74.4939	744.9394	1,489.8788	2,234.8181	2,979.7575	3,724.6969	4,469.6363
0.3	61.0951	610.9509	1,221.9019	1,832.8528	2,443.8038	3,054.7547	3,665.7057
0.2	50.3441	503.4414	1,006.8829	1,510.3243	2,013.7658	2,517.2072	3,020.6486
0.1	41.1794	411.7942	823.5884	1,235.3827	1,647.1769	2,058.9711	2,470.7653
0.0	32.0040	320.0400	640.0800	960.1200	1,280.1600	1,600.2000	1,920.2400

Nota. Fuente: Elaboración propia

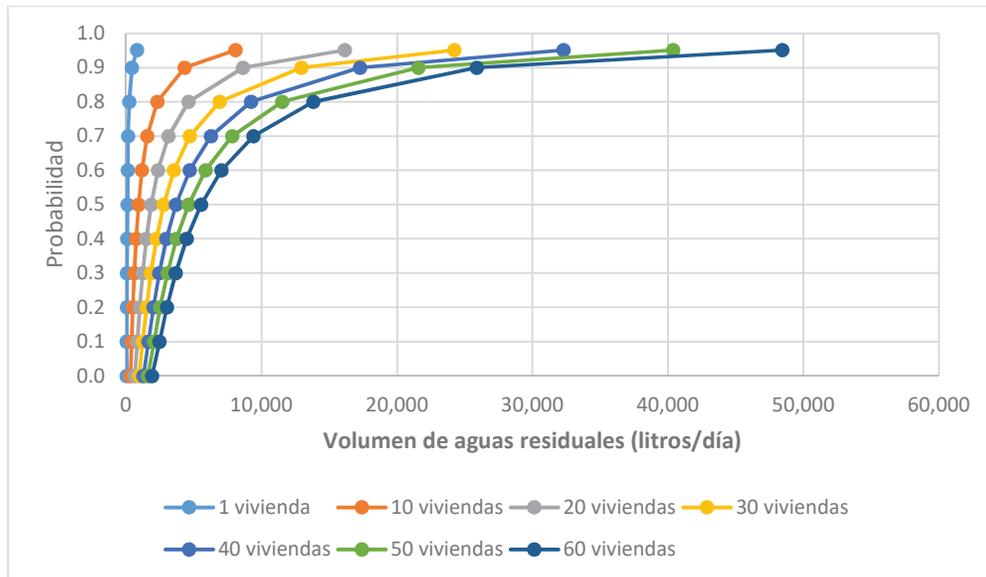


Gráfico N° 111 Probabilidad de ocurrencia de los volúmenes de agua residual

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3.2. Caudal punta de agua residual

Para determinar el caudal punta de agua residual, y tal como se mostrase en la Tabla N° 44, el caudal punta de agua residual (litros/segundo) se encuentra definido por la función de distribución generalizada de valores extremos.

$$F(x) = e^{-(1+kxz)^{-\frac{1}{k}}}$$

$$x = \left[\frac{k \sqrt{\frac{-1}{\ln(F(x))}} - 1}{k} \right] \times \sigma + \mu$$

Los parámetros de forma de la función de distribución de probabilidad, que mejor se ajustan al caudal punta de agua residual, son los que se muestran en la Tabla N° 48.

Tabla N° 48 Parámetros de forma del caudal punta de agua residual

k:	-0.13914
σ:	0.02463
μ:	0.04268

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 49 se muestra las series de caudal punta de agua residual descargada a la red de saneamiento bajo una determinada probabilidad de ocurrencia de no ser superado y una cierta cantidad de viviendas.

El Gráfico N° 112 muestra el comportamiento asintótico vertical del caudal punta de agua residual descargada al sistema de alcantarillado.

Tabla N° 49 Caudal punta de agua residual en función del número de viviendas y probabilidad de ocurrencia de un caudal inferior

Probabilidad	Caudal punta (l/s)	Número de Viviendas					
		10 (l/s)	20 (l/s)	30 (l/s)	40 (l/s)	50 (l/s)	60 (l/s)
F(x)	x						
1.0	0.2197	2.1970	4.3939	6.5909	8.7878	10.9848	13.1818
0.9	0.2197	2.1970	4.3939	6.5909	8.7878	10.9848	13.1818
0.8	0.2197	2.1969	4.3938	6.5908	8.7877	10.9846	13.1815
0.7	0.2196	2.1959	4.3918	6.5877	8.7836	10.9794	13.1753
0.6	0.2183	2.1828	4.3656	6.5484	8.7312	10.9139	13.0967
0.5	0.2070	2.0699	4.1398	6.2097	8.2796	10.3495	12.4194
0.4	0.1253	1.2526	2.5052	3.7577	5.0103	6.2629	7.5155
0.3	-	-	-	-	-	-	-
0.2	-	-	-	-	-	-	-
0.1	-	-	-	-	-	-	-
0.0	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

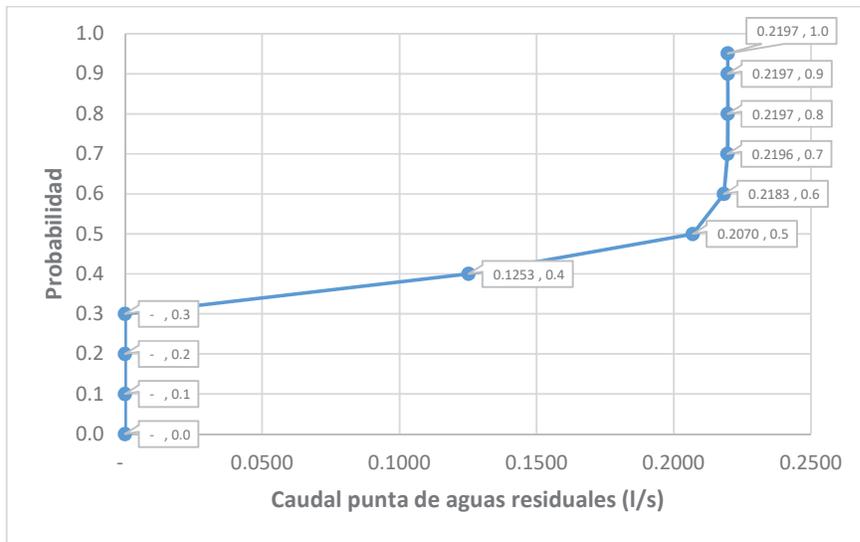


Gráfico N° 112 Probabilidad de ocurrencia de caudales punta de aguas residuales

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Diseño del tanque séptico con doble compartimiento

Para el diseño de los tanques sépticos en el Anexo San Francisco de Quilmaná, se considera la situación más crítica, es decir se considerará que todos los lotes cuenten como mínimo con un (01) grifo o lavadero, una (01) lavadora, una (01) ducha y un (01) inodoro.

Por tanto, todos los tanques sépticos serán de sección típica, y será diseñado bajo las consideraciones indicadas en el capítulo “3.3.2 Diseño de tanque séptico con doble compartimiento de acuerdo a OXFAM”.

De acuerdo a la Tabla N° 47, y considerando una probabilidad de ocurrencia de no ser superado igual a 90%, el caudal diario de una vivienda es igual a **431.53 litros /día**.

A continuación, se realizará el cálculo del volumen y dimensiones del tanque séptico con doble compartimiento:

El volumen del tanque es igual al volumen de almacenamiento de lodos más el volumen de retención de líquidos.

$$Volumen\ tanque = V_{almacenamiento\ de\ lodos} + V_{retención\ de\ líquidos}$$

Qd (caudal diario):	431.53 l/día	(A)
TR (tiempo de retención):	2.00 días	(B)
Volumen de retención de líquidos:	863.06 litros	(C= A x B)
P (población):	4.00 habitantes	(D)
N (periodo de limpieza de lodos TS):	1.00 veces/año	(E)
S (ratio de acumulación de lodo):	40.00 litros/persona*año	(F)
F (factor de digestión de lodos):	1.30	(G)

FACTOR DE LIMPIEZA DE LODOS	PERIODO DE LIMPIEZA DE LODOS	TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE EN °C		
		> 20°C	Entre 10 y 20°C	< 10°C
	1	1.3	1.5	2.5
	2	1	1.15	1.5
	3	1	1	1.27

Volumen para almacenamiento de lodos:	208.00	litros	(H = D x E x F x G)
Volumen Total:	1,071.06	litros	(I = H + C)
Altura:	1.00	metros	(J)
Ancho:	0.60	metros	(K = RAIZ (I/(3 x J)))
Longitud:	1.80	metros	(L = 3 x K)

En el Gráfico N° 115 se puede apreciar las dimensiones del tanque séptico propuesto, y en la Tabla N° 50 se muestra la ubicación (progresiva y cota) de los tanques sépticos de cada uno de los sesenta (60) predios.

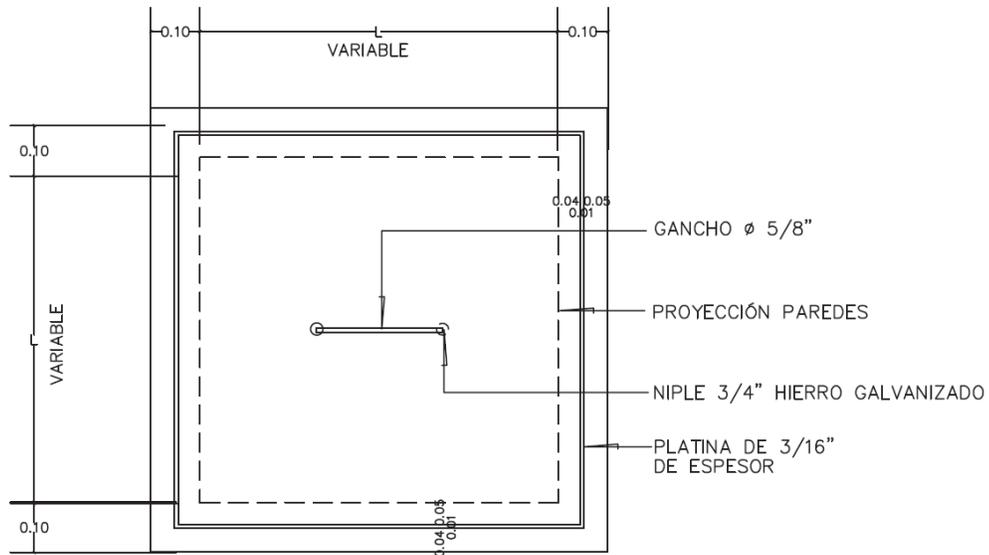


Gráfico N° 113 Vista en planta de la losa removible del Tanque Séptico propuesto

Fuente: Elaboración propia

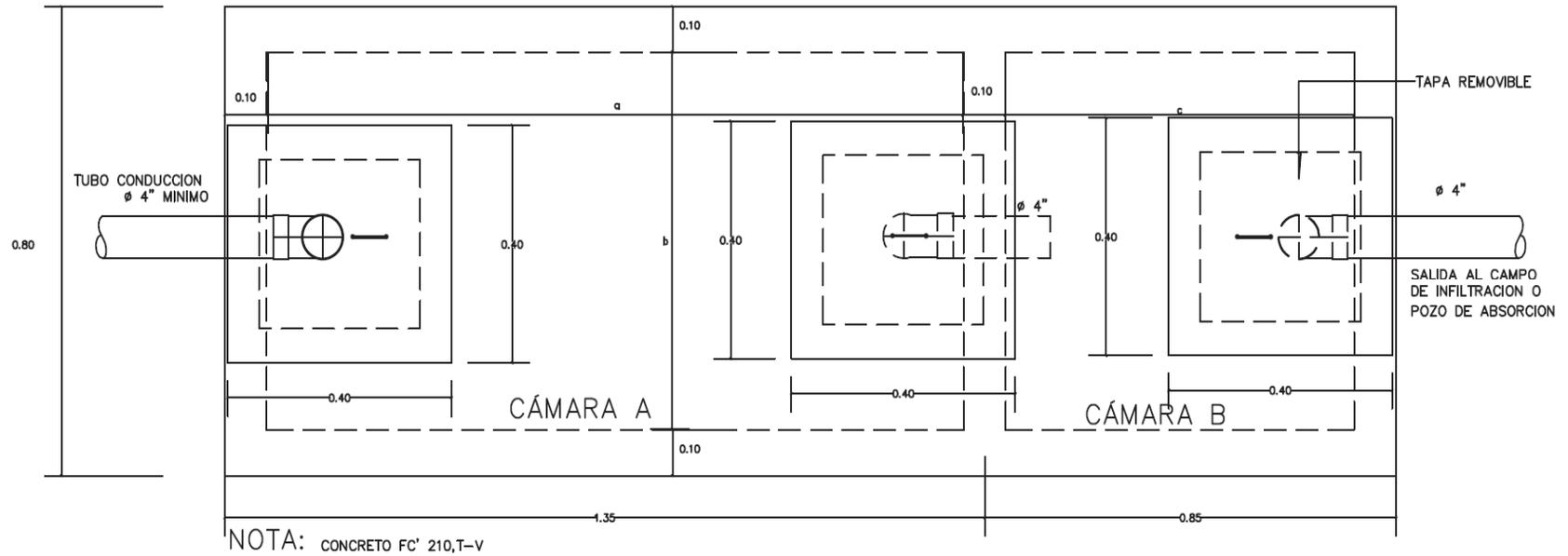
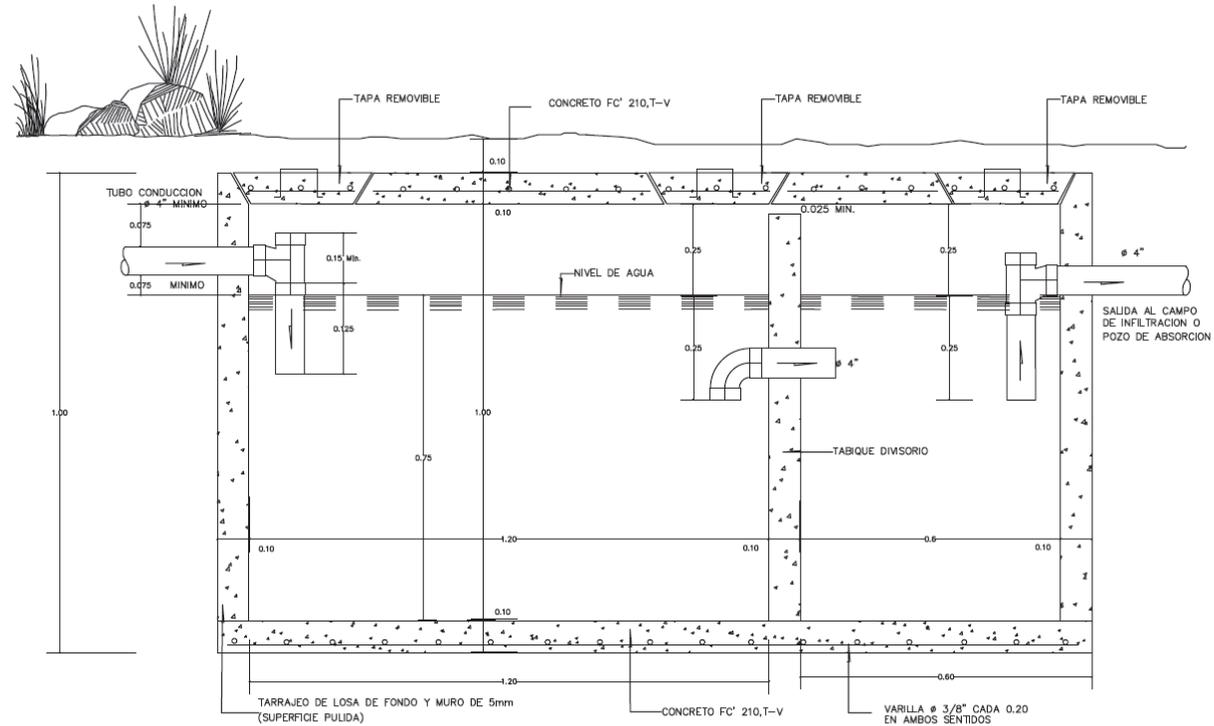


Gráfico N° 114 Vista en planta del Tanque Séptico propuesto

Fuente: Elaboración propia



NOTA:
LA PLACA DE FONDO Y LAS PAREDES INTERIORES DEL TANQUE PARA CUALQUIER TIPO DE MATERIAL UTILIZADO, DEBERA LLEVAR UN REVOQUE DE 5 MM. DE ESPESOR ALISANDO AL FINAL LA SUPERFICIE CON LECHADA DE CEMENTO PURO.

Gráfico N° 115 Corte Transversal del Tanque Séptico propuesto

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 50 Ubicación de los Tanques Sépticos

DIRECCION	TRAMO INICIO	TRAMO FIN	MANZANA	LOTE	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TERRENO (msnm)
Calle 1	0+020	0+040	A	1	22.0225	81.3800
	0+020	0+040	A	2	33.8816	81.6050
	0+040	0+060	A	3	44.6847	81.9000
	0+040	0+060	A	4	51.0667	81.9300
	0+040	0+060	A	5	55.2461	81.9475
	0+040	0+060	A	6	59.6068	81.9650
	0+060	0+080	A	7	63.7790	81.9700
	0+060	0+080	A	8	68.0446	81.9688
	0+060	0+080	A	9	72.4397	81.9675
	0+060	0+080	A	10	76.7695	81.9638
	0+080	0+100	A	11	81.1191	81.9600
	0+080	0+100	A	12	85.4740	82.0050
	0+080	0+100	A	13	89.8377	82.0500
	0+080	0+100	A	14	94.3977	82.0950
	0+080	0+100	A	15	99.3829	82.1400
	0+240	0+260	B	13	257.6408	80.4800
Pasaje 1	0+000	0+020	A	16	7.6000	82.2000
	0+000	0+020	A	17	16.4615	82.1900
Pasaje 2	0+000	0+020	A	18	0.3151	82.2000
	0+000	0+020	A	19	4.2695	82.1500
	0+000	0+020	A	20	11.3751	82.1000
	0+000	0+020	A	21	19.0281	82.0000
	0+020	0+040	A	22	26.5270	81.9675
	0+020	0+040	A	23	32.4336	81.9350
	0+020	0+040	A	24	36.6444	81.8700
Pasaje 5	0+000	0+020	D	7	7.3114	81.0850
	0+000	0+020	D	6	10.9734	81.1100
	0+020	0+040	D	5	21.1912	81.1500
	0+020	0+040	B	10	23.5156	81.0200
	0+020	0+040	D	4	26.2364	80.8900
	0+020	0+040	D	3	31.1274	80.7750
	0+020	0+040	D	2	36.0930	80.5200
	0+040	0+060	D	1	45.0144	80.1000
	0+040	0+060	B	14	47.7346	80.0000
	0+060	0+080	C	8	65.2253	79.0400
	0+060	0+080	B	15	68.3304	78.8350

DIRECCION	TRAMO INICIO	TRAMO FIN	MANZANA	LOTE	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TERRENO (msnm)
	0+080	0+100	C	7	82.9256	78.6300
	0+080	0+100	B	16	86.0220	78.5975
	0+080	0+100	C	6	91.3000	78.5650
	0+080	0+100	C	5	98.7891	78.5325
	0+100	0+120	B	17	103.7702	78.5000
	0+100	0+120	C	4	111.2001	78.5150
	0+100	0+120	B	18	115.0002	78.5300
	0+120	0+140	C	3	123.2780	78.5500
	0+120	0+140	B	19	124.8309	78.5413
	0+120	0+140	C	2	133.1896	78.5325
	0+120	0+140	B	20	134.9599	78.5238
	0+140	0+160	C	1	142.0666	78.5150
	0+140	0+160	B	21	143.8076	78.5020
Pasaje 3	0+020	0+040	B	9	21.2000	81.8300
	0+020	0+040	B	11	37.9798	81.9500
Pasaje 4	0+000	0+020	B	6	0.0000	82.1620
	0+000	0+020	B	7	0.0000	82.1620
	0+000	0+020	B	8	0.0000	82.1620
	0+000	0+020	B	5	1.6319	82.1630
	0+000	0+020	B	4	8.5974	82.1640
	0+000	0+020	B	12	14.6187	82.1660
	0+000	0+020	B	3	16.5497	82.1670
	0+020	0+040	B	2	23.2839	82.1680
	0+020	0+040	B	1	31.2403	82.1265

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Diseño de la red de alcantarillado de diámetro pequeño

Como se indicó en el capítulo 3.3.3 Diseño de la red de alcantarillado de diámetro pequeño, el diseño de un sistema de alcantarillado de diámetro pequeño depende básicamente de que la línea de gradiente hidráulico no se encuentre por debajo del nivel de la tubería. También es necesario tener en cuenta que la línea de gradiente no se encuentre por encima del nivel de los distintos tanques sépticos que se instalaran en cada una de las viviendas, ya que, de encontrarse sobre la cota del taque séptico, las viviendas se podrían ver drásticamente afectadas.

Para el análisis y diseño de este sistema de alcantarillado propuesto se ha desarrollado un archivo (Excel habilitado para macros) con el uso de Microsoft Excel y Microsoft Visual Basic. Mediante el uso de este archivo se puede determinar fácilmente el coeficiente de fricción y las pérdidas de carga de acuerdo a la fórmula de Colebrook – White y a la fórmula de Darcy – Weisbach.

Fórmula de Colebrook - White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right)$$

Fórmula de Darcy - Weisbach

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

El código usado para desarrollar la aplicación es la siguiente:

```
Sub GoalSeek()  
  
Dim i As Integer  
  
Application.ScreenUpdating = False  
  
Static isWorking As Boolean  
  
    For i = 10 To 44  
  
        If Round(Cells(i, 18).Value, 4) <> 0 And Not isWorking Then  
            isWorking = True  
            Cells(i, 19).Value = 0.01  
            Cells(i, 18).GoalSeek Goal:=0, ChangingCell:=Cells(i, 19)  
            isWorking = False  
        End If  
  
    Next i  
  
Application.ScreenUpdating = True  
  
End Sub  
  
  
Private Sub Worksheet_Calculate()  
  
GoalSeek  
  
End Sub
```

A su vez, la aplicación antes mencionada también nos brinda un gráfico que nos muestra el perfil del terreno, perfil de la tubería instalada, línea de gradiente hidráulico y ubicación de los tanques sépticos, además de alertarnos respecto al diámetro de la tubería y profundidad de excavación para instalar la tubería.

Las dimensiones de las tuberías fueron tomadas de la ficha técnica de la línea sanitaria de PLASTICA.

Diámetro Nominal Exterior Dn (mm.)	Esesor (mm.)	Diámetro Interior (mm.)	Esesor (mm.)	Diámetro Interior (mm.)	Esesor (mm.)	Diámetro Interior (mm.)	Esesor (mm.)	Diámetro Interior (mm.)	Esesor (mm.)	Diámetro Interior (mm.)
	PN 5 (Serie 20) SDR 41		PN 6,3 (Serie 16) SDR 33		PN 7,5 (Serie 13,3) SDR 28		PN 8 (Serie 12,5) SDR 26		PN 10 (Serie 10) SDR 23	
63	1.60	59.80	2.00	59.00	2.30	58.40	2.50	58.00	3.00	57.00
75	1.90	71.20	2.30	70.40	2.80	69.40	2.90	69.20	3.60	67.80
90	2.20	85.60	2.80	84.40	3.30	83.40	3.50	83.00	4.30	81.40
110	2.70	104.60	3.40	103.20	4.00	102.00	4.20	101.60	5.30	99.40
140	3.50	133.00	4.30	131.40	5.10	129.80	5.40	129.20	6.70	126.60
160	4.00	152.00	4.90	150.20	5.80	148.40	6.20	147.60	7.70	144.60
200	4.90	190.00	6.20	187.60	7.30	185.40	7.70	184.60	9.60	180.80
250	6.20	237.60	7.70	234.60	9.10	231.80	9.60	230.80	11.90	226.20
315	7.70	299.60	9.70	295.60	11.40	292.20	12.10	290.80	15.00	285.00
355	8.70	337.60	10.90	333.20	12.90	329.20	13.60	327.80	16.90	321.20
400	9.80	380.40	12.30	375.40	14.50	371.00	15.30	369.40	19.10	361.80
450	11.00	428.00	13.80	422.40	16.30	417.40	17.20	415.60	21.50	407.00
500	12.30	475.40	15.30	469.40	18.10	463.80	19.10	461.80	23.90	452.20
630	15.40	599.20	19.30	591.40	22.80	584.40	24.10	581.80	30.00	570.00

Gráfico N° 116 Tubos de agua PVC-U NTP ISO 1452

Fuente: (Plastica, 2016)

Los datos de entrada para aplicar la fórmula de Colebrook-White y la fórmula de Darcy-Weisbach son los siguientes:

DATOS:	Gravedad:	9.81	m/s²
Material: PVC	Viscosidad Cinemática (20 °C):	0.00000131	m²/s
	Coefficiente de Rugosidad absoluta (ε):	0.0000015	m

4.2.3.1. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en calle 1

En la Tabla N° 51 se muestra el cálculo del factor de fricción (*f*) y la pérdida de carga (*hf*), la pérdida de carga total en los 605.77 m es 2.95 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no desgastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 51 Cálculo del factor de fricción darcy (*f*) y perdida de carga (*hf*) en la calle 1

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m ³ /s	pulg	m	mm	m	m ²	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	1	0.0002	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.026	0.0143	2041.44	4.1235	4.0978	0.0007	0.0588	0.0004
2	0+020	0+040	20.00	0.2197	2	0.0007	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.077	0.0143	6124.33	4.5067	4.4864	0.0004	0.0492	0.0028
3	0+040	0+060	20.00	0.2197	4	0.0015	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.179	0.0143	14290.10	4.6871	4.6579	0.0008	0.0455	0.0142
4	0+060	0+080	20.00	0.2197	4	0.0024	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.281	0.0143	22455.87	4.7420	4.7140	0.0008	0.0445	0.0343
5	0+080	0+100	20.00	0.2197	5	0.0035	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.409	0.0143	32663.08	4.7742	4.7469	0.0007	0.0439	0.0715
6	0+100	0+107.7732	7.77	0.2197	0	0.0035	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.409	0.0143	32663.08	4.7742	4.7469	0.0007	0.0439	0.0278
	0+107.7732	0+120	12.23	0.2197	2	0.0040	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.460	0.0143	36745.97	4.7823	4.7552	0.0007	0.0437	0.0552
7	0+120	0+140	20.00	0.2197	0	0.0040	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.460	0.0143	36745.97	4.7823	4.7552	0.0007	0.0437	0.0902
8	0+140	0+148.5861	8.59	0.2197	0	0.0040	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.460	0.0143	36745.97	4.7823	4.7552	0.0007	0.0437	0.0387
	0+148.5861	0+160	11.41	0.2197	9	0.0059	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.690	0.0143	55118.95	4.8045	4.7778	0.0007	0.0433	0.1148
9	0+160	0+176.6336	16.63	0.2197	0	0.0059	4"	0.110	2.7	0.105	0.0086	0.690	0.0143	55118.95	4.8045	4.7778	0.0007	0.0433	0.1673
	0+176.6336	0+180	3.37	0.2197	9	0.0079	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.436	0.0099	50574.06	5.0941	5.0714	0.0005	0.0385	0.0083
10	0+180	0+200	20.00	0.2197	0	0.0079	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.436	0.0099	50574.06	5.0941	5.0714	0.0005	0.0385	0.0491
11	0+200	0+220	20.00	0.2197	0	0.0079	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.436	0.0099	50574.06	5.0941	5.0714	0.0005	0.0385	0.0491
12	0+220	0+240	20.00	0.2197	0	0.0079	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.436	0.0099	50574.06	5.0941	5.0714	0.0005	0.0385	0.0491
13	0+240	0+260	20.00	0.2197	1	0.0081	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.448	0.0099	51978.89	5.0960	5.0734	0.0005	0.0385	0.0518
14	0+260	0+280	20.00	0.2197	0	0.0081	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.448	0.0099	51978.89	5.0960	5.0734	0.0005	0.0385	0.0518
15	0+280	0+300	20.00	0.2197	0	0.0081	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.448	0.0099	51978.89	5.0960	5.0734	0.0005	0.0385	0.0518
16	0+300	0+320	20.00	0.2197	0	0.0081	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.448	0.0099	51978.89	5.0960	5.0734	0.0005	0.0385	0.0518
17	0+320	0+323.9854	3.99	0.2197	0	0.0081	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.448	0.0099	51978.89	5.0960	5.0734	0.0005	0.0385	0.0103
	0+323.9854	0+340	16.01	0.2197	24	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1115
18	0+340	0+360	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
19	0+360	0+380	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
20	0+380	0+400	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
21	0+400	0+420	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
22	0+420	0+440	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
23	0+440	0+460	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
24	0+460	0+480	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
25	0+480	0+500	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
26	0+500	0+520	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m ³ /s	pulg	m	mm	m	m ²	m/s							m
27	0+520	0+540	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
28	0+540	0+560	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
29	0+560	0+580	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
30	0+580	0+600	20.00	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.1393
31	0+600	0+605.77	5.77	0.2197	0	0.0134	6"	0.160	4.0	0.152	0.0181	0.739	0.0099	85694.93	5.1247	5.1026	0.0005	0.0381	0.0402

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar claramente en la Tabla N° 52 que la tubería en los últimos tramos, a partir de la progresiva 0+540 hasta 0+605.77, se encuentra prácticamente expuesta; por lo cual, es necesario rellenar con afirmado la zona antes mencionada. Además, se evidencia en el levantamiento topográfico realizado que al finalizar la progresiva 0+605.77 se tiene la presencia de un canal, por lo que es necesario la construcción de un pontón. La construcción de este pontón se encuentra a mayor detalle en el capítulo 4.4 Construcción de pontón.

Tabla N° 52 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en la Calle 1

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	80.280	81.320	-1.040	-5.200		81.020									
2	0+020	0+040	20.00	40.00	81.320	81.890	-0.570	-2.850	81.020	80.970	0.05	0.250	81.070	0.003	81.067	0.61	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
3	0+040	0+060	20.00	60.00	81.890	81.970	-0.080	-0.400	80.970	80.920	0.05	0.250	81.067	0.014	81.053	0.98	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
4	0+060	0+080	20.00	80.00	81.970	81.960	0.010	0.050	80.920	80.870	0.05	0.250	81.053	0.034	81.019	1.07	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
5	0+080	0+100	20.00	100.00	81.960	82.170	-0.210	-1.050	80.870	80.820	0.05	0.250	81.019	0.072	80.947	1.22	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
6	0+100	0+107.77 (1)	7.77	107.77	82.170	82.188	-0.018	-0.232	80.820	80.770	0.05	0.644	80.947	0.028	80.919	1.38	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
Bz-3	0+107.77 (1)	0+107.77 (3)	0.00	107.77	82.188	82.188	-	-	80.770	80.670	0.10	-	80.919	-	80.919	1.47	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
	0+107.77 (3)	0+120	12.23	120.00	82.188	82.210	-0.022	-0.180	80.670	80.570	0.10	0.818	80.919	0.055	80.864	1.58	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
7	0+120	0+140	20.00	140.00	82.210	81.960	0.250	1.250	80.570	80.470	0.10	0.500	80.864	0.090	80.774	1.56	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
8	0+140	0+148.59 (1)	8.59	148.58	81.960	81.840	0.120	1.398	80.470	80.370	0.10	1.165	80.774	0.039	80.735	1.48	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
Bz-5	0+148.59 (1)	0+148.59 (3)	0.00	148.58	81.840	81.840	-	-	80.370	80.270	0.10	-	80.735	-	80.735	1.52	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
	0+148.59 (3)	0+160	11.41	160.00	81.840	81.720	0.120	1.051	80.270	80.220	0.05	0.438	80.735	0.115	80.620	1.53	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
9	0+160	0+176.63 (1)	16.63	176.63	81.720	81.810	-0.090	-0.541	80.220	80.170	0.05	0.301	80.620	0.167	80.453	1.57	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
Bz-7	0+176.63 (1)	0+176.63 (3)	0.00	176.63	81.810	81.810	-	-	80.170	80.070	0.10	-	80.453	-	80.453	1.69	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
	0+176.63 (3)	0+180	3.37	180.00	81.810	81.840	-0.030	-0.891	80.070	79.970	0.10	2.971	80.453	0.008	80.445	1.80	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
10	0+180	0+200	20.00	200.00	81.840	81.600	0.240	1.200	79.970	79.870	0.10	0.500	80.445	0.049	80.396	1.80	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
11	0+200	0+220	20.00	220.00	81.600	81.340	0.260	1.300	79.870	79.770	0.10	0.500	80.396	0.049	80.347	1.65	1.51 m - 2.00 m	OK	OK

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
12	0+220	0+240	20.00	240.00	81.340	80.960	0.380	1.900	79.770	79.720	0.05	0.250	80.347	0.049	80.297	1.40	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
13	0+240	0+260	20.00	260.00	80.960	80.380	0.580	2.900	79.720	79.720	-	-	80.297	0.052	80.246	0.95	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
14	0+260	0+280	20.00	280.00	80.380	80.130	0.250	1.250	79.720	79.720	-	-	80.246	0.052	80.194	0.53	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
15	0+280	0+300	20.00	300.00	80.130	79.900	0.230	1.150	79.720	79.720	-	-	80.194	0.052	80.142	0.29	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
16	0+300	0+320	20.00	320.00	79.900	79.640	0.260	1.300	79.720	79.220	0.50	2.500	80.142	0.052	80.090	0.30	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
17	0+320	0+323.98 (1)	3.99	323.98	79.640	79.605	0.035	0.878	79.220	79.180	0.04	1.004	80.090	0.010	80.080	0.42	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
Bz-8	0+323.98 (1)	0+323.98 (3)	0.00	323.98	79.605	79.605	-	-	79.180	79.080	0.10	-	80.080	-	80.080	0.47	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
	0+323.98 (3)	0+340	16.01	340.00	79.605	79.210	0.395	2.466	79.080	78.770	0.31	1.936	80.080	0.112	79.968	0.48	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
18	0+340	0+360	20.00	360.00	79.210	78.970	0.240	1.200	78.770	78.470	0.30	1.500	79.968	0.139	79.829	0.47	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
19	0+360	0+380	20.00	380.00	78.970	79.190	-0.220	-1.100	78.470	78.370	0.10	0.500	79.829	0.139	79.690	0.66	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
20	0+380	0+400	20.00	400.00	79.190	79.260	-0.070	-0.350	78.370	78.370	-	-	79.690	0.139	79.550	0.85	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
21	0+400	0+420	20.00	420.00	79.260	78.700	0.560	2.800	78.370	77.970	0.40	2.000	79.550	0.139	79.411	0.81	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
22	0+420	0+440	20.00	440.00	78.700	76.950	1.750	8.750	77.970	76.530	1.44	7.200	79.411	0.139	79.272	0.57	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
23	0+440	0+460	20.00	460.00	76.950	76.500	0.450	2.250	76.530	76.080	0.45	2.250	79.272	0.139	79.133	0.42	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
24	0+460	0+480	20.00	480.00	76.500	76.340	0.160	0.800	76.080	75.920	0.16	0.800	79.133	0.139	78.993	0.42	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
25	0+480	0+500	20.00	500.00	76.340	75.970	0.370	1.850	75.920	75.550	0.37	1.850	78.993	0.139	78.854	0.42	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
26	0+500	0+520	20.00	520.00	75.970	75.150	0.820	4.100	75.550	73.850	1.70	8.498	78.854	0.139	78.715	0.86	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
27	0+520	0+540	20.00	540.00	75.150	74.490	0.660	3.300	73.850	73.900	-0.05	-0.250	78.715	0.139	78.575	0.94	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
28	0+540	0+560	20.00	560.00	74.490	74.270	0.220	1.100	73.900	73.949	-0.05	-0.245	78.575	0.139	78.436	0.46	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
29	0+560	0+580	20.00	580.00	74.270	74.160	0.110	0.550	73.949	73.949	-	-	78.436	0.139	78.297	0.27	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
30	0+580	0+600	20.00	600.00	74.160	73.700	0.460	2.300	73.949	73.909	0.04	0.201	78.297	0.139	78.158	0.00	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
31	0+600	0+605.77 (1)	5.77	605.77	73.700	73.560	0.140	2.426	73.909	73.869	0.04	0.697	78.158	0.040	78.117	-0.26	0.60 m - 1.00 m	OK	Aumentar profundidad
Bz-1	0+605.77 (1)	0+605.77 (2)	0.00	605.77	73.560	73.560	-	-	73.869	73.729	0.14	-	78.117	-	78.117	-0.24	0.60 m - 1.00 m	OK	Aumentar profundidad

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 117 que la línea de gradiente hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

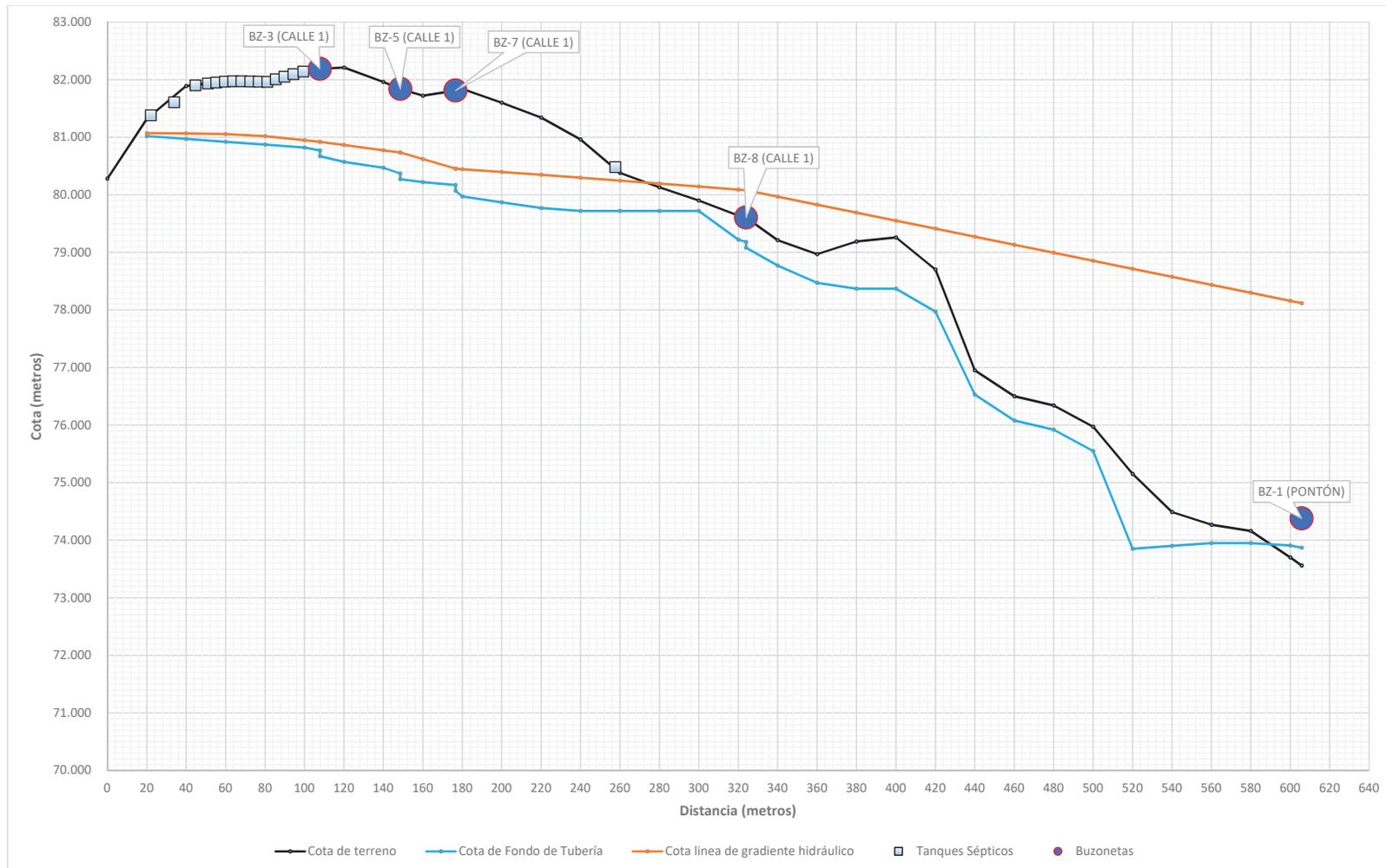


Gráfico N° 117 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en Calle 1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en la Calle 1 es la que se muestra en la Tabla N° 53 y la Tabla N° 54.

Tabla N° 53 Cantidad de excavación por rango de profundidad en calle 1

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	405.77
1.01 m - 1.50 m	76.36
1.51 m - 2.00 m	103.64
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 54 Cantidad de tubería a instalar en calle 1

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	-
3"	-
4"	156.63
6"	429.14

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 55 Cantidad de buzonetos a instalar en calle 1

DIRECCION	TRAMO INICIO	TRAMO FIN	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TAPA (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (1) (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (2) (msnm)	COTA SALIDA TUBERÍA (3) (msnm)	ALTURA BUZONETA (m)
BZ-3 (CALLE 1)	0+107.77	0+107.77	107.7732	82.1880	80.7700	80.9500	80.6700	1.5180
BZ-5 (CALLE 1)	0+148.59	0+148.59	148.5861	81.8400	80.3700	80.4700	80.2700	1.5700
BZ-7 (CALLE 1)	0+176.63	0+176.63	176.6336	81.8100	80.1700	80.3620	80.0700	1.7400
BZ-8 (CALLE 1)	0+323.98	0+323.98	323.9854	79.6050	79.1800	79.1600	79.0800	0.5250
BZ-1 (PONTÓN)	0+605.77	0+605.77	605.7700	74.3790	73.8690	-	73.7290	0.6500

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en pasaje 1

En la Tabla N° 56 se muestra el cálculo del factor de fricción (f) y la pérdida de carga (hf), la pérdida de carga total en los 29.68 ml es 0.0141 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no desgastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 56 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 1

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m ³ /s	pulg	m	mm	m	m ²	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	2	0.0004	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.110	0.0211	5998.17	4.2764	4.2536	0.0005	0.0547	0.0095
2	0+020	0+029.68	9.68	0.2197	0	0.0004	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.110	0.0211	5998.17	4.2764	4.2536	0.0005	0.0547	0.0046

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Tabla N° 57 que con el uso de tubería de 2" el sistema funciona adecuadamente.

Tabla N° 57 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 1

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	82.200	82.190	0.010	0.050	81.900	81.250	0.65	3.250	81.900	0.010	81.890	0.62	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
2	0+020	0+029.68 (2)	9.68	29.68	82.190	82.188	0.002	0.021	81.250	80.950	0.30	3.099	81.890	0.005	81.886	1.09	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
Bz-3	0+029.68 (2)	0+029.68 (3)	0.00	29.68	82.188	82.188	-	-	80.950	80.670	0.28	-	81.886	-	81.886	1.38	1.01 m - 1.50 m	OK	OK

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 118 que la línea de gradiente hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

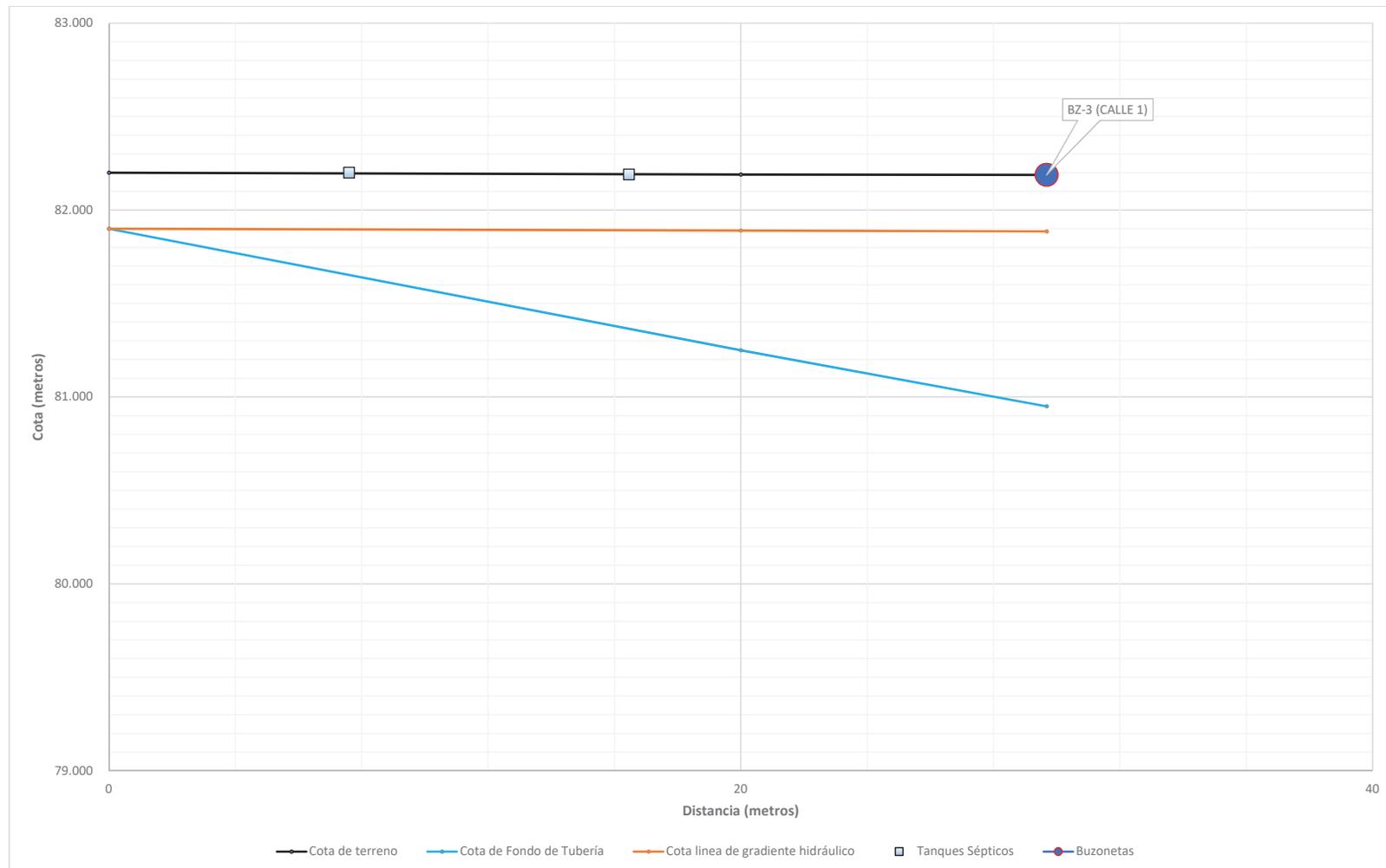


Gráfico N° 118 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en el Pasaje 1 es la que se muestra en la Tabla N° 58 y Tabla N° 59.

Tabla N° 58 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 1

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	20.00
1.01 m - 1.50 m	9.68
1.51 m - 2.00 m	-
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 59 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 1

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	29.68
3"	-
4"	-
6"	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en pasaje 2

En la Tabla N° 60 se muestra el cálculo del factor de fricción (f) y la pérdida de carga (hf), la pérdida de carga total en los 49.24 ml es 0.1989 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no desgastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 60 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y perdida de carga (hf) en el pasaje 2

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m3/s	pulg	m	mm	m	m2	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	4	0.0009	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.221	0.0211	11996.34	4.3827	4.3615	0.0004	0.0521	0.0363
2	0+020	0+040	20.00	0.2197	3	0.0015	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.386	0.0211	20993.60	4.3827	4.4149	0.0010	0.0521	0.1112
3	0+040	0+049.24	9.24	0.2197	0	0.0015	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.386	0.0211	20993.60	4.3827	4.4149	0.0010	0.0521	0.0514

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Tabla N° 61 que con el uso de tubería de 2" el sistema funciona adecuadamente.

Tabla N° 61 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 2

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	Hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	82.200	81.990	0.210	1.050	81.700	81.450	0.25	1.250	81.700	0.036	81.664	0.52	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
2	0+020	0+040	20.00	40.00	81.990	81.850	0.140	0.700	81.450	81.150	0.30	1.500	81.664	0.111	81.552	0.62	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
3	0+040	0+049.24 (2)	9.24	49.24	81.850	81.838	0.012	0.130	81.150	80.930	0.22	2.381	81.552	0.051	81.501	0.80	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
Bz-4	0+049.24 (2)	0+049.24 (3)	0.00	49.24	81.838	81.838	-	-	80.930	80.730	0.20	-	81.501	-	81.501	1.01	1.01 m - 1.50 m	OK	OK

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 119 que la línea de gradiente hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

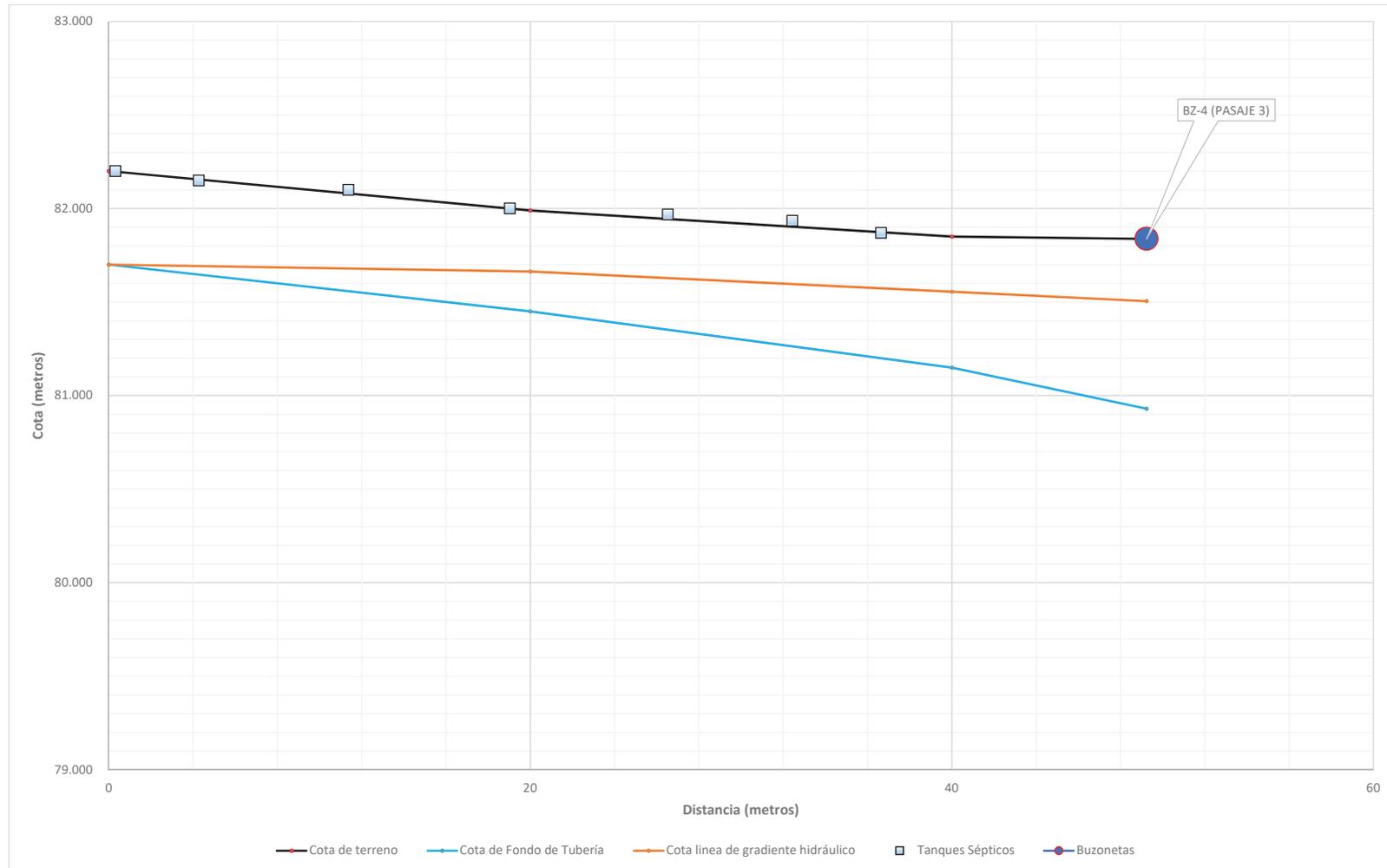


Gráfico N° 119 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en el Pasaje 2 es la que se muestra en la Tabla N° 62 y Tabla N° 63.

Tabla N° 62 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 2

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	49.24
1.01 m - 1.50 m	-
1.51 m - 2.00 m	-
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 2

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	49.24
3"	-
4"	-
6"	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.4. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en pasaje 3

En la Tabla N° 64 se muestra el cálculo del factor de fricción (f) y la pérdida de carga (hf), la pérdida de carga total en los 59.20 ml es 0.3177 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no degastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 64 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y perdida de carga (hf) en el pasaje 3

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m ³ /s	pulg	m	mm	m	m ²	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	1	0.0002	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.055	0.0211	2999.09	4.1060	4.0805	0.0007	0.0593	0.0026
2	0+020	0+023.8984	3.90	0.2197	0	0.0002	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.055	0.0211	2999.09	4.1060	4.0805	0.0007	0.0593	0.0005
	0+023.8984	0+040	16.10	0.2197	8	0.0020	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.497	0.0211	26991.77	4.4506	4.4304	0.0004	0.0505	0.1435
3	0+040	0+059.20	19.20	0.2197	0	0.0020	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.497	0.0211	26991.77	4.4506	4.4304	0.0004	0.0505	0.1711

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Tabla N° 65 que con el uso de tubería de 2" el sistema funciona adecuadamente.

Tabla N° 65 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 3

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	81.430	81.810	-0.380	-1.900	80.930	80.880	0.05	0.250	80.930	0.003	80.927	0.71	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
2	0+020	0+023.90 (1)	3.90	23.90	81.810	81.838	-0.028	-0.718	80.880	80.830	0.05	1.282	80.927	0.001	80.927	0.97	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
Bz-4	0+023.90 (1)	0+023.90 (3)	0.00	23.90	81.838	81.838	-	-	80.830	80.730	0.10	-	80.927	-	80.927	1.06	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
	0+023.90 (3)	0+040	16.10	40.00	81.838	82.010	-0.172	-1.068	80.730	80.630	0.10	0.621	80.927	0.144	80.783	1.24	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
3	0+040	0+059.20 (2)	19.20	59.20	82.010	81.840	0.170	0.885	80.630	80.470	0.16	0.833	80.783	0.171	80.612	1.37	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
Bz-5	0+059.20 (2)	0+059.20 (3)	0.00	59.20	81.840	81.840	-	-	80.470	80.270	0.20	-	80.612	-	80.612	1.47	1.01 m - 1.50 m	OK	OK

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 120 que la línea de gradiente hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

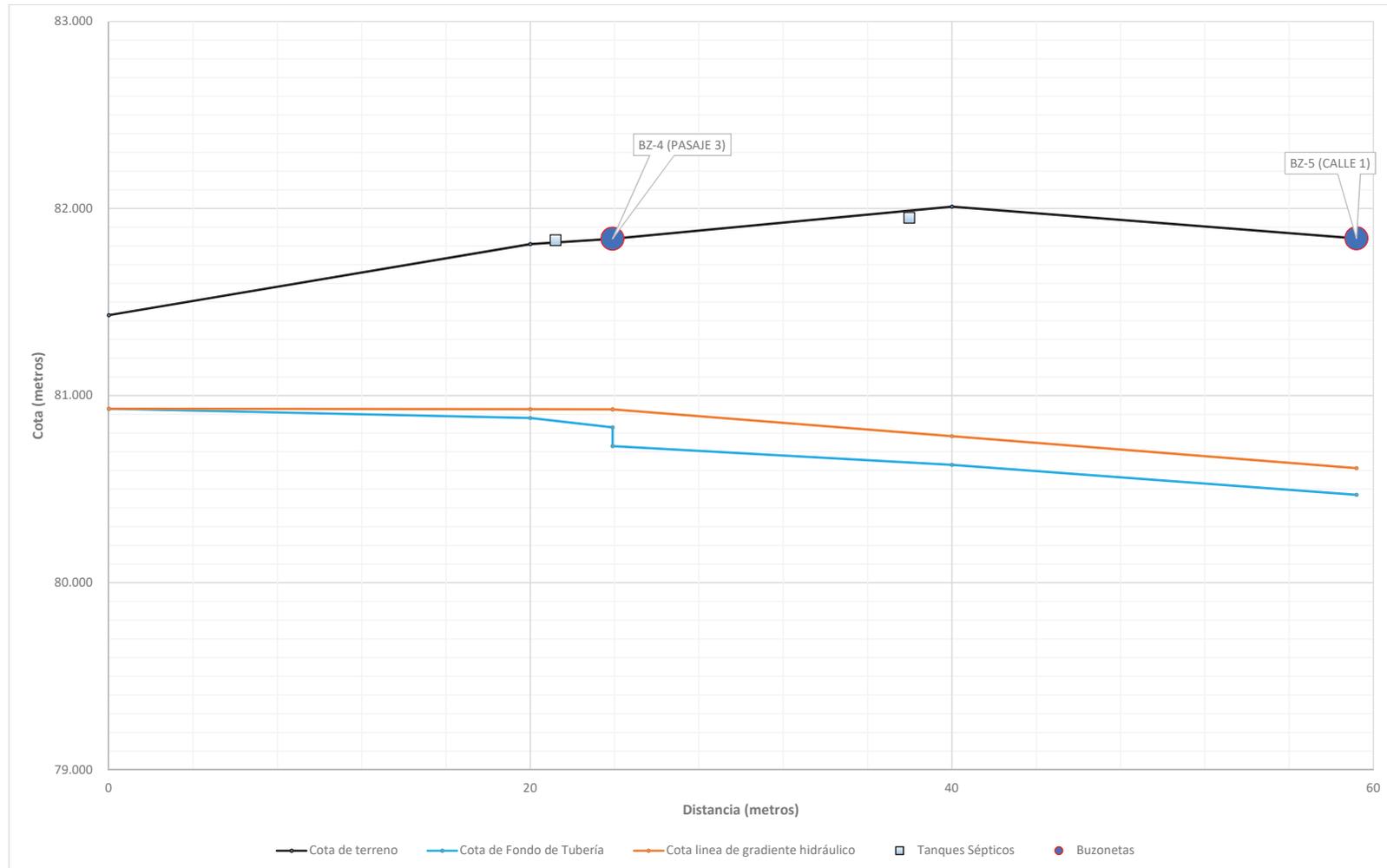


Gráfico N° 120 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 3

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en el Pasaje 3 es la que se muestra en la Tabla N° 66 y Tabla N° 67.

Tabla N° 66 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 3

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	23.90
1.01 m - 1.50 m	35.30
1.51 m - 2.00 m	-
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 67 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 3

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	59.20
3"	-
4"	-
6"	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68 Cantidad de buzonetas a instalar en pasaje 3

DIRECCION	TRAMO INICIO	TRAMO FIN	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TAPA (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (1) (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (2) (msnm)	COTA SALIDA TUBERÍA (3) (msnm)	ALTURA BUZONETA (m)
BZ-4 (PASAJE 3)	0+023.90	0+023.90	23.8984	81.8380	80.8300	80.9300	80.7300	1.1080

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.5. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en pasaje 4

En la Tabla N° 69 se muestra el cálculo del factor de fricción (f) y la pérdida de carga (hf), la pérdida de carga total en los 44.79 ml es 0.3296 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no desgastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 69 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 4

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m ³ /s	pulg	m	mm	m	m ²	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	7	0.0015	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.386	0.0211	20993.60	4.4344	4.4140	0.0004	0.0509	0.1086
2	0+020	0+040	20.00	0.2197	2	0.0020	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.497	0.0211	26991.77	4.4506	4.4304	0.0004	0.0505	0.1783
3	0+040	0+044.79	4.79	0.2197	0	0.0020	2"	0.075	1.9	0.071	0.0040	0.497	0.0211	26991.77	4.4506	4.4304	0.0004	0.0505	0.0427

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Tabla N° 70 que con el uso de tubería de 2" el sistema funciona adecuadamente.

Tabla N° 70 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 4

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	82.162	82.168	-0.006	-0.030	81.662	81.262	0.40	2.000	81.662	0.109	81.553	0.70	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
2	0+020	0+040	20.00	40.00	82.168	82.085	0.083	0.415	81.262	80.862	0.40	2.000	81.553	0.178	81.375	1.06	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
3	0+040	0+044.79 (2)	4.79	44.79	82.085	81.810	0.275	5.741	80.862	80.362	0.50	10.438	81.375	0.043	81.332	1.34	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
Bz-7	0+044.79 (2)	0+044.79 (3)	0.00	44.79	81.810	81.810	-	-	80.362	80.070	0.29	-	81.332	-	81.332	1.59	1.51 m - 2.00 m	OK	OK

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 121 que la línea de gradiente hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

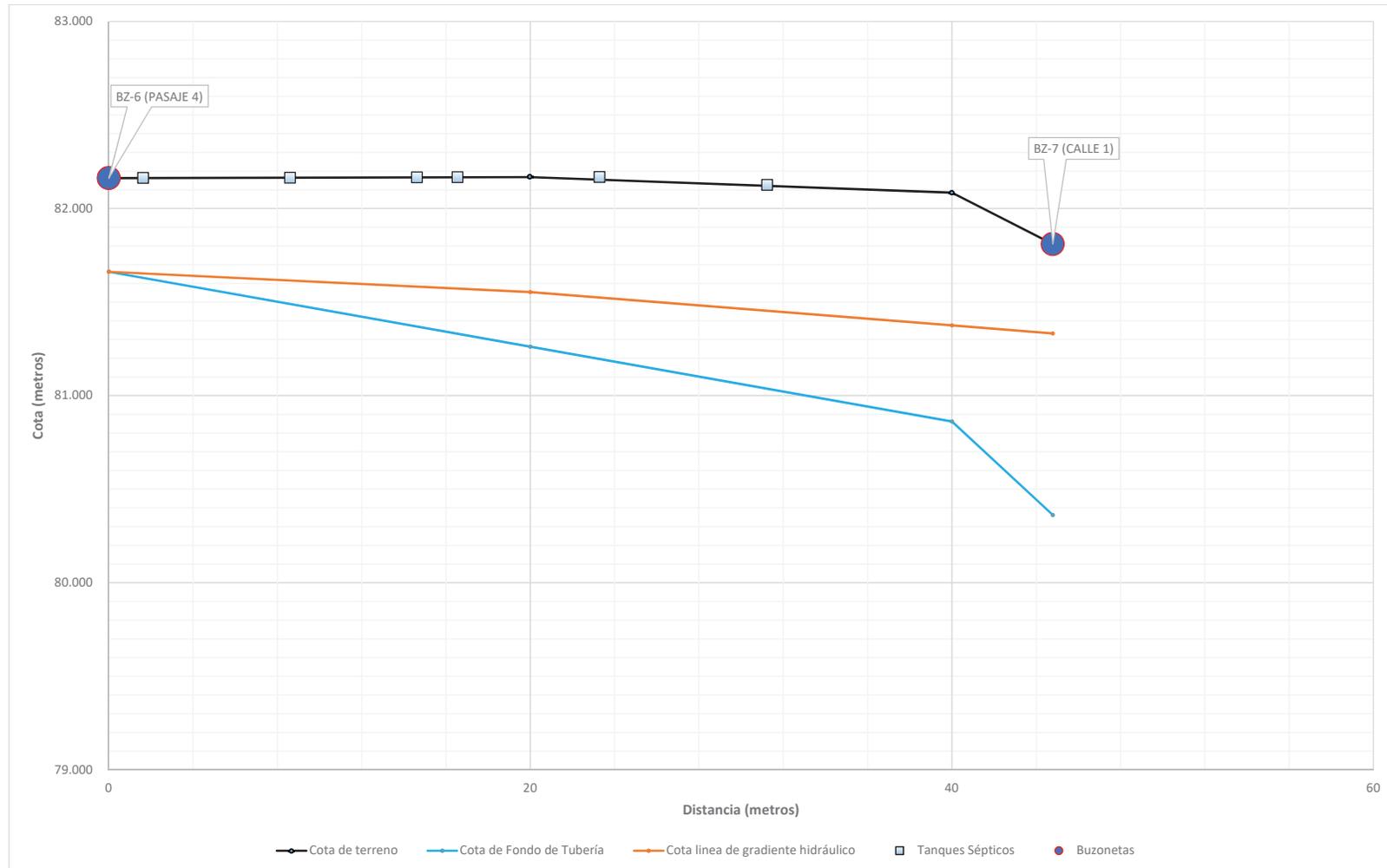


Gráfico N° 121 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 4

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en el Pasaje 4 es la que se muestra en la Tabla N° 71 y Tabla N° 72.

Tabla N° 71 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 4

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	20.00
1.01 m - 1.50 m	24.79
1.51 m - 2.00 m	-
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 72 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 4

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	44.79
3"	-
4"	-
6"	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 73 Cantidad de buzonetas a instalar en pasaje 4

DIRECCION	TRAMO INICIO	TRAMO FIN	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TAPA (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (1) (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (2) (msnm)	COTA SALIDA TUBERÍA (3) (msnm)	ALTURA BUZONETA (m)
BZ-6 (PASAJE 4)	0+000.00	0+000.00	0.0000	82.1620	81.7620	81.7620	81.6620	0.5000

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.6. Diseño de la tubería de diámetro pequeño en pasaje 5 y 6

En la Tabla N° 74 se muestra el cálculo del factor de fricción (f) y la pérdida de carga (hf), la pérdida de carga total en los 262.60 ml es 0.385 m.c.a. (metros de columna de agua).

Asimismo, la velocidad en cada tramo es menor a la velocidad máxima permisible para no desgastar la tubería de PVC, es decir es menor a 3.0 m/s.

Tabla N° 74 Cálculo del factor de fricción darcy (f) y pérdida de carga (hf) en el pasaje 5 y 6

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Caudal punta (Qp)	Lotes (Cantidad)	Caudal diseño (Qd)	Diámetro Comercial (DN)	Diámetro Exterior	Espesor (e)	Diámetro Interior	Área	Velocidad	Rugosidad relativa (k/Di)	Reynolds	Left Colebrook White (1/f ^{1/2})	Right Colebrook White	Objective	f (Factor de Fricción Darcy)	hf (pérdida de carga)
			m	l/s	und	m3/s	pulg	m	mm	m	m2	m/s							m
1	0+000	0+020	20.00	0.2197	2	0.0004	2"	0.080	2.3	0.075	0.0044	0.099	0.0200	5694.26	4.2977	4.2751	0.0005	0.0541	0.0073
2	0+020	0+040	20.00	0.2197	5	0.0015	2"	0.073	2.3	0.075	0.0044	0.348	0.0200	19929.92	4.4704	4.4504	0.0004	0.0500	0.0824
3	0+040	0+060	20.00	0.2197	2	0.0020	2"	0.073	2.3	0.075	0.0044	0.448	0.0200	25624.19	4.4884	4.4686	0.0004	0.0496	0.1351
4	0+060	0+080	20.00	0.2197	2	0.0024	4"	0.107	3.4	0.110	0.0095	0.254	0.0136	21353.49	4.7735	4.7460	0.0008	0.0439	0.0263
5	0+080	0+100	20.00	0.2197	4	0.0033	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.164	0.0094	20018.90	5.0255	5.0014	0.0006	0.0396	0.0068
6	0+100	0+120	20.00	0.2197	3	0.0040	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.197	0.0094	24022.68	5.0535	5.0300	0.0006	0.0392	0.0097
7	0+120	0+140	20.00	0.2197	4	0.0048	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.240	0.0094	29361.05	5.0801	5.0571	0.0005	0.0387	0.0143
8	0+140	0+160	20.00	0.2197	2	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
9	0+160	0+180	20.00	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
10	0+180	0+200	20.00	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
11	0+200	0+220	20.00	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
12	0+220	0+240	20.00	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
13	0+240	0+260	20.00	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0169
14	0+260	0+262.60	2.60	0.2197	0	0.0053	6"	0.155	4.9	0.160	0.0201	0.262	0.0094	32030.24	5.0904	5.0675	0.0005	0.0386	0.0022

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en la Tabla N° 75 que con el uso de tubería de 4" y 6" el sistema funciona adecuadamente.

Tabla N° 75 Cálculo de cota de terreno, cota de tubería y cota de la LGH en el pasaje 5 y 6

Tramo Nro.	Tramo (Desde)	Tramo (Hasta)	Longitud	Longitud Acumulada	Cota Terreno (Desde)	Cota Terreno (Hasta)	Diferencia Cota Terreno	Pendiente Terreno	Cota Fondo Tubería (Desde)	Cota Fondo Tubería (Hasta)	Diferencia Cota Tubería	Pendiente Tubería	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Desde)	hf (pérdida de carga)	Cota Línea de Gradiente Hidráulico (Hasta)	Profundidad Excavación	Rango Excavación	Verificación Diámetro Tubería	Verificación Profundidad Excavación
			m	m	m	m	m	(%)	m	m	m	(%)	m	m	m	m			
1	0+000	0+020	20.00	20.00	81.060	81.160	-0.100	-0.500	79.560	79.260	0.30	1.500	79.560	0.007	79.553	1.50	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
2	0+020	0+040	20.00	40.00	81.160	80.390	0.770	3.850	79.260	79.260	-	-	79.553	0.082	79.470	1.90	1.51 m - 2.00 m	OK	OK
3	0+040	0+060	20.00	60.00	80.390	79.460	0.930	4.650	79.260	79.160	0.10	0.500	79.470	0.135	79.335	1.13	1.01 m - 1.50 m	OK	OK
4	0+060	0+080	20.00	80.00	79.460	79.450	0.010	0.050	79.160	79.160	-	-	79.335	0.026	79.309	0.30	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
5	0+080	0+100	20.00	100.00	79.450	79.450	-	-	79.160	79.160	-	-	79.309	0.007	79.302	0.29	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
6	0+100	0+120	20.00	120.00	79.450	79.450	-	-	79.160	79.160	-	-	79.302	0.010	79.292	0.29	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
7	0+120	0+140	20.00	140.00	79.450	79.450	-	-	79.160	79.160	-	-	79.292	0.014	79.278	0.29	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
8	0+140	0+160	20.00	160.00	79.450	79.450	-	-	79.160	79.060	0.10	0.500	79.278	0.017	79.261	0.29	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
9	0+160	0+180	20.00	180.00	79.450	79.450	-	-	79.060	78.960	0.10	0.500	79.261	0.017	79.244	0.39	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
10	0+180	0+200	20.00	200.00	79.450	79.450	-	-	78.960	78.860	0.10	0.500	79.244	0.017	79.227	0.49	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
11	0+200	0+220	20.00	220.00	79.450	79.450	-	-	78.860	78.960	- 0.10	-0.500	79.227	0.017	79.211	0.59	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
12	0+220	0+240	20.00	240.00	79.450	79.450	-	-	78.960	79.060	- 0.10	-0.500	79.211	0.017	79.194	0.49	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
13	0+240	0+260	20.00	260.00	79.450	79.530	-0.080	-0.400	79.060	79.160	- 0.10	-0.500	79.194	0.017	79.177	0.39	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
14	0+260	0+262.60 (2)	2.60	262.60	79.530	79.605	-0.075	-2.885	79.160	79.160	-	-	79.177	0.002	79.175	0.37	0.60 m - 1.00 m	OK	OK
Bz-8	0+262.60 (2)	0+262.60 (3)	0.00	262.60	79.605	79.605	-	-	79.160	79.080	0.08	-	79.175	-	79.175	0.44	0.60 m - 1.00 m	OK	OK

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia claramente en el Gráfico N° 122 que la Línea de Gradiente Hidráulico se encuentra encima de la cota de la tubería, y también se encuentra debajo de la cota de los tanques sépticos, por lo que el diseño es conforme.

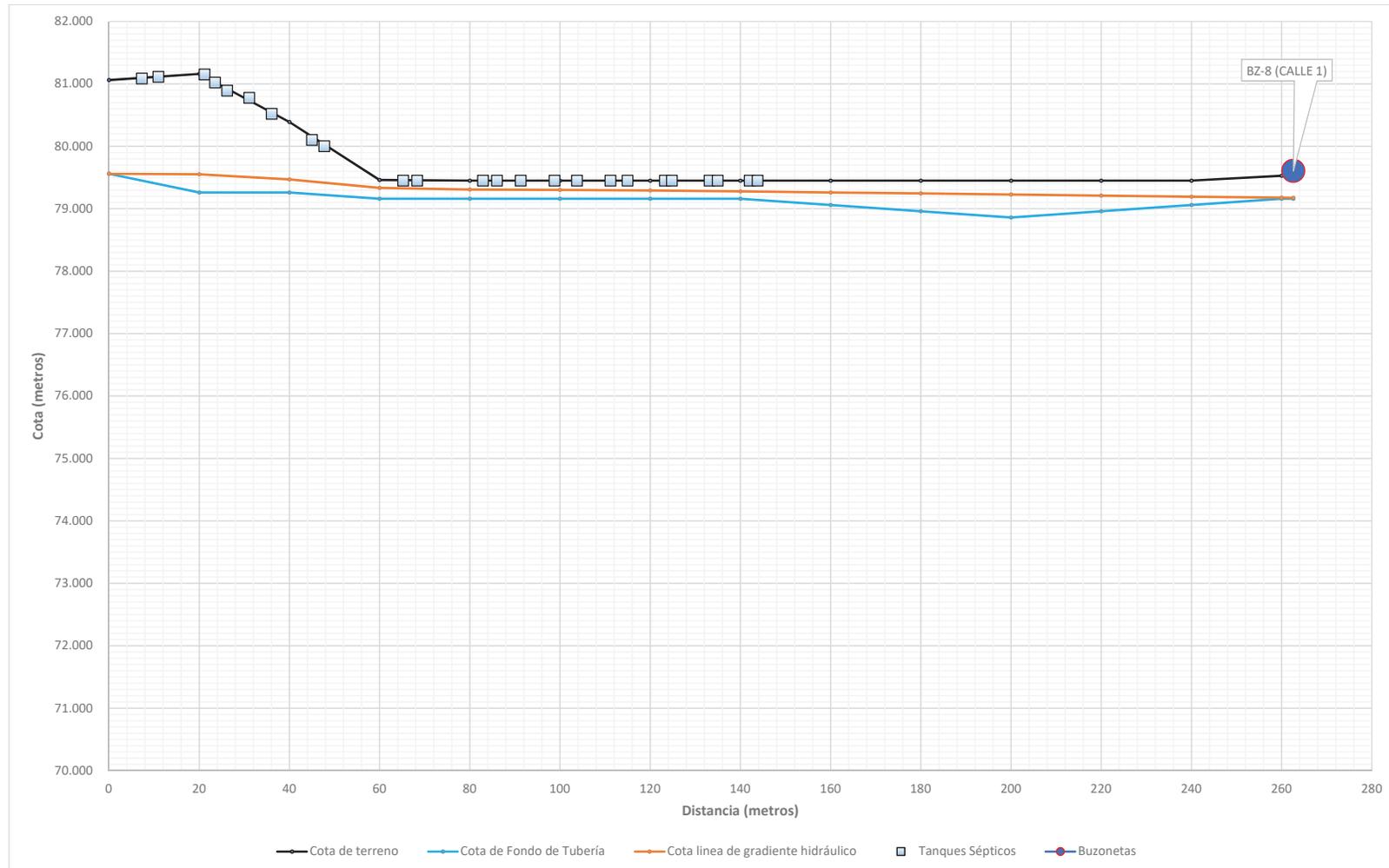


Gráfico N° 122 Línea de Gradiente Hidráulico de Tubería en pasaje 5 y 6

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de metros lineales a excavar y tubería a instalar en el Pasaje 5 y 6 es la que se muestra en la Tabla N° 76 y Tabla N° 77.

Tabla N° 76 Cantidad de excavación por rango de profundidad en el pasaje 5 y 6

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	202.60
1.01 m - 1.50 m	40.00
1.51 m - 2.00 m	20.00
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 77 Cantidad de tubería a instalar en pasaje 5 y 6

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (ml)
2"	60.00
3"	-
4"	20.00
6"	182.60

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.3.7. Resumen de metrado de la red de alcantarillado de diámetro pequeño

Por tanto, en función al diseño realizado para cada una de las calles y pasajes del Anexo San Francisco de Quilmaná, la cantidad de movimiento de tierra según rango de profundidad de excavación es el que se muestra en la Tabla N° 78, la cantidad de tubería de PVC a instalar es el que se muestra en la Tabla N° 79, y la cantidad de tanques sépticos a construir es el que muestra en la Tabla N° 81.

Tabla N° 78 Resumen de cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado de diámetro pequeño

Rango Excavación	Cantidad (ml)
0.60 m - 1.00 m	721.51
1.01 m - 1.50 m	186.13
1.51 m - 2.00 m	123.64
2.01 m - 2.50 m	-
2.51 m - 3.00 m	-
3.01 m - 3.50 m	-

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 79 Resumen de cantidad de tubería de PVC para red de alcantarillado de diámetro pequeño

Diámetro Nominal (DN)	Cantidad (m)
2"	242.91
3"	-
4"	176.63
6"	611.74

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 80 Resumen de cantidad de buzonetas en red de alcantarillado de diámetro pequeño

DIRECCION	UBICACIÓN DESDE PROGRESIVA 0+000 (m)	COTA TAPA (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (1) (msnm)	COTA LLEGADA TUBERÍA (2) (msnm)	COTA SALIDA TUBERÍA (3) (msnm)	ALTURA BUZONETA (m)	RANGO ALTURA (m)
BZ-3 (CALLE 1)	107.7732	82.1880	80.7700	80.9500	80.6700	1.5180	1.51 m - 2.00 m
BZ-5 (CALLE 1)	148.5861	81.8400	80.3700	80.4700	80.2700	1.5700	1.51 m - 2.00 m
BZ-7 (CALLE 1)	176.6336	81.8100	80.1700	80.3620	80.0700	1.7400	1.51 m - 2.00 m
BZ-8 (CALLE 1)	323.9854	79.6050	79.1800	79.1600	79.0800	0.5250	0.60 m - 1.00 m
BZ-1 (PONTÓN)	605.7700	74.3790	73.8690	-	73.7290	0.6500	0.60 m - 1.00 m
BZ-4 (PASAJE 3)	23.8984	81.8380	80.8300	80.9300	80.7300	1.1080	1.01 m - 1.50 m
BZ-6 (PASAJE 4)	0.0000	82.1620	81.7620	81.7620	81.6620	0.5000	0.60 m - 1.00 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 81 Resumen de cantidad de tanques sépticos

Tanques Sépticos	Cantidad (und)
Tanque 1.8 x 1.0 x 0.60	60

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Diseño de la zanja de infiltración

De acuerdo al estudio de suelos realizado por la Municipalidad Distrital de Quilmaná, donde se realizaron calicatas de 2.00 metros de profundidad, se aprecia de 0.00m a 0.30m de profundidad, una capa de relleno arcilloso. Luego de 0.30m a 2.00m de profundidad, se ha registrado arcilla de baja plasticidad, consistencia media, ligera humedad, color marrón. Hasta la profundidad explorada, no se encontró presencia de napa freática superficial; por lo cual, la profundidad efectiva para la presente zanja de infiltración será 1.5 metros (medido desde el fondo de la tubería).



Gráfico N° 123 Estratigrafía de la calicata realizada

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

Por lo tanto, el tipo de suelo es arcilloso; por lo que, de acuerdo a la Tabla N° 16, la capacidad de infiltración es igual a 20 (litros/m² por día).

El caudal diario con una probabilidad de ocurrencia de no ser superado de 90% para sesenta (60) viviendas (cantidad de lotes en el Anexo San Francisco de Quilmaná) es igual a 25,891.95 litros/día. (Ver Tabla N° 47)

Conociendo el caudal diario, la profundidad efectiva y la capacidad de infiltración, se puede conocer la longitud de la zanja de infiltración:

$$L = (\text{Caudal diario})/2 \times D \times I$$

$$L = (25,891.95)/2 \times 1.5 \times 20$$

$$L = 431.53 \text{ metros}$$

Considerando lo indicado en el capítulo 3.3.4 Diseño de la zanja de infiltración, la longitud máxima de cada línea de drenes es 30 metros; por tanto, la cantidad de ejes del campo de absorción es igual a:

$$\text{Cantidad de ejes} = L/30$$

$$\text{Cantidad de ejes} = 431.53/30$$

$$\text{Cantidad de ejes} = 14.38$$

$$\text{Cantidad de ejes} \cong 14$$

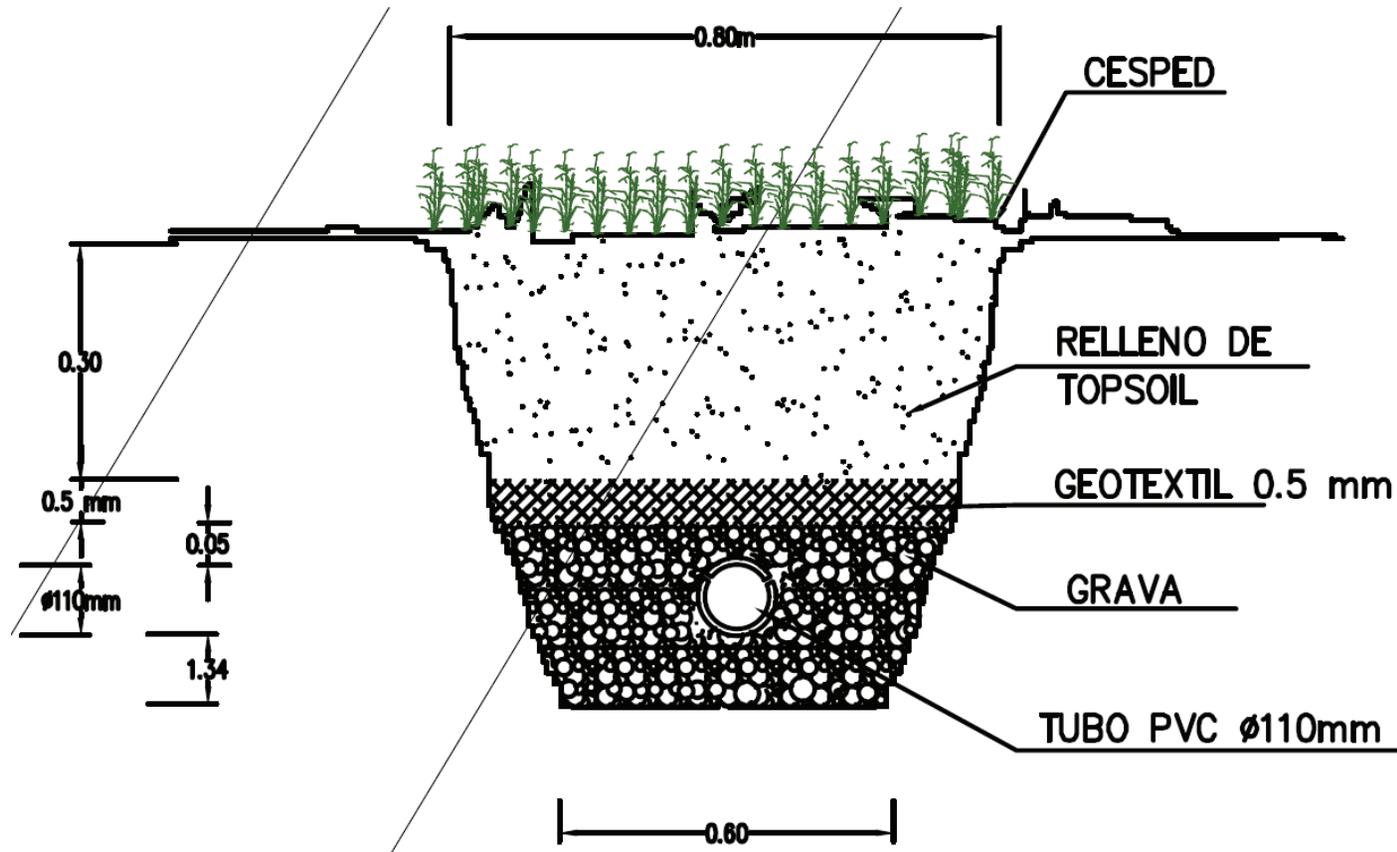


Gráfico N° 124 Sección Transversal de Zanja de Infiltración

Fuente: Elaboración propia

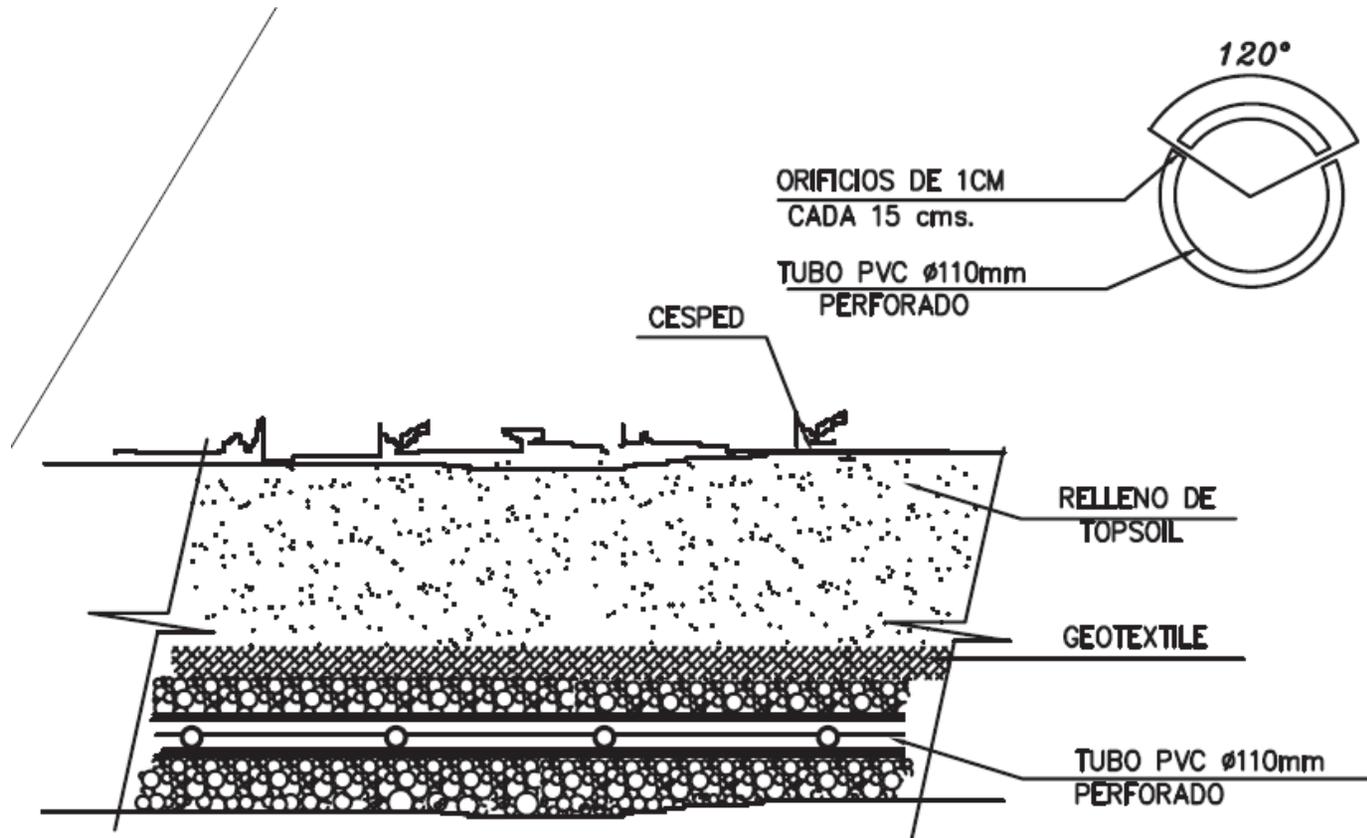


Gráfico N° 125 Corte Longitudinal de Zanja de Infiltración

Fuente: Elaboración propia

4.3. Sistema convencional: red de alcantarillado convencional y planta de tratamiento de aguas residuales

4.3.1. Red de alcantarillado convencional

La red de alcantarillado convencional es aquel que está compuesto por buzones de limpieza, retención o cambios de dirección, así como también de tuberías de 200 mm de diámetro.

El sistema de alcantarillado convencional debe cumplir con la pendiente mínima, el cual es el valor mínimo de la pendiente determinada utilizando el criterio de la tensión tractiva que garantiza la autolimpieza de la tubería. La tensión tractiva es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado.

En función a lo indicado anteriormente, la Municipalidad Distrital de Quilmaná elaboró un estudio de preinversión llamado “Creación de Redes de Alcantarillado y Planta de Tratamiento de Agua Residual en el Anexo San Francisco, Distrito de Quilmaná, Provincia de Cañete, Región Lima”.

Asimismo, como parte de la presente investigación, se realizó un cálculo hidráulico para verificar que el diseño realizado por la Municipalidad Distrital de Quilmaná sea el correcto, encontrándose que, de los treinta y un (31) tramos, treinta (30) cumplen con los requerimientos mínimos de velocidad y fuerza tractiva, y el tramo “BZ-13 a BZ-05” no cumple con los requerimientos mínimos. (Ver Tabla N° 82)

Por tanto, para cumplir con los requerimientos mínimos de velocidad y fuerza tractiva en el tramo “BZ-13 a BZ-05” profundizaremos en diez (10) centímetros la cota de llegada de la tubería al buzón BZ-05. (Ver Tabla N° 83)

Es importante destacar que profundizar en diez (10) centímetros la cota de llegada de la tubería al buzón BZ-05 no altera el rango de excavación del mismo, ya que la profundidad media de excavación pasa de 2.015 metros a 2.065 metros, lo que significa que en el rango de excavación se mantiene en “2.01 m - 2.50 m”.

Finalmente, la cantidad y dimensión de los buzones se mantiene tal como el Estudio de Pre-Inversión toda vez que el diseño de las mismas cumple con los requerimientos hidráulicos de funcionamiento.

Tabla N° 82 Cálculo Hidráulico de la Red de Alcantarillado Convencional: Versión Estudio de PRE-INVERSIÓN

Tipo	Tramo		Cota Tapa		Cota Fondo		Cota Llegada		Diámetro Tubería	Diámetro Interior Tubería	Rugosidad de Manning	Viviendas Servidas	Viviendas Acumuladas	Caudal Punta	Caudal de diseño	Longitud Tubería	Pendiente tubería	Pendiente Mínima	$V_{0.8}$ tubo lleno	Velocidad Mínima	$V_{real} / V_{0.8}$ tubo lleno	Caudal a tubo lleno	q/Q_0	Velocidad real	Fuerza tractiva τ	Fuerza tractiva τ Mínima	Tipo de flujo
	Buzón Inicial	Buzón Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	DN	ϕ	n			[l/s]	[l/s]	[m]	[%]	So min=0.005	[m/s]	[m/s]	$V_{min}=0.6$	[L/s]	[adim]	[m/s]	[kg/m²]	$\tau=1$	
			[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[mm]	[mm]	[adim]	[und]	[und]	[l/s]	[l/s]	[m]	[%]	[%]	[m/s]	[m/s]	[adim]	[L/s]	[adim]	[m/s]	[kg/m²]	[kg/m²]	
Arranque	BZ-01	BZ-02	80.339	81.700	79.739	79.550			200	190.2	0.009	1	1	0.2197	0.220	27.820	0.679	Ok	1.202	Ok	0.247	34.152	0.0064	0.297	2.279	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-02	BZ-03	81.700	81.927	79.550	79.347			200	190.2	0.009	4	5	0.2197	1.099	30.026	0.676	Ok	1.199	Ok	0.394	34.070	0.0322	0.473	2.122	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-03	BZ-04	81.927	82.215	79.347	79.035			200	190.2	0.009	10	15	0.2197	3.296	50.258	0.621	Ok	1.149	Ok	0.536	32.647	0.1009	0.616	2.362	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-14	BZ-04	82.147	82.215	80.947	79.035		80.647	200	190.2	0.009	2	2	0.2197	0.439	30.071	0.998	Ok	1.457	Ok	0.285	41.386	0.0106	0.416	2.315	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-04	BZ-05	82.215	81.881	79.035	78.781			200	190.2	0.009	0	17	0.2197	3.735	40.803	0.623	Ok	1.151	Ok	0.555	32.692	0.1142	0.639	2.534	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-14	BZ-12	82.147	81.862	80.947	79.762		80.499	200	190.2	0.009	7	7	0.2197	1.538	44.791	1.000	Ok	1.458	Ok	0.411	41.439	0.0371	0.599	3.234	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-11	BZ-12	81.447	81.862	79.947	79.762			200	190.2	0.009	2	2	0.2197	0.439	23.895	0.774	Ok	1.283	Ok	0.296	36.459	0.0121	0.380	1.900	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-12	BZ-13	81.862	81.130	79.762	79.500			200	190.2	0.009	1	10	0.2197	2.197	23.150	1.132	Ok	1.551	Ok	0.448	44.081	0.0498	0.694	3.875	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-13	BZ-05	81.130	81.881	79.500	78.781		79.481	200	190.2	0.009	0	10	0.2197	2.197	12.154	0.156	Ok	0.577	Revisar	0.581	16.383	0.1341	0.335	0.675	Revisar	F. Subcrítico
	BZ-05	BZ-06	81.881	81.808	78.781	78.608			200	190.2	0.009	0	27	0.2197	5.932	23.932	0.723	Ok	1.240	Ok	0.620	35.229	0.1684	0.769	3.314	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-15	BZ-16	81.638	81.723	80.438	80.173			200	190.2	0.009	7	7	0.2197	1.538	26.641	0.995	Ok	1.454	Ok	0.411	41.325	0.0372	0.598	3.216	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-16	BZ-06	81.723	81.808	80.173	78.608		79.968	200	190.2	0.009	2	9	0.2197	1.977	21.919	0.935	Ok	1.410	Ok	0.446	40.071	0.0493	0.629	3.202	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-06	BZ-07	81.808	81.337	78.608	78.237			200	190.2	0.009	0	36	0.2197	7.909	50.795	0.730	Ok	1.246	Ok	0.672	35.412	0.2234	0.838	3.640	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-07	BZ-08	81.337	80.218	78.237	77.868			200	190.2	0.009	1	37	0.2197	8.129	49.908	0.739	Ok	1.254	Ok	0.676	35.628	0.2282	0.848	3.741	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-08	BZ-09	80.218	79.663	77.868	76.813		77.463	200	190.2	0.009	0	37	0.2197	8.129	50.780	0.798	Ok	1.302	Ok	0.669	37.004	0.2197	0.872	3.974	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-10	BZ-11	81.041	81.447	80.041	79.947			200	190.2	0.009	1	1	0.2197	0.220	11.900	0.790	Ok	1.296	Ok	0.241	36.827	0.0060	0.313	1.352	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-11	BZ-17	81.447	79.885	79.947	78.885			200	190.2	0.009	7	8	0.2197	1.758	41.967	2.531	Ok	2.320	Ok	0.373	65.914	0.0267	0.866	7.653	Ok	F. Supercrítico
	BZ-17	BZ-18	79.885	79.267	78.885	78.467			200	190.2	0.009	1	9	0.2197	1.977	4.631	9.026	Ok	4.381	Ok	0.321	124.483	0.0159	1.406	24.205	Ok	F. Supercrítico
	BZ-18	BZ-19	79.267	78.565	78.467	77.915			200	190.2	0.009	6	15	0.2197	3.296	47.021	1.174	Ok	1.580	Ok	0.489	44.894	0.0734	0.773	4.242	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-19	BZ-20	78.565	78.427	77.915	77.627			200	190.2	0.009	8	23	0.2197	5.053	46.999	0.613	Ok	1.142	Ok	0.607	32.435	0.1558	0.692	2.751	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-20	BZ-21	78.427	78.227	77.627	77.227			200	190.2	0.009	0	23	0.2197	5.053	54.971	0.728	Ok	1.244	Ok	0.592	35.345	0.1430	0.736	3.211	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-21	BZ-09	78.227	79.663	77.227	76.813		77.463	200	190.2	0.009	0	23	0.2197	5.053	55.146	0.751	Ok	1.264	Ok	0.589	35.901	0.1407	0.744	3.313	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-09	BZ-22	79.663	79.220	76.813	76.520			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	40.000	0.732	Ok	1.248	Ok	0.789	35.463	0.3717	0.985	4.207	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-22	BZ-23	79.220	79.551	76.520	76.251			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	42.501	0.633	Ok	1.160	Ok	0.806	32.965	0.3999	0.935	3.732	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-23	BZ-24	79.551	77.575	76.251	75.975			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.001	0.708	Ok	1.227	Ok	0.793	34.857	0.3782	0.973	4.119	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-24	BZ-25	77.575	76.849	75.975	75.690			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.001	0.731	Ok	1.247	Ok	0.789	35.420	0.3722	0.984	4.197	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-25	BZ-26	76.849	75.195	75.690	74.695			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.012	2.550	Ok	2.329	Ok	0.651	66.173	0.1992	1.516	12.273	Ok	F. Supercrítico
	BZ-26	BZ-27	75.195	74.425	74.695	73.925			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	50.006	1.540	Ok	1.810	Ok	0.699	51.416	0.2564	1.266	8.025	Ok	F. Supercrítico
	BZ-27	BZ-28	74.425	74.379	73.925	73.729			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	32.001	0.612	Ok	1.141	Ok	0.810	32.428	0.4065	0.924	3.658	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-28	BZ-29	74.379	74.329	73.729	73.529			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	18.002	1.111	Ok	1.537	Ok	0.743	43.674	0.3018	1.142	6.044	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-29	BZ-A	74.329	74.129	73.529	73.429			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	11.516	0.868	Ok	1.359	Ok	0.770	38.612	0.3414	1.046	4.856	Ok	F. Supercrítico Inestable

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 83 Cálculo Hidráulico de la Red de Alcantarillado Convencional: Versión Actualizado

Tipo	Tramo		Cota terreno		Cota Fondo		Cota Llegada		Diámetro Tubería	Diámetro Interior Tubería	Rugosidad de Manning	Viviendas Servidas	Viviendas Acumuladas	Caudal Punta	Caudal de diseño	Longitud Tubería	Pendiente tubería	Pendiente Mínima	Vø a tubo lleno	Velocidad Mínima	Vreal / Vø a tubo lleno	Caudal a tubo lleno	q/Qø	Velocidad real	Fuerza tractiva τ	Fuerza tractiva τ Mínima	Tipo de flujo
	Buzón Inicial	Buzón Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	DN	ø	n	[und]	[und]	[l/s]	[l/s]	[m]	[%]	So min=0.005	[m/s]	V min=0.6	[adim]	[l/s]	[adim]	[m/s]	[kg/m²]	[kg/m²]	
Arranque	BZ-01	BZ-02	80.339	81.700	79.739	79.550			200	190.2	0.009	1	1	0.2197	0.220	27.820	0.679	Ok	1.202	Ok	0.247	34.152	0.0064	0.297	2.279	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-02	BZ-03	81.700	81.927	79.550	79.347			200	190.2	0.009	4	5	0.2197	1.099	30.026	0.676	Ok	1.199	Ok	0.394	34.070	0.0322	0.473	2.122	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-03	BZ-04	81.927	82.215	79.347	79.035			200	190.2	0.009	10	15	0.2197	3.296	50.258	0.621	Ok	1.149	Ok	0.536	32.647	0.1009	0.616	2.362	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-14	BZ-04	82.147	82.215	80.947	79.035		80.647	200	190.2	0.009	2	2	0.2197	0.439	30.071	0.998	Ok	1.457	Ok	0.285	41.386	0.0106	0.416	2.315	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-04	BZ-05	82.215	81.881	79.035	78.781			200	190.2	0.009	0	17	0.2197	3.735	40.803	0.623	Ok	1.151	Ok	0.555	32.692	0.1142	0.639	2.534	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-14	BZ-12	82.147	81.862	80.947	79.762		80.499	200	190.2	0.009	7	7	0.2197	1.538	44.791	1.000	Ok	1.458	Ok	0.411	41.439	0.0371	0.599	3.234	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-11	BZ-12	81.447	81.862	79.947	79.762			200	190.2	0.009	2	2	0.2197	0.439	23.895	0.774	Ok	1.283	Ok	0.296	36.459	0.0121	0.380	1.900	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-12	BZ-13	81.862	81.130	79.762	79.500			200	190.2	0.009	1	10	0.2197	2.197	23.150	1.132	Ok	1.551	Ok	0.448	44.081	0.0498	0.694	3.875	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-13	BZ-05	81.130	81.881	79.500	78.781		79.381	200	190.2	0.009	0	10	0.2197	2.197	12.155	0.979	Ok	1.443	Ok	0.457	40.998	0.0536	0.660	3.352	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-05	BZ-06	81.881	81.808	78.781	78.608			200	190.2	0.009	0	27	0.2197	5.932	23.932	0.723	Ok	1.240	Ok	0.620	35.229	0.1684	0.769	3.314	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-15	BZ-16	81.638	81.723	80.438	80.173			200	190.2	0.009	7	7	0.2197	1.538	26.641	0.995	Ok	1.454	Ok	0.411	41.325	0.0372	0.598	3.216	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-16	BZ-06	81.723	81.808	80.173	78.608		79.968	200	190.2	0.009	2	9	0.2197	1.977	21.919	0.935	Ok	1.410	Ok	0.446	40.071	0.0493	0.629	3.202	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-06	BZ-07	81.808	81.337	78.608	78.237			200	190.2	0.009	0	36	0.2197	7.909	50.795	0.730	Ok	1.246	Ok	0.672	35.412	0.2234	0.838	3.640	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-07	BZ-08	81.337	80.218	78.237	77.868			200	190.2	0.009	1	37	0.2197	8.129	49.908	0.739	Ok	1.254	Ok	0.676	35.628	0.2282	0.848	3.741	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-08	BZ-09	80.218	79.663	77.868	76.813		77.463	200	190.2	0.009	0	37	0.2197	8.129	50.780	0.798	Ok	1.302	Ok	0.669	37.004	0.2197	0.872	3.974	Ok	F. Supercrítico Inestable
Arranque	BZ-10	BZ-11	81.041	81.447	80.041	79.947			200	190.2	0.009	1	1	0.2197	0.220	11.900	0.790	Ok	1.296	Ok	0.241	36.827	0.0060	0.313	1.352	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-11	BZ-17	81.447	79.885	79.947	78.885			200	190.2	0.009	7	8	0.2197	1.758	41.967	2.531	Ok	2.320	Ok	0.373	65.914	0.0267	0.866	7.653	Ok	F. Supercrítico
	BZ-17	BZ-18	79.885	79.267	78.885	78.467			200	190.2	0.009	1	9	0.2197	1.977	4.631	9.026	Ok	4.381	Ok	0.321	124.483	0.0159	1.406	24.205	Ok	F. Supercrítico
	BZ-18	BZ-19	79.267	78.565	78.467	77.915			200	190.2	0.009	6	15	0.2197	3.296	47.021	1.174	Ok	1.580	Ok	0.489	44.894	0.0734	0.773	4.242	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-19	BZ-20	78.565	78.427	77.915	77.627			200	190.2	0.009	8	23	0.2197	5.053	46.999	0.613	Ok	1.142	Ok	0.607	32.435	0.1558	0.692	2.751	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-20	BZ-21	78.427	78.227	77.627	77.227			200	190.2	0.009	0	23	0.2197	5.053	54.971	0.728	Ok	1.244	Ok	0.592	35.345	0.1430	0.736	3.211	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-21	BZ-09	78.227	79.663	77.227	76.813		77.463	200	190.2	0.009	0	23	0.2197	5.053	55.146	0.751	Ok	1.264	Ok	0.589	35.901	0.1407	0.744	3.313	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-09	BZ-22	79.663	79.220	76.813	76.520			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	40.000	0.732	Ok	1.248	Ok	0.789	35.463	0.3717	0.985	4.207	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-22	BZ-23	79.220	79.551	76.520	76.251			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	42.501	0.633	Ok	1.160	Ok	0.806	32.965	0.3999	0.935	3.732	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-23	BZ-24	79.551	77.575	76.251	75.975			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.001	0.708	Ok	1.227	Ok	0.793	34.857	0.3782	0.973	4.119	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-24	BZ-25	77.575	76.849	75.975	75.690			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.001	0.731	Ok	1.247	Ok	0.789	35.420	0.3722	0.984	4.197	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-25	BZ-26	76.849	75.195	75.690	74.695			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	39.012	2.550	Ok	2.329	Ok	0.651	66.173	0.1992	1.516	12.273	Ok	F. Supercrítico
	BZ-26	BZ-27	75.195	74.425	74.695	73.925			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	50.006	1.540	Ok	1.810	Ok	0.699	51.416	0.2564	1.266	8.025	Ok	F. Supercrítico
	BZ-27	BZ-28	74.425	74.379	73.925	73.729			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	32.001	0.612	Ok	1.141	Ok	0.810	32.428	0.4065	0.924	3.658	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-28	BZ-29	74.379	74.329	73.729	73.529			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	18.002	1.111	Ok	1.537	Ok	0.743	43.674	0.3018	1.142	6.044	Ok	F. Supercrítico Inestable
	BZ-29	BZ-A	74.329	74.129	73.529	73.429			200	190.2	0.009	0	60	0.2197	13.182	11.516	0.868	Ok	1.359	Ok	0.770	38.612	0.3414	1.046	4.856	Ok	F. Supercrítico Inestable

Nota. Fuente: Elaboración propia

La instalación de la Red de Alcantarillado Convencional está conformada por tuberías de DN 200 mm x 6.00 m PVC UF S-25 NTP ISO 4435.

Tabla N° 84 Cantidad de tubería para red de alcantarillado convencional

NOMBRE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
RED DE ALCANTARILLADO	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍAS de DN 200 mm x 6.00m PVC UF S-25 NTP ISO 4435	m	1,080.54

Nota. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la red de alcantarillado convencional cuenta con treinta (30) buzones proyectados, mismo que se muestra en la Tabla N° 85.

Tabla N° 85 Cantidad de buzones proyectados en la red de alcantarillado convencional

Buzón	N	E	COTA TAPA	COTA FONDO	COTA LLEGADA	ALTURA BUZÓN	Rango Altura
Código	[m]	[m]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[m]	[m]
BZ-01	8561923.705	347420.640	80.339	79.739		0.600	0.60 m - 1.00 m
BZ-02	8561901.680	347403.645	81.700	79.550		2.150	2.01 m - 2.50 m
BZ-03	8561877.619	347385.684	81.927	79.347		2.580	2.51 m - 3.00 m
BZ-04	8561836.499	347356.789	82.215	79.035	80.647	3.180	3.01 m - 3.50 m
BZ-05	8561799.582	347339.412	81.881	78.781	79.381	3.100	3.01 m - 3.50 m
BZ-06	8561775.662	347340.151	81.808	78.608	79.968	3.200	3.01 m - 3.50 m
BZ-07	8561725.477	347332.311	81.337	78.237		3.100	3.01 m - 3.50 m
BZ-08	8561676.776	347321.408	80.218	77.868		2.350	2.01 m - 2.50 m
BZ-09	8561627.639	347308.602	79.663	76.813	77.463	2.850	2.51 m - 3.00 m
BZ-10	8561830.854	347282.248	81.041	80.041		1.000	0.60 m - 1.00 m
BZ-11	8561819.027	347283.557	81.447	79.947		1.500	1.01 m - 1.50 m
BZ-12	8561812.297	347306.484	81.862	79.762	80.499	2.100	2.01 m - 2.50 m
BZ-13	8561804.214	347328.175	81.130	79.500		1.630	1.51 m - 2.00 m
BZ-14	8561850.353	347330.101	82.147	80.947		1.200	1.01 m - 1.50 m
BZ-15	8561791.661	347294.360	81.638	80.438		1.200	1.01 m - 1.50 m
BZ-16	8561781.818	347319.115	81.723	80.173		1.550	1.51 m - 2.00 m
BZ-17	8561781.224	347265.363	79.885	78.885		1.000	0.60 m - 1.00 m
BZ-18	8561782.176	347260.850	79.267	78.467		0.800	0.60 m - 1.00 m
BZ-19	8561739.671	347240.750	78.565	77.915		0.650	0.60 m - 1.00 m
BZ-20	8561696.338	347222.554	78.427	77.627		0.800	0.60 m - 1.00 m
BZ-21	8561661.604	347265.159	78.227	77.227		1.000	0.60 m - 1.00 m
BZ-22	8561589.553	347296.379	79.220	76.520		2.700	2.51 m - 3.00 m
BZ-23	8561549.086	347283.392	79.551	76.251		3.300	3.01 m - 3.50 m

Buzón	N	E	COTA TAPA	COTA FONDO	COTA LLEGADA	ALTURA BUZÓN	Rango Altura
Código	[m]	[m]	[msnm]	[msnm]	[msnm]	[m]	[m]
BZ-24	8561540.256	347321.379	77.575	75.975		1.600	1.51 m - 2.00 m
BZ-25	8561531.426	347359.366	76.849	75.690		1.159	1.01 m - 1.50 m
BZ-26	8561522.596	347397.353	75.195	74.695		0.500	0.60 m - 1.00 m
BZ-27	8561511.276	347446.055	74.425	73.925		0.500	0.60 m - 1.00 m
BZ-28	8561504.031	347477.224	74.379	73.729		0.650	0.60 m - 1.00 m
BZ-29	8561499.955	347494.757	74.329	73.529		0.800	0.60 m - 1.00 m
BZ-A	8561488.947	347498.137	74.129	73.429		0.700	0.60 m - 1.00 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 86 Resumen de cantidad de buzones proyectados en la red de alcantarillado convencional

Rango Altura	Cantidad (und)
0.60 m - 1.00 m	12
1.01 m - 1.50 m	4
1.51 m - 2.00 m	3
2.01 m - 2.50 m	3
2.51 m - 3.00 m	3
3.01 m - 3.50 m	5

Nota. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la cantidad de excavación por rango de profundidad es la que se muestra en la Tabla N° 87.

Tabla N° 87 Cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado convencional

Tramo		Diámetro Tubería	Longitud Tubería	Profundidad Tubería	Profundidad Tubería	Profundidad Media Excavación	Rango Excavación
Buzón Inicial	Buzón Final	DN		Inicial	Final		
		[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
BZ-01	BZ-02	200	27.820	0.600	2.150	1.375	1.01 m - 1.50 m
BZ-02	BZ-03	200	30.026	2.150	2.580	2.365	2.01 m - 2.50 m
BZ-03	BZ-04	200	50.258	2.580	3.180	2.880	2.51 m - 3.00 m

Tramo		Diámetro Tubería	Longitud Tubería	Profundidad Tubería	Profundidad Tubería	Profundidad Media Excavación	Rango Excavación
Buzón Inicial	Buzón Final	DN		Inicial	Final		
		[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
BZ-14	BZ-04	200	30.071	1.200	1.568	1.384	1.01 m - 1.50 m
BZ-04	BZ-05	200	40.803	3.180	3.100	3.140	3.01 m - 3.50 m
BZ-14	BZ-12	200	44.791	1.200	1.363	1.282	1.01 m - 1.50 m
BZ-11	BZ-12	200	23.895	1.500	2.100	1.800	1.51 m - 2.00 m
BZ-12	BZ-13	200	23.150	2.100	1.630	1.865	1.51 m - 2.00 m
BZ-13	BZ-05	200	12.155	1.630	2.500	2.065	2.01 m - 2.50 m
BZ-05	BZ-06	200	23.932	3.100	3.200	3.150	3.01 m - 3.50 m
BZ-15	BZ-16	200	26.641	1.200	1.550	1.375	1.01 m - 1.50 m
BZ-16	BZ-06	200	21.919	1.550	1.840	1.695	1.51 m - 2.00 m
BZ-06	BZ-07	200	50.795	3.200	3.100	3.150	3.01 m - 3.50 m
BZ-07	BZ-08	200	49.908	3.100	2.350	2.725	2.51 m - 3.00 m
BZ-08	BZ-09	200	50.780	2.350	2.200	2.275	2.01 m - 2.50 m
BZ-10	BZ-11	200	11.900	1.000	1.500	1.250	1.01 m - 1.50 m
BZ-11	BZ-17	200	41.967	1.500	1.000	1.250	1.01 m - 1.50 m
BZ-17	BZ-18	200	4.631	1.000	0.800	0.900	0.60 m - 1.00 m
BZ-18	BZ-19	200	47.021	0.800	0.650	0.725	0.60 m - 1.00 m
BZ-19	BZ-20	200	46.999	0.650	0.800	0.725	0.60 m - 1.00 m
BZ-20	BZ-21	200	54.971	0.800	1.000	0.900	0.60 m - 1.00 m
BZ-21	BZ-09	200	55.146	1.000	2.850	1.925	1.51 m - 2.00 m
BZ-09	BZ-22	200	40.000	2.850	2.700	2.775	2.51 m - 3.00 m
BZ-22	BZ-23	200	42.501	2.700	3.300	3.000	2.51 m - 3.00 m
BZ-23	BZ-24	200	39.001	3.300	1.600	2.450	2.01 m - 2.50 m
BZ-24	BZ-25	200	39.001	1.600	1.159	1.380	1.01 m - 1.50 m
BZ-25	BZ-26	200	39.012	1.159	0.500	0.830	0.60 m - 1.00 m
BZ-26	BZ-27	200	50.006	0.500	0.500	0.500	0.60 m - 1.00 m
BZ-27	BZ-28	200	32.001	0.500	0.650	0.575	0.60 m - 1.00 m
BZ-28	BZ-29	200	18.002	0.650	0.800	0.725	0.60 m - 1.00 m
BZ-29	BZ-A	200	11.516	0.800	0.700	0.750	0.60 m - 1.00 m

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 88 Resumen de cantidad de excavación por rango de profundidad en la red de alcantarillado convencional

Rango Excavación	Cantidad (m)
0.60 m - 1.00 m	304.16
1.01 m - 1.50 m	222.19
1.51 m - 2.00 m	124.11
2.01 m - 2.50 m	131.96
2.51 m - 3.00 m	182.67
3.01 m - 3.50 m	115.53

Nota. Fuente: Elaboración propia

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE ALCANTARILLADO PROYECTADA
	SENTIDO DE FLUJO
	BUZON PROYECTADO, BUZON DE ARRANQUE PROY.

	BZ-XX	CÓDIGO DE ESTRUCTURA
	###	ALTURA DE ESTRUCTURA
	###.###	COTA DE TAPA
	###.###	COTA DE FONDO
	###.###	COTA DE LLEGADA 1,2,3 (CLL)
	###.###	COTA DE SALIDA 1,2,3 (CS)

Gráfico N° 126 Leyenda de la red de alcantarillado convencional

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

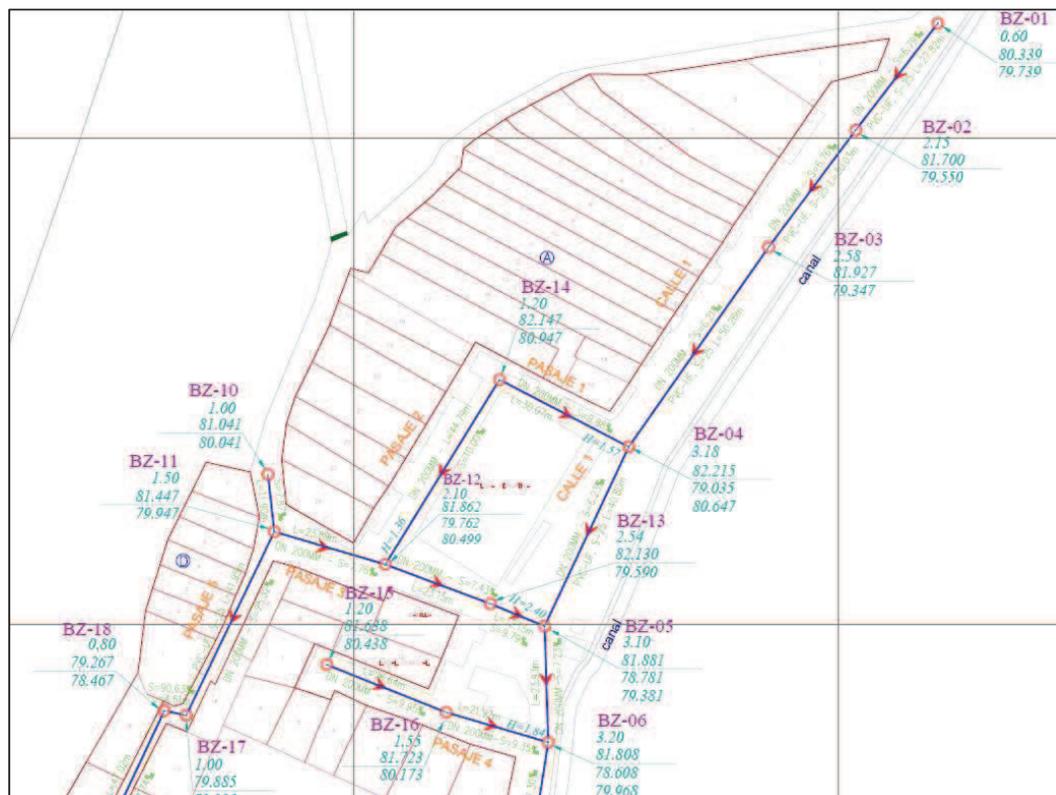


Gráfico N° 127 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-01 a Bz-06, pasaje 5 - de Bz-10 a Bz-08, pasaje 1, pasaje 2, pasaje 3 y pasaje 4

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

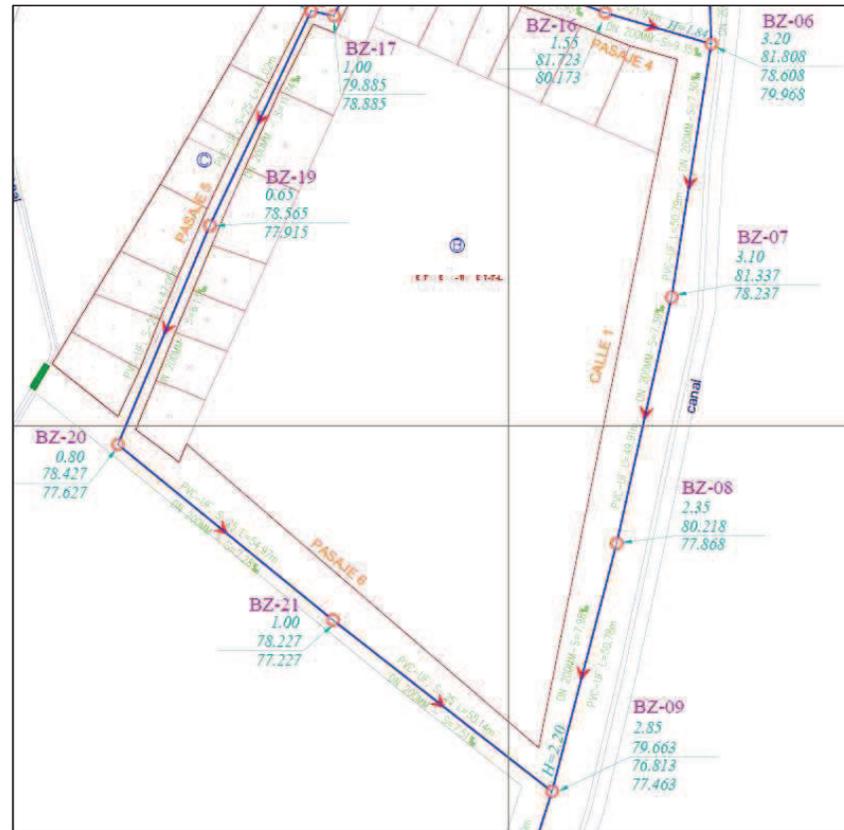


Gráfico N° 128 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-06 a Bz-09, pasaje 1 - de Bz-18 a Bz-20 y pasaje 6

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

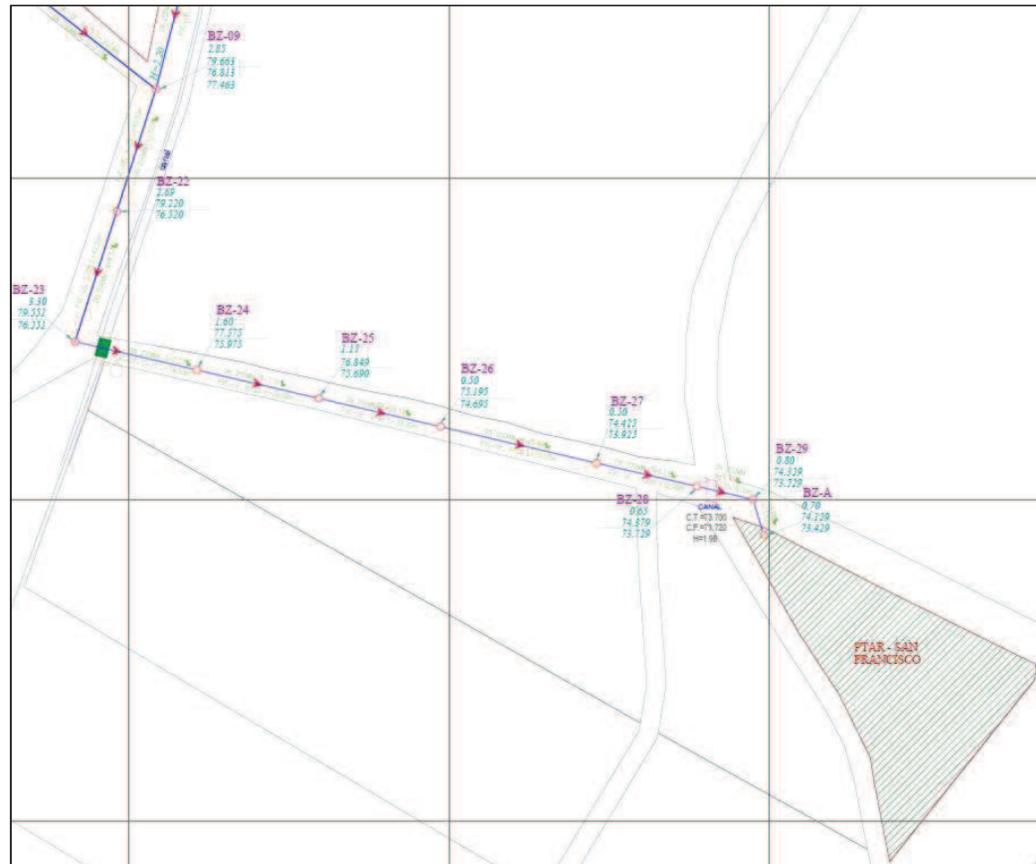


Gráfico N° 129 Red de Alcantarillado Convencional en la calle 1 - de Bz-09 a Bz-A

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

4.3.2. Planta de tratamiento de agua residual integral

Se proyecta una planta de tratamiento de aguas residuales (Humedales) en un espacio total de 3,604.53 m², mismo que incluye un desarenador (incluye cámara de rejillas y bypass), buzones de distribución de aguas servidas, instalación de 4 Biodigestores cuya capacidad es de 7,000 litros cada uno, incluido su cámara de Lecho de Secado, la planta de humedales (para el tratamiento de las aguas residuales), una case de cloración y cámara de contacto de cloro. (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

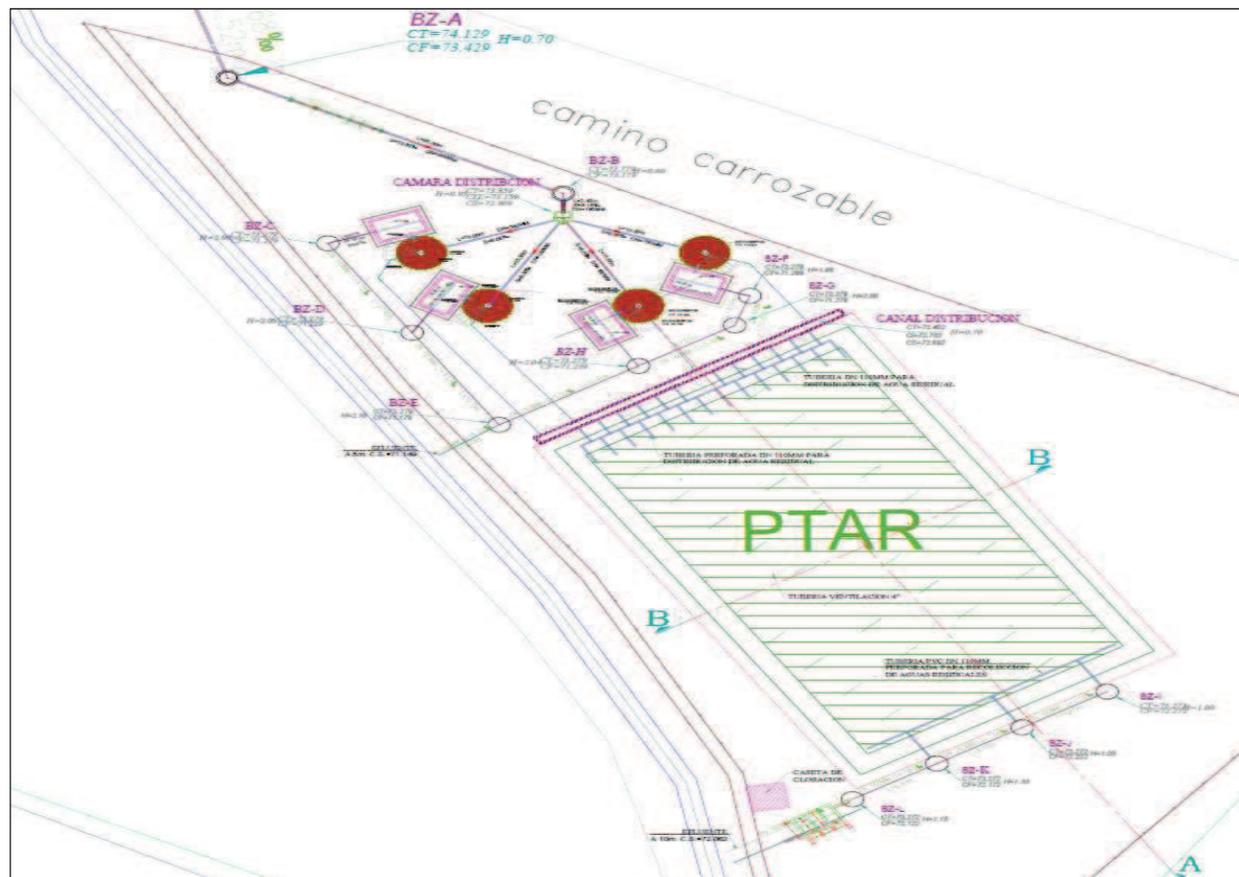


Gráfico N° 130 Vista en planta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

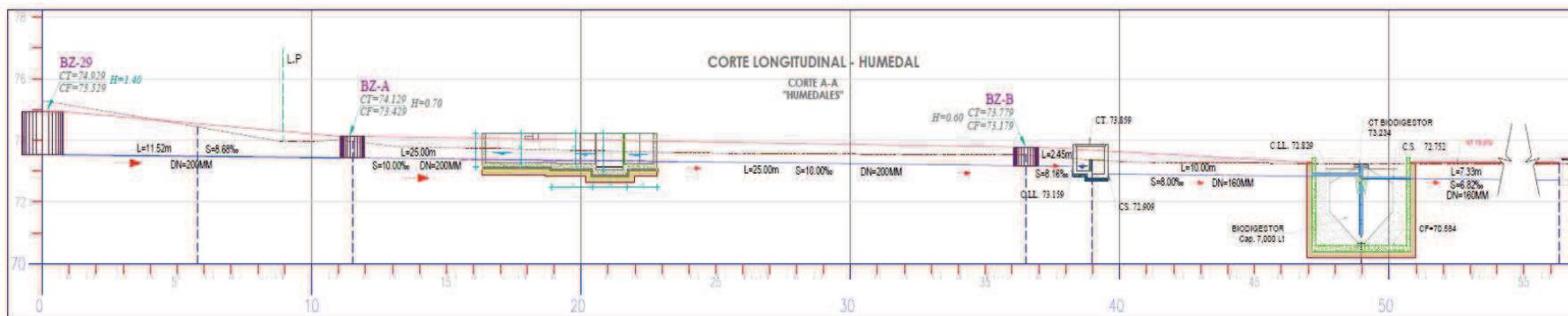


Gráfico N° 131 Corte Longitudinal de Humedal - Tramo de 0 a 50 metros

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

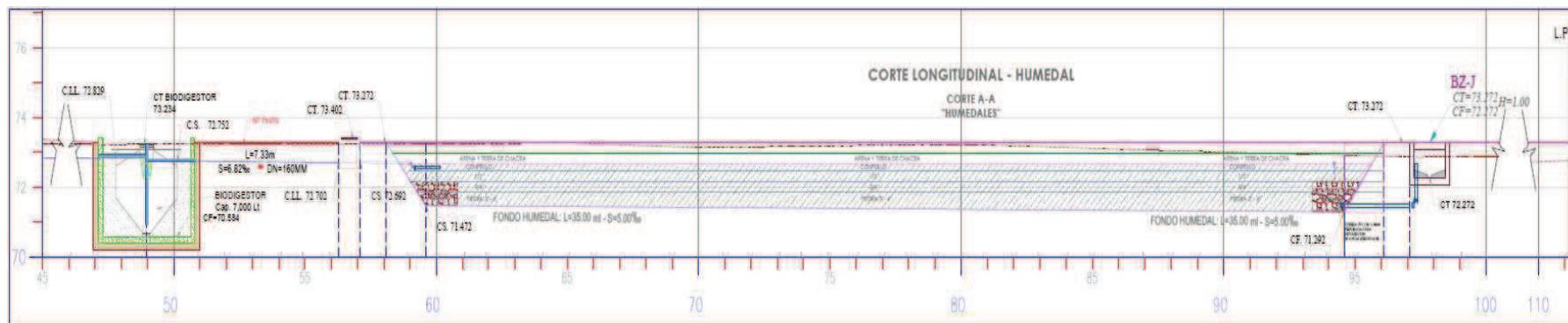


Gráfico N° 132 Corte Longitudinal de Humedal - Tramo de 50 a 100 metros

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

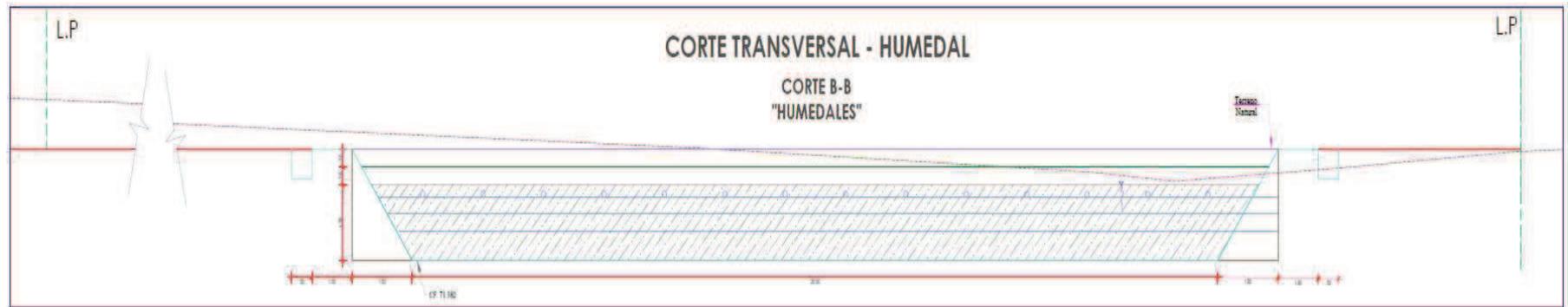


Gráfico N° 133 Corte Transversal de Humedal

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

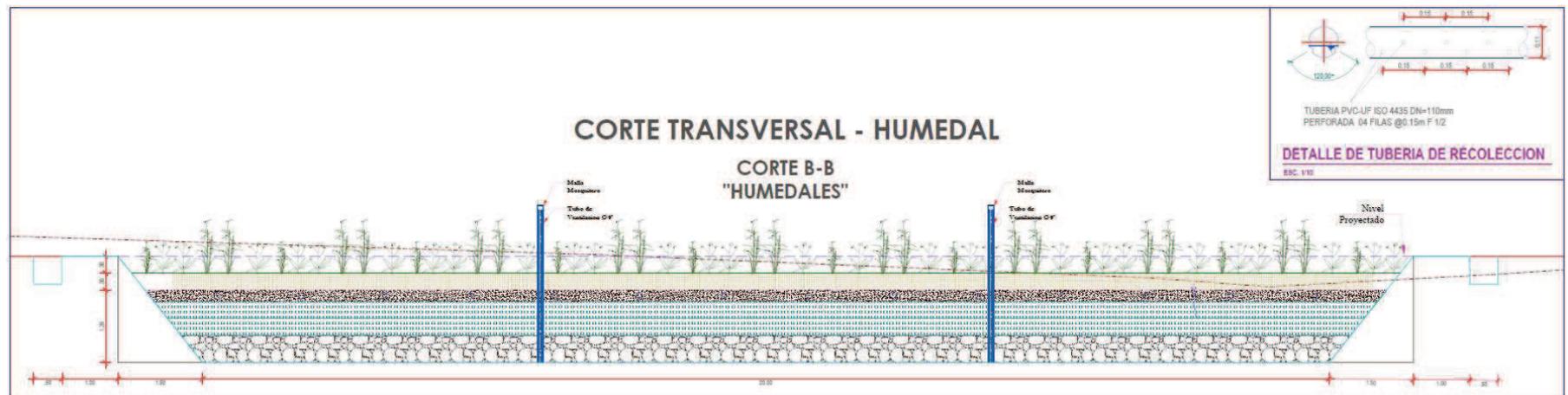


Gráfico N° 134 Corte Transversal de Humedal - Vista de Tubo de ventilación

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

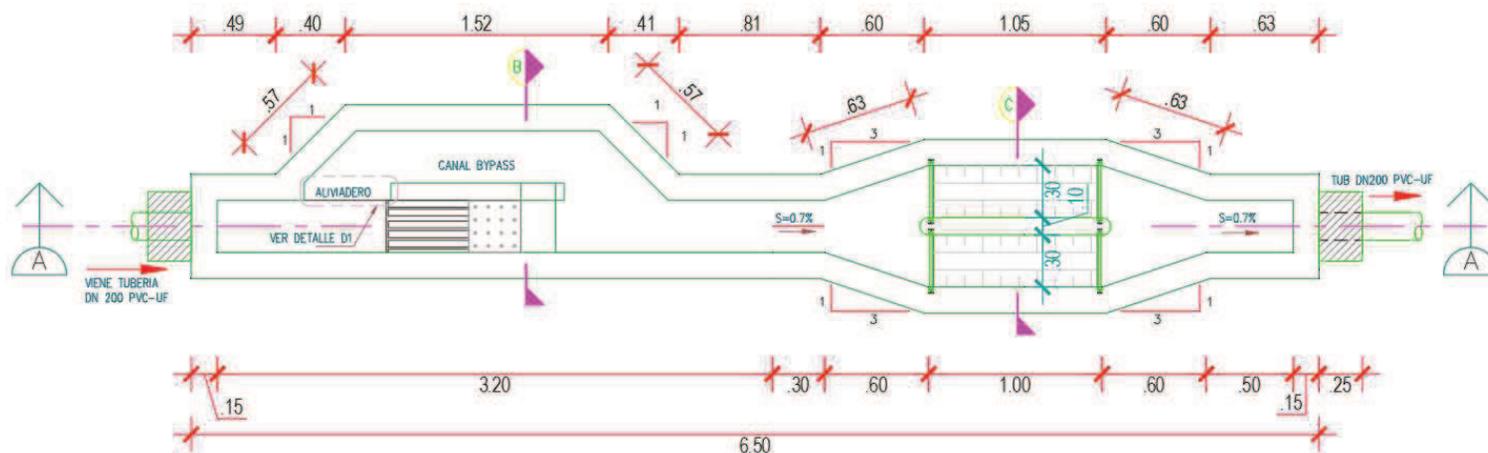


Gráfico N° 135 Vista en planta de cámara de rejas y desarenador

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

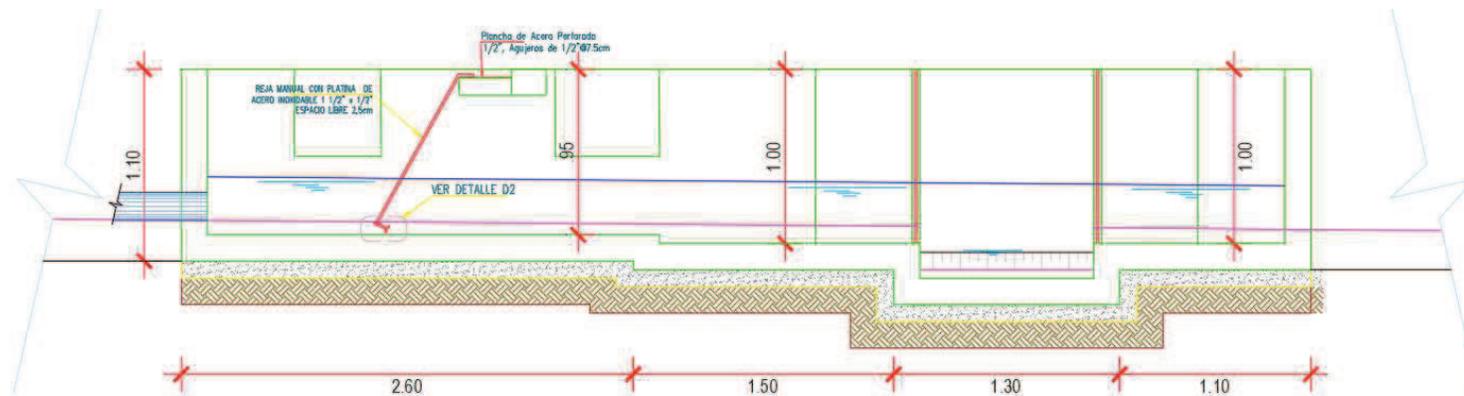


Gráfico N° 136 Corte A-A de cámara de rejas y desarenador

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

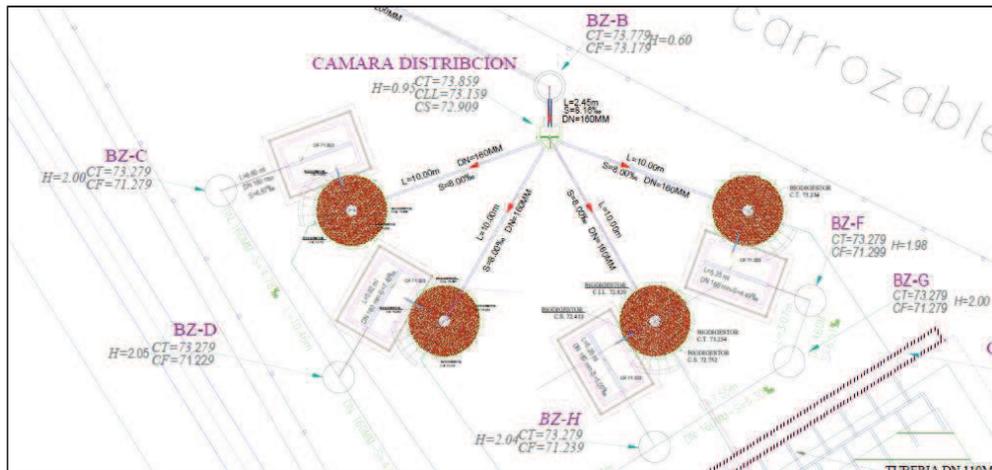


Gráfico N° 137 Vista en planta de biodigestores y lecho de secado

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

}}

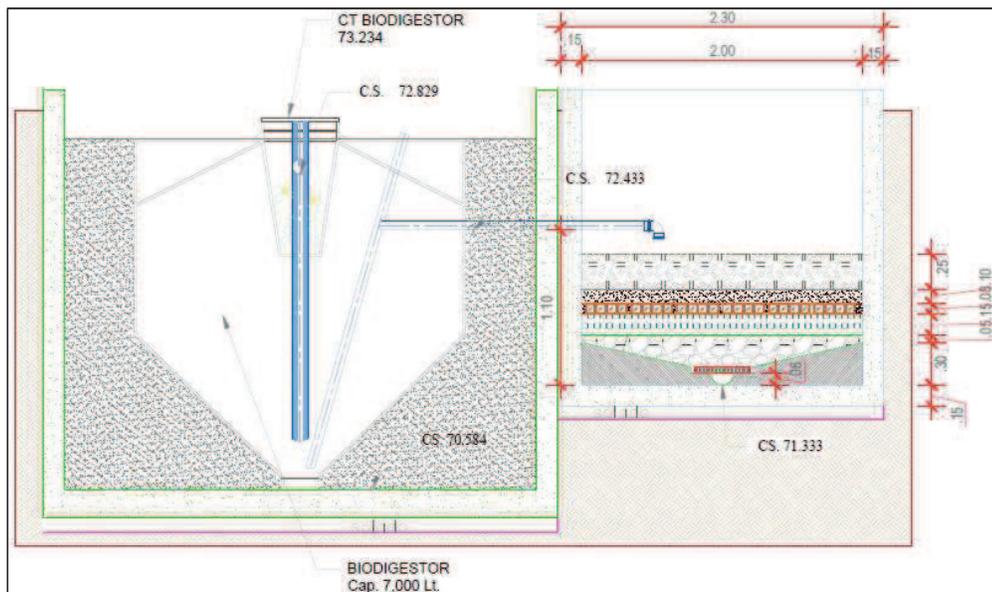


Gráfico N° 138 Sección Transversal de biodigestor y lecho de secado

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

4.3.3. Canalización de acequia

Con la finalidad de recibir el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, se requiere trabajos de canalización en una acequia de regadío en una extensión de 132 metros. (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

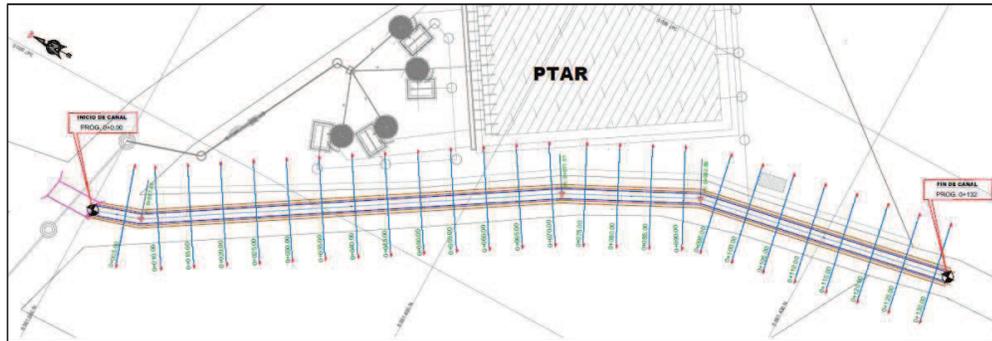


Gráfico N° 139 Vista en planta de canal

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

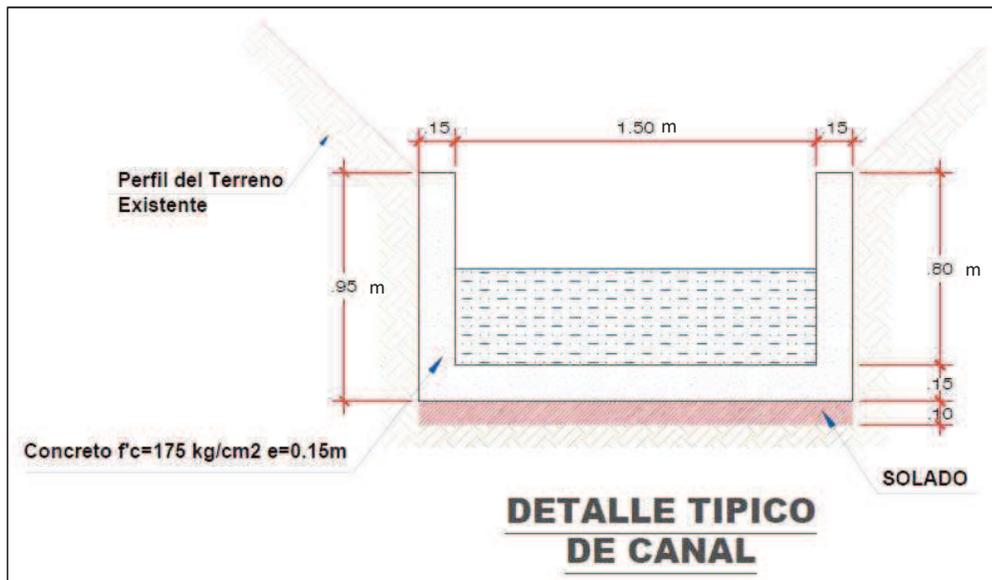


Gráfico N° 140 Detalle típico de canal

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

4.4. Construcción de pontón

De acuerdo a la topografía del terreno se verifica que, para dar descarga las aguas servidas (sistema convencional) o efluente (sistema propuesto en la presente investigación), es necesario construir un pontón, pues el terreno natural presenta una quebrada, y de no rellenar, la tubería quedaría expuesta a la intemperie, por lo cual es necesario intervenir el pontón existente, mismo que se encuentra deteriorado. El pontón proyectado sería de 7 m de largo por 3 m de ancho.



Gráfico N° 141 Perfil Longitudinal de sección a rellenar

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

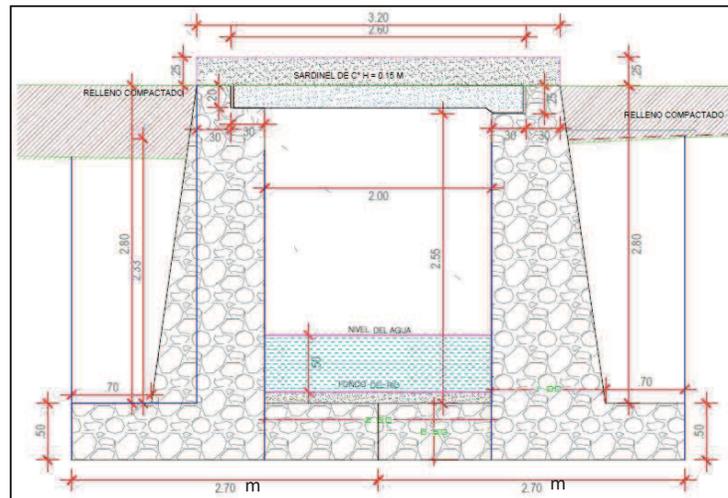


Gráfico N° 142 Sección de pontón

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo, con la finalidad de comparar el sistema de alcantarillado convencional y el sistema de alcantarillado propuesto, se realiza la estimación del presupuesto, plazo y costos de operación y mantenimiento.

Para realizar las estimaciones antes indicadas, en la elaboración del presupuesto y cronograma, se ha considerado rendimientos y precios unitarios que están acorde a la industria de la construcción en el Perú y a la revista costos.

5.1. Estimación de costos y tiempo del sistema de alcantarillado propuesto**5.1.1. Presupuesto****5.1.1.1. Red de alcantarillado propuesto**

El presupuesto estimado para la construcción de la red de alcantarillado propuesto, como costo directo, asciende a S/ 251,040.96 (doscientos cincuenta y un mil, cuarenta con 96/100 soles).

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
01	SISTEMA DE ALCANTARILLADO								251,040.96
01.01	RED DE ALCANTARILLADO							80,439.30	
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD						26,306.88		
01.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS					8,834.33			
01.01.01.01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA	glb	1.00	2,000.00	2,000.00				
01.01.01.01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 2.40X3.60M	und	1.00	834.33	834.33				
01.01.01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00				
01.01.01.01.04	FLETE TERRESTRE ADICIONAL PARA MATERIALES FUERA DE LA ZONA (ALCANTARILLADO)	glb	1.00	3,500.00	3,500.00				
01.01.01.02	SEGURIDAD EN OBRA DURANTE EL TRABAJO					8,843.30			
01.01.01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00				
01.01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	10.00	284.33	2,843.30				
01.01.01.02.03	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,000.00	2,000.00				
01.01.01.02.04	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00				
01.01.01.02.05	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	1,000.00	1,000.00				
01.01.01.03	OBRAS PRELIMINARES					8,629.25			
01.01.01.03.01	CERCO DE MALLA HDP 1m DE ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	2,062.55	1.41	2,908.20				
01.01.01.03.02	TRANQUERA TIPO CABALLETE DE 2.40x1.20 P/SEÑALIZACION PROTECCION (PROV. DURANTE OBRA)	und	7.00	120.00	840.00				
01.01.01.03.03	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	7.00	80.00	560.00				
01.01.01.03.04	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO INICIAL	m	1,031.28	1.89	1,949.11				
01.01.01.03.05	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO FINAL	m	1,031.28	0.80	825.02				
01.01.01.03.06	RIEGO DE ZONA DE TRABAJO PARA MITIGAR LA CONTAMINACION (POLVO)	m	1,031.28	1.50	1,546.92				
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						30,443.99		
01.01.02.03	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	721.51	9.98	7,200.67				
01.01.02.04	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 1.01 HASTA H=1.50m	m	186.13	11.98	2,229.79				

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
01.01.02.05	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 1.51 HASTA H=2.00m	m	123.64	14.98	1,852.14				
01.01.02.06	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 2.01 HASTA H=2.50m	m	-	18.73	-				
01.01.02.07	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 2.51 HASTA H=3.00m	m	-	21.42	-				
01.01.02.08	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL, DE 3.01 HASTA H=3.50m	m	-	24.97	-				
01.01.02.09	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB.T-NORMAL PARA TODA PROF.	m	1,031.28	1.11	1,144.72				
01.01.02.10	PREPARACION DE CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO PARA TODA PROFUND.	m	1,031.28	2.91	3,001.02				
01.01.02.11	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=0.60 A 1.00M	m	721.51	9.96	7,186.24				
01.01.02.12	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=1.01 A 1.50M	m	186.13	14.92	2,777.00				
01.01.02.13	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=1.51 A 2.00M	m	123.64	21.14	2,613.76				
01.01.02.14	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=2.01 A 2.50M	m	-	27.73	-				
01.01.02.15	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=2.51 A 3.00M	m	-	35.42	-				
01.01.02.16	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL- C/MATERIAL PROPIO H=3.01 A 3.50M	m	-	40.91	-				
01.01.02.17	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	144.47	16.88	2,438.65				
01.01.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435						23,688.43		
01.01.03.01	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 2" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	242.91	17.98	4,367.52				
01.01.03.02	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 2"	m	242.91	2.40	582.98				
01.01.03.03	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 3" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	-	19.17	-				
01.01.03.04	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 3"	m	-	2.40	-				
01.01.03.05	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 4" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	176.63	20.33	3,591.55				
01.01.03.06	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 4"	m	176.63	2.40	423.92				
01.01.03.07	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 6" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	611.74	21.67	13,254.29				
01.01.03.08	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 6"	m	611.74	2.40	1,468.17				
01.02	SISTEMA DE TANQUES SÉPTICOS							157,358.57	
01.02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS						15,794.82		
01.02.01.01	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 100MM, DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	600.00	9.98	5,988.00				
01.02.01.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB.T-NORMAL DN 100MM PARA TODA PROF.	m	600.00	1.11	666.00				
01.02.01.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO DN 100MM PARA TODA PROFUND.	m	600.00	2.91	1,746.00				
01.02.01.04	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 100MM C/MATERIAL PROPIO H=0.60 A 1.00M	m	600.00	9.96	5,976.00				
01.02.01.05	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	84.05	16.88	1,418.82				
01.02.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435						13,640.00		
01.02.02.01	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 100 MM INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	600.00	20.33	12,200.00				
01.02.02.02	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 100mm	m	600.00	2.40	1,440.00				
01.02.03	TANQUES SÉPTICOS						127,923.75		
01.02.03.01	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/TANQUE SÉPTICO D=0.60 EN T-NORMAL DE 0.60m a 1.00m PROF	m3	165.60	35.56	5,888.74				
01.02.03.02	CONSTRUCCION DE TANQUE SEPTICO L=1.8m A=0.6m H=1.0m	und	60.00	1,989.95	119,397.00				
01.02.03.03	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	165.60	15.93	2,638.01				
01.03	PRUEBAS							8,993.70	
01.03.01	PRUEBA HIDRAULICA + ESCORRENTIA DE TUB. DN 4"	m	1,031.28	1.93	1,990.36				
01.03.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO + DENSIDAD DE CAMPO)	und	62.00	64.57	4,003.34				
01.03.03	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	120.00	25.00	3,000.00				
01.04	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL							4,249.39	
01.04.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS						3,837.31		

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
01.04.01.01	SERVICIO DE BAÑO PORTATIL (INODORO Y LAVADERO) TIPO DISAL O SIMILAR	mes	5.00	500.00	2,500.00				
01.04.01.02	MICRORELLENO SANITARIO	und	2.00	318.00	636.00				
01.04.01.03	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31				
01.04.02	SEÑALIZACION						412.08		
01.04.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCIÓN OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08				

5.1.1.2. Zanja de Infiltración

El presupuesto estimado para la construcción de la zanja de infiltración, como costo directo, asciende a S/ 165,984.26 (ciento sesenta y cinco mil, novecientos ochenta y cuatro con 26/100 soles).

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02	SISTEMA DE ZANJA DE INFILTRACIÓN							165,984.26
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS						6,000.00	
02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00			
02.01.02	FLETE TERRESTRE ADICIONAL PARA MATERIALES FUERA DE LA ZONA (ZANJA DE INFILTRACIÓN)	glb	1.00	3,500.00	3,500.00			
02.02	CERCO PERIMETRICO						40,291.85	
02.02.01	OBRAS PRELIMINARES					2,164.87		
02.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m	300.05	1.89	567.09			
02.02.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	450.08	3.55	1,597.78			
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					985.96		
02.02.02.01	EXCAVACION P/CIMIENTOS EN TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	19.60	25.86	506.86			
02.02.02.02	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	23.52	20.37	479.10			
02.02.03	CONCRETO SIMPLE					3,444.50		
02.02.03.01	CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	19.60	175.74	3,444.50			
02.02.04	CONCRETO ARMADO					16,626.22		
02.02.04.01	COLUMNAS - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-I)	m3	5.97	303.45	1,811.60			
02.02.04.02	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	m2	166.88	64.59	10,778.78			
02.02.04.03	COLUMNAS - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	1,029.55	3.92	4,035.84			
02.02.05	VARIOS					17,070.30		
02.02.05.01	ALAMBRE DE PUAS PARA CERCO	m	1,485.25	9.81	14,570.30			
02.02.05.02	PUERTA METALICA CON MALLA PARA CERCO PERIMETRICO INCLUIDO CADENA Y CANDADO	und	1.00	2,500.00	2,500.00			
02.03	CAMARA DE DISTRIBUCION						1,225.38	
02.03.01	OBRAS PRELIMINARES					9.47		
02.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1.56	2.52	3.93			
02.03.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1.56	3.55	5.54			
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					63.73		
02.03.02.01	EXCAVACION P/CAMARA DE DISTRIBUCION EN TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	1.09	25.86	28.19			
02.03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	1.56	5.68	8.86			
02.03.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.31	20.37	26.68			
02.03.03	CONCRETO SIMPLE					40.42		
02.03.03.01	SOLADO PARA CAMARA DE DISTRIBUCION DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	1.56	25.91	40.42			
02.03.04	CONCRETO ARMADO					1,111.76		

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.03.04.01	CAMARA DE DISTRIBUCION - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	1.90	371.58	706.00			
02.03.04.02	CAMARA DE DISTRIBUCION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	5.30	54.82	290.55			
02.03.04.03	CAMARA DE DISTRIBUCION - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	29.39	3.92	115.21			
02.04	CANALETA DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES						7,053.86	
02.04.01	OBRAS PRELIMINARES					116.54		
02.04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	19.20	2.52	48.38			
02.04.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	19.20	3.55	68.16			
02.04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					785.19		
02.04.02.01	EXCAVACION PARA CANALETA TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	13.44	25.86	347.56			
02.04.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	19.20	5.68	109.06			
02.04.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	16.13	20.37	328.57			
02.04.03	CONCRETO ARMADO					6,152.13		
02.04.03.01	CANALETA - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	7.92	354.54	2,807.96			
02.04.03.02	CANALETA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	58.56	54.82	3,210.26			
02.04.03.03	CANALETA - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	34.16	3.92	133.91			
02.05	RED DE ALCANTARILLADO - ZANJA DE INFILTRACIÓN						9,602.00	
02.05.01	OBRAS PRELIMINARES					508.40		
02.05.01.01	CERCO DE MALLA HDP 1m DE ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	147.94	1.41	208.60			
02.05.01.02	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	2.00	80.00	160.00			
02.05.01.03	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m	73.97	1.89	139.80			
02.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS					1,772.32		
02.05.02.01	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 4", DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	73.97	9.98	738.22			
02.05.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB.T-NORMAL DN 4" PARA TODA PROF.	m	73.97	1.11	82.11			
02.05.02.03	PREPARACION DE CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO DN 4" PARA TODA PROFUND.	m	73.97	2.91	215.25			
02.05.02.04	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. DN 4" C/MATERIAL PROPIO H=0.60 A 1.00M	m	73.97	9.96	736.74			
02.05.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435					1,845.55		
02.05.03.01	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 4" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	73.97	22.55	1,668.02			
02.05.03.02	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 4"	m	73.97	2.40	177.53			
02.05.04	BUZONES Y BUZONETAS					4,271.49		
02.05.04.01	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZONETA D=0.60 EN T-NORMAL DE 0.60m a 1.00m PROF	m3	1.60	35.56	56.90			
02.05.04.02	CONSTRUCCION DE BUZONETA Di=0.60 H=0.60-1.00m	und	4.00	1,045.50	4,182.00			
02.05.04.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.60	20.37	32.59			
02.05.05	PRUEBAS					601.04		
02.05.05.01	PRUEBA HIDRAULICA + ESCORRENTIA DE TUB. DN 4"	m	73.97	1.93	142.76			
02.05.05.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO + DENSIDAD DE CAMPO)	und	4.00	64.57	258.28			
02.05.05.03	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	8.00	25.00	200.00			
02.05.06	VARIOS					603.20		
02.05.06.01	DADO DE CONCRETO f'c=175 Kg/cm2 PARA ANCLAJE DE TUBERIA A BUZONETA 0.60X0.60X0.60m	und	8.00	75.40	603.20			
02.06	ZANJA DE INFILTRACIÓN						97,561.78	
02.06.01	OBRAS PRELIMINARES					3,220.66		
02.06.01.01	CERCO DE MALLA HDP 1m DE ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	892.00	1.41	1,257.72			
02.06.01.02	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	14.00	80.00	1,120.00			

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.06.01.03	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m	446.00	1.89	842.94			
02.06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						26,266.72	
02.06.02.01	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 4", DE 1.51 HASTA H=2.00m	m	446.00	14.98	6,681.08			
02.06.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB.T-NORMAL DN 4" PARA TODA PROF.	m	446.00	1.11	495.06			
02.06.02.03	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. DN 4" C/GRAVA H=1.50M	m	446.00	17.90	7,985.18			
02.06.02.04	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. DN 4" C/TOPSOIL H=0.30M	m	446.00	24.90	11,105.40			
02.06.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435						10,139.07	
02.06.03.01	TUBERIA PERFORADA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 4" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	420.00	20.33	8,540.00			
02.06.03.02	INSTALACION DE TUBERIA PERFORADA P/DESAGUE PVC DN 4"	m	420.00	2.40	1,008.00			
02.06.03.03	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 4" INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	26.00	20.33	528.67			
02.06.03.04	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 4"	m	26.00	2.40	62.40			
02.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA HDPE						1,784.00	
02.06.04.01	SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA HDPE e=0.50mm	m2	356.80	3.00	1,070.40			
02.06.04.02	INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA EN LA ZANJA DE INFILTRACIÓN	m2	356.80	2.00	713.60			
02.06.05	PRUEBAS						2,345.89	
02.06.05.01	PRUEBA HIDRAULICA + ESCORRENTIA DE TUB. DN 4"	m	446.00	1.93	860.78			
02.06.05.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO + DENSIDAD DE CAMPO)	und	23.00	64.57	1,485.11			
02.06.06	VARIOS						53,805.44	
02.06.06.01	DADO DE CONCRETO $f'c=175$ Kg/cm ² PARA ANCLAJE DE TUBERIA A BUZONETA 0.60X0.60X0.60m	und	713.60	75.40	53,805.44			
02.07	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL						4,249.39	
02.07.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS						3,837.31	
02.07.01.01	SERVICIO DE BAÑO PORTATIL (INODORO Y LAVADERO) TIPO DISAL O SIMILAR	mes	5.00	500.00	2,500.00			
02.07.01.02	MICRORELLENO SANITARIO	und	2.00	318.00	636.00			
02.07.01.03	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31			
02.07.02	SEÑALIZACION						412.08	
02.07.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCIÓN OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08			

5.1.1.3. Construcción de pontón

El presupuesto estimado para la construcción del pontón, como costo directo, asciende a S/ 43,670.34 (cuarenta y tres mil, seiscientos setenta con 34/100 soles).

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
04	PONTON							43,670.34
04.01	OBRAS PRELIMINARES						4,286.81	
04.01.01	DEMOLICION DE PONTON EXISTENTE	glb	1.00	4,000.00	4,000.00			
04.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	47.25	3.55	167.74			
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	47.25	2.52	119.07			
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						10,338.51	
04.02.01	EXCAVACION C/MAQ, P/PONTON EN TERRENO NORMAL	m3	163.97	25.86	4,240.26			
04.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	47.25	5.68	268.38			
04.02.03	RELLENO COMP. CON MATERIAL PROPIO	m3	41.58	83.94	3,490.23			
04.02.04	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	146.87	15.93	2,339.64			

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
04.03	CONCRETO SIMPLE						23,795.98	
04.03.01	SOLADOS Y SUB BASES					1,224.25		
04.03.01.01	SOLADO DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	47.25	25.91	1,224.25			
04.03.02	ZAPATAS					4,152.74		
04.03.02.01	ZAPATA - CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	23.63	175.74	4,152.74			
04.03.03	MURO					18,419.00		
04.03.03.01	MURO - CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	65.66	175.74	11,539.09			
04.03.03.02	MURO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	125.50	54.82	6,879.91			
04.04	CONCRETO ARMADO						4,135.65	
04.04.01	LOSA MACIZA					4,135.65		
04.04.01.01	LOSA MACIZA - CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	4.20	317.82	1,334.84			
04.04.01.02	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	25.35	54.82	1,389.69			
04.04.01.03	LOSA MACIZA - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	359.98	3.92	1,411.12			
04.05	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL						1,113.39	
04.05.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS					701.31		
04.05.01.01	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31			
04.05.02	SEÑALIZACION					412.08		
04.05.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCION OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08			

5.1.2. Plazo

El plazo de ejecución estimado para la construcción del sistema de alcantarillado propuesto, mismo que contempla la construcción de redes de alcantarillado, tanques sépticos, zanja de infiltración y un pontón, es setenta y nueve días (79) calendario.

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO	79 días	dom 18/11/18	lun 04/02/19
1.1	INICIO	0 días	dom 18/11/18	dom 18/11/18
1.2	RED DE ALCANTARILLADO PROPUESTO	74 días	dom 18/11/18	mié 30/01/19
1.2.1	OBRAS PRELIMINARES	4 días	dom 18/11/18	mié 21/11/18
1.2.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS	41 días	dom 18/11/18	vie 28/12/18
1.2.3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	65 días	jue 22/11/18	vie 25/01/19
1.2.4	SISTEMA DE TANQUES SÉPTICOS	64 días	dom 18/11/18	dom 20/01/19
1.2.5	PRUEBAS	9 días	mar 22/01/19	mié 30/01/19
1.3	ZANJA DE INFILTRACIÓN	76 días	dom 18/11/18	vie 01/02/19
1.3.1	OBRAS PRELIMINARES	2 días	dom 18/11/18	lun 19/11/18
1.3.2	CERCO PERIMETRICO	74 días	mar 20/11/18	vie 01/02/19
1.3.3	CAMARA DE DISTRIBUCION	5 días	mar 20/11/18	sáb 24/11/18
1.3.4	CANAleta DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES	7 días	dom 25/11/18	sáb 01/12/18
1.3.5	RED DE ALCANTARILLADO - ZANJA DE INFILTRACIÓN	25 días	dom 18/11/18	mié 12/12/18
1.3.6	ZANJA DE INFILTRACIÓN	38 días	dom 18/11/18	mar 25/12/18
1.4	PONTON	79 días	dom 18/11/18	lun 04/02/19
1.4.1	OBRAS PRELIMINARES	4 días	dom 18/11/18	mié 21/11/18
1.4.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	64 días	jue 22/11/18	jue 24/01/19
1.4.3	CONCRETO SIMPLE	23 días	dom 23/12/18	lun 14/01/19
1.4.4	CONCRETO ARMADO	21 días	mar 15/01/19	lun 04/02/19
1.5	FIN	0 días	lun 04/02/19	lun 04/02/19

5.1.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado

Los costos de operación y mantenimiento del sistema convencional propuesto son estimados en función a lo indicado por la Federación Ambiental del agua (WEF), donde indican que, para poblaciones menores a 1,000 habitantes, el costo de operación y mantenimiento es entre 5 a 10 horas hombre por semana.

El costo de mantenimiento está relacionado al periodo de limpieza del tanque séptico, para el presente caso el periodo de limpieza es anual, por lo que este servicio será realizado por una empresa especializada.

Finalmente, el costo de operación y mantenimiento para la zanja de infiltración es estimado en función a lo indicado por la Organización Mundial de la Salud en su publicación “Operación y Mantenimiento para letrina con arrastre hidráulico y letrina de pozo anegado”.

5.1.3.1. Costo de Operación y Mantenimiento en red de alcantarillado propuesto

Los costos fijos de operación y mantenimiento de la red de alcantarillado propuesto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 89 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado propuesto

Concepto	Unidad de medida	Cantidad Mes	Precio Unitario	Precio de Mercado (S/. / Mes)	Precio de Mercado (S/. / Año)
COSTOS DE OPERACIÓN				287.50	3,450.00
Recurso Humano calificado	hh	30	6.75	202.50	2,430.00
Insumos	glb	1.1	50.00	55.00	660.00
Accesorios	glb	0.3	100.00	30.00	360.00
COSTO DE MANTENIMIENTO (Cada Año)				990.43	11,885.10
Limpieza y Succión de Tanque Séptico	glb	5	185.52	927.58	11,130.90
Recurso Humano calificado	hh	5	6.57	32.85	394.20
Herramientas y accesorios	glb	1	30.00	30.00	360.00
TOTAL ANUAL				1,277.93	15,335.10

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación y mantenimiento de la red de alcantarillado convencional en un horizonte de 20 años, considerando una tasa de inflación (Banco Central de reserva del Perú) igual a 1.84%, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 90 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado propuesto en horizonte de 20 años

AÑO	Alcantarillado		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
1	3,450.00	11,885.10	15,335.10
2	3,513.00	12,104.00	15,617.00
3	3,578.00	12,327.00	15,905.00

AÑO	Alcantarillado		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
4	3,644.00	12,554.00	16,198.00
5	3,711.00	12,785.00	16,496.00
6	3,779.00	13,020.00	16,799.00
7	3,849.00	13,260.00	17,109.00
8	3,920.00	13,504.00	17,424.00
9	3,992.00	13,752.00	17,744.00
10	4,065.00	14,005.00	18,070.00
11	4,140.00	14,263.00	18,403.00
12	4,216.00	14,525.00	18,741.00
13	4,294.00	14,792.00	19,086.00
14	4,373.00	15,064.00	19,437.00
15	4,453.00	15,341.00	19,794.00
16	4,535.00	15,623.00	20,158.00
17	4,618.00	15,910.00	20,528.00
18	4,703.00	16,203.00	20,906.00
19	4,790.00	16,501.00	21,291.00
20	4,878.00	16,805.00	21,683.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2. Costo de Operación y Mantenimiento en zanja de infiltración

Los costos fijos de operación y mantenimiento de la zanja de infiltración se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 91 Costos fijos de operación y mantenimiento en zanja de infiltración

DESCRIPCION	Unida d de medid a	Cantida d x mes	Costo Unitari o S/. x mes	Costo anual Precio de Mercad o (S/. / Año)
I-OPERACIÓN				1,620.0
1) Gastos de Personal				1,620.0
- 01 Recurso Humano Calificado	hh	20.00	6.75	1,620.0
II-MANTENIMIENTO				2,250.0
2) Gastos de Servicios (Mantenimiento y Limpieza)				2,250.0
- Servicio de Mantenimiento Anual ZANJA DE INFILTRACIÓN, (2 veces al año)	und	2.00	1,000.0	2,000.0
- Herramientas y accesorios	glb	1.00	250.00	250.00

DESCRIPCION	Unidad de medida	Cantidad x mes	Costo Unitario S/. x mes	Costo anual Precio de Mercado (S/. / Año)
TOTAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ALCANTARILLADO				3,870.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación y mantenimiento de la red de la zanja de infiltración en un horizonte de 20 años, considerando una tasa de inflación (Banco Central de reserva del Perú) igual a 1.84%, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 92 Costos fijos de operación y mantenimiento en zanja de infiltración en horizonte de 20 años

AÑO	PTAR (Biodigestor-Humedales)		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
1	1,620.00	2,250.00	3,870.00
2	1,650.00	2,291.00	3,941.00
3	1,680.00	2,333.00	4,013.00
4	1,711.00	2,376.00	4,087.00
5	1,742.00	2,420.00	4,162.00
6	1,774.00	2,465.00	4,239.00
7	1,807.00	2,510.00	4,317.00
8	1,840.00	2,556.00	4,396.00
9	1,874.00	2,603.00	4,477.00
10	1,908.00	2,651.00	4,559.00
11	1,943.00	2,700.00	4,643.00
12	1,979.00	2,750.00	4,729.00
13	2,015.00	2,801.00	4,816.00
14	2,052.00	2,853.00	4,905.00
15	2,090.00	2,905.00	4,995.00
16	2,128.00	2,958.00	5,086.00
17	2,167.00	3,012.00	5,179.00
18	2,207.00	3,067.00	5,274.00

AÑO	PTAR (Biodigestor-Humedales)		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
19	2,248.00	3,123.00	5,371.00
20	2,289.00	3,180.00	5,469.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, el costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto es el que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 93 Costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto

AÑO	Operación (S/.)			Mantenimiento (S/.)			Total Costos de O&M (S/.)
	ALCANTARILLADO	ZANJA DE INFILTRACIÓN	Parcial 1	ALCANTARILLADO	ZANJA DE INFILTRACIÓN	Parcial 2	
1	3,450.00	1,620.00	5,070.00	11,885.10	2,250.00	14,135.10	19,205.10
2	3,513.00	1,650.00	5,163.00	12,104.00	2,291.00	14,395.00	19,558.00
3	3,578.00	1,680.00	5,258.00	12,327.00	2,333.00	14,660.00	19,918.00
4	3,644.00	1,711.00	5,355.00	12,554.00	2,376.00	14,930.00	20,285.00
5	3,711.00	1,742.00	5,453.00	12,785.00	2,420.00	15,205.00	20,658.00
6	3,779.00	1,774.00	5,553.00	13,020.00	2,465.00	15,485.00	21,038.00
7	3,849.00	1,807.00	5,656.00	13,260.00	2,510.00	15,770.00	21,426.00
8	3,920.00	1,840.00	5,760.00	13,504.00	2,556.00	16,060.00	21,820.00
9	3,992.00	1,874.00	5,866.00	13,752.00	2,603.00	16,355.00	22,221.00
10	4,065.00	1,908.00	5,973.00	14,005.00	2,651.00	16,656.00	22,629.00
11	4,140.00	1,943.00	6,083.00	14,263.00	2,700.00	16,963.00	23,046.00
12	4,216.00	1,979.00	6,195.00	14,525.00	2,750.00	17,275.00	23,470.00
13	4,294.00	2,015.00	6,309.00	14,792.00	2,801.00	17,593.00	23,902.00
14	4,373.00	2,052.00	6,425.00	15,064.00	2,853.00	17,917.00	24,342.00
15	4,453.00	2,090.00	6,543.00	15,341.00	2,905.00	18,246.00	24,789.00
16	4,535.00	2,128.00	6,663.00	15,623.00	2,958.00	18,581.00	25,244.00
17	4,618.00	2,167.00	6,785.00	15,910.00	3,012.00	18,922.00	25,707.00
18	4,703.00	2,207.00	6,910.00	16,203.00	3,067.00	19,270.00	26,180.00
19	4,790.00	2,248.00	7,038.00	16,501.00	3,123.00	19,624.00	26,662.00
20	4,878.00	2,289.00	7,167.00	16,805.00	3,180.00	19,985.00	27,152.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.2. Estimación de costos y tiempo del sistema de alcantarillado convencional**5.2.1. Presupuesto****5.2.1.1. Red de alcantarillado convencional**

El presupuesto estimado para la construcción de la red de alcantarillado convencional, como costo directo, asciende a S/ 277,320.16 (doscientos setenta y siete mil, trescientos veinte con 16/100 soles).

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
01	SISTEMA DE ALCANTARILLADO								277,320.16
01.01	RED DE ALCANTARILLADO							234,640.35	
01.01.01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD						26,652.21		
01.01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS					8,834.33			
01.01.01.01.01	ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANA	glb	1.00	2,000.00	2,000.00				
01.01.01.01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 2.40X3.60M	und	1.00	834.33	834.33				
01.01.01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00				
01.01.01.01.04	FLETE TERRESTRE ADICIONAL PARA MATERIALES FUERA DE LA ZONA (ALCANTARILLADO)	glb	1.00	3,500.00	3,500.00				
01.01.01.02	SEGURIDAD EN OBRA DURANTE EL TRABAJO					8,843.30			
01.01.01.02.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	1,500.00	1,500.00				
01.01.01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	10.00	284.33	2,843.30				
01.01.01.02.03	CAPACITACION EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,000.00	2,000.00				
01.01.01.02.04	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00				
01.01.01.02.05	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO	glb	1.00	1,000.00	1,000.00				
01.01.01.03	OBRAS PRELIMINARES					8,974.58			
01.01.01.03.01	CERCO DE MALLA HDP 1m DE ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	2,161.08	1.41	3,047.12				
01.01.01.03.02	TRANQUERA TIPO CABALLETE DE 2.40x1.20 P/SEÑALIZACION PROTECCION (PROV. DURANTE OBRA)	und	7.00	120.00	840.00				
01.01.01.03.03	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	7.00	80.00	560.00				
01.01.01.03.04	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO INICIAL	m	1,080.54	1.89	2,042.22				
01.01.01.03.05	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO FINAL	m	1,080.54	0.80	864.43				
01.01.01.03.06	RIEGO DE ZONA DE TRABAJO PARA MITIGAR LA CONTAMINACION (POLVO)	m	1,080.54	1.50	1,620.81				
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						51,419.89		
01.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJA (PULSO), P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	98.63	27.83	2,744.87				
01.01.02.02	EXCAVACION DE ZANJA (PULSO), P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 1.01 HASTA H=1.50m	m	41.95	39.76	1,667.93				
01.01.02.03	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	86.97	9.98	867.96				
01.01.02.04	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 1.01 HASTA H=1.50m	m	298.74	11.98	3,578.91				
01.01.02.05	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 1.51 HASTA H=2.00m	m	100.95	14.98	1,512.23				
01.01.02.06	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 2.01 HASTA H=2.50m	m	155.11	18.73	2,905.21				
01.01.02.07	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 2.51 HASTA H=3.00m	m	182.67	21.42	3,912.79				
01.01.02.08	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM, DE 3.01 HASTA H=3.50m	m	115.52	24.97	2,884.53				
01.01.02.09	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB. T-NORMAL DN 200MM PARA TODA PROF.	m	1,080.54	1.11	1,199.40				
01.01.02.10	PREPARACION DE CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO DN 200MM PARA TODA PROFUND.	m	1,080.54	2.91	3,144.37				
01.01.02.11	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=0.60 A 1.00M	m	185.60	9.96	1,848.58				
01.01.02.12	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=1.01 A 1.50M	m	340.69	14.92	5,083.09				

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
01.01.02.13	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=1.51 A 2.00M	m	100.95	21.14	2,134.08				
01.01.02.14	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=2.01 A 2.50M	m	155.11	27.73	4,301.20				
01.01.02.15	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=2.51 A 3.00M	m	182.67	35.42	6,470.17				
01.01.02.16	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 200MM C/MATERIAL PROPIO H=3.01 A 3.50M	m	115.52	40.91	4,725.92				
01.01.02.17	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	144.47	16.88	2,438.65				
01.01.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435							27,658.37	
01.01.03.01	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 200 MM INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	965.02	22.55	21,761.20				
01.01.03.02	TUBERIA PVC-U UF NTP ISO 4435 SN4 (S20) DN 200 MM INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	115.52	28.60	3,303.87				
01.01.03.03	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 200mm	m	1,080.54	2.40	2,593.30				
01.01.04	BUZONES Y BUZONETAS							68,653.48	
01.01.04.01	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZONETA D=0.60 EN T-NORMAL DE 0.60m a 1.00m PROF	m3	3.62	35.56	128.73				
01.01.04.02	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 1.01m a 1.50m PROF	m3	17.59	40.63	714.68				
01.01.04.03	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 1.51m a 2.00m PROF	m3	7.04	47.41	333.77				
01.01.04.04	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 2.01m a 2.50m PROF	m3	13.57	96.22	1,305.71				
01.01.04.05	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 2.51m a 3.00m PROF	m3	22.12	105.84	2,341.18				
01.01.04.06	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.50 EN T-NORMAL DE 3.01m a 3.50m PROF	m3	32.67	132.30	4,322.24				
01.01.04.07	CONSTRUCCION DE BUZONETA Di=0.60 H=0.60-1.00m	und	9.00	1,045.50	9,409.50				
01.01.04.08	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20, H=1.01m - 1.50m	und	7.00	1,354.40	9,480.80				
01.01.04.09	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20 H=1.51-2.00m	und	2.00	1,468.79	2,937.58				
01.01.04.10	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20 H=2.01-2.50m	und	3.00	2,201.21	6,603.63				
01.01.04.11	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20 H=2.51-3.00m	und	4.00	2,404.70	9,618.80				
01.01.04.12	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO II Di=1.50 H=3.01-3.50m	und	5.00	3,922.02	19,610.10				
01.01.04.13	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	115.93	15.93	1,846.76				
01.01.05	PRUEBAS							7,588.78	
01.01.05.01	PRUEBA HIDRAULICA + ESCORRENTIA DE TUB. DN 200 MM	m	1,080.54	1.93	2,085.44				
01.01.05.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO + DENSIDAD DE CAMPO)	und	62.00	64.57	4,003.34				
01.01.05.03	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	60.00	25.00	1,500.00				
01.01.06	VARIOS							52,667.62	
01.01.06.01	TABLESTACADO CONTINUO PARA ZANJAS H=3.01 A MAS	m2	750.88	28.77	21,602.82				
01.01.06.02	DADO DE CONCRETO f'c=175 Kg/cm2 PARA ANCLAJE DE TUBERIA A BUZON 0.60X0.60X0.60m	und	412.00	75.40	31,064.80				
01.02	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE DESAGUE							38,430.42	
01.02.01	CONEXIÓN DOMICILIARIA PROYECTADA DE DESAGUE CONVENCIONAL T-NORMAL	und	60.00	640.51	38,430.42				
01.03	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL							4,249.39	
01.03.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS							3,837.31	
01.03.01.01	SERVICIO DE BAÑO PORTATIL (INODORO Y LAVADERO) TIPO DISAL O SIMILAR	mes	5.00	500.00	2,500.00				
01.03.01.02	MICRORELLENO SANITARIO	und	2.00	318.00	636.00				
01.03.01.03	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31				
01.03.02	SEÑALIZACION							412.08	
01.03.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCIÓN OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08				

5.2.1.2. Planta de tratamiento de agua residual integral

El presupuesto estimado para la construcción de la planta de tratamiento de agua residual, como costo directo, asciende a S/ 460,646.60 (cuatrocientos sesenta mil, seiscientos cuarenta y seis con 60/100 soles).

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02	PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL - BIODIGESTORES Y HUMEDALES								460,646.60
02.01	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS							43,842.00	
02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	2,500.00	2,500.00				
02.01.02	FLETE TERRESTRE ADICIONAL PARA MATERIALES FUERA DE LA ZONA (PTAR)	glb	1.00	3,500.00	3,500.00				
02.01.03	EXPLANACION CON MAQ. EN PTAR - TERRENO NORMAL	m3	5,100.00	7.42	37,842.00				
02.02	CERCO PERIMETRICO							40,291.86	
02.02.01	OBRAS PRELIMINARES						2,164.88		
02.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m	300.05	1.89	567.09				
02.02.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	450.08	3.55	1,597.78				
02.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						985.96		
02.02.02.01	EXCAVACION P/CIMIENTOS EN TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	19.60	25.86	506.86				
02.02.02.02	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	23.52	20.37	479.10				
02.02.03	CONCRETO SIMPLE						3,444.50		
02.02.03.01	CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	19.60	175.74	3,444.50				
02.02.04	CONCRETO ARMADO						16,626.21		
02.02.04.01	COLUMNAS - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-I)	m3	5.97	303.45	1,811.60				
02.02.04.02	COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA	m2	166.88	64.59	10,778.78				
02.02.04.03	COLUMNAS - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	1,029.55	3.92	4,035.84				
02.02.05	VARIOS						17,070.30		
02.02.05.01	ALAMBRE DE PUAS PARA CERCO	m	1,485.25	9.81	14,570.30				
02.02.05.02	PUERTA METALICA CON MALLA PARA CERCO PERIMETRICO INCLUIDO CADENA Y CANDADO	und	1.00	2,500.00	2,500.00				
02.03	DESARENADOR							4,118.93	
02.03.01	OBRAS PRELIMINARES						63.74		
02.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	10.50	2.52	26.46				
02.03.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	10.50	3.55	37.28				
02.03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						220.90		
02.03.02.01	EXCAVACION PARA DESARENADOR TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	3.78	25.86	97.75				
02.03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	5.40	5.68	30.67				
02.03.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4.54	20.37	92.48				
02.03.03	CONCRETO SIMPLE						252.15		
02.03.03.01	SOLADO PARA DESARENADOR DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	5.40	25.91	139.91				
02.03.03.02	LOSA DE CONCRETO PARA DESARENADOR	m2	3.24	34.64	112.23				
02.03.04	CONCRETO ARMADO						3,479.54		
02.03.04.01	DESARENADOR - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	3.29	371.58	1,222.50				
02.03.04.02	DESARENADOR - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	20.20	54.82	1,107.36				
02.03.04.03	DESARENADOR - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	167.25	3.92	655.62				
02.03.04.04	TAPA DE INSPECCION - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	0.38	371.58	141.20				
02.03.04.05	TAPA DE INSPECCION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	7.28	48.47	352.86				
02.03.05	CARPINTERIA METALICA						102.60		

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.03.05.01	REJILLA METALICA DE 0.30X1.00m, pl 1"x3/16", perf. 1"x3/16"	und	1.00	102.60	102.60				
02.04	CAMARA DE DISTRIBUCION								1,225.38
02.04.01	OBRAS PRELIMINARES						9.47		
02.04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1.56	2.52	3.93				
02.04.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1.56	3.55	5.54				
02.04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						63.73		
02.04.02.01	EXCAVACION P/CAMARA DE DISTRIBUCION EN TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	1.09	25.86	28.19				
02.04.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	1.56	5.68	8.86				
02.04.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.31	20.37	26.68				
02.04.03	CONCRETO SIMPLE						40.42		
02.04.03.01	SOLADO PARA CAMARA DE DISTRIBUCION DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	1.56	25.91	40.42				
02.04.04	CONCRETO ARMADO						1,111.76		
02.04.04.01	CAMARA DE DISTRIBUCION - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	1.90	371.58	706.00				
02.04.04.02	CAMARA DE DISTRIBUCION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	5.30	54.82	290.55				
02.04.04.03	CAMARA DE DISTRIBUCION - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	29.39	3.92	115.21				
02.05	LECHOS DE SECADO DE LODOS								43,954.10
02.05.01	OBRAS PRELIMINARES						389.51		
02.05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	64.17	2.52	161.71				
02.05.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	64.17	3.55	227.80				
02.05.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						2,996.98		
02.05.02.01	EXCAVACION C/MAQ, P/LECHO. T NORMAL	m3	70.84	15.28	1,082.44				
02.05.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	32.20	5.68	182.90				
02.05.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	85.01	20.37	1,731.65				
02.05.03	CONCRETO SIMPLE						2,136.38		
02.05.03.01	SOLADO PARA LECHO DE SECADO DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	32.20	25.91	834.30				
02.05.03.02	DADO PARA COLUMNA DE MADERA f'c=140 Kg/cm2	und	16.00	81.38	1,302.08				
02.05.04	CONCRETO ARMADO						13,103.07		
02.05.04.01	LECHO DE SECADO - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	12.26	371.58	4,555.57				
02.05.04.02	LECHO DE SECADO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	55.28	54.82	3,030.45				
02.05.04.03	LECHO DE SECADO - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	1,407.41	3.92	5,517.05				
02.05.05	CARPINTERIA DE MADERA						22,773.04		
02.05.05.01	COLUMNA DE MADERA TORNILLO 4"x4"x2.50m	und	16.00	368.14	5,890.24				
02.05.05.02	TIJERA DE MADERA TORNILLO 2"x3"	und	16.00	616.79	9,868.64				
02.05.05.03	LISTONES DE MADERA TORNILLO 2"x2"x4.00m	und	40.00	59.11	2,364.40				
02.05.05.04	COBERTURA DE PLANCHA DE POLIPROPILENO ONDA 100	m2	64.17	72.46	4,649.76				
02.05.06	VARIOS						2,555.12		
02.05.06.01	FILTRO PARA PERCOLACION EN LECHO DE SECADO	und	4.00	258.90	1,035.60				
02.05.06.02	MEDIA CAÑA EN LECHO DE SECADO MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	32.20	47.19	1,519.52				
02.06	BIODIGESTORES								34,174.05
02.06.01	OBRAS PRELIMINARES						255.43		
02.06.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	42.08	2.52	106.04				
02.06.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	42.08	3.55	149.38				

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.06.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						5,253.81		
02.06.02.01	EXCAVACION C/MAQ, P/BIODIGESTOR EN TERRENO NORMAL	m3	126.24	15.28	1,928.95				
02.06.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	42.08	5.68	239.01				
02.06.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	151.49	20.37	3,085.85				
02.06.03	CONCRETO SIMPLE						1,090.29		
02.06.03.01	SOLADO PARA BASE DE BIODIGESTOR DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON	m2	42.08	25.91	1,090.29				
02.06.04	CONCRETO ARMADO						20,163.60		
02.06.04.01	BIODIGESTOR - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (cimento Tipo V)	m3	27.23	371.58	10,118.12				
02.06.04.02	BIODIGESTOR - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	136.48	54.82	7,481.83				
02.06.04.03	BIODIGESTOR - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	653.99	3.92	2,563.64				
02.06.05	BIODIGESTOR						7,410.92		
02.06.05.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE BIODIGESTOR DE 7000 LT INC/ACCESORIOS	und	4.00	1,852.73	7,410.92				
02.07	CANAleta DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES							7,053.85	
02.07.01	OBRAS PRELIMINARES						116.54		
02.07.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	19.20	2.52	48.38				
02.07.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	19.20	3.55	68.16				
02.07.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						785.18		
02.07.02.01	EXCAVACION PARA CANALETA TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	13.44	25.86	347.56				
02.07.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	19.20	5.68	109.06				
02.07.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	16.13	20.37	328.57				
02.07.03	CONCRETO ARMADO						6,152.12		
02.07.03.01	CANAleta - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	7.92	354.54	2,807.96				
02.07.03.02	CANAleta - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	58.56	54.82	3,210.26				
02.07.03.03	CANAleta - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	34.16	3.92	133.91				
02.08	RED DE ALCANTARILLADO - PTAR							34,193.70	
02.08.01	OBRAS PRELIMINARES						866.12		
02.08.01.01	CERCO DE MALLA HDP 1m DE ALTURA PARA LIMITE DE SEGURIDAD DE OBRA	m	299.84	1.41	422.77				
02.08.01.02	PUNTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL SOBRE ZANJA (PROV. DURANTE OBRA)	und	2.00	80.00	160.00				
02.08.01.03	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m	149.92	1.89	283.35				
02.08.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						5,590.87		
02.08.02.01	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 160-200MM, DE 0.60 HASTA H=1.00m	m	60.88	9.98	607.58				
02.08.02.02	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 160-200MM, DE 1.01 HASTA H=1.50m	m	29.95	11.98	358.80				
02.08.02.03	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 160-200MM, DE 1.51 HASTA H=2.00m	m	14.38	14.98	215.41				
02.08.02.04	EXCAVACION DE ZANJA C/MAQUINA, P/TUB. T-NORMAL DN 160-200MM, DE 2.01 HASTA H=2.50m	m	44.71	18.73	837.42				
02.08.02.05	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA, P/TUB.T-NORMAL DN 160-200MM PARA TODA PROF.	m	149.92	1.11	166.41				
02.08.02.06	PREPARACION DE CAMA DE APOYO CON MATERIAL PROPIO DN 160-200MM PARA TODA PROFUND.	m	149.92	2.91	436.27				
02.08.02.07	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 160-200MM C/MATERIAL PROPIO H=0.60 A 1.00M	m	60.88	9.96	606.36				
02.08.02.08	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 160-200MM C/MATERIAL PROPIO H=1.01 A 1.50M	m	29.95	14.92	446.85				
02.08.02.09	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 160-200MM C/MATERIAL PROPIO H=1.51 A 2.00M	m	14.38	21.14	303.99				
02.08.02.10	RELLENO COMP.ZANJA (PULSO) T.NORMAL-P/TUB. 160-200MM C/MATERIAL PROPIO H=2.01 A 2.50M	m	44.71	27.73	1,239.81				
02.08.02.11	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	18.26	20.37	371.96				
02.08.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS PVC-UF ISO 4435						2,749.07		

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.08.03.01	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 200 MM INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	18.43	22.55	415.60				
02.08.03.02	TUBERIA PVC-UF NTP ISO 4435 SN2 (S25) DN 160 MM INCL.ANILLO +2% DESPERD.	m	131.49	15.01	1,973.66				
02.08.03.03	INSTALACION DE TUBERIA P/DESAGUE PVC DN 160-200mm	m	149.92	2.40	359.81				
02.08.04	BUZONES Y BUZONETAS						20,099.17		
02.08.04.01	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZONETA D=0.60 EN T-NORMAL DE 0.60m a 1.00m PROF	m3	0.80	35.56	28.45				
02.08.04.02	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 1.01m a 1.50m PROF	m3	7.54	40.63	306.35				
02.08.04.03	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 1.51m a 2.00m PROF	m3	10.56	47.41	500.65				
02.08.04.04	EXCAV. ZANJA (PULSO) P/BUZON D=1.20 EN T-NORMAL DE 2.01m a 2.50m PROF	m3	13.57	96.22	1,305.71				
02.08.04.05	CONSTRUCCION DE BUZONETA Di=0.60 H=0.60-1.00m	und	2.00	1,045.50	2,091.00				
02.08.04.06	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20, H=1.01m - 1.50m	und	3.00	1,354.40	4,063.20				
02.08.04.07	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20 H=1.51-2.00m	und	3.00	1,468.79	4,406.37				
02.08.04.08	CONSTRUCCION DE BUZON TIPO I Di=1.20 H=2.01-2.50m	und	3.00	2,201.21	6,603.63				
02.08.04.09	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	38.97	20.37	793.82				
02.08.05	PRUEBAS						1,872.47		
02.08.05.01	PRUEBA HIDRAULICA + ESCORRENTIA DE TUB. DN 160-200 MM	m	149.92	1.93	289.35				
02.08.05.02	PRUEBA DE COMPACTACION DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO + DENSIDAD DE CAMPO)	und	16.00	64.57	1,033.12				
02.08.05.03	PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	und	22.00	25.00	550.00				
02.08.06	VARIOS						3,016.00		
02.08.06.01	DADO DE CONCRETO f'c=175 Kg/cm2 PARA ANCLAJE DE TUBERIA A BUZON 0.60X0.60X0.60m	und	40.00	75.40	3,016.00				
02.09	PTAR - HUMEDALES							231,246.77	
02.09.01	OBRAS PRELIMINARES						6,470.62		
02.09.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1,066.00	2.52	2,686.32				
02.09.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1,066.00	3.55	3,784.30				
02.09.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						87,396.60		
02.09.02.01	EXCAVACION C/MAQ, P/HUMEDAL EN TERRENO NORMAL	m3	1,529.50	25.86	39,552.87				
02.09.02.02	EXCAVACION PARA ANCLAJE DE GEOSINTETICO TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	39.60	25.86	1,024.06				
02.09.02.03	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	874.00	5.68	4,964.32				
02.09.02.04	RELLENO COMP. CON MATERIAL PROPIO PARA CONFORMACION DE TALUDES	m2	174.00	9.76	1,698.24				
02.09.02.05	RELLENO COMP. ZANJA (PULSO) CON MATERIAL PROPIO EN DADO DE ANCLAJE DE GEOSINTETICO	m3	39.60	69.95	2,770.02				
02.09.02.06	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,835.40	20.37	37,387.10				
02.09.03	IMPERMEABILIZACION DE LAGUNA PARA HUMEDAL						45,494.78		
02.09.03.01	PROTECCION DE GEOMEMBRANA CON GEOTEXTIL NO TEJIDO PP MACTEX MTN	m2	1,320.22	15.38	20,304.98				
02.09.03.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE GEOMEMBRANA HDPE LISA E=1.5mm	m2	1,320.22	19.08	25,189.80				
02.09.04	VARIOS						91,884.77		
02.09.04.01	FILTRO BIOLOGICO DE HUMEDAL	m2	778.70	106.71	83,095.08				
02.09.04.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS EN HUMEDAL	und	1.00	2,878.42	2,878.42				
02.09.04.03	ACONDICIONAMIENTO DE TUBERIAS (PERFORACIONES)	m	47.40	16.00	758.40				
02.09.04.04	SUMINISTRO Y PLANTACION DE PLANTAS PARA HUMEDAL (TOTORA)	m2	843.35	6.11	5,152.87				
02.10	CASETA DE CLORACION							9,277.22	
02.10.01	OBRAS PRELIMINARES						37.94		
02.10.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	6.25	2.52	15.75				
02.10.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	6.25	3.55	22.19				

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.10.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						228.44		
02.10.02.01	EXCAVACION PARA CASETA TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	3.84	25.86	99.30				
02.10.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	4.84	5.68	27.49				
02.10.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4.99	20.37	101.65				
02.10.03	CONCRETO SIMPLE						1,185.34		
02.10.03.01	CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	2.88	175.74	506.13				
02.10.03.02	CONCRETO 1:8+25%P.M. P/SOBRECIMIENTOS	m3	0.56	206.63	115.71				
02.10.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA SOBRECIMIENTOS	m2	7.55	59.41	448.55				
02.10.03.04	FALSO PISO DE CONCRETO 1:10 DE ESPESOR 4" (CEMENTO P-I)	m2	4.84	23.75	114.95				
02.10.04	CONCRETO ARMADO						3,456.03		
02.10.04.01	COLUMNAS					1,605.92			
02.10.04.01.01	CASETA DE CLORACION - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-I)	m3	0.43	303.45	130.48				
02.10.04.01.02	CASETA DE CLORACION - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	22.44	54.82	1,230.16				
02.10.04.01.03	CASETA DE CLORACION - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	62.57	3.92	245.27				
02.10.04.02	LOSA MACIZA					1,850.11			
02.10.04.02.01	LOSA MACIZA - CONCRETO F'C=175 KG/CM2 (CEMENTO P-I)	m3	1.84	303.45	558.35				
02.10.04.02.02	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	12.16	46.27	562.64				
02.10.04.02.03	LOSA MACIZA - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	186.00	3.92	729.12				
02.10.05	ALBAÑILERIA						1,186.57		
02.10.05.01	MURO LADRILLO CARAVISTA CORRIENTE DE SOGA MEZC. C:A 1:5, TIPO IV	m2	15.91	74.58	1,186.57				
02.10.06	REVOQUES Y ENLUCIDOS						647.32		
02.10.06.01	TARRAJEO DE SUPERFICIE DE COLUMNAS C.A 1:5	m2	5.28	27.61	145.78				
02.10.06.02	CIELORRASOS CON MEZCLA C.A 1:5	m2	10.24	23.50	240.64				
02.10.06.03	VESTIDURA DE DERRAMES ANCHO=15 CM.	m	20.10	12.98	260.90				
02.10.07	CARPINTERIA METALICA						650.00		
02.10.07.01	PUERTA METALICA P-01	und	1.00	350.00	350.00				
02.10.07.02	VENTANA METALICA V-01	und	1.00	300.00	300.00				
02.10.08	PISOS Y PAVIMENTOS						167.66		
02.10.08.01	PISO DE CEMENTO PULIDO	m2	4.84	34.64	167.66				
02.10.09	PINTURA						217.93		
02.10.09.01	PINTURA EN COLUMNAS AL LATEX	m2	5.28	15.48	81.73				
02.10.09.02	PINTURA EN CIELO RASO AL LATEX	m2	10.24	13.30	136.19				
02.10.10	EQUIPAMIENTO						1,500.00		
02.10.10.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE DOSIFICADOR DE CARGA CONSTANTE	und	1.00	1,500.00	1,500.00				
02.11	CAMARA DE CONTACTO DE CLORO							7,019.36	
02.11.01	OBRAS PRELIMINARES						37.63		
02.11.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	6.20	2.52	15.62				
02.11.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	6.20	3.55	22.01				
02.11.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						546.73		
02.11.02.01	EXCAVACION P/CAMARA DE CONTACTO EN TERRENO NORMAL (PULSO)	m3	10.17	25.86	263.00				
02.11.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	6.20	5.68	35.22				
02.11.02.03	ACARREO Y ESPARCIDO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	12.20	20.37	248.51				

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
02.11.03	CONCRETO SIMPLE						160.64		
02.11.03.01	SOLADO PARA CAMARA DE CONTACTO DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	6.20	25.91	160.64				
02.11.04	CONCRETO ARMADO						4,962.50		
02.11.04.01	CAMARA DE CONTACTO - CONCRETO F'C=210 KG/CM2 (CEMENTO P-V)	m3	5.08	371.58	1,887.63				
02.11.04.02	CAMARA DE CONTACTO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	26.35	54.82	1,444.51				
02.11.04.03	CAMARA DE CONTACTO - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	415.91	3.92	1,630.37				
02.11.05	REVOQUES Y ENLUCIDOS						1,311.85		
02.11.05.01	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTE (LOSA - PARED)	m2	33.62	39.02	1,311.85				
02.12	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL							4,249.39	
02.12.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS						3,837.31		
02.12.01.01	SERVICIO DE BAÑO PORTATIL (INODORO Y LAVADERO) TIPO DISAL O SIMILAR	mes	5.00	500.00	2,500.00				
02.12.01.02	MICRORELLENO SANITARIO	und	2.00	318.00	636.00				
02.12.01.03	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31				
02.12.02	SEÑALIZACION						412.08		
02.12.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCION OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08				

5.2.1.3. Canalización de acequia

El presupuesto estimado para canalizar la acequia, como costo directo, asciende a S/ 75,134.01 (setenta y cinco mil, ciento treinta y cuatro con 01/100 soles).

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
03	CANALIZACION							75,134.01
03.01	OBRAS PRELIMINARES						1,092.96	
03.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO	m	132.00	1.89	249.48			
03.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	237.60	3.55	843.48			
03.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						12,422.37	
03.02.01	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO SUELTO	m3	276.20	25.86	7,142.53			
03.02.02	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	331.44	15.93	5,279.84			
03.03	CONCRETO SIMPLE						59,037.45	
03.03.01	SOLADO DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON	m2	237.60	25.91	6,156.22			
03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA EN CANAL	m2	462.00	62.80	29,013.60			
03.03.03	CONCRETO EN CANAL F'C=175 KG/CM2 (cemento Tipo V)	m3	67.32	354.54	23,867.63			
03.04	JUNTAS						1,467.84	
03.04.01	JUNTA DE DILATACION C/TECNOPORT E= 25mm	m	52.80	27.80	1,467.84			
03.05	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL						1,113.39	
03.05.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS						701.31	
03.05.01.01	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31			
03.05.02	SEÑALIZACION						412.08	
03.05.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENCION OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08			

5.2.1.4. Construcción de pontón

El presupuesto estimado para la construcción del pontón, como costo directo, asciende a S/ 43,670.34 (cuarenta y tres mil, seiscientos setenta con 34/100 soles).

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Parcial S/.	Total S/.
04	PONTON							43,670.34
04.01	OBRAS PRELIMINARES						4,286.81	
04.01.01	DEMOLICION DE PONTON EXISTENTE	glb	1.00	4,000.00	4,000.00			
04.01.02	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	47.25	3.55	167.74			
04.01.03	TRAZO Y REPLANTEO	m2	47.25	2.52	119.07			
04.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS						10,338.51	
04.02.01	EXCAVACION C/MAQ, P/PONTON EN TERRENO NORMAL	m3	163.97	25.86	4,240.26			
04.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	47.25	5.68	268.38			
04.02.03	RELLENO COMP. CON MATERIAL PROPIO	m3	41.58	83.94	3,490.23			
04.02.04	ELIMINACION DE DESMONTE (CARG+V) D=5KM	m3	146.87	15.93	2,339.64			
04.03	CONCRETO SIMPLE						23,795.98	
04.03.01	SOLADOS Y SUB BASES					1,224.25		
04.03.01.01	SOLADO DE 4" MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON (CEMENTO P-I)	m2	47.25	25.91	1,224.25			
04.03.02	ZAPATAS					4,152.74		
04.03.02.01	ZAPATA - CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	23.63	175.74	4,152.74			
04.03.03	MURO					18,419.00		
04.03.03.01	MURO - CONCRETO 1:10 +30% P.G. PARA CIMIENTOS CORRIDOS (CEMENTO P-I)	m3	65.66	175.74	11,539.09			
04.03.03.02	MURO - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	125.50	54.82	6,879.91			
04.04	CONCRETO ARMADO						4,135.65	
04.04.01	LOSA MACIZA					4,135.65		
04.04.01.01	LOSA MACIZA - CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	4.20	317.82	1,334.84			
04.04.01.02	LOSA MACIZA - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	25.35	54.82	1,389.69			
04.04.01.03	LOSA MACIZA - ACERO ESTRUCTURAL f'y=4,200KG/CM2	kg	359.98	3.92	1,411.12			
04.05	MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL						1,113.39	
04.05.01	MANEJO DE CAMPAMENTOS					701.31		
04.05.01.01	INSTALACION DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SOLIDOS	und	3.00	233.77	701.31			
04.05.02	SEÑALIZACION					412.08		
04.05.02.01	SEÑALIZACION AMBIENTAL DE PREVENION OCUPACIONAL Y DE SEGURIDAD	glb	1.00	412.08	412.08			

5.2.2. Plazo

El plazo de ejecución estimado para la construcción del sistema de alcantarillado propuesto, mismo que contempla la construcción de redes de alcantarillado, planta de tratamiento de agua residual, canalización de acequia y un pontón, es ciento sesenta y tres (163) días calendario.

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL	163 días	dom 18/11/18	lun 29/04/19
1.1	INICIO	0 días	dom 18/11/18	dom 18/11/18
1.2	RED DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL	76 días	dom 18/11/18	vie 01/02/19
1.2.1	OBRAS PRELIMINARES	4 días	dom 18/11/18	mié 21/11/18
1.2.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS	41 días	dom 18/11/18	vie 28/12/18
1.2.3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	66 días	jue 22/11/18	sáb 26/01/19
1.2.4	BUZONES Y BUZONETAS	43 días	jue 22/11/18	jue 03/01/19
1.2.5	PRUEBAS	10 días	mié 23/01/19	vie 01/02/19
1.2.6	CONEXIONES DOMICILIARIAS DE DESAGUE	30 días	jue 22/11/18	vie 21/12/18
1.3	PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL - BIODIGESTORES Y HUMEDALES	163 días	dom 18/11/18	lun 29/04/19
1.3.1	OBRAS PRELIMINARES	2 días	dom 18/11/18	lun 19/11/18
1.3.2	CERCO PERIMETRICO	74 días	mar 20/11/18	vie 01/02/19
1.3.3	DESARENADOR	5 días	mié 21/11/18	dom 25/11/18
1.3.4	CAMARA DE DISTRIBUCION	5 días	lun 26/11/18	vie 30/11/18
1.3.5	LECHOS DE SECADO DE LODOS	22 días	sáb 01/12/18	sáb 22/12/18
1.3.6	BIODIGESTORES	7 días	dom 23/12/18	sáb 29/12/18
1.3.7	CANAleta DE DISTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES	7 días	dom 30/12/18	sáb 05/01/19
1.3.8	RED DE ALCANTARILLADO – PTAR	67 días	dom 18/11/18	mié 23/01/19
1.3.9	PTAR – HUMEDALES	160 días	mié 21/11/18	lun 29/04/19
1.3.10	CASETA DE CLORACION	30 días	jue 24/01/19	vie 22/02/19
1.3.11	CAMARA DE CONTACTO DE CLORO	9 días	sáb 23/02/19	dom 03/03/19
1.4	CANALIZACION	62 días	dom 18/11/18	vie 18/01/19
1.4.1	OBRAS PRELIMINARES	7 días	dom 18/11/18	sáb 24/11/18
1.4.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	28 días	dom 25/11/18	sáb 22/12/18
1.4.3	CONCRETO SIMPLE	25 días	dom 23/12/18	mié 16/01/19
1.4.4	JUNTAS	2 días	jue 17/01/19	vie 18/01/19
1.5	PONTON	79 días	sáb 19/01/19	dom 07/04/19
1.5.1	OBRAS PRELIMINARES	4 días	sáb 19/01/19	mar 22/01/19
1.5.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	64 días	mié 23/01/19	mié 27/03/19
1.5.3	CONCRETO SIMPLE	23 días	sáb 23/02/19	dom 17/03/19
1.5.4	CONCRETO ARMADO	21 días	lun 18/03/19	dom 07/04/19

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1.6	FIN	0 días	lun 29/04/19	lun 29/04/19

5.2.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado

5.2.3.1. Costo de Operación y Mantenimiento en red de alcantarillado convencional

Los costos fijos de operación y mantenimiento de la red de alcantarillado convencional se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 94 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado convencional

Concepto	Unidad de medida	Cantidad Mes	Precio Unitario	Precio de Mercado (S/. / Mes)	Precio de Mercado (S/. / Año)
COSTOS DE OPERACIÓN				152.50	1,830.00
Recurso Humano calificado	hh	10	6.75	67.50	810.00
Insumos	glb	1.1	50.00	55.00	660.00
Accesorios	glb	0.3	100.00	30.00	360.00
COSTO DE MANTENIMIENTO (Cada Año)				167.91	2,014.92
Recurso Humano no calificado	hh	6	6.56	39.36	472.32
Recurso Humano calificado	hh	15	6.57	98.55	1,182.60
Herramientas y accesorios	glb	1	30.00	30.00	360.00
TOTAL ANUAL				320.41	3,844.92

Nota. Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

Los costos de operación y mantenimiento de la red de alcantarillado convencional en un horizonte de 20 años, considerando una tasa de inflación (Banco Central de reserva del Perú) igual a 1.84%, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 95 Costos fijos de operación y mantenimiento en red de alcantarillado convencional en horizonte de 20 años

AÑO	Alcantarillado		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
1	1,830.00	2,014.92	3,844.92
2	1,864.00	2,052.00	3,916.00
3	1,898.00	2,090.00	3,988.00

AÑO	Alcantarillado		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
4	1,933.00	2,128.00	4,061.00
5	1,969.00	2,167.00	4,136.00
6	2,005.00	2,207.00	4,212.00
7	2,042.00	2,248.00	4,290.00
8	2,080.00	2,289.00	4,369.00
9	2,118.00	2,331.00	4,449.00
10	2,157.00	2,374.00	4,531.00
11	2,197.00	2,418.00	4,615.00
12	2,237.00	2,462.00	4,699.00
13	2,278.00	2,507.00	4,785.00
14	2,320.00	2,553.00	4,873.00
15	2,363.00	2,600.00	4,963.00
16	2,406.00	2,648.00	5,054.00
17	2,450.00	2,697.00	5,147.00
18	2,495.00	2,747.00	5,242.00
19	2,541.00	2,798.00	5,339.00
20	2,588.00	2,849.00	5,437.00

Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

5.2.3.2. Costo de Operación y Mantenimiento en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), Biodigestor y Humedales

Los costos fijos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 96 Costos fijos de operación y mantenimiento en planta de tratamiento de aguas residuales

DESCRIPCION	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario S/. x mes	Costo anual Precio de Mercado (S/. / Año)
I-OPERACIÓN				5,100.00
1) Gastos de Personal				4,500.00
- 01 Operador Tiempo Parcial para PTAR (0.5)	mes	12.00	750.00	4,500.00

DESCRIPCION	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario S/. x mes	Costo anual Precio de Mercado (S/. / Año)
2) Otros				600.00
- 04 Análisis Básicos Trimestrales de las Aguas Residuales	Análisis	4.00	150.00	600.00
II-MANTENIMIENTO				3,850.00
3) Servicios Prestados por Terceros				1,600.00
- Remoción de lodos de PTAR (2 veces al año)	glb	2.00	500.00	1,000.00
- Transporte para la remoción de lodos de PTAR (2 veces al año)	glb	2.00	300.00	600.00
4) Gastos de Servicios (Mantenimiento y Limpieza)				2,250.00
- Servicio de Mantenimiento Anual PTAR, (2 veces al año)	und	2.00	1,000.00	2,000.00
- Herramientas y accesorios	glb	1.00	250.00	250.00
TOTAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ALCANTARILLADO				8,950.00

Nota. Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

Los costos de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en un horizonte de 20 años, considerando una tasa de inflación (Banco Central de reserva del Perú) igual a 1.84%, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 97 Costos fijos de operación y mantenimiento en planta de tratamiento de aguas residuales en horizonte de 20 años

AÑO	PTAR (Biodigestor-Humedales)		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
1	5,100.00	3,850.00	8,950.00
2	5,194.00	3,921.00	9,115.00
3	5,290.00	3,993.00	9,283.00
4	5,387.00	4,066.00	9,453.00
5	5,486.00	4,141.00	9,627.00
6	5,587.00	4,217.00	9,804.00
7	5,690.00	4,295.00	9,985.00
8	5,795.00	4,374.00	10,169.00
9	5,902.00	4,454.00	10,356.00
10	6,011.00	4,536.00	10,547.00

AÑO	PTAR (Biodigestor-Humedales)		Total Costos de O&M (S/.)
	Operación (S/.)	Mantenimiento (S/.)	
11	6,122.00	4,619.00	10,741.00
12	6,235.00	4,704.00	10,939.00
13	6,350.00	4,791.00	11,141.00
14	6,467.00	4,879.00	11,346.00
15	6,586.00	4,969.00	11,555.00
16	6,707.00	5,060.00	11,767.00
17	6,830.00	5,153.00	11,983.00
18	6,956.00	5,248.00	12,204.00
19	7,084.00	5,345.00	12,429.00
20	7,214.00	5,443.00	12,657.00

Nota. Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

Por tanto, el costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado convencional es el que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 98 Costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado convencional

AÑO	Operación (S/.)			Mantenimiento (S/.)			Total Costos de O&M (S/.)
	ALCANTARILLADO	PTAR (Biodigestor - Humedal)	Parcial 1	ALCANTARILLADO	PTAR (Biodigestor - Humedal)	Parcial 2	
1	1,830.00	5,100.00	6,930.00	2,014.92	3,850.00	5,864.92	12,794.92
2	1,864.00	5,194.00	7,058.00	2,052.00	3,921.00	5,973.00	13,031.00
3	1,898.00	5,290.00	7,188.00	2,090.00	3,993.00	6,083.00	13,271.00
4	1,933.00	5,387.00	7,320.00	2,128.00	4,066.00	6,194.00	13,514.00
5	1,969.00	5,486.00	7,455.00	2,167.00	4,141.00	6,308.00	13,763.00
6	2,005.00	5,587.00	7,592.00	2,207.00	4,217.00	6,424.00	14,016.00
7	2,042.00	5,690.00	7,732.00	2,248.00	4,295.00	6,543.00	14,275.00
8	2,080.00	5,795.00	7,875.00	2,289.00	4,374.00	6,663.00	14,538.00
9	2,118.00	5,902.00	8,020.00	2,331.00	4,454.00	6,785.00	14,805.00
10	2,157.00	6,011.00	8,168.00	2,374.00	4,536.00	6,910.00	15,078.00
11	2,197.00	6,122.00	8,319.00	2,418.00	4,619.00	7,037.00	15,356.00
12	2,237.00	6,235.00	8,472.00	2,462.00	4,704.00	7,166.00	15,638.00
13	2,278.00	6,350.00	8,628.00	2,507.00	4,791.00	7,298.00	15,926.00
14	2,320.00	6,467.00	8,787.00	2,553.00	4,879.00	7,432.00	16,219.00
15	2,363.00	6,586.00	8,949.00	2,600.00	4,969.00	7,569.00	16,518.00
16	2,406.00	6,707.00	9,113.00	2,648.00	5,060.00	7,708.00	16,821.00

AÑO	Operación (S/.)			Mantenimiento (S/.)			Total Costos de O&M (S/.)
	ALCANTARILLADO	PTAR (Biodigestor - Humedal)	Parcial 1	ALCANTARILLADO	PTAR (Biodigestor - Humedal)	Parcial 2	
17	2,450.00	6,830.00	9,280.00	2,697.00	5,153.00	7,850.00	17,130.00
18	2,495.00	6,956.00	9,451.00	2,747.00	5,248.00	7,995.00	17,446.00
19	2,541.00	7,084.00	9,625.00	2,798.00	5,345.00	8,143.00	17,768.00
20	2,588.00	7,214.00	9,802.00	2,849.00	5,443.00	8,292.00	18,094.00

Nota. Fuente: (Municipalidad Distrital de Quilmaná, 2017)

5.3. Comparación y discusión de resultados

5.3.1. Presupuesto

En general, un sistema de alcantarillado está compuesto por una red de alcantarillado que recolecta los efluentes de las viviendas, y este lo transporta hacia la zona donde se le dará tratamiento y/o disposición final. Asimismo, se requerirá la construcción de un pontón en la zona ubicada entre los tramos BZ-27 a BZ-28 y BZ-28 a BZ-29.

Tabla N° 99 Componentes del sistema de alcantarillado propuesto y el sistema convencional

Componentes del Proyecto	Sistema de Alcantarillado Propuesto	Sistema de Alcantarillado Convencional
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	Diámetro Pequeño	Convencional
Tratamiento y/o Disposición Final	Zanja de Infiltración	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Canalización de Acequia
Pontón	Construcción de Pontón Tramo BZ-27 a BZ-29	Construcción de Pontón Tramo BZ-27 a BZ-29

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede ver en la Tabla N° 100 y Tabla N° 101, el costo directo del sistema de alcantarillado propuesto asciende a S/ 460,695.56, mientras que el costo directo del sistema de alcantarillado convencional asciende a S/ 856,771.13.

Es decir, el sistema convencional cuesta, como costo directo, S/ 396,075.57 (85.97%) más que el sistema propuesto.

La red de alcantarillado del sistema propuesto representa el 54.49% del costo directo total, mientras que la red de alcantarillado del sistema convencional representa el 32.37% del costo directo total.

El tratamiento y/o disposición final del sistema propuesto representa el 36.03% del costo directo total, mientras que el tratamiento y/o disposición final del sistema convencional representa el 62.53% del costo directo total.

El pontón es una estructura que tiene las mismas dimensiones para el sistema propuesto y el sistema convencional, por lo que el costo directo es el mismo en ambos sistemas.

Tabla N° 100 Costo Directo del sistema de alcantarillado propuesto y convencional

Componentes del Proyecto	Sistema Propuesto		Sistema Convencional	
	Costo Directo (S/)	%	Costo Directo (S/)	%
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	251,040.96	54.49	277,320.18	32.37
Tratamiento y/o Disposición Final	165,984.26	36.03	535,780.61	62.53
Pontón	43,670.34	9.48	43,670.34	5.10
Total	460,695.56	100.00	856,771.13	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la Tabla N° 102, la variación del costo directo entre ambos sistemas asciende a S/ 396,075.57, del cual S/ 26,279.22 (6.63%) corresponde a la red de alcantarillado y S/ 369,796.35 (93.37%) corresponde al tratamiento y/o disposición final del efluente.

Como se muestra en la Tabla N° 101, la red de alcantarillado del sistema convencional cuesta, como costo directo, 10.47% más que la red de alcantarillado de diámetro pequeño, y como se puede evidencia en la Tabla N° 104 y Tabla N° 105, esto se debe a que las excavaciones en la red de alcantarillado de diámetro

pequeño son de menor profundidad, y se requiere el uso de menor cantidad de buzones y/o buzonetos.

Tabla N° 101 Variación del Costo Directo entre el sistema de alcantarillado propuesto y el sistema convencional

	Sistema Propuesto	Sistema Convencional		
Componentes del Proyecto	Costo Directo (S/)	Costo Directo (S/)	Variación Costo Directo (S/)	Variación respecto Sistema Propuesto (%)
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	251,040.96	277,320.18	26,279.22	10.47
Tratamiento y/o Disposición Final	165,984.26	535,780.61	369,796.35	222.79
Pontón	43,670.34	43,670.34	0.00	0.00
Total	460,695.56	856,771.13	396,075.57	85.97

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 102 Variación del costo directo respecto al sistema propuesto

	Sistema Propuesto	Sistema Convencional		
Componentes del Proyecto	Costo Directo (S/)	Costo Directo (S/)	Variación Costo Directo (S/)	Incidencia de la variación sobre la variación total (%)
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	251,040.96	277,320.18	26,279.22	6.63
Tratamiento y/o Disposición Final	165,984.26	535,780.61	369,796.35	93.97
Pontón	43,670.34	43,670.34	0.00	0.00
Total	460,695.56	856,771.13	396,075.57	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

La planta de tratamiento de aguas residuales y canalización de acequia cuesta, como costo directo, 222.79% más que la zanja de infiltración.

De acuerdo a la Tabla N° 103, el trabajo de movimiento de tierras en la red de alcantarillado convencional representa el 37.53% del costo directo total, mientras que en la red de alcantarillado pequeño solo representa el 12.13%. Por tanto, es evidente que, con la aplicación del sistema propuesto, se tiene menor cantidad de movimiento de tierra, lo que implica menor costo y reducción del impacto ambiental.

Asimismo, el suministro e instalación de tubería en la red de alcantarillado de diámetro pequeño representa el 9.44% del costo directo total, mientras que en la red de alcantarillado convencional representa el 9.97% del costo directo total, por lo cual se puede concluir que es una actividad que no sufre una variación drástica, ni tampoco es incidente.

Con la aplicación de la red de alcantarillado de diámetro pequeño se reduce la necesidad del uso de buzones y/o buzonetas, por lo que el costo de buzones/buzonetas se reduce de 24.76% a 3.07%. (Ver Tabla N° 103)

Tabla N° 103 Costo directo desglosado de la red de alcantarillado de diámetro pequeño y convencional

DESCRIPCIÓN	Red de alcantarillado de diámetro pequeño		Red de alcantarillado convencional	
	Monto (S/)	%	Monto (S/)	%
OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	26,306.88	10.48	26,652.21	9.61
MOVIMIENTO DE TIERRAS	30,443.99	12.13	104,087.51	37.53
TUBERÍAS	23,688.43	9.44	27,658.37	9.97
BUZONETAS	7,700.00	3.07	68,653.48	24.76
TANQUES SÉPTICOS	149,658.57	59.62	-	-
CONEXIONES DOMICILIARIAS	-	-	38,430.44	13.86
PRUEBAS DE CALIDAD	8,993.70	3.58	7,588.78	2.74
MITIGACIÓN IMPACTO AMBIENTAL	4,249.39	1.69	4,249.39	1.53
TOTAL	251,040.96	100.00	277,320.18	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que la actividad que más encarece la red de alcantarillado de diámetro pequeño es el uso de tanques sépticos, el cual

representa el 59.62% del costo directo, por lo que en futuras investigaciones se podría proponer nuevas alternativas, como puede ser el uso de biodigestores.

Como se evidencia en la Tabla N° 104, el 69.97% de los trabajos de excavación en la red de alcantarillado de diámetro pequeño se encuentran en el rango de “0.60 m – 1.00 m”, teniendo como máximo excavaciones de dos metros de profundidad. Sin embargo, las excavaciones en la red de alcantarillado convencional llegan a tener, inclusive, una profundidad de 3.50 metros, lo cual implica el uso de entibados para sostener las paredes de la zanja ante posibles deslizamientos, mismo que encarece el costo de la red de alcantarillado convencional.

Tabla N° 104 Cantidad de excavación en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional

Rango Excavación	Red de alcantarillado de diámetro pequeño		Red de alcantarillado convencional	
	Cantidad (ml)	%	Cantidad (ml)	%
0.60 m - 1.00 m	721.51	69.96	304.16	28.15
1.01 m - 1.50 m	186.13	18.05	222.19	20.56
1.51 m - 2.00 m	123.64	11.99	124.11	11.49
2.01 m - 2.50 m	-	-	131.96	12.21
2.51 m - 3.00 m	-	-	182.67	16.90
3.01 m - 3.50 m	-	-	115.53	10.69
Total	1,031.28	100.00	1,080.62	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con la aplicación de la red de alcantarillado de diámetro pequeño, se reduce el uso de los buzones y/o buzonetos en un 76.67%, pasando de 30 unidades a 7 unidades, lo que finalmente también reduce el costo de la red de alcantarillado de diámetro pequeño.

Tabla N° 105 Cantidad de buzones y buzonetas en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional

Rango Altura	Red de alcantarillado convencional		Red de alcantarillado de diámetro pequeño	
	Cantidad (und)	%	Cantidad (und)	%
0.60 m - 1.00 m	12	40.00	3	42.86
1.01 m - 1.50 m	4	13.33	1	14.29
1.51 m - 2.00 m	3	10.00	3	42.86
2.01 m - 2.50 m	3	10.00	-	-
2.51 m - 3.00 m	3	10.00	-	-
3.01 m - 3.50 m	5	16.67	-	-
Total	30	100.00	7	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la Tabla N° 106, con la aplicación de la red de alcantarillado pequeño, se pueden usar tuberías de 2", 3", 4" y 6", mientras que en el caso de la red de alcantarillado convencional la tubería debe ser como mínimo de 8" (200 mm).

Tabla N° 106 Cantidad de tubería en la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional

Diámetro Nominal (DN)	Red de alcantarillado de diámetro pequeño		Red de alcantarillado convencional	
	Cantidad (ml)	%	Cantidad (ml)	%
2"	242.91	23.55	-	-
3"	-	-	-	-
4"	176.63	17.13	-	-
6"	611.74	59.32	-	-
8"	-	-	1,080.62	100.00
Total	1,031.28	100.00	1,080.62	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, como se puede apreciar en la Tabla N° 107, con la aplicación del sistema propuesto, el tratamiento y disposición final del efluente se da mediante

zanjas de infiltración, lo que elimina la necesidad de contar con desarenador, lecho de secado de lodos, biodigestores, caseta de cloración, cámara de contacto de cloro y canalización de acequia.

Tabla N° 107 Costo directo desglosado de la zanja de infiltración y la PTAR

DESCRIPCIÓN	Zanja de Infiltración		Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	
	Monto (S/)	%	Monto (S/)	%
TRABAJOS PRELIMINARES	6,000.00	3.61	43,842.00	8.18
CERCO PERIMETRICO	40,291.85	24.27	40,291.86	7.52
DESARENADOR	-	-	4,118.93	0.77
CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN	1,225.38	0.74	1,225.38	0.23
LECHO DE SECADO DE LODOS	-	-	43,954.10	8.20
BIODIGESTORES	-	-	34,174.05	6.38
CANALETA DE DISTRIBUCIÓN	7,053.86	4.25	7,053.85	1.32
RED DE ALCANTARILLADO	9,602.00	5.78	34,193.70	6.38
ZANJA DE INFILTRACIÓN / HUMEDALES	97,561.78	58.78	231,246.77	43.16
CASETA DE CLORACIÓN	-	-	9,277.22	1.73
CÁMARA DE CONTACTO DE CLORO	-	-	7,019.36	1.31
MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	4,249.39	2.56	4,249.39	0.79
CANALIZACIÓN DE ACEQUIA	-	-	75,134.01	14.02
TOTAL	165,984.26	100.00	535,780.61	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el costo de inversión para construir el sistema de alcantarillado propuesto es S/ 625,163.87 (incluido IGV), cuyo detalle se muestra en la Tabla N° 109, mientras que la inversión para construir el sistema de alcantarillado convencional con una planta de tratamiento de aguas residuales (humedales – biodigestor y canalización de acequia) sería S/ 1,1162,638.42, cuyo detalle se muestra en la Tabla N° 108.

Tabla N° 108 Costo de Inversión para la construcción del sistema de alcantarillado convencional

Ítem	Presupuesto	Monto S/.
01	RED DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL	277,320.18
02	PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL - BIODIGESTORES Y HUMEDALES	460,646.60
03	CANALIZACION	75,134.01
04	PONTON	43,670.34
	COSTO DIRECTO	856,771.13

Ítem	Presupuesto	Monto S/.
GASTO GENERAL (10%)		85,677.11
UTILIDAD (5%)		42,838.56
SUBTOTAL		985,286.80
IGV (18%)		177,351.62
TOTAL		1,162,638.42

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 109 Costo de Inversión para la construcción del sistema de alcantarillado propuesto

Ítem	Presupuesto	Monto S/.
01 RED DE ALCANTARILLADO PROPUESTO		251,040.96
02 ZANJA DE INFILTRACIÓN		165,984.26
03 PONTON		43,670.34
COSTO DIRECTO		460,695.56
GASTO GENERAL (10%)		46,069.56
UTILIDAD (5%)		23,034.78
SUBTOTAL		529,799.89
IGV (18%)		95,363.98
TOTAL		625,163.87

Nota. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la inversión para implementar un sistema de alcantarillado convencional es 85.97% más costoso que el sistema de alcantarillado propuesto.

5.3.2. Plazo

Como se puede ver en la Tabla N° 110, el plazo de ejecución para construir el sistema de alcantarillado propuesto es 79 días calendario, donde la ruta crítica del proyecto está enmarcada en todas las actividades relacionadas a la construcción del Pontón, el cual es una estructura que también se debería construir en el caso del sistema de alcantarillado convencional, ya que, es independiente del tipo de sistema de alcantarillado que se proponga. El plazo de ejecución para construir la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la zanja de infiltración es 74 y 76 días calendario respectivamente.

Asimismo, se puede ver en la Tabla N° 111, el plazo de ejecución para construir el sistema de alcantarillado convencional es 163 días calendario, donde la ruta crítica del proyecto está enmarcado en todas las actividades relacionadas a la

construcción del Humedal para la PTAR. El plazo de ejecución para construir la red de alcantarillado convencional, PTAR y canalización es 76, 163, 62 días calendario respectivamente.

Tabla N° 110 Cronograma de ejecución del Sistema de Alcantarillado Propuesto

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO	79 días	dom 18/11/18	lun 04/02/19
1.1	INICIO	0 días	dom 18/11/18	dom 18/11/18
1.2	RED DE ALCANTARILLADO PROPUESTO	74 días	dom 18/11/18	mié 30/01/19
1.3	ZANJA DE INFILTRACIÓN	76 días	dom 18/11/18	vie 01/02/19
1.4	PONTON	79 días	dom 18/11/18	lun 04/02/19
1.5	FIN	0 días	lun 04/02/19	lun 04/02/19

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 111 Cronograma de ejecución del Sistema de Alcantarillado Convencional

EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	SISTEMA DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL	163 días	dom 18/11/18	lun 29/04/19
1.1	INICIO	0 días	dom 18/11/18	dom 18/11/18
1.2	RED DE ALCANTARILLADO CONVENCIONAL	76 días	dom 18/11/18	vie 01/02/19
1.3	PLANTA DE TRATAMIENTO INTEGRAL - BIODIGESTORES Y HUMEDALES	163 días	dom 18/11/18	lun 29/04/19
1.4	CANALIZACION	62 días	dom 18/11/18	vie 18/01/19
1.5	PONTON	79 días	sáb 19/01/19	dom 07/04/19
1.6	FIN	0 días	lun 29/04/19	lun 29/04/19

Nota. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, de acuerdo a la Tabla N° 112, es notorio que la construcción del sistema de alcantarillado propuesto se puede culminar en el 48.47% del tiempo estimado para construir el sistema de alcantarillado convencional, por lo que el sistema de alcantarillado propuesto podría ser puesto en servicio a la población 84 días calendario antes que el sistema de alcantarillado convencional.

Finalmente, se evidencia que el plazo de ejecución de la red de alcantarillado de diámetro pequeño y la red de alcantarillado convencional es prácticamente el mismo, por lo que la principal ventaja de la aplicación de la red alcantarillado de diámetro pequeño es el menor costo (inversión) asociado.

Tabla N° 112 Comparación entre el plazo de ejecución del sistema de alcantarillado propuesto y el sistema de alcantarillado convencional

Nombre de tarea	Sistema de Alcantarillado Propuesto	Sistema de Alcantarillado Convencional	Variación %
	Duración	Duración	
Sistema de Alcantarillado	79 días	163 días	48.47
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	74 días	76 días	97.37
Tratamiento y/o Disposición Final	76 días	163 días	46.63
Pontón	79 días	79 días	100.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Costo de Operación y Mantenimiento a precios de mercado

Una de las partes más importantes de un sistema de abastecimiento es el proceso de recolección de aguas residuales, cuyo conocimiento de su diseño, operación y administración puede ser vital para el éxito de las acciones de emergencia.

La operación de un sistema de alcantarillado puede considerarse como el conjunto de actividades que se desarrollan para conseguir que las estructuras correspondientes puedan recibir y evacuar las aguas residuales, sin poner en riesgo la salud de las personas, tanto de las diferentes áreas de drenaje de una localidad, como de cada uno de los usuarios.

El mantenimiento es el conjunto de actividades y maniobras que se realizan para asegurar el funcionamiento correcto, apropiado y eficiente de un sistema, equipo o componente, destinado a realizar un fin determinado tal como fueron planificados y construidos.

Considerando lo antes indicado, se puede apreciar en la Tabla N° 113 que la operación del sistema de alcantarillado propuesto es menos costosa en un 26.87% que el sistema de alcantarillado convencional. Sin embargo, el mantenimiento del

sistema de alcantarillado propuesto es 141.04% más costoso que el sistema de alcantarillado convencional, lo cual se debe básicamente a la limpieza y succión de los tanques sépticos.

Tabla N° 113 Costos de Operación y Mantenimiento del sistema propuesto y el sistema convencional

Costos O&M	Sistema de Alcantarillado propuesto (S/)	Sistema de Alcantarillado Convencional (S/)	Variación (S/)	% Respecto al Alcantarillado Convencional
Operación	121,225.00	165,764.00	-44,539.00	-26.87
Mantenimiento	338,027.10	140,237.92	197,789.18	141.04
Total	459,252.10	306,001.92	153,250.18	50.08

Nota. Fuente: Elaboración propia

La operación de la red de alcantarillado de diámetro pequeño representa el 68.06% del costo total de operación del sistema de alcantarillado propuesto, mientras que en el caso del sistema de alcantarillado convencional la operación de la red de alcantarillado solamente representa el 26.41% del costo total de operación, por lo que la operación de la red de alcantarillado de diámetro pequeño cuesta 88.48% más que la operación de la red de alcantarillado convencional.

La operación de la zanja de infiltración representa el 31.94% del costo total de operación del sistema de alcantarillado propuesto, mientras que en el caso del sistema de alcantarillado convencional la operación de la PTAR representa el 73.59% del costo total de operación, por lo que la operación de la zanja de infiltración cuesta 68.26% menos que la operación de la PTAR.

**Tabla N° 114 Variación del costo de operación de sistema de alcantarillado
propuesto y sistema convencional**

Operación	Sistema de Alcantarillado propuesto (S/)	%	Sistema de Alcantarillado Convencional (S/)	%	Variación (S/)	% Sobre Alc. Conv.
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	82,501.00	68.06	43,771.00	26.41	38,730.00	88.48
Tratamiento y/o Disposición Final	38,724.00	31.94	121,993.00	73.59	-83,269.00	-68.26
Total	121,225.00	100.00	165,764.00	100.00	-44,539.00	-26.87

Nota. Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento de la red de alcantarillado de diámetro pequeño representa el 84.08% del costo total de mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto, mientras que en el caso del sistema de alcantarillado convencional el mantenimiento de la red de alcantarillado solamente representa el 34.36% del costo total de mantenimiento, por lo que el mantenimiento de la red de alcantarillado de diámetro pequeño cuesta 489.92% más que el mantenimiento de la red de alcantarillado convencional.

El mantenimiento de la zanja de infiltración representa el 44.38% del costo total de mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto, mientras que en el caso del sistema de alcantarillado convencional el mantenimiento de la PTAR representa el 65.64% del costo total de mantenimiento, por lo que el mantenimiento de la zanja de infiltración cuesta 41.55% menos que el mantenimiento de la PTAR.

Tabla N° 115 Variación del costo de mantenimiento de sistema de alcantarillado propuesto y sistema convencional

Mantenimiento	Sistema de Alcantarillado propuesto (S/)	%	Sistema de Alcantarillado Convencional (S/)	%	Variación (S/)	% Sobre Alc. Conv.
Red de Alcantarillado (recolector de efluente)	284,223.10	84.08	48,179.92	34.36	236,043.18	489.92
Tratamiento y/o Disposición Final	53,804.00	44.38	92,058.00	65.64	-38,254.00	-41.55
Total	338,027.10	278.84	140,237.92	100.00	197,789.18	141.04

Nota. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como se muestra en el Gráfico N° 143, en un horizonte de 20 años, el costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado propuesto es mayor al costo de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado convencional en S/ 153,250.18 (Ciento cincuenta y tres mil, doscientos cincuenta con 18/100 soles), lo cual significa que la operación y mantenimiento del sistema propuesto cuesta 50.08% más que el sistema convencional.

	Propuesto (S/)	Convencional (S/)	Δ (Convencional - Propuesto)	% Respecto Convencional
Operación	121,225.00	165,764.00		
Mantenimiento	338,027.10	140,237.92		
Total	459,252.10	306,001.92	-153,250.18	-50.08
Costo Directo	460,695.56	856,771.13	396,075.57	46.23

O & M

Propuesto > Convencional

Ejecución

Convencional > Propuesto

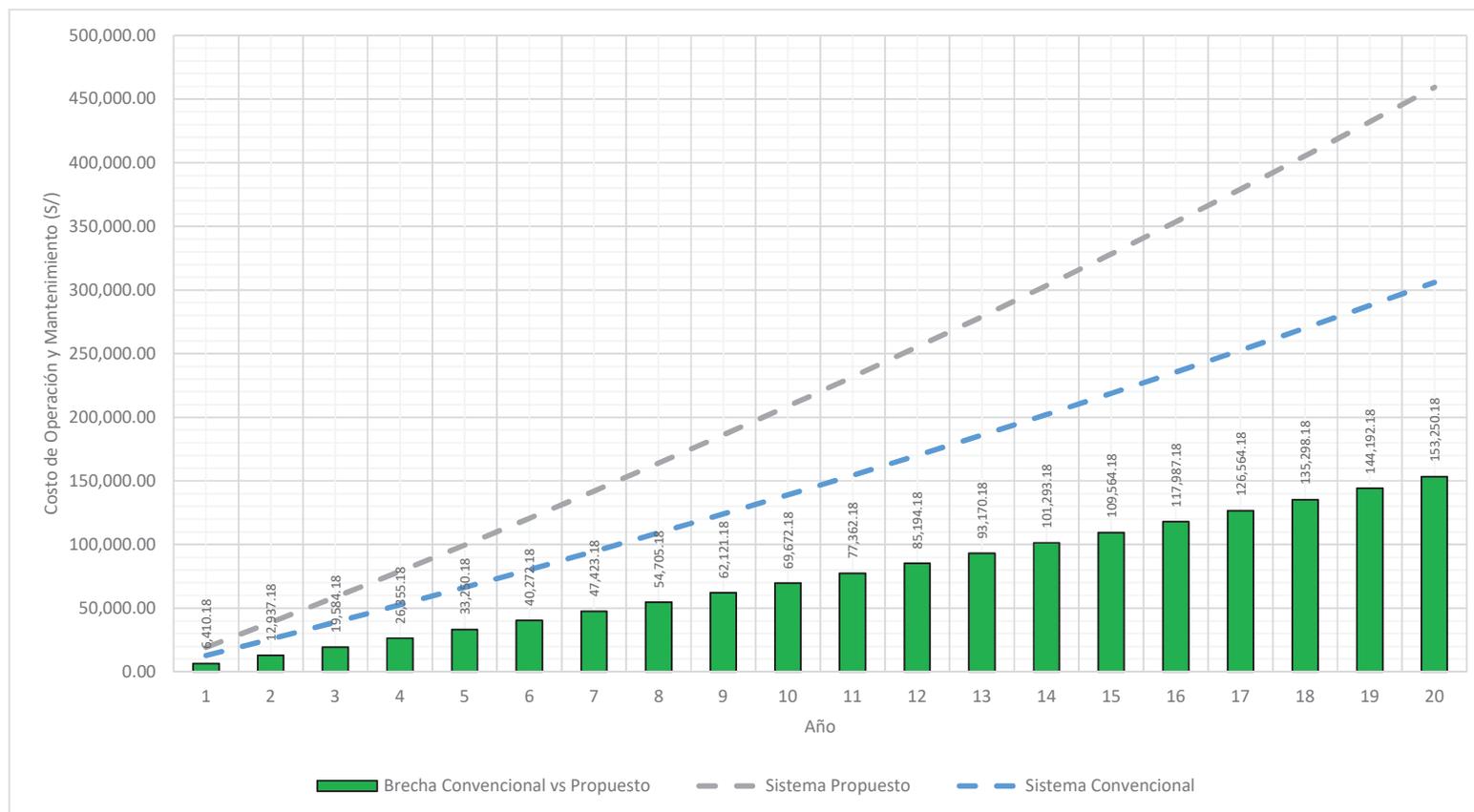


Gráfico N° 143 Variación entre costo de operación y mantenimiento del sistema convencional y sistema propuesto

Fuente: Elaboración propia

Costo Directo	Sistema Propuesto		Sistema Convencional		Δ (Convencional - Propuesto)	% Respecto Propuesto	% Respecto Convencional	
		Monto (S/)		Monto (S/)				
Red de Alcantarillado (Recolector de Efluentes)	251,040.96		277,320.18		26,279.22	10.47	9.48	
Tratamiento y Disposición Final	165,984.26		PTAR 535,780.61		369,796.35	222.79	69.02	
Pontón	43,670.34	460,695.56	43,670.34	856,771.13	396,075.57	85.97	46.23	
Gasto General (10%)	46,069.56		85,677.11					
Utilidad (5%)	23,034.78	69,104.34	42,838.56	128,515.67				
Sub Total	529,799.89		985,286.80					
IGV (18%)	95,363.98	95,363.98	177,351.62	177,351.62				
Total		625,163.88		1,162,638.42	Convencional > Propuesto	537,474.54	85.97	46.23
Operación								
Red de Alcantarillado	82,501.00		43,771.00					
Tratamiento y Disposición Final	38,724.00	121,225.00	121,993.00	165,764.00				
Total		121,225.00		165,764.00	Convencional > Propuesto	44,539.00	36.74	26.87
Mantenimiento								
Red de Alcantarillado	284,223.10		48,179.92					
Tratamiento y Disposición Final	53,804.00	338,027.10	92,058.00	140,237.92				
Total		338,027.10		140,237.92	Propuesto > Convencional *Limpieza y succión de tanques sépticos	-197,789.18	-58.51	-141.04
Total General		1,084,415.98		1,468,640.34	Convencional > Propuesto	384,224.36	35.43	26.16

CAPÍTULO VI: VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN**6.1. Encuesta a expertos**

Para validar la presente propuesta se aplicó una encuesta cualitativa anónima, con un contenido de seis preguntas, a profesionales conocedores y entendidos de los sistemas de alcantarillado.

Los profesionales encuestados fueron los siguientes:

Nombres y Apellidos	Cargo	Empresa
Ing. Henry Sarmiento C.	Jefe de Oficina Técnica	Graña y Montero
Ing. Adolfo Loayza F.	Jefe de Oficina Técnica	IVC Contratistas Generales
Ing. Ana Coletti	Ex Gerente de Proyectos y Obras	Sedapal
Ing. Jorge Zorrilla	Administrador de Contratos	Abengoa
Ing. Arturo Vera M.	Gerente de Proyectos	Graña y Montero
Ing. Carlos Montesinos B.	Jefe de Calidad en proyectos de Saneamiento	Abengoa
Ing. Joe Salvatierra T.	Proyectista e Inspector de Proyectos y Obras	Sedapal
Ing. Luis Chagua H.	Proyectista e Inspector de Proyectos y Obras	Sedapal
Ing. Julio Reymundo G.	Supervisor de Proyectos y Obras de Saneamiento	Acruta y Tapia

Nombres y Apellidos	Cargo	Empresa
Ing. José Revilla	Residente General de Proyectos y Obras de Saneamiento	Abengoa
Ing. Alfonso Escobar Z.	Supervisor de Proyectos y Obras de Saneamiento	Acruta y Tapia
Ing. Melisa Roa C.	Especialista Técnica de Intervención Social en Proyectos y Obras de Saneamiento	Cobra
Ing. Luis Torres Arias	Coordinador de Obras	Sedapal

Las preguntas reflejadas en la encuesta virtual, mediante el uso del Software online SurveyMonkey, fueron las siguientes:

- 1) ¿Qué opina, usted, de los sistemas de evacuación de aguas residuales en zonas rurales y urbano marginales del Perú, que son el sistema convencional y su alternativa de menor costo, el sistema condominial?
- 2) ¿Qué otro sistema alternativo de evacuación de aguas residuales conoce usted? Mencione la factibilidad de su uso.
- 3) El sistema de alcantarillado de diámetro pequeño transporta el efluente por gravedad desde un tanque interceptor o tanque séptico a un lugar de tratamiento centralizado o estación de bombeo para transferirlo a otro sistema de recolección o tratamiento. Los sólidos suspendidos son removidos de la corriente de desechos por los tanques sépticos, lo que reduce la posibilidad de que se produzcan atascos y permite tuberías de menor diámetro aguas abajo del tanque séptico en la red de alcantarillado. ¿Recomendaría aplicar este sistema para reducir la brecha de saneamiento en zonas rurales y urbano marginales del Perú?

- 4) Una forma de disponer el efluente de los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño es mediante zanjas de infiltración. Los pozos, zanjas o trincheras son zanjas con una profundidad de entre 1 a 3 metros rellenos de material granular, donde recogen y almacenan el efluente mientras se infiltran en el terreno natural. ¿Recomendaría el uso de este sistema, como alternativa de menor costos, para disponer el efluente de los sistemas de alcantarillado de diámetro pequeño?

- 5) Actualmente, el caudal de diseño para dimensionar las redes de alcantarillado es considerado una variable determinista, donde el caudal de diseño es igual al 80% del caudal máximo horario (agua). Si bien estos planteamientos han resultado adecuados para evitar que las redes colapsen por sobrepasar su carga hidráulica, es incorrecto pensar que están funcionando de manera adecuada. En muchos casos estos sistemas están claramente sobredimensionados y resulta conveniente buscar alternativas. Por tanto, el diseño eficaz de un sistema de saneamiento se debe realizar en base a un modelo matemático, utilizando una serie de procesos aleatorios y empleando técnicas estadísticas, donde se genere series sintéticas de consumo mediante la identificación de las funciones de distribución de probabilidad que mejor reproduzcan en el tiempo el consumo. Estas series sintéticas se convierten posteriormente en series de descargas a la red de saneamiento de los aparatos domésticos, logrando de esta manera obtener una función de distribución de probabilidad que reproduzca fidedignamente los caudales circulantes por las tuberías de desagüe. ¿Considera que, los sistemas de alcantarillado, siempre deberían ser diseñados considerando el caudal de diseño como una variable aleatoria, es decir definir una función de distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los consumos reales?

- 6) Por tanto, ¿Cree, usted, que este (alternativa) sistema integrado de menor costo (cálculo de caudal de diseño como variable aleatoria, red de alcantarillado de diámetro pequeño y zanja de infiltración) sea un sistema que nos permitirá reducir la brecha de saneamiento en zonas rurales y urbano marginales del Perú?

6.2. Análisis y resultados de la encuesta a expertos

RESPUESTAS A PREGUNTA 1)

- Opino que el sistema condominial trabaja igual que el convencional y es de menor costo.
- Que es una excelente alternativa de integrar a las poblaciones rurales, así mismo, es una solución técnica adecuada a las viviendas ubicadas en las laderas, cerros, quebradas y zonas donde no es fácilmente accesible los recursos. Así mismo, este sistema permite facilitar las labores de limpieza y mantenimiento.
- Ambos sistemas son adecuados en zonas urbanas, sin embargo, en las zonas rurales, construir sistemas de alcantarillado convencional sería onerosos.
- Se debe emplear el sistema de alcantarillado que mejor convenga luego de una evaluación técnica económica.
- Todas las personas tenemos derecho a usar servicios de primera calidad. Por lo que el agua tratada deja de serlo. Se deberían evacuar en zonas no pobladas y con ninguna posibilidad de injerencia directa e indirecta a la población humana.
- Los sistemas de evacuación de aguas residuales son sistemas indispensables en cualquier zona rural y urbana del Perú. El sistema convencional se trata de un sistema pensado en zonas de espacio suficiente y pendientes mínimas (buzones), mientras que el sistema condominial se emplea en zonas de reducido espacio y altas pendientes (cajas condominiales).

- El sistema condominial es una solución eficiente y económica. Además, en algunos es la única solución técnicamente factible debido a la topografía de los asentamientos humanos o la excesiva estrechez de las calles o pasajes.
- Los sistemas de evacuación de aguas residuales en ambas zonas son satisfactorios, en el caso de las zonas urbanas se aplica el sistema convencional y en algunos casos el sistema condominial cuando se tiene zona de difícil acceso y las condiciones son especiales, en zonas rurales se debería hacer una evaluación para evaluar la alternativa de sistema condominial ya que a la fecha solo se construye el sistema convencional.
- Me parecen alternativas adecuadas pero cada uno debe estar orientado a la realidad específica a fin de evitar tener un sistema en una zona a la que le corresponde otro sistema.
- Los dos sistemas son alternativas de solución a diferentes realidades de espacio, pendientes y cantidad de usuarios. En zonas de fuerte pendiente poco espacio un sistema adecuado es el condominial por su costo adecuado a dicha realidad. A diferencia de un sistema convencional en zonas de fuerte pendiente y poco espacio resultaría honroso e inejecutable.
- El sistema condominial que está siendo aplicado en zonas urbano marginales, es adecuado, por las ventajas q ofrece este sistema tomando en cuenta la topografía y tipo de terreno.
- Sistema Condominial por sus ventajas operacionales y de inversión para el estado.
- Son buenas alternativas de solución para evacuar las aguas residuales domésticas.

RESPUESTAS A PREGUNTA 2)

- Tanques sépticos, biodigestores. Los biodigestores son caros. El buen funcionamiento del tanque séptico depende de su mantenimiento.
- Sistema por cajas de paso, hasta llegar a un sistema condominial o convencional.
- El uso de los tanques sépticos es un sistema recomendable para las zonas rurales y urbanos marginales.
- Conozco el sistema convencional y condominial.
- Tratamiento por ósmosis. Es factible porque alcanza un grado más de purificación.
- Alcantarillado por Vacío, este sistema sería rentable a partir de 75 conexiones domiciliarias para que se instale una instalación de vacío.
- Uso de cisternas o silos y la evacuación posterior en vehículos motorizados. En zonas sin acceso vehicular no es aplicable y tampoco económico.
- Existe el sistema de evacuación de aguas residuales de presión negativa, es importante evaluar su uso en zonas que están ubicadas en contra de la pendiente de terreno o en zonas en donde se tiene declives significativos.
- En zonas donde no existen redes de alcantarillado, se tiene los pozos sépticos, biodigestores, etc. La factibilidad dependerá básicamente de los recursos, la zona donde se instalarán, etc.
- Hay un sistema que usa presiones negativas e s decir succión los desagües desde una caja sellada, se usa en zonas con depresión en la que el desagüe no tendría salida al sistema de colectores, en este caso en una parte alta se instala un bomba que genere presiones negativas y mediante un sistema presurizado se succión los desagües desde la caja domiciliaria del usuario hacia una parte alta, se usa en las

orillas de las playas, en indicadas y zonas deprimidas en la que construir una cámara de bombeo de desagües resultaría oneroso.

- Ninguna otra.
- A través de biodigestores y filtros de percolación.
- Alcantarillado al vacío, es eficiente para zonas en contra pendiente.

RESPUESTAS A PREGUNTA 3)

- Es importante saber de qué diámetro están hablando, cuando dicen tubería de menor diámetro.
- Si. Dado que el principal objetivo es dotar de agua potable y saneamiento higiénico a las poblaciones rurales, en este sentido, el sistema de alcantarillado de diámetro pequeño, permite evacuar las aguas residuales por gravedad. Así mismo, permite ser controlado mediante cámaras de control e inspección.
- Si, recomendaría usar estos sistemas para reducir la brecha de saneamiento en zonas rurales y urbanos marginales, ya que, construir colectores convencionales sería onerosos.
- No recomiendo el uso de tanque séptico porque después es un problema el abandono de los mismos. Debe promoverse un sistema de alcantarillado que descargue en una planta de tratamiento de desagües.
- No, porque el problema sería el mantenimiento a futuro, porque si bien es cierto tiene pendiente pero siempre colocamos el mínimo para evitar mayores costos de instalación.
- Se puede plantear, pero necesitaría implementarse una logística especial para prever la limpieza y el mantenimiento periódico de los tanques sépticos, la cual podría estar a cargo de cada usuario o de un servicio municipal o privado.

- Sí, es aplicable. Pero considero si es factible un sistema por gravedad siempre será más económico y las soluciones condominiales son perfectas para zonas de bajo tránsito y alta pendiente.
- Es recomendable para zonas rurales, para zonas urbanas es difícil puesto que existen en toda habilitación, localidad y otras zonas de comercio como hoteles, restaurantes, zonas de recreación, etc. que harían colapsar este sistema mencionado.
- La cultura peruana hace que el sistema de alcantarillado no sea utilizado adecuadamente. Así, a este sistema ingresa sólidos no solo en suspensión sino aquellos que precisamente atoran las redes. Para poder aplicar este sistema, debería iniciarse por una muy buena campaña de concientización y cambio de mentalidad en la población beneficiaria.
- Es una buena alternativa para la reducción de la brecha de saneamiento en zonas marginales, en este caso se debe acompañar a los que operan el sistema sobre el tratamiento de los sólidos.
- Si.
- Claro que sí o la otra opción usar biodigestores.
- No, por el alto costo de operación y mantenimiento.

RESPUESTAS A PREGUNTA 4)

- Si.
- No, todo sistema debe tener un destino final de disposición, y no ser depositado mediante infiltración. El objetivo sería llegar a una planta de tratamiento de aguas residuales.

- Si, recomendaría usar este sistema en tanto este adecuadamente diseñado, con un tubería adecuada y protección adecuada, ya que, la población en zonas rurales depende de la agricultura y ganadería.
- Solo para poblados menores que no halla forma de conectar su sistema de desagüe a un sistema mayor.
- No, tenemos sistemas que no involucran los suelos. Sería mucho mejor.
- Lo recomendaría especialmente en zonas inhóspitas, donde es muy difícil plantear la disposición final de los efluentes.
- Si puede recomendarse, pero se tiene que evaluar el tema de impacto ambiental y la posible contaminación del subsuelo o napa freática.
- Es una alternativa viable en lugares donde no existe cuerpos receptores y deberían hacerse previa evaluación si no hay aguas subterráneas o posible presencia de aguas de infiltración ya que se podría producir la contaminación.
- Me parece que sería una manera de contaminar el suelo cercano por lo que no lo recomendaría, salvo sea para una u algunas familias máximo.
- Este sistema contamina el subsuelo y la napa freática, se debe tener cuidado cuando aguas abajo hay población que en muchos casos hacen sus pozos para extraer agua para consumo humano, o contaminan las aguas de riego, se puede usar con el cuidado de que la infiltración no perjudicará a los usuarios y población vinculada.
- Finalmente contaminan el suelo.
- Siempre que la geográfica de la zona lo permita.
- No, porque se deben realizar tratamientos previos antes de su disposición final.

RESPUESTAS A PREGUNTA 5)

- El modelo matemático se hace para grandes colectores, pero sobre todo para definir la llegada de los desagües desde diferentes puntos y con ello hacer un adecuado diseño del diámetro. En colectores pequeños no creo necesario hacerlo, el costo de tener más de la profundidad de instalación, no tanto del diámetro.
- Parcialmente sí. dado que es un sistema que viene operando desde hace muchos años, sin embargo, considero adecuado realizar pruebas de funcionamiento en ciertas zonas con poblaciones estables, de tal forma que el modelo matemático pueda reflejarse en la realidad, así poder implementar optimización en los cálculos.
- Si, los diseños en poblaciones rurales, si se diseñe por reglamentos o normas, van estar sobredimensionados y la vez onerosos, si lo diseño por fórmulas matemáticas y se adecua mucho mejor el sistema de evacuación de excretas. Las fórmulas matemáticas para calcular la población futura no son las adecuadas para las poblaciones rurales, se debería generar otra fórmula matemática.
- Es mejor diseñar en función del caudal máximo horario.
- Los sistemas de diseño son correctos. Lo que debemos de controlar a la población para que crezcan ordenadamente.
- Debería ser lo correcto, pero lamentablemente, en la actualidad el Perú no cuenta con registros suficientes para poder elaborar las series. Por tanto, para plantear este modelo, primeramente, se debe recopilar información suficiente en cada una de las zonas de análisis.
- De acuerdo, serían diseños más eficientes y por lo tanto se optimizaría el monto de inversión.
- Los sistemas de alcantarillado se diseñan con el 80% del caudal máximo horario, sería importante realizar una estimación más exacta a fin de no sobre o sub dimensionar los sistemas de alcantarillado, ojo no en todos los lugares es menos al 80%, puede ser mayor al 80%, estoy de acuerdo que se haga un estudio, pero este debería ser por zonas, tomar como base la dato de INEI.

- Estoy de acuerdo.
- Lo que sucede es que muchos manuales de diseño están basados en otra realidad, hábitos de consumo, creencias y costumbres, también es cierto que el consumo es variable en función al clima, es decir varía con el tiempo, considero que una distribución de probabilidad podría bien aplicarse para determinar los rangos de consumo y en base a dicha distribución de probabilidad se diseñe las redes de manera de determinar los valores máximo y mínimo del diámetro de las tuberías.
- Si.
- Sería lo mejor, siempre que sea sustentado técnicamente (además de considerar el entorno social de la zona - usos y costumbres).
- Diseñar con el caudal máximo es lo mejor, porque absorbe el crecimiento exponencial de la población en el tiempo.

RESPUESTAS A PREGUNTA 6)

- Creo que se puede hacer un ejercicio y ver qué diferencia hay con el sistema condominial, que ya es un sistema de menor costo.
- Sí, considerando que el modelo matemático tenga variables acotadas y de permanente monitoreo, podríamos registrar, medir, evaluar e implementar acciones de mejora, con el objeto de reducir las brechas de saneamiento en las zonas rurales y marginales del Perú.
- Sí, estoy de acuerdo con la metodología, ya que, sería bastante beneficioso para el estado.
- Se debe dotar de saneamiento a las zonas rurales y evaluar la mejor alternativa técnica económica.

- Sí, pero con una alternativa de cambio de zanjas de infiltración.
- Si, pienso que sí, pero debería analizarse todas las variables, por ejemplo, el diseño adecuado de las tuberías con información probabilística, el impacto con el medio ambiente, Operación y Mantenimiento en el tiempo.
- Sí, es una alternativa interesante y que se aplicaría en zonas que de otro modo no podrían acceder a obras de saneamiento.
- Estoy de acuerdo que los sistemas de menor costo y menor diámetro no llevaría a reducir la brecha asociado a menores costes de las obras, pero es necesario un estudio de estas nuevas características que se piensa plantear, es necesario tomar como base experiencias de otros países en américa latina como modelo, tal es el caso de Brasil y Colombia que nos llevan muchos años de desarrollo en saneamiento.
- Considero que sí, pero no debe perderse de vista el tema cultural de los beneficiados.
- Si los costos disminuyen lógicamente quedará más recursos para construir más infraestructura, es decir hacer más.
- Si.
- Totalmente de acuerdo siempre que se encuentra totalmente respaldado por la parte técnica y de capacitación a la población.
- No, porque se puede utilizar otras alternativas que puedan reducir mejor la brecha.
- Es notorio, entonces, que los expertos, conocedores y entendidos del saneamiento urbano y rural del Perú confían en que se debe apostar por nuevas tecnologías de alcantarillado para que el Estado pueda cerrar la brecha del saneamiento en las zonas rurales y urbano marginales del Perú, eso sí, se debe tener en cuenta la cultura y hábitos de la población beneficiaria.

CONCLUSIONES

El problema de Saneamiento en las zonas Rurales y Semi-Urbanas de nuestro país tiene un alto déficit de cobertura, debido fundamentalmente al alto costo de los sistemas de alcantarillado convencional por gravedad, y los procesos de tratamiento de desagües y disposición final; lo cual hace que sean económicamente onerosos para este tipo de comunidades de bajo poder adquisitivo y del Estado como responsable de dotarlos de las condiciones de Saneamiento (Agua y Desagüe) que les permita desarrollarse plenamente.

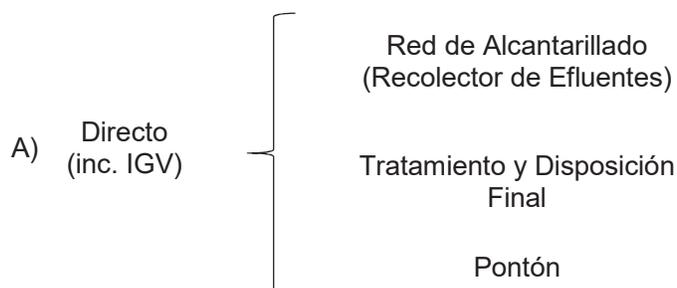
Como una alternativa del Sistema de Alcantarillado Convencional se ha propuesto un sistema de menor costo, de diámetro pequeño en la que el caudal de diseño utiliza como base un modelo estocástico utilizando una serie de procesos estocásticos y funciones probabilísticas.

Esta tecnología se ha aplicado como un proyecto piloto a la Comunidad del Distrito de San Francisco de Quilmaná-Cañete, con una población de 241 habitantes que se desarrolla en un número total de 60 lotes de vivienda y la muestra representativa de las mismas ha sido de 34 lotes con una confiabilidad de 90% y 6% de error máximo, habiéndose utilizado un medidor de flujo ultrasónico no invasivo en dos lotes (7 y 8) durante 29 días calendario (15 y 14 días respectivamente) para obtener datos reales de consumo continuo.

Se contempló el estudio de cinco (05) variables aleatorias de uso en (%): 1) grifos, 2) lavadoras, 3) duchas, 4) inodoros y 5) fugas.

Con la finalidad de verificar la bondad del sistema alternativo, se optó por un análisis comparativo del costo requerido para cada sistema.

El costo total considera la suma de los tres costos a saber: A) Directo, B) Operación y C) Mantenimiento.





Habiéndose obtenido las siguientes conclusiones que sintetizamos a continuación.

1. El costo general de la obra utilizando el Sistema Convencional es mayor que el Sistema Propuesto en un 26.16% (S/ 1'468,640.34 > S/ 1'084,415.98), lo cual implica que el Sistema Propuesto es 35.43% más económico que el Sistema Convencional.
2. En términos de costo directo (inc. IGV), el Sistema Convencional es mayor al Sistema Propuesto en 46.228% (S/ 1'162,638.42 > S/ 625,163.88), siendo el costo de tratamiento y disposición final del Sistema Convencional mayor al Sistema Propuesto en 69.02% (S/ 535,780.61 > S/ 165,984.26), y a su vez el costo de la red de alcantarillado del Sistema Convencional es mayor al del Sistema Propuesto en 9.48% (S/ 277,320.18 > S/ 251,040.96).
3. El costo de Operación mantiene la desigualdad, siendo mayor el costo del Sistema Convencional que el Sistema Propuesto en 26.87% (S/ 165,764.00 > S/ 121,225.00).
4. El costo de mantenimiento muestra una inversión de la desigualdad, es decir el costo del Sistema Propuesto es mayor que el Sistema Convencional en 141.04% (S/ 338,027.10 > S/ 140,237.92), lo cual se debe básicamente a la succión y limpieza de los tanques sépticos.
5. La construcción del sistema de alcantarillado propuesto se puede culminar en el 48.47% del tiempo estimado para construir el sistema de alcantarillado convencional, por lo que el sistema de alcantarillado propuesto podría ser puesto en servicio a la población 84 días calendario antes que el sistema de alcantarillado convencional, es decir la generación de beneficio social se daría con antelación.

6. Expertos, conocedores y entendidos del saneamiento urbano y rural del Perú confían en que se debe apostar por nuevas tecnologías de alcantarillado para que el Estado pueda cerrar la brecha del saneamiento en las zonas rurales y urbano marginales del Perú, eso sí, se debe tener en cuenta la cultura y hábitos de la población beneficiaria.

RECOMENDACIONES

No podemos pensar que con este estudio podemos adoptar decisiones generales; es decir, es necesario llevar a efecto más planes piloto para comunidades pequeñas y realizar el registro de caudales con una mayor cantidad de medidores que nos permitirán obtener datos simultáneos y ver el desempeño de consumo en cada vivienda como una función del tiempo; tomando en consideración la cultura sanitaria y uso del agua, que es diferente para cada persona o grupo de personas.

Se debería realizar investigaciones con periodos de registro de datos de consumo mucho más prolongados, toda vez que, a mayor cantidad de datos, la información sería más fiable. Asimismo, se podría, incluso, considerar más variables aleatorias, como pueden ser: cantidad de habitantes por vivienda, estación del año (verano, invierno, otoño o primavera), ya que, el consumo de agua depende inmensamente de los factores antes mencionados.

La factibilidad del uso del sistema de alcantarillado propuesto depende ampliamente de la educación sanitaria de la población beneficiaria proyectada, por lo que es recomendable que exista un gran trabajo de intervención social y concientización, toda vez que el funcionamiento del sistema propuesto dependerá del uso correcto que éstas personas puedan dar a su sistema de alcantarillado.

La actividad que más encarece la red de alcantarillado de diámetro pequeño, no solo en costo de inversión sino también el costo de operación y mantenimiento, es el uso de tanques sépticos, el cual representa el 59.62% del costo directo de la red de alcantarillado de diámetro pequeño, por lo que en futuras investigaciones se podría proponer nuevas alternativas, como puede ser el uso de biodigestores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

- Anne Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Badii, M. H., Castillo, J., Foroughbakhch, R., & Cortez, K. (2007). *Probability and scientific research*. Monterrey.
- Badii, M. H., & Castillo, J. (2007). *Técnicas Cuantitativas en la investigación*. Monterrey.
- Badii, M. H., & Castillo, J. (2009). *Probabilistic distributions of common use*. Monterrey.
- Badii, M. H., Castillo, J., Cortez, K., Guillen, A., & Villapando, P. (2007). *Diseños experimentales e investigación científica en Innovaciones de Negocios*. Monterrey.
- Badii, M. H., Castillo, J., Landeros, J., & Cortez, K. (2007). *Papel de la estadística en la investigación científica e Innovaciones de Negocios*. Monterrey.
- Caicedo Londoño, M. A. (2011). *Modelo Estocástico para la determinación de los caudales punta de aguas residuales en Edificios de Viviendas*. Madrid.
- Castillo, N. (13 de Octubre de 2017). El sector construcción junto a comercio y servicios impulsarían el crecimiento del PBI en los próximos meses. *El Comercio*.
- Charmarbagwala, M., & Ranger, H. (2004). *Waddington and Howard White: The Determinants of Child Health and Nutrition*. Washington, USA.
- Deoreo, B. (27 de Octubre de 2018). *Aquacraft Water Engineering and Management*. Obtenido de Aquacraft Water Engineering and Management: <http://www.aquacraft.com/>
- Durban, M. (2013). *Procesos Estocásticos*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Franceys, R., Pickford, J., & Reed, R. (1992). *A Guide to Development of on-site Sanitation*. England: World Health Organization.
- Healthabitat Australia (Dirección). (2011). *How a septic tank works* [Película].
- Heinrich M. (2007). *Water End Use and Efficiency Project (WEEP) – Monitoring Report*. Judgeford, New Zealand: BRANZ Study Report 159. BRANZ Ltd.
- Hernandez, S. R., Fernandez, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- INEI, I. (2015). *Encuesta Nacional de Programas Estratégicos 2011 - 2013*. Lima.

- INEI, I. N. (2007). *Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2017*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Perú: Perfil Sociodemográfico Informe Nacional del Censo Nacional 2017*. Lima: INEI.
- Kalbermatten, J. M., Julius, D. S., & Gunnerson, C. G. (1982). *Appropriate Sanitation Alternatives: A technical and Economic Appraisal*. USA: Johns Hopkins University Press.
- Lampoglia, C. T., & Rolim Mendoza, S. (2006). *Alcantarillado Condominial: Una estrategia de saneamiento para alcanzar los objetivos del milenio en el contexto de los municipios saludables*. Lima, Perú.
- Lauwo, S., Sharvelle, S., & Coesner, L. (2012). *A review of advanced sewer system designs and technologies*. Colorado, USA.
- Mascareñas, J. (2013). *Procesos Estocásticos: Introducción*. Madrid, España.
- MathWave Technologies. (27 de Octubre de 2018). *Mathwave Data analysis and simulation*. Obtenido de Mathwave Data analysis and simulation: <http://www.mathwave.com/es/home.html>
- McFarlane, P. (2002). *Underground Utilities - Seismic Assessment and Design Guidelines*. New Zealand.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Plan nacional de inversiones del sector saneamiento para el periodo 2014 - 2021*. Lima, Perú.
- Montes Suay, F. (2007). *Procesos Estocásticos para Ingenieros: Teoría y Aplicaciones*. Valencia, España: Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Valencia.
- Municipalidad Distrital de Quilmaná. (2017). *Creación de las redes de alcantarillado y construcción de la planta de tratamiento de agua residual anexo San Francisco, distrito de Quilmaná, provincia de Cañete, región Lima*. Cañete, Lima.
- New York State Department of Health, B. (2012). *Design Handbook of Residential Onsite Wastewater Treatment Systems*. New York.
- Norma Técnica Peruana NTP I.S. 020. (2012). *Tanques Sépticos*. Lima.
- Oblitas de Ruiz, L. (2010). *Servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Perú: Beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Santiago de Chile, Chile.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanque Imhoff y Laguna de Estabilización*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Lima.

- Oxfam. (2008). *Septic Tank Guidelines Technical Brief*. United Kingdom: policy-practica.oxfam.org.uk.
- Plastica. (2016). Ficha Técnica NTP ISO 1452. *Tubos de agua PVC-U*, 1-5.
- Reed, B. (2004). *Low-Cost Sanitation*. United Kingdom: Water, Engineering and Development Centre of Loughborough University.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). *I.S. 020 Tanques Sépticos*. Lima: Dirección Nacional de Saneamiento.
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de Tuberías y Canales*. Lima, Perú.
- Romero Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 39-48.
- Rouse, H. (1951). *Hidráulica*. Dossat S.A.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos*. Bogota, Colombia: Alfaomega.
- Saldarriaga, J. (2014). Modelo Estocástico de demanda de agua en edificaciones. *Revista de Ingeniería #40*, 4-5.
- Sundaravadivel, M., & Vigneswaran, S. (2009). *Waste Water, Reuse and Reclamation*. Oxford, United Kingdom.
- United States Environmental Protection Agency. (1980). *Design Manual of Onsite Wastewater Treatment and disposal systems*. Washington DC: Office of Water Program Operations.
- Water Environment Federation. (2008). *Manual of practice No. FD-12 Second Edition: Alternative Sewer Systems*. Alexandria, Virginia, USA: Mc Graw-Hill.