



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL
MÉTODO DE VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS**

TUTOR

PhD. MARCIAL SEBASTIAN CALERO AMORES

AUTORES

ANDREA ABIGAIL GUALLI CONTRERAS

MELVIN ANDRÉS ZAMBRANO CHALÉN

GUAYAQUIL

2023

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Sistema de extracción de aguas residuales por el método del vacío, para la gestión de residuos	
AUTOR/ES: Gualli Contreras Andrea Abigail Zambrano Chalén Melvin Andrés	REVISORES O TUTORES: PhD. Calero Amores Marcial Sebastián
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2023	N. DE PAGS: 187
ÁREAS TEMÁTICAS: Ingeniería, Industria y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Alcantarillado, Agua Residual, Saneamiento, Tratamiento de desechos.	
RESUMEN: Desde que el hombre ha convivido y buscado establecerse en un lugar y residir, en comunidades, los sistemas de alcantarillado surgen desde ese momento en que dentro de un lugar el cual se encuentre una población y que esta disponga de un recurso natural como es el agua, requerirá de una forma de evacuar las aguas ya dispuestas, que se consumieron en las diferentes actividades diarias, estas aguas pueden ser de origen residencial, comercio industrial o agrícolas y sus derivados consumos, sin afectar la salud de los demás o de la fauna o flora que se encuentre en el mismo, es por esto de emplear nuevas técnicas y aplicación de métodos que nos permitan asegurar la sostenibilidad en la construcción, ha llevado a buscar reducir el impacto que generan la	

<p>implementación de sistemas de alcantarillado convencional por gravedad, el riesgo que se tiene en el mismo ya que por eventos ajenos al humano y por fuerza de la naturaleza al existir uno, la contaminación ya sea por filtración del sistema o por falla en el mismo, es una preocupación a la cual se debe siempre tener presente, se referirán los detalles técnicos en cuanto al diseño y cálculos en los que incurren el sistema de alcantarillado, describiendo su configuración en cuanto a componentes, destacará este trabajo la caracterización del método de vacío, los elementos que lo integran, las alternativas que se proyectan a su uso, en referencia al tradicional que es por gravedad, complementando información acerca del método propuesto, detallando sus ventajas y desventajas, proponiendo una guía referencial para su diseño y aplicación.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Gualli Contreras Andrea Abigail Zambrano Chalén Melvin Andrés	Teléfono: +593 987242587 +593 982347040	E-mail: aguallic@ulvr.edu.ec mzambranoch@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>Mgtr. Genaro Gaibor Espín Decano Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: ggaibore@ulvr.edu.ec</p> <p>Mgtr. Alexis Wladimir Valle Benítez Coordinador de la carrera de Ingeniería Civil Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Sistema de Extracción de Aguas Residuales por el Método de Vacío, para la Gestión de Residuos

INFORME DE ORIGINALIDAD

5 %	5 %	0 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil Trabajo del estudiante	1 %
2	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
7	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
8	www.derechoecuador.com Fuente de Internet	<1 %

9	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	maecanar.files.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	www.siss.gob.cl Fuente de Internet	<1 %
14	www.przetargi.info Fuente de Internet	<1 %
15	www.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
16	1library.co Fuente de Internet	<1 %
17	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
18	anda.inec.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
19	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
20	reliefweb.int Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unphu.edu.do Fuente de Internet	<1 %
22	www.med-estetica.com Fuente de Internet	<1 %
23	Arnulfo Aron Chavez. "", IEEE Latin America Transactions, 3/2008 Publicación	<1 %
24	Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.ufpso.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
27	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
29	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	steemit.com Fuente de Internet	<1 %

32	vdocumento.com Fuente de Internet	<1 %
33	www.ausa.com Fuente de Internet	<1 %
34	www.wattagnet.com Fuente de Internet	<1 %
35	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 34 (2018)", Brill, 2019 Publicación	<1 %
36	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
37	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
38	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
39	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
42	www.ersp.gob.pa Fuente de Internet	<1 %

43	www.iadb.org Fuente de Internet	<1 %
44	www.ievi.net Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
47	www.dropbox.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias Apagado

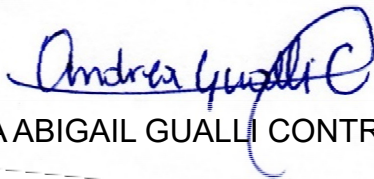
Marcelo Cabero A.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ANDREA ABIGAIL GUALLI CONTRERAS Y MELVIN ANDRÉS ZAMBRANO CHALÉN, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Sistema de Extracción de Aguas Residuales por el Método de Vacío, Para la Gestión de Residuos, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



ANDREA ABIGAIL GUALLI CONTRERAS

C.I.: 0950965202



MELVIN ANDRÉS ZAMBRANO CHALÉN

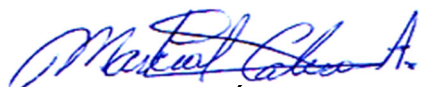
C.I.: 0918640814

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación, Sistema de Extracción de Aguas Residuales por el Método de Vacío, Para la Gestión de Residuos, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Sistema de Extracción de Aguas Residuales por el Método de Vacío, Para la Gestión de Residuos, presentado por los estudiantes ANDREA ABIGAIL GUALLI CONTRERAS Y MELVIN ANDRÉS ZAMBRANO CHALÉN, como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



PhD. MARCIAL SEBASTIÁN CALERO AMORES

C.C.: 0905197869

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar a mi lado en cada paso que he dado en mi vida, a mi Padre que, aunque no me acompañe en vida sé que estaría orgulloso de sus hijos, a la confianza que me dieron mi Madre y mi Hermano para empezar otra carrera que nunca hubiese intentado, y a mi tía Carmen Chalén que en el proceso encontré más que una ayuda, sino una segunda madre y a mi Tutor de tesis, que sin estas personas no hubiese podido ni empezar o terminar la carrera.

Melvin Andrés Zambrano Chalén

En estas líneas quiero agradecer a Dios por haber guiado todo este proceso hasta ahora, que, con tropiezos, caídas y levantadas, está llegando a su fin. A mis padres por haberme impulsado a continuar y no rendirme. A Cris que me ha acompañado en los momentos más difíciles a creer en mí y a Nathan por enseñarme la versión más fuerte que no conocía de mí misma. Gracias a Morat por darme motivos de siempre avanzar en esos momentos difíciles, a mi compañero de tesis por todas las veces que me escucho y que con sus consejos me ayudó a continuar y a mi tutor por acompañarnos y guiarnos junto a mi compañero, sin duda todos contribuyeron a que se culminar con éxito esta etapa universitaria.

Andrea Abigail Gualli Contreras

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Milton y Josefina de Zambrano por darme la educación que me dieron, a mi madre por confiar en mí que más que ser una madre es una amiga, a mi hermano Milton Omar por apoyarme incondicionalmente y que desde la partida de papá se convirtió en uno para mí, sin sus consejos ni su ayuda no hubiese podido avanzar y más aún por darme motivos de superación y también seguir con la maestría después de graduarme, por último a mi tía Carmen, de quien sin esperar su ayuda y apoyo brindado, desde ese momento se convirtió una segunda madre, a la cual amo y respeto, gracias a ustedes por ser parte fundamental de quien soy.

Melvin Andrés Zambrano Chalén

Esta dedicación va para mi Hijo Nathan que me motiva a superarme cada día más, a mis padres que con su apoyo y dedicación me han conducido hasta lo que soy ahora, a mi abuela Mariana que con sus consejos y amor me enseñaron a no rendirme y a trabajar duro hasta llegar a la meta, a mi esposo Cris y a mi suegra Rita por las muchas veces que me ayudaron cuando el camino se hizo difícil, este logro también es de ustedes que me motivaron a continuar, que al final de todo, la vida siempre nos prepara para algo mejor, a mi tía Charito que fue como una segunda madre y abuelos por toda su dedicación, por las veces que me acompañaron en el camino sin dudarlos y lo daban todo por mí y para mí. Hoy estamos cerrando una importante etapa, que sin su apoyo y ayuda no lo hubiera logrado y les quedo eternamente agradecida por todo, son parte fundamental de este proceso.

Andrea Abigail Gualli Contreras

RESUMEN

Uno de los persistentes problemas territoriales en diferentes sectores del país, a causa de la falta de políticas públicas para la gestión del agua residual. Ha desencadenado en muchos casos el colapso del sistema de alcantarillado existente, sea por falta de mantenimiento o por el mal uso de los usuarios. De manera que, es preciso modernizar la captación de las aguas residuales, para que la gestión de residuos pueda ser eficaz y sostenible en el tiempo, incluso en zonas donde el sistema por gravedad no es factible. A causa de esta problemática, se propone el método de alcantarillado por vacío como una alternativa económicamente viable y sostenible en el tiempo. El alcance de esta investigación de tipo correlacional, a partir de la hipótesis planteada se relacionan las variables. Por consiguiente, una vez recolectada la información, se categorizan de forma sistemática los conceptos y se extrapolan los resultados. Así pues, se obtuvieron los resultados en cuanto a la proyección de costos referenciales del sistema por vacío, funcionamiento y lineamientos a considerar para su implementación en el país.

Palabras Claves: Alcantarillado, Agua Residual, Saneamiento, Tratamiento de desechos

ABSTRACT

One of the persistent territorial problems in different sectors of the country, due to the lack of public policies for wastewater management. In many cases, this has led to the collapse of the existing sewerage system, either due to lack of maintenance or misuse by users. Therefore, it is necessary to modernize wastewater collection, so that waste management can be effective and sustainable over time, even in areas where the gravity system is not feasible. Because of this problem, the vacuum sewerage method is proposed as an economically viable and sustainable alternative. The scope of this research of correlational type, based on the hypothesis proposed, the variables are related. Therefore, once the information is collected, the concepts are systematically categorized and the results are extrapolated. Thus, the results were obtained in terms of the projection of referential costs of the vacuum system, operation and guidelines to be considered for its implementation in the country.

Key Words: Sewers, Waste water, Sanitation, Waste treatment

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
Enfoque de la Propuesta.....	2
1.1 Tema	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Formulación del problema.....	5
1.4 Objetivo General.....	5
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Línea de Investigación/Facultad.....	6
CAPÍTULO II	7
Marco Referencial	7
2.1 Marco Teórico.....	7
2.1.1 Antecedentes	12
2.1.1.1 Red De Alcantarillado.....	14
2.1.1.2 Aguas Residuales	16
2.1.1.3 Extracción por Gravedad	18
2.1.1.4 Extracción por Vacío.....	19
2.1.1.5 Gestión de Residuos	20
2.1.1.6 Daño Ambiental	20
2.1.1.7 Gestión Ambiental.....	20
2.1.2 Sistema de aguas residuales por Gravedad.....	21
2.1.2.1 Concepto de Sistema de Aguas Residuales por Gravedad	22
2.1.2.2 Conexiones y Cámaras de Inspección	23
2.1.2.3 Componentes del Sistema por Gravedad.....	25
2.1.2.4 Tuberías y Cámaras de bombeo	28
2.1.2.5 Estaciones de Bombeo Prefabricadas	30
2.1.3 Sistemas de aguas residuales por método de vacío.....	31
2.1.3.1 Consideraciones en el Sistema de Aguas Residuales por Vacío.....	32
2.1.3.2 Conexión y Tuberías para el Sistema de vacío.....	33
2.1.3.3 Síntesis de la Operación de Extracción de Vacío.....	34
2.1.3.4 Esquema de la Implementación de un Sistema por Vacío.....	34
2.1.3.5 Descripción del funcionamiento de la red vacío	35
2.1.3.6 Descripción Operativa de la Estación de Vacío	37

2.1.4 La integración del alcantarillado por vacío en la gestión integral del agua.....	39
2.2 Marco Legal.....	44
2.2.1 Constitución de la Republica del Ecuador.....	44
2.2.2 Ley Orgánica de Educación Superior	51
2.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	53
2.2.4 Ley de Gestión Ambiental	65
CAPÍTULO III.....	67
Marco Metodológico.....	67
3.1 Enfoque de la investigación:.....	67
3.2 Alcance de la investigación:.....	67
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos	68
3.3.1 Encuesta.....	69
3.3.2 Análisis documental	69
3.3.1 Entrevista.....	70
3.4 Población y muestra.....	70
3.4.1 Esquema Metodológico.....	70
3.5 Sistema de Alcantarillado por Gravedad.....	71
3.5.1 Caracterización del Sistema por Gravedad	71
3.5.1.1 Criterio de Diseño Hidráulico por Gravedad	73
3.5.1.2 Caudal de Diseño	73
3.5.1.3 Velocidades Máximas.....	75
3.5.1.4 Velocidades Mínimas	76
3.5.1.5 Pendientes	76
3.5.1.6 Profundidad mínima en la Instalación.....	77
3.5.1.7 Profundidad máxima en la Instalación.....	77
3.5.1.8 Diámetro mínimo de las tuberías.....	78
3.5.1.9 Conexiones desde los domicilios	78
3.5.1.10 Cajas en los Domicilios.....	78
3.5.1.11 Colectores en General	79
3.5.1.12 Ubicación de las Cámaras	79
3.5.1.13 Descripción del Proyecto.....	80
3.5.1.14 Estación de Bombeo	83
3.5.1.15 Cámara Húmeda.....	84
3.5.1.16 Equipo para Bombeo	85
3.5.1.17 Calculo para la Altura Estática.....	86
3.5.1.18 Atura Dinámica Total	88

3.5.1.19 Curva del Sistema	88
3.5.1.20 Línea de Impulsión	89
3.5.1.21 Comprobación y cálculo $NPSH_{disp} \geq NPSH_{req}$	89
3.5.1.22 Selección de la Bomba	90
3.5.2 Presupuesto Referencial del Sistema de Convencional.....	93
3.6 Sistema de Alcantarillado por Vacío	95
3.6.1 Caracterización del Sistema de Vacío	95
3.6.1.1 Cámara y Válvula de Vacío	98
3.6.1.2 Tuberías del Sistema por Vacío.....	99
3.6.1.3 Estación de Vacío	100
3.6.1.4 Cálculos Hidráulicos a considerar	101
3.6.1.5 Tanque de recolección	103
3.6.1.6 Calculo del equipo de Bombeo para Vacío.....	104
3.6.2 Proyección de Costos Referenciales del Sistema de Vacío.....	108
3.7 Encuestas	109
3.8 Entrevistas	110
CAPÍTULO IV.....	111
Propuesta	111
4.1 Presentación y análisis de resultados	111
4.1.1 Costos Referenciales entre los Sistemas.....	111
4.1.2 Ventajas y Desventajas entre los Sistemas	113
4.1.2.1 Profundidades de Instalación.....	113
4.1.2.2 Adaptabilidad al Terreno	114
4.1.2.3 Tiempo de Instalación de las Cámaras	115
4.1.2.4 Rebosamiento en los noveles de funcionamiento	117
4.1.2.5 Obstrucciones en el Sistema	117
4.1.2.6 Tiempo de Operación de las Bombas.....	118
4.1.2.7 Tiempo de Ejecución de una Estación de Vacío.....	118
4.1.2.8 Equivalencia del Sistema.....	119
4.1.2.9 Proceso de Instalación de Tuberías.....	119
4.1.2.10 Desventajas del Sistema	119
4.1.3 Análisis y Resultados de las Encuestas	120
4.1.4 Análisis y Resultados de las Entrevistas	128
4.2 Propuesta.....	131
4.2.1 Lineamientos Referenciales para el Diseño y Aplicación de un Sistema de Alcantarillado por Vacío.....	131

4.2.1.1 Características Generales para el Sistema por Vacío	131
4.2.1.2 Operación y mantenimiento	132
4.2.1.3 Consideraciones de Aplicación.....	133
4.2.1.4 Componentes del Sistema	133
4.2.1.5 La Red por Vacío	137
4.2.1.6 Tamaño de la Tubería.....	140
4.2.1.7 Interconexión Válvula de vacío a Red de Vacío.	140
4.2.1.8 Conexión de Ramal con la Red Principal.	141
4.2.1.9 Medidas de Aislamiento.....	142
4.2.1.10 Válvulas de Interrupción.....	142
4.2.1.11 Accesorios.....	142
4.2.1.12 Caudales Comerciales o Distintas.....	142
4.2.1.13 Estación de Vacío.....	143
4.2.1.14 Taque Recolector de Efluentes.....	145
4.2.1.15 Control de Estación.....	145
4.2.1.16 Nivel de Control.....	146
4.2.1.17 Generadores de Vacío.....	147
4.2.1.18 Capacidad del Equipo de Impulsión.....	147
4.2.1.19 Diseño de las Bombas de Impulsión.....	147
4.2.1.20 Sustitución de las Bombas de Impulsión.....	148
4.2.1.21 Equipo Eléctrico a prueba de Explosiones.....	148
4.2.1.22 Válvulas de Retención.....	148
4.2.1.23 Control de Olores.....	149
4.2.1.24 Control de Ruidos.....	149
4.2.1.25 Generación de energía de emergencia.....	149
4.2.1.26 Equipos y Componentes.....	149
4.2.2 Lineamientos para El Diseño de La Red de Vacío	149
4.2.2.1 Principios Generales.....	150
4.2.2.2 Perdidas por Fricción.....	150
4.2.2.3 Perdidas Estáticas.....	151
4.2.2.4 Limites de Pérdidas en General.....	152
4.2.2.5 Longitud de Tuberías Colectoras.....	153
4.2.2.6 Consideraciones en las Conexiones.....	153
4.2.2.7 Consideraciones en los Caudales.....	154
4.2.2.8 Diseño de Tuberías.....	154
4.2.2.9 Gradiente de la Tubería.....	154

4.2.2.10 Diseño Hidroneumático.	154
4.2.2.11 Diseño de la Estación de Vacío.	155
CONCLUSIONES.....	156
RECOMENDACIONES	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
ANEXOS.....	166
Anexo 1 - Solicitud de Información a la EPMV.....	166
Anexo 2 - Autorización de la EMMV.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Proyectadas del Programa Habitacional	4
Tabla 2 - Línea de Investigación Institucional ULVR, FIIC.....	6
Tabla 3. Tabla de Velocidades según el Material	76
Tabla 4. Definición de Pendientes	76
Tabla 5. Profundidades Mínimas	79
Tabla 6. Distancias entre Cámaras	80
Tabla 7. Cálculo de la Red de Alcantarillado.....	82
Tabla 8. Cálculo de Perdidas.....	87
Tabla 9. Presupuesto Referencial de Obras de Alcantarillado por Gravedad	93
Tabla 10. Presupuesto Referencial de la Estación de Bombeo.....	94
Tabla 11. Costos Referenciales entre los Sistemas.....	112
Tabla 12. Funcionamiento de la red existente	121
Tabla 13. Riesgos del Alcantarillado por Gravedad	122
Tabla 14. Tiempo de Construcción del Alcantarillado.....	123
Tabla 15. Extracción por medio del Vacío	124
Tabla 16. Promover Técnicas y Procedimientos	125
Tabla 17. Tratamiento y Reutilización de Aguas.....	126
Tabla 18. Resultados de Entrevista.....	129
Tabla 19. Tablas de Diámetros de Tubería según el flujo	138
Tabla 20. Niveles para Control del Vacío.....	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto Habitacional Trinidad de Dios.....	4
Figura 2. Problemas frecuentes en Sistemas de Alcantarillado	7
Figura 3. Trabajos de instalaciones de alcantarillado sanitario	8
Figura 4. Ejemplo de una Estación de Vacío Flovac	10
Figura 5. Diseño Original de Alcantarillado por Vacío	11
Figura 6. Primeros Sistemas de Alcantarillado.....	13
Figura 7. Origen de las Aguas Residuales.....	18
Figura 8. Esquema de un Sistema Mediante Gravedad	21
Figura 9. Caja de Registro Domiciliaria.	22
Figura 10. Construcción de Redes de Alcantarillado Sanitario.....	23

Figura 11. Cámara de Inspección PVC.....	24
Figura 12. Colector de Aguas Servidas	25
Figura 13. Red de Atarjeas	26
Figura 14. Esquema de una Estación de Bombeo	27
Figura 15. Composición General del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	28
Figura 16. Estación de Bombeo La Pradera. Guayaquil, Ecuador.....	29
Figura 17. Estación de Bombeo Prefabricada.....	30
Figura 18. Esquema del Sistema de Vacío	31
Figura 19. Diferencia entre Sistema por Vacío (Iz) y Gravedad (Dr)	33
Figura 20. Trabajos de instalación del sistema de vacío	35
Figura 21. Adaptabilidad del sistema por vacío.....	36
Figura 22. Obtención del Biogás	39
Figura 23. Inodoros por Vacío	40
Figura 24. Recuperación de fosforo en las aguas residuales.....	41
Figura 25. Contactor biológico giratorio.....	43
Figura 26. Objetivos del Desarrollo Sostenible	66
Figura 27. Esquema Metodológico.....	70
Figura 28. Ubicación General del Proyecto Referencial	72
Figura 29. Área Aportante del Proyecto.....	81
Figura 30. Bomba Referencial	90
Figura 31. Esquema de Conexión del Sistema por Gravedad.....	91
Figura 32. Corte General de Colectores.....	92
Figura 33. Esquema de Tanque recolector de Vacío.....	96
Figura 34. Esquema de Operación de la Cámara de Vacío	97
Figura 35. Válvulas de Vacío.....	98
Figura 36. Esquema del sistema	99
Figura 37. Tanque de Vacío.....	101
Figura 38. Diámetros según el Gasto	101
Figura 39. Esquema de residencia hasta pozo de recolección	105
Figura 40. Esquema General de una implementación de Red por Vacío	106
Figura 41. Esquema de Conexión desde Pozo a la Tubería Principal de Vacío.....	107
Figura 42. Presupuesto Referencial del Sistema por Vacío.....	108
Figura 43. Modelo de Encuesta	109
Figura 44. Modelo de Entrevista	110
Figura 45. Diferencias de profundidad entre los Sistemas.....	113
Figura 46. Comparación de Perfiles entre los Sistemas.....	114
Figura 47. Instalación de Cámaras de Vacío Domiciliarias	115
Figura 48. Construcción de Cámaras Colectora por Gravedad.....	116
Figura 49. Rebose de Aguas Servidas	117
Figura 50. Montaje de una Estación de Vacío	118
Figura 51. Encuestas realizadas a Usuarios	127
Figura 52. Encuestas realizadas a Personal Técnico	127
Figura 53. Entrevista al director técnico de la EPMV	130
Figura 54. Entrevista a Personal Técnico de la EPMV	130
Figura 55. Válvula de Vacío.....	136
Figura 56. Conexión a Tubería de Red de Vacío Principal.....	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Curva del Sistema	88
Ilustración 2. Funcionamiento del Alcantarillado Existente.....	121
Ilustración 3. Riesgos del Alcantarillado por Gravedad.....	122
Ilustración 4. Tiempo de Construcción del Alcantarillado.....	123
Ilustración 5. Extracción de aguas residuales por Vacío	124
Ilustración 6. Promover Técnicas y Procedimientos.....	125
Ilustración 7. Tratamiento y Reutilización de Agua	126
Ilustración 8. Esquema de una Cámara de Vacío.....	134
Ilustración 9. Ejemplo de perfil ascendente y descendente	137
Ilustración 10. Cámaras de Inspección Red de Vacío.....	138
Ilustración 11. Perfiles de Sistema de red por Vacío	139
Ilustración 12. Esquema de Interconexión en Sistema por Vacío	140
Ilustración 13. Detalle de Estación de Vacío.....	144
Ilustración 14. Cálculo de Pérdidas.....	150

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de Información a la EPMV	166
Anexo 2. Autorización de la EMMV	167

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción con el pasar de los años, ha venido experimentando una creciente transformación. Debido a los cambios que se han venido generando en una de las industrias que genera mayores ingresos al producto interno bruto del país. La adaptación a las exigencias de los crecientes avances tecnológicos, tanto en las formas como en los nuevos procesos de la construcción; deberían minimizar el impacto ambiental ocasionado por este sector. De ahí que, la necesidad de implementar sistemas de aguas residuales que cumplan con las normativas vigentes y reduzcan el impacto ambiental ocasionado; es de gran interés para el sector de la construcción en tiempos actuales.

Por consiguiente, en busca de estas mejoras, el sistema de red de alcantarillado por el método del vacío para la gestionar los residuos propone minimizar riesgos de filtración. Además de hacer de la implementación de este sistema, un método constructivo viable que pueda generar una economía de retorno a largo plazo, por los bajos costes de mantenimiento. El sistema de alcantarillado por vacío aprovecha la diferencia de presión atmosférica y la existente en la red. De esta manera, se conducen las aguas residuales desde las cámaras de vacío hasta la estación de vacío. A diferencia del sistema tradicional por gravedad, este sistema utiliza tuberías de diámetros menores, pendientes de poca inclinación y no se necesita intervención de maquinaria para excavaciones profundas, porque la altura de instalación es menor al sistema por gravedad.

Este proyecto propone establecer una relación comparativa entre el sistema gravitacional y por el método del vacío en el proyecto habitacional Trinidad de Dios, que está asentado al Noroeste de la ciudad de Guayaquil, en la zona de Monte Sinaí, conformada por el Macrolote 4 y Macrolote 5. Por lo que se establece a partir de un modelo referencial, el identificar las características operativas y funcionamiento de cada sistema. Finalmente, se proponen los lineamientos referenciales para el diseño y aplicación de un sistema de alcantarillado por vacío.

CAPÍTULO I

Enfoque de la Propuesta

1.1 Tema

“Sistema de Extracción de Aguas Residuales por el Método de Vacío, para la Gestión de Residuos”

1.2 Planteamiento del Problema

Debido al crecimiento poblacional que el país está experimentando de forma considerable sus habitantes y su ineficiente forma de disponer de las aguas limpias; sumado al total de residuos en cuanto a aguas grises y negras que se generan en las grandes ciudades, muchas de estas aguas usualmente en la mayoría de casos, no poseen una adecuada gestión de captación.

Puesto que, como indica Contreras Matamoros en el 2016, la finalidad al tratar el agua residual es devolver líquido vital, lo menos contaminado posible a su estado original. Sin embargo, la evidencia demuestra que mientras el agua atraviesa su proceso de tratamiento, se puede generar proyectos que generen iniciativas autosustentables, para proporcionar un servicio de saneamiento de calidad y desarrollar una economía de retorno a mediano y largo plazo.

Los conflictos de los sistemas para a extracción de las aguas residuales, es un problema latente y el cual ha venido incrementándose con el paso de los años, sin que los gobiernos autónomos descentralizados de cada cantón, tomen parte en la solución de un problema que crece exponencialmente e impactara significativamente las próximas generaciones.

De acuerdo al Boletín Técnico No 05 – 2021 - GAD Municipales – INEC: “en 2021 el 52.8% de agua no tratada es descargada en ríos, el 32.9% en quebradas y el 14,3% es descargado en sitios como acequias, esteros, canal, mar, entre otros.” (Insitituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC]; Asociación de Municipalidades Ecuatorianas [AME]; Banco de Desarrollo del Ecuador [BDE]; Insitituto Nacional de

Estadísticas y Censo [INEC]; Asociación de Municipalidades Ecuatorianas [AME]; ARCA, 2021, pág. 16). En países de Latinoamérica y el Caribe se evidencian resultados en el aprovechamiento de estas aguas y su buen manejo, donde se ahorra hasta un 33% del líquido vital al reutilizar el agua residual. Además, dentro del sistema de alcantarillado convencional al ser por gravedad ocasiona constantes riesgos de filtraciones de la red, lo que constituye un grave problema ambiental. Consecuentemente, por la contaminación que se pueda generar en afluentes cercanos o donde exista flora y fauna local y constituiría a la proliferación de enfermedades. Esto hace énfasis en su importancia, sobre la gestión en sistema de alcantarillado residual, orientados en ofrecer no solo la calidad del mismo, sino que sea funcional en el tiempo.

Según Vargas Bazurto en el 2022 menciona que la característica general de los tipos de contaminación que se generan es que se destruye el ciclo natural de la materia y de la energía, teniendo consecuencias irreparables al medio ambiente y su biosfera, daños causados en la ejecución de diferentes actividades humanas, algunas de ellas críticas debido a la contaminación, dentro del sistema constructivo y de ejecución de obras.

La propuesta en la implementación del sistema de extracción empleando vacío es para mitigar y mejorar el manejo de estas aguas, en muchos casos un buen manejo de residuos, que mediante válvulas y bombas al vacío se extraen las aguas residuales y son transportadas a la planta de tratamiento para después de ser tratadas devolverlas al afluente.

Esta propuesta para la extracción de estas aguas, empleando vacío es un método implementado en aviones y en embarcaciones, y se propone su aplicación en zonas donde el sistema tradicional no es eficiente o no pueda implementarse, tanto en zonas urbanas como rurales y en lugares que debido a su topografía o en zonas donde no ha llegado la regeneración urbana y no cuentan con una red de sistema de alcantarillado, como lo es el área donde está asentado el proyecto y favorecer la captación mediante una recolección eficiente, para una adecuada evacuación de estas aguas.

Para esto usaremos información relacionada al Programa Habitacional Trinidad de Dios, en cuanto a su obra hidrosanitaria de aguas servidas, para el desarrollo teórico de nuestro tema de investigación, como sus cálculos proyectados en cuanto a la población estimada para ese proyecto en referencia la cantidad de lotes que contara el proyecto antes mencionado, estableciendo así un volumen de dotación de agua potable y proyectando de esa forma un consumo diario del mismo, lo que serían nuestras aguas residuales, especificados en la tabla 1.

Figura 1. Ubicación del Proyecto Habitacional Trinidad de Dios.



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Tabla 1. Características Proyectadas del Programa Habitacional

Lotes unifamiliares	99 unidades
Habitantes por lotes unifamiliares	5 habitantes
Población total	495 habitantes
Dotación	213/lt/hab/día
Consumo diario de agua	105.44 m ³ /día

Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

1.3 Formulación del problema

¿Cómo mejorar la captación de las aguas residuales, para la gestión de residuos donde no es factible el sistema convencional?

1.4 Objetivo General

Aplicar el sistema para la extracción de aguas residuales empleando el método por vacío, para su implementación en zonas que no puedan ejecutar el sistema tradicional o donde se desee mejorar el sistema por gravedad.

1.5 Objetivos Específicos

1. Caracterizar información sobre extracción de residuos por vacío, señalando los beneficios y desventajas que presenta con el sistema convencional.

2. La implementación de un sistema de extracción por vacío, explicando su funcionamiento y operación, mediante un modelo referencial.

3. Comparar los sistemas, alcantarillado gravitacional con el alcantarillado por el método de vacío.

1.6 Hipótesis

Implementar el método por vacío para la extracción de residuos, lo que demostrará beneficios tanto técnicos como económicos, en su aplicación en sistemas constructivos como residencial e industrial.

1.7 Línea de Investigación/Facultad

Tabla 2 - Línea de Investigación Institucional ULVR, FIIC

Dominio	Línea Institucional	Líneas de Facultad
Urbanismo y ordenamiento territorial, aplicando tecnología de construcción eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	Territorio

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte, (2023)

El uso de nuevos sistemas en el territorio nacional, permite disponer de forma eficiente las aguas residuales, el uso del método de vacío para transportar las aguas residuales hasta una planta de tratamiento y puedan ser devueltas al cuerpo de agua de forma limpia y segura, y enfocados en la línea de investigación en cuanto a territorio y medio ambiente; debido a la importancia de tomar acciones que mitiguen la contaminación de los cuerpos de agua, es importante implementarse nuevos métodos de recolección del agua residual en el país, que garanticen eficiencia, seguridad y generen una mínima huella de impacto ambiental a las comunidades, como es el caso de estudio en el Macrolote 4 y 5 del Proyecto Habitacional Trinidad de Dios, por consiguiente, es importante implementarse nuevos métodos de recolección del agua residual en el país.

CAPÍTULO II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Para el desarrollo del trabajo se tomaron en consideración investigaciones y estudios por diferentes autores para la obtención de sus datos y resultados, necesarios para este marco referencial, que serán presentados en este capítulo en base al objetivo de investigación, dándole validez al tema de estudio. Una vez considerado la data y los resultados, se destaca la importancia de implementar nuevos sistemas que permitan a extracción de las aguas residuales para mejorar la captación de estas mismas, evitando contaminación por los peligros que conllevan los sistemas convencionales, que afectan tanto a ser humano, como al entorno en el que están ubicados.

Tal como se muestra en la figura 2, y lo que expresa Tinoco en el 2018, se observan sistemas con pendientes inadecuados, más aún la falta de mantenimiento de los mismos, lo que va con el tiempo provocando la descomposición de estas aguas en los ductos, generando el ambiente propicio para la propagación de enfermedades, contaminación y poniendo en latente riesgo la salud de los habitantes. Este problema se evidenció a observar que en los diferentes sitios que, en su caso, el sistema convencional no es eficiente y en algunos otros casos donde aún no poseen un sistema de evacuación de estas aguas.

Figura 2. Problemas frecuentes en Sistemas de Alcantarillado



Fuente: Flovac (2021)

Considerando también que el mantenimiento a las redes convencionales al ser por gravedad en nuestro país, se usa desde casi siempre, se debe tener en cuenta los materiales e insumos han generado que existan diversas empresas reconocidas que no solo ofrecen los materiales, sino la mano de obra. Es decir, para este rubro, lo que ha llevado a una competencia y a la existencia de una gama de materiales y recursos, que cumpliendo con las normativas actuales puedan ser empleadas en el país.

Como relaciona Gallardo Fernando en el 2021, el sistema de alcantarillado o red de captación tradicional que se diseña para zonas urbanas o rurales, sean estas domésticas o industriales y sus consideraciones tomadas para el diseño por gravedad. La necesidad de implementar nuevas técnicas, se deben realizar con el principal propósito de garantizar y minimizar el impacto ambiental, identificando el área donde se requiera su ejecución.

Tenemos aún sectores que aún no disponen de sistemas de alcantarillado, como lo indica Alcandía de Ventanas, y tal como se muestra en la figura 3, en enero del 2023 recién se trabajan en la instalación de las redes sanitarias y de red de distribución de agua, dentro del área urbana en Ventanas, calles Pacífico Gordillo y callejón Eloy Alfaro.

Figura 3. Trabajos de instalaciones de alcantarillado sanitario



Fuente: Alcaldía de Ventanas (2023)

De esta forma nos enfocamos en el empleo de sistemas que permitan mejorar, la captación de estas aguas, sin producir ningún tipo de impacto ni al medio ambiente o a la salud como ya se ha indicado entre los riesgos del sistema tradicional, dándole forma al objetivo general de nuestra investigación, empleando y poniendo en práctica un sistema de permita recolectar las aguas residuales, su captación usando el método por vacío.

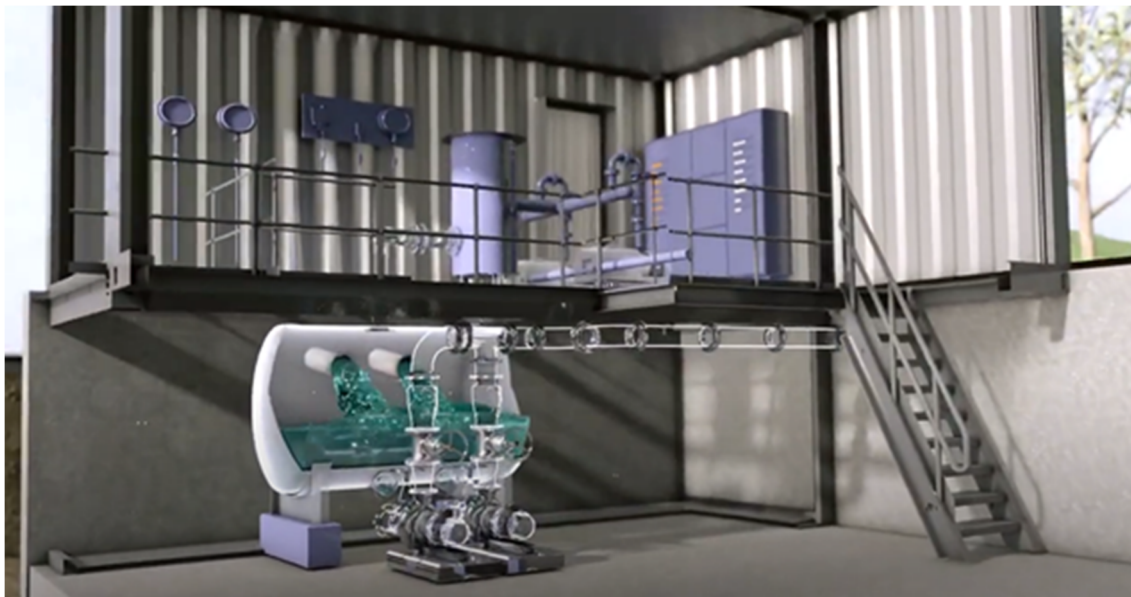
El trabajo destaca los beneficios y desventajas que se presentan en el sistema tradicional que es por gravedad y por el método de vacío, como lo describe Flovac en su portal web, el sistema por vacío, se encarga de transportar eficiente y rápida estas aguas a una red, utilizando las diferentes presiones de aire y de gravedad, comúnmente usado en aviones, embarcaciones y puertos, por medio del vacío en sus tuberías, desde los pozos ubicados de acuerdo a un diseño hidrosanitario previo y que finalmente se depositan en un depósito central, para luego destinarlos a un punto de descarga.

Dejando señalado sus ventajas y desventajas que puedan presentarse entre un sistema y otro, con sistemas ya implementados por gravedad, y mediante observaciones y demostraciones de autores que se han referido al sistema por vacío, como parte del primer objetivo específico.

Se realizará un análisis comparativo de forma general a la implementación de extracción de aguas residuales por vacío. Para lugares que están en cota nivel del mar o en zonas con nivel freático muy alto. Donde el sistema por gravedad incurre en un constante peligro por las filtraciones que suelen ser incidentes en este tipo de método.

Por consecuente, y como destaca Matamoros, 2016, para que la circulación y captación de estas aguas generadas se efectiva, optimizando su funcionabilidad, mediante el mejoramiento de los procesos técnicos y operativos. Debemos tener en cuenta que la producción, aplicación y ejecución de este tipo de sistema en el País aún no están en desarrollo, por su poca divulgación, también al no existir empresas que realicen estos diseños o que tengan a su disposición sus componentes.

Figura 4. Ejemplo de una Estación de Vacío Flovac



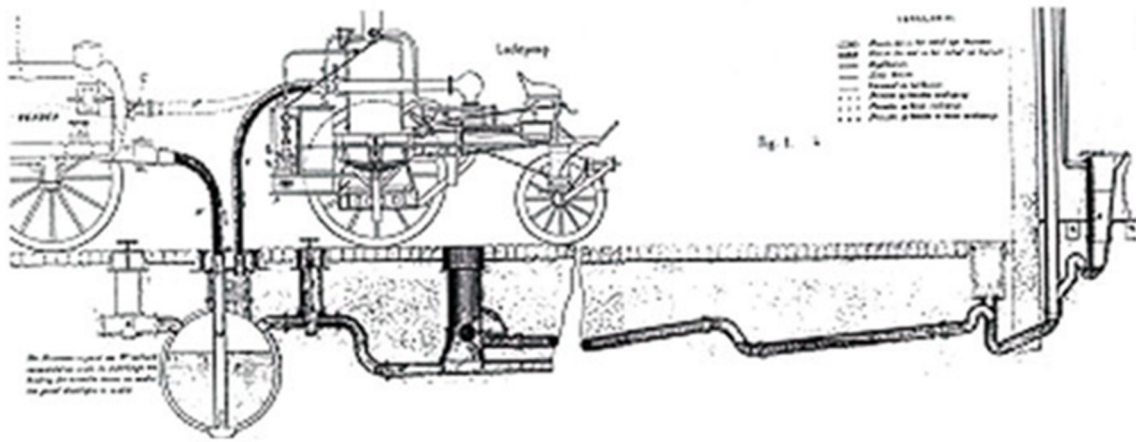
Fuente: Flovac (2021)

Para ello, se tomaron datos referenciales sobre la evaluación técnica que se ha realizado a ambos sistemas, concluyendo su eficacia en la extracción de estas aguas, finamente para disponerlas de forma adecuada y devolverlas a su efluente o a su vez, reutilizarlas en otras actividades después de su tratamiento.

Permitiendo de esa forma, establecer mediante un esquema referencial, explicar ambos sistemas, detallando el funcionamiento operacional de ambos, sus requisitos, materiales, componentes, que integran a ambos sistemas, y la implementación del sistema por vacío, de acuerdo al segundo objetivo específico.

En este trabajo se señalan las diferentes prestaciones en cuanto al funcionamiento y a la operación de los sistemas de vacíos, que como se observa y destaca Gallardo F., en el 2011, desde su origen en cuanto al alcantarillado por vacío en 1866, y se presentó por primera vez por el Ingeniero Holandés Liernur un sistema mediante el uso de vacío para la recolección de estas aguas residuales, como vemos en la figura 5.

Figura 5. Diseño Original de Alcantarillado por Vacío



Fuente: Gallardo, F. (2011)

Tal como indica el Servicio Ecuatoriano de Normalización, y bajo este se proyectan criterios básicos basados en la normativa ecuatoriana para la eliminación de aguas residuales de forma tradicional donde la metodología se basan en recomendaciones, y en otras es mandatorio el cumplimiento de cada observación encontrada, con la finalidad de que se garantice que el diseño o propuesta funcione.

Basándonos en lo que relaciona Toral Soledispa en su investigación en el 2023, se toman en consideración guías para analizar de forma comparativa el diseño convencional y no convencional, sus características de diseño, saneamiento y su impacto, teniendo en consideración los desarrollos urbanos y el ordenamiento en cuanto a territorio se implica, teniendo en cuenta que las descargas de estas aguas consumidas de diferente origen, es tener una alerta para la Autoridad Ambiental, ya que en cualquier momento puedan ocasionar un afectación al entorno y al medio ambiente como mares, ríos, lagunas y esteros.

Rivera Cevallos en el 2017, nos menciona que en la actualidad la reutilización de estas aguas residuales se vuelve un esencial componente, ante la demanda al acceso a agua, ya muchos países están creando sistemas de reciclado desde su captación para su tratamiento para ser destinadas a múltiples usos, sea industrial, agrícola, riego, paisajismo, hasta el lavado de vehículos y demás.

Sobre esto nos aclara Cáceres Sellán en el 2021, que la prioridad esencial de buscar soluciones alternas que nos guíen a cuidar y preservar el agua es de vital importancia, el grado de contaminación, ya sean ocasionales, fortuitos, o por causa de la misma naturaleza, enfocarse en la reutilización y recirculación de las aguas tratadas devueltas a los cuerpos de agua reduciendo el impacto negativo que producen las aguas servidas no tratadas y su contaminación afectando ecosistemas y a la salud de las personas.

Es por esto que concluyendo con el tercer objetivo específico una vez abordado todos los aspectos técnicos y teóricos obtenidos mediante artículos científicos, e investigaciones pertinentes y relacionados a nuestra propuesta, teniendo la colaboración de la Empresa Pública Municipal de Vivienda (EPMV), al contar con información para establecer la comparación del sistema convencional de AASS y del sistema por vacío.

2.1.1 Antecedentes

Las redes de alcantarillado de las ciudades se han implementado desde la antigüedad en la que una civilización construye su red para el drenaje de las aguas ya consumidas, en pro del desarrollo, entre los años 3000 y 2000 AC, se construyeron redes combinadas de drenaje en los que captaban las aguas residuales las cuales habían sido decantadas previamente, siendo este un sistema para la época muy avanzado en su implementación.

Menciona Díaz Lujan en el 2022, el sistema de alcantarillado en un inicio no se implementó para disponer correctamente de estas aguas o para aumentar o mejorar la calidad de vida, sino que fue una exigencia debido a las pandemias de la colera, tal como sucedió en 1832 en Europa, y la oleada que sufrió por colera causando temor en las personas, originando así el adoctrinamiento en el uso e implementación de sistemas de alcantarillado, sistemas que se remontan a la antigüedad como los ya descubiertos en parajes prehistóricos de creta y en ciudades asirias.

Carmona Rafael en el 2013, menciona que en todo lugar en que se encuentren habitantes o una población y que esta tenga un suministro de agua, sea cual fuere su origen o de donde sea extracción, este deberá contener un sistema el cual una vez las aguas consumidas puedan ser evacuadas, aguas que de acuerdo a su origen pueden ser sanitarias, pluvial o también combinado, se debe mencionar que este sistema de evacuación es denominado como alcantarillado.

Figura 6. Primeros Sistemas de Alcantarillado



Fuente: Pcqro (2023)

Velasco Guido, (2022) nos refiere que entre los 1800 a 1900 en Guayaquil se registró un crecimiento poblacional elevado, lo que conllevó a que se generen servicios de prestación para agua potable y alcantarillado, a lo cual la empresa cantonal ECAPAG en representación del estado permitía delegar estas funciones de forma exclusiva y por concesión a la aun existente empresa Interagua auditada en un inicio por ECAPAG creada por el ex Presidente Sixto Duran Ballen, para mejorar la calidad, disposición y servicio a la ciudad.

De acuerdo al crecimiento poblacional, y en donde exista la demanda de servicios básicos, y la implementación y/o consumo de Agua potable, se requerirá de un sistema el cual capte de forma adecuada las aguas ya consumidas que denominamos como aguas residuales o servidas, es por esto que usaremos como base los Estudios Preliminares y Definitivos de Consultoría para El "Programa Habitacional Trinidad De Dios" Macrolote 4 Y Macrolote 5, Parroquia Tarqui De La Ciudad De Guayaquil, el cual con la debida autorización de la EPMV, se contarán con los planos para distinguir, categorizar y describir el sistema tradicional en ese proyecto y poder así desarrollar nuestro planteamiento para la extracción de estas aguas residuales por el método de vacío.

2.1.1.1 Red De Alcantarillado.- Tal como lo indican Guamán y Villavicencio en el 2022, se llama sistema de alcantarillado o también denominado como red, a estructuras en el que se emplean tuberías de diferentes tipos y diámetros, usadas para tanto la evacuación, captación, transporte de aguas residuales o también llamadas aguas servidas, desde un punto de origen, normalmente desde una vivienda, industria o afines hasta al lugar donde se verterán o recibirán un tratamiento final.

Un sistema sanitario correctamente ejecutado, desde su proyección, su construcción, hasta su puesta en operación, según el material implementado, la corrosión, el desgaste interno por el arrastre de los diferentes desperdicios y a la velocidad que estos son evacuados, reduce su impacto, pero aun así existe un riesgo latente por afectaciones que pueda sufrir el sistema desde un factor humano, como por fuerza de la naturaleza.

Tal como menciona Andrade Cajas en el 2018, los sistemas de alcantarillado por lo general están compuestos por los siguientes elementos, o en su totalidad: colectores, subcolectores, emisores, interceptores, accesorios, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga finales, obras complementarias, cuyo destino de estas aguas siempre será a un cuerpo receptor, dependiendo del tratamiento a realizar y de las condiciones de la zona.

Rivera Katherine en el 2017, nos describe que para este tratamiento final para la reutilización de estas aguas y a su aprovechamiento adecuado, se requiere de elementos los cuales son esenciales, como el adecuado transporte al área donde serán regeneradas hasta su lugar de utilización, un eficaz almacenamiento y conducción con caudales suficientes destinados para su consumo, y normar su uso, para que su inadecuada disposición no genere riesgos al ambiente y a las personas que hagan uso y consumo.

Como lo cita Galán Romero & San Martín Granda en el 2022, los sistemas convencionales de alcantarillado convencionales, o también denominados por gravedad obtienen su nombre por el tipo de agua que transportan desde donde se originan, identificándolos de la siguiente manera:

Sanitario: Este tipo de alcantarillado, retiene agua que no tiene un uso específico y que puede provenir ya sea residencial o industrial, con la finalidad de mover las aguas ya dispuestas hacia el exterior de una red hasta un lugar en el que se tratan antes de ser vertidas a un cauce o su reutilización.

Pluvial: Es usado solo para recoger las aguas lluvias, para lo cual se disponen de conductos, tuberías y demás que están debajo de las edificaciones y/o estructuras, transportando las aguas lluvias a destinos en el cual no ponga en peligro ni a habitantes o al medio ambiente.

Combinado: El cual permite transportar tanto las aguas lluvias como las aguas ya dispuestas de las sanitarias a través de un solo sistema.

También se definen sistemas no convencionales para el alcantarillado y los cuales se clasifican de la siguiente forma:

Simplificado: Aquel que cumple con las mismas características del sistema convencional, el cual tiene la posibilidad de aminorar las dimensiones y de disminuir las distancias entre los pozos que forman parte del sistema.

Condominal: Este sistema capta las aguas consumidas, estos residuos provenientes de un conjunto de domicilios, ideal para áreas pequeñas como urbanizaciones de menor delimitación, su red esta provista de tuberías de menor radio del que se usa en la red convencional.

Sin arrastre de Sólidos: Sistema conocido también con el término de bajo presión, el cual separa sólidos encontrados en las aguas residuales residenciales, mediante el uso de un tanque interceptor y las aguas resultantes son enviadas al sistema convencional o a una planta donde recibirá el tratamiento adecuado.

2.1.1.2 Aguas Residuales.- Se aquellas que se originan luego que se han dispuesto o consumido entre una población, según (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, EMAPAG, 2018) “Agua Servida: Agua cloacal o residual, no tratada, recolectada de diferentes tipos de usuarios”, (p.5).

Estas aguas una vez que se han utilizado en el consumo de recursos, o en actividades cotidianas en el desarrollo diario de actividades, este consumo se puede realizar tanto de forma doméstica, en actividades industriales y en acciones en beneficio a las comunidades, como lo indican Alvarado & Guamán en el 2022:

Las aguas residuales, también llamadas aguas servidas, son cualquier tipo de agua cuya disposición se haya visto afectada de manera negativa después del uso doméstico o industrial. De tal forma se incluyen otros residuos eliminados, que por razones de sanidad no pueden verterse directamente a los afluentes o cuerpos de agua dulce o marina sin el debido tratamiento. (p. 43)

Quinllín Sánchez & Quintana Vargas, 2022, nos mencionan en su investigación que estas aguas consumidas y en función a su origen, pueden ser resultante de la combinación tanto de residuos sólidos originados en viviendas, lugares de trabajo como oficinas, en escuelas, colegios o universidades, en uso adicional como agrícola, al riego y cultivo, o por efectos de las lluvias y su precipitación.

Como lo cita Zarza, Laura F., (2023) según la UNESCO en el 2017, el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, siendo uno de los grandes desafíos del agua, siendo estas aguas residuales, cualquier agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica, tratándose de agua que ni tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella.

Según Campoverde Niño, (2019) en su publicación indica que dependiendo del origen de estas aguas residuales, son el resultado tanto de la acumulación y combinación ya sean de líquidos o de residuos sólidos que son evacuados al sistema de alcantarillado de aguas servidas, que como se ha indicado anteriormente su origen puede ser residencial, oficina de cualquier ámbito, comercios y de instituciones, sean estos escolares, secundarios o institutos o universidades, combinados con el material ya dispuesto de la zona industrial o agrícola, incluyendo aguas que se filtran de forma subterránea, de escorrentía o aquellas por precipitación por efectos de la naturaleza.

2.1.1.2.1 Aguas Residuales Domesticas.- Estas Aguas provienen de Domicilios o residencias, sean estas individuales, colectivas, o condominios, su origen se inicia desde el consumo de forma personal e individual, en actividades diarias de consumo humano, el cual aumenta en función del crecimiento de las ciudades, a la demanda de nuevas urbanizaciones.

2.1.1.2.2 Aguas residuales Industriales.- Aguas que se generan por el proceso y consumo en talleres, negocios, o donde se manipule el agua o se lo transforme, como es la adición de químicos, para generar otros productos derivados y en el cual su proceso estas aguas pueden resultar muy contaminantes, y perjudiciales al contacto humano por la composición química a la que fue expuesta, su tratamiento es muy diferente a las domesticas.

Figura 7. Origen de las Aguas Residuales



Fuente: Water Technologies de México (2020)

2.1.1.3 Extracción por Gravedad.- Este sistema de conducción se realiza en función a la gravedad es decir a la diferencia entre la elevación inicial del punto de desagüe que es mayor hasta donde se descargarán, son estructuras hidráulicas que emplean tuberías con pendientes para que las aguas puedan ser transportadas provenientes de la residencia o domicilio, la cual cuenta con su cámara de registro o inspección, y que llegan a la colectora, con caudales calculados según al área de implantación, y cuando no cuentan con la pendientes necesarias se emplean bombas para su impulsión, el sistema es susceptible a generar contaminación del suelo, efluentes cercanos, y a la población que en su alrededor se desarrolla ya que su acumulación genera focos de infección y enfermedades.

Zorrilla en el 2011, nos menciona que, para esa actualidad al ser sistemas con más de 25 años implementados, y que para garantizar su funcionamiento se enterraban a profundidades diferente a fin de mantener su sentido de descarga, empiezan a presentar fallas técnicas, obras sanitarias que en su tiempo se realizaron ante la demanda actual, existiendo la necesidad de implementar técnicas que aporten en mejoras de estos servicios.

2.1.1.4 Extracción por Vacío.- La extracción por vacío parte en relación entre la diferencia de la presión atmosférica y la presión que se emplea para realizar el vacío, la cual es negativa conduciendo las aguas desde las cámaras de vacío o colectoras a las estaciones de vacío, está compuesto de forma similar a una red de extracción por gravedad. Con la diferencia que sus tuberías no necesitan ser de diámetros muy grandes, se pueden adaptar a toda formación geológica o perfil de suelo, no requiere de ser instaladas con pendientes pronunciadas, permitiendo menos impacto en su instalación y la intervención de menos maquinaria y menor tiempo de ejecución de obras para su implementación. La extracción por vacío es una de las más seguras en la actualidad ya que su estanqueidad es segura, sin fugas que contaminen el entorno, su flexibilidad permite atravesar cualquier tipo de terreno, sin requerir de bombas de presión o entibados, de preferencia en sitios con niveles freáticos muy bajos.

Como indica Acruta Sánchez en el 2020, la extracción de las aguas residuales por vacío funciona en relación de la diferencia que existe entre la presión atmosférica y la presión existente en la red de tuberías del sistema aplicando el vacío y este se utilizará en situaciones donde las condiciones geotécnicas o las condiciones del terreno interfieren con la construcción del sistema por gravedad o bombeo.

Los sistemas mediante vacío deben utilizarse recurso después de evaluaciones técnicas de que no es posible construir sistemas convencionales sean de gravedad o mediante bombeo, en áreas urbanas y rurales o donde se desee mejorar la captación actual de esas aguas.

2.1.1.5 Gestión de Residuos.- En su trabajo de investigación Rodríguez Castro en el 2023, menciona que:

Una Gestión Integral de residuos son los procesos destinados a la disposición final de todos productos ya consumidos desde los provenientes del consumo de agua, sólidos y demás productos naturales o procesados que se incorporan al agua dispuesta, proceso final como el reciclaje, comercialización, la revalorización y disposición según normas y políticas establecidas para ello, previo a una clasificación adecuada, a una previa recolección, a un transporte con las seguridades previstas según el tipo de material. (p.11)

2.1.1.6 Daño Ambiental.- Robles Calle en el 2018, nos menciona que, el daño ambiental son las afectaciones negativas al ecosistema el cual tiene distintivos orígenes y de diversas actividades, desde simples recreaciones hasta proyectos específicos, daño que pueden ser temporal o permanente según su impacto que genera al medio ambiente, efectos que a través del tiempo se pueden observar sus alcances.

2.1.1.7 Gestión Ambiental.- Debemos tener en consideración que el ambiente es el entorno el en que se desarrollan todo tipo de actividades, el cual incluye los elementos básicos como el aire, agua, suelo, hasta la interacción humana y la relación entre estos, poniendo énfasis a que se reconoce también como las condiciones en las que se desarrolla o se encuentra un lugar, como lo plantea Merino Franco (2021):

La gestión ambiental es un proceso que está direccionado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de índole ambiental, con la intención de lograr un desarrollo sostenible; la gestión ambiental es una vía para llegar a los consumidores finales, en la cual para obtener este fin se utiliza el marketing verde y el mercado ecológico para hacer conocer los avances de las organizaciones en el ámbito ambiental, obteniendo como resultado una producción más limpia con la ayuda de nuevas tecnologías lo que se traduce en menor consumo de recursos

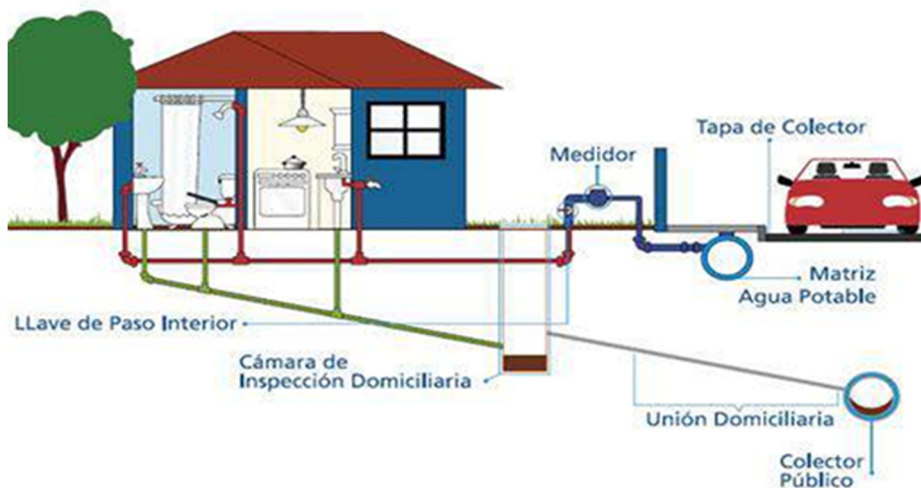
naturales, menos desperdicios, aumentando la producción y así atraer más consumidores y a la vez a contribuir a generar conciencia y una educación ambiental a todos los interesados. (p. 5)

2.1.2 Sistema de aguas residuales por Gravedad

El alcantarillado por gravedad o convencional es la forma más común en la que son recogidas las aguas residuales y se conducen, que consiste en una colección de redes, generalmente se construyen e instalan en medio de calles y zonas establecidas a ello según ordenanza, el flujo por gravedad se puede establecer de casa en casa hacia la planta de procesamiento.

Estas redes son estructuras que operan en función de la gravedad, junto a la presión generada por esta, usando tuberías de sección circular, las cuales van desde cada domicilio conectándose a una red principal que mediante bombeo es llevada a una planta de tratamiento.

Figura 8. Esquema de un Sistema Mediante Gravedad



Fuente: IBAL S.A E.S.P. OFICIAL (2022)

2.1.2.1 Concepto de Sistema de Aguas Residuales por Gravedad.- Este sistema inicia desde una caja de registro principal que se encuentra en el exterior de cada vivienda, que cuenta con una tapa la cual impide que malos olores salgan de ella, para garantizar que tenga un buen desempeño hidráulico, este sistema deberá ser ubicado en favor a la pendiente del sitio, para evitar fugas se debe mantener que toda unión, sea hermética y que solidos de tamaños a los cuales no está diseñado el sistema no pasen y pongan en riesgo su funcionamiento.

Figura 9. Caja de Registro Domiciliaria.



Fuente: Ramírez Martínez (2016)

Solo en casos y situaciones que lo ameriten el sistema se compone por tuberías que trabajan bajo presión mediante bombeo, su aplicación se considera como un servicio básico el cual está garantizado para el buen vivir y su relación en cuanto a cobertura en servicio con una red de agua potable es mínima.

Debemos tener claro que todo sistema de alcantarillado, sea cual fuere, no son más que estructuras hidráulicas, las cuales su funcionamiento es ejercida por la gravedad, la fuerza que esta implica y cuando por motivos de pendientes contrarias se usan bombas para impulsar las aguas y son conducidas mediante materiales de sección circular, que sin estas las aguas se filtrarían en el suelo, contaminándolo tanto subterránea y superficialmente convirtiéndose así en una amenaza latente.

2.1.2.2 Conexiones y Cámaras de Inspección.- María y otros, en el 2020 para referenciar estos conceptos nos mencionan que este tipo de acoplamiento domiciliario, está formado por una serie de tuberías y accesorios cuyo fin es trasladar las aguas residuales hasta la red de alcantarillado público, todos estos tipos de acoplamientos intradomiciliarios, tienen un punto de llegada denominado en caja domiciliaria, previo a su conexión con la red principal donde se ejecuta la limpieza, las tuberías generalmente utilizadas para la conexión están empalmadas en forma oblicua en dirección al flujo por gravedad de la red, estas forman un ángulo máximo entre la conexión domiciliaria y la red principal de 60°; permitiendo que estas se encuentren sobre el nivel máximo de la red, para evitar el desborde de la red de alcantarillado, y que estas lleguen a su destino para una adecuada disposición.

Zambrano, M., en sus apuntes de Redes de Agua Potable y Alcantarillado en el 2021, indica que se debe tener en cuenta que no debe existir infiltración en el sistema tanto en tuberías como en las uniones a la alcantarilla que recibe las aguas, se realiza haciendo un orificio en la tubería principal con la que se unirá la tubería que viene de domicilio para posteriormente esta sea unida.

Figura 10. Construcción de Redes de Alcantarillado Sanitario



Fuente: EMAPAG EP (2021)

Al contar con cámaras para la inspección de sistema, y su desempeño no facilita recopilar información sobre su estado, siendo estructuras que hacen posible y hace más fácil la tanto la inspección como el mantenimiento propio de la red, estas cámaras varían en función del diseño propuesto o su funcionalidad y se pueden denotar las siguientes:

Axiales, que es fija su posición y cuenta con un sistema de auto nivelación, asegurando en todo momento su verticalidad.

Panorámicas e inclinables, estas permiten mayor flexibilidad al realizar una inspección, pudiendo rotar en para una u otra dirección.

Pozo de registro, se diferencia de las otras cámaras, esta tiene como objetivo el poder realizar inspecciones, limpieza, canalizar las aguas, proporcionar la ventilación en el sistema de red de alcantarillado, en la actualidad se disponen en el mercado tanto cámaras y pozos en PVC.

Figura 11. Cámara de Inspección PVC



Fuente: Efusión Artículos Sanitarios (2023)

2.1.2.3 Componentes del Sistema por Gravedad.- Los elementos que componen una red de alcantarillado convencional sanitario son:

Colectores principales, se componen por tuberías de diámetro grande, son colocadas por lo general en las partes más bajas, transportando las aguas ya servidas a su destino final.

Colectores secundarios, compuestos por tuberías que captan las aguas de los colectores terciario y lo transportan a los colectores principales y están enterradas en la vía pública.

Colectores terciarios, compuesto por tuberías de pequeño diámetro al internamente y pueden estar instaladas bajo las aceras, donde se conectan las acometidas desde los domicilios.

Figura 12. Colector de Aguas Servidas



Fuente: Interagua (2023)

Atarjeas, que tienen la finalidad de recolectar, evacuar y transportar las aguas vertidas, domestica, de origen industrial y comercial, para de esta forma promover el flujo acumulado, permitiendo que el agua que entran en las tuberías se mueva a lo largo de esta red y una vez acumulado se dirija hacia los colectores.

Figura 13. Red de Atarjeas



Fuente: Aliaxis Latinoamérica (2022)

Pozos de inspección, es una estructura en posición vertical, la cual permite labores de mantenimiento y también acceso a él o los colectores.

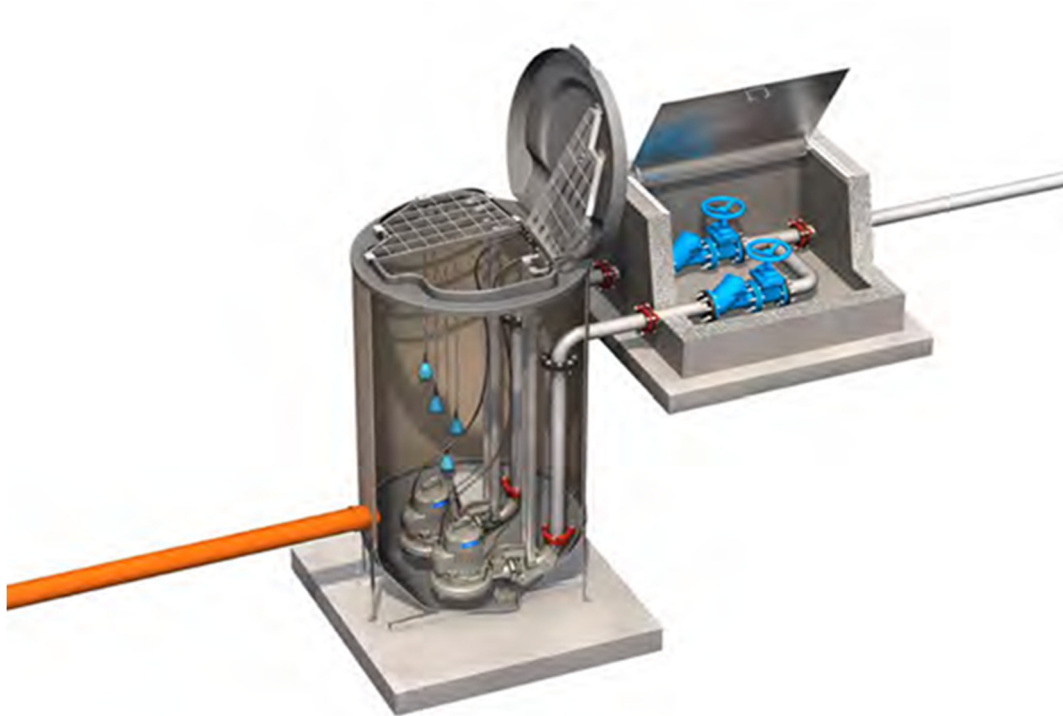
Conexión domiciliaria, son estructuras que pueden ser de hormigón, de ladrillo o de PVC, las cuales se conectan y permiten las descargas desde la vivienda a la red pública.

Estación de bombeo, el sistema al trabajar por gravedad, el sistema de red debe tener una pendiente la cual se calcula para poder asegurar y garantizar que las aguas al evacuarse lo hagan a una velocidad que impida la sedimentación en el transporte de los materiales sólidos presentes en estas aguas, al no contar con estas pendientes se requerirá de bombas para impulsar las aguas hasta su destino.

Estos colectores cuando son instalados pueden llegar a tener profundidades considerablemente superiores cuando se tienen suelos planos o contrapendiente, haciendo este proceso más difícil y costoso en su construcción, de esta forma, se complica su mantenimiento.

En estos casos, cuando por motivos de pendientes elevadas se requerían de varias estaciones de bombeo, para poder elevar las aguas a una cota en relación a la cota proyectada.

Figura 14. Esquema de una Estación de Bombeo



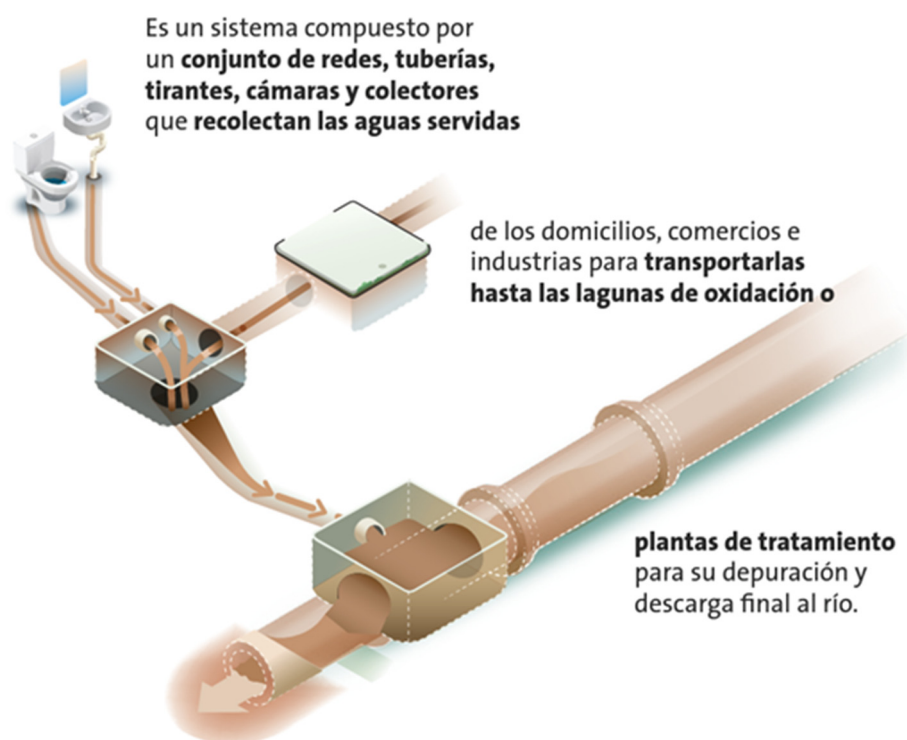
Fuente: Xylem (2023)

Líneas de impulsión, son tuberías en las que una presión se mantiene de forma constante, esta presión se genera en la estación donde se realiza el bombeo de forma cercana y las aguas llegan a otro colector concluyendo su recorrido o a donde se dispondrán adecuadamente o se tratarán.

Estación de tratamiento de las aguas servidas, en cuanto a estaciones para el tratamiento existen varios tipos; ya sea por la calidad del agua de la misma una vez tratada y se clasifica en: tratamiento primario, secundario y terciario.

Disposición final de las aguas tratadas, toda disposición del agua que es tratada, puede ser llevada hacia un río, vertedero, arroyo, devuelta al mar o en efluentes, pudiendo ser vertida al mar mediante formas alternas, reutilización de estas aguas para riego y otras necesidades apropiadas.

Figura 15. Composición General del Sistema de Alcantarillado Sanitario



Fuente: Interagua (2023)

2.1.2.4 Tuberías y Cámaras de bombeo.- Se pueden utilizar tuberías de diferentes tipos siempre y cuando estas cumplan con las características de diseño y conducción de estas aguas residuales. En el mercado existen proveedores, el sistema estará constituido a lo largo de su sección por tuberías. Las cuales se encargan de conducir estas aguas, al ingresar desde las salidas de cada vivienda paulatinamente. En el cual se acumulan estos caudales y que, a su vez en lugares más amplios, su sección aumenta de acuerdo al diseño, siendo los tramos finales los de mayor sección.

Tuberías que en la actualidad disponemos a más de las de hormigón que por tanto tiempo se han utilizado y se continúan usando aún, los nuevos materiales permiten mejor desempeño hidráulico en cuanto a su transporte hacia sus diferentes destinos.

Estas tuberías estarán ubicadas en las calles o en las aceras que según su disposición y diseño estarán en ambos lados en referencia al eje de la vía. Las cámaras de bombeo, son estructuras que se usan para recolectar las aguas residuales para luego ser impulsadas por medio de bombas hidráulicas con la potencia necesaria hasta el lugar donde serán dispuestas, ya sea para su expulsión o para su tratamiento.

Estas cámaras de bombeo pueden servir, para la recolección de estas aguas o para la impulsión de una ubicación a otra, que por medio de la gravedad no es posible. Las cámaras de bombeo se deben usar en las siguientes condiciones, elevar el nivel de captación de uno bajo a uno superficial. Conducir estas aguas de un ramal a otro, su desvío programado por emergencia y dependiendo del lugar de entrega, sea en la planta de tratamiento o una estructura que requiera de estas aguas.

Figura 16. Estación de Bombeo La Pradera. Guayaquil, Ecuador



Fuente: Retema (2020)

2.1.2.5 Estaciones de Bombeo Prefabricadas.- Estas estaciones, son contempladas como soluciones subterráneas, que pueden ser de bombeo simple o doble, con el fin de satisfacer todas necesidades de bombeo, sea automático o por debajo del nivel que se requiere, estas bombas elevadoras ayudan cuando por gravedad no es posible la descarga a la red de alcantarillado.

Estas estaciones en comparación a las tradicionales en función a la línea de trabajo de la Ingeniería Civil, reducen los periodos de fabricación, así como los de instalación y en cuanto a referencias de implementación y a proveedores locales ahorran alrededor del treinta por ciento del costo en referencia con las de hormigón.

Figura 17. Estación de Bombeo Prefabricada



Fuente: SOLUAQUA (2023)

2.1.3 Sistemas de aguas residuales por método de vacío

Gallardo en el 2021, menciona que es un sistema automatizado que se encarga de trasladar aguas servidas, mediante la presión negativa en el sistema proporcionada por bombas de vacío. Las mismas que mantienen el vacío en los sistemas de recolección. Para esto, se necesita de una válvula de interface, comúnmente cerradas en cada sitio del interior de la cámara; con la finalidad de garantizar las líneas de vacío. Las mismas que se abren con una determinada cantidad de agua que es captada en los sumideros, permitiendo que la diferencia de presión atmosférica existente y la del sistema de vacío sean las responsables de transportarlas hacia una estación para ser finalmente tratadas. Este tipo de sistemas, es usualmente usado en cualquier tipo de terreno, ambiente y en zonas protegidas, donde es necesario asegurar que no existan pérdidas ni filtraciones.

Sewervac en el 2023, nos refiere que en contraste al sistema convencional que utiliza como fuerza motriz la gravedad para impulsar aguas residuales. En el método por vacío, emplea la presión negativa generada, por las válvulas de vacío, para su transporte, de manera que, el sistema se puede adaptar a diferentes escenarios que encontremos con el terreno natural, a sus curvas de nivel y su perfil, permitiendo el uso de tuberías de menor diámetro, y una menor profundidad en la excavación para la instalación de la red.

Figura 18. Esquema del Sistema de Vacío



Fuente: Sewervac (2023)

2.1.3.1 Consideraciones en el Sistema de Aguas Residuales por Vacío.-

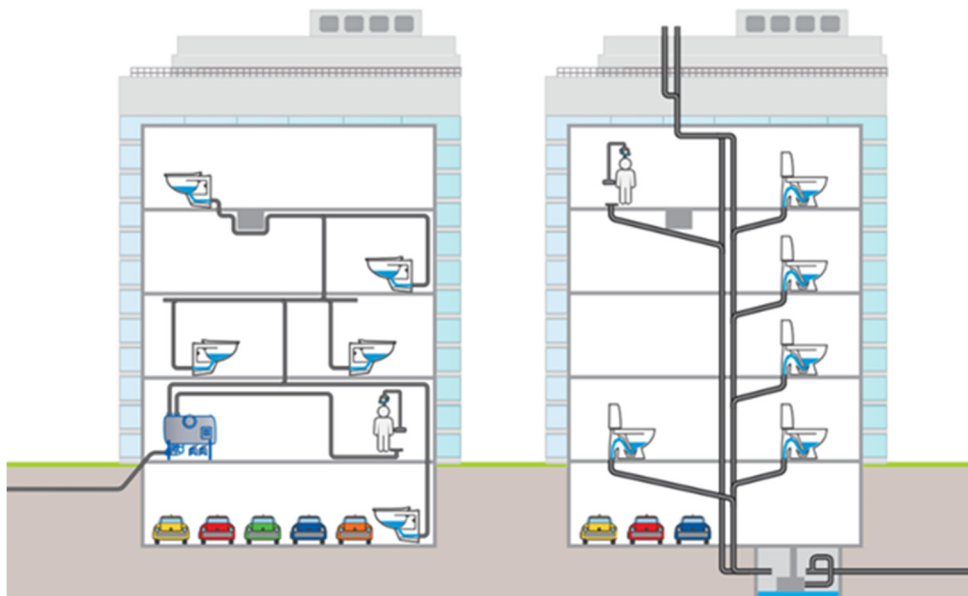
AirVac en el 2023, en su portal indica que, en su inicio, en estos sistemas se utilizaban uniones soldadas y con poca técnica, cayendo mayormente en errores humanos los cuales causaban problemas de fuga dentro del sistema. Por la década de los ochenta, en su mayoría quienes diseñaban empezaron a usar tubería PVC con una junta adecuada entre tuberías, y la cantidad de fugas disminuyeron totalmente, la continua experiencia en la aplicación de este método ha conseguido demostrar que la tubería a más de ser económica y fácil en su instalación, su operación no requiere de mayor tecnificación y es de fácil reparación. Actualmente la configuración tanto del material y sus características dan una mayor amplitud en la selección del material a usar, existen muchas empresas que producen tuberías PVC en múltiples configuraciones y según su uso final. El mismo que va de la mano con el diseño que un profesional realice, mediante los cálculos para la captación requerida. Del mismo modo, se debe considerar que las juntas sean flexibles y elásticas. Las mismas que tienen el objeto que las tensiones sean reducidas por contracción o expansión, analizando las indicaciones del fabricante.

Serrano Calisto en el 2019, nos indica que el sistema por vacío es sostenible y económico, en cuanto a las condiciones del suelo a diferencia del gravedad, ya que no requiere de excavaciones o zanjas profundas, de igual manera el diámetro de las tuberías se reduce ya que el trabajo lo realiza es la presión de absorción que se crea al usar las bombas de vacío, esto permite asegurar que en ningún momento existiría una fuga ya que la presión negativa dentro de la red de tuberías, mantendría estas aguas residuales dentro del sistema impidiendo su filtración al entorno, ni pérdidas, de igual forma es de fácil instalación y requiere de mínimo mantenimiento, funciona como una red de distribución de agua, la única diferencia es la dirección del flujo, el cual en inverso ejercido por la presión negativa en el sistema. El Ecuador a tener una geografía accidentada, tener ciudades casi al nivel del mar, o con niveles freáticos altos cercanos a la superficie, muchas de las ocasiones el sistema por gravedad es sin duda una preocupación aún constante, ya que en la actualidad existen localidades expuestas a estas situaciones impidiendo que los sistemas de recolección convencionales sean instalados.

2.1.3.2 Conexión y Tuberías para el Sistema de vacío.- Las tuberías de vacío son diseñadas para estar cerca de la superficie, es por eso que su pendiente fluctúa alrededor del 0.2%. Usualmente los hogares se conectan a la red pública sanitaria mediante una caja de inspección o desagüe, la cual posee una rejilla, para descargar por gravedad estas aguas hasta el sumidero de la cámara colectora. No obstante, en zonas con mayor tipo de precipitaciones del año, debe existir una red de descargas para aguas residuales y otra red para aguas lluvias. Las mismas que deben tener un área de descarga a las calles o sistemas pluviales de la localidad.

Se debe tener en consideración que los lugares o donde se ubicaran los sistemas de aguas residuales, no deben estar combinadas con los sistemas de alcantarillado pluvial, ya que existen meses en los cuales estas lluvias son intensas, y deben estar separadas para que el sistema funcione correctamente, todo sistema deberá como mínimo cumplir con las normas INEN en cuanto diseño y aplicación de tuberías plásticas para la descarga de estas aguas, y se deberá de garantizar que estas conexiones cuenten en cuanto a diseño una compatibilidad con el sistema por vacío.

Figura 19. Diferencia entre Sistema por Vacío (Iz) y Gravedad (Dr)



Fuente: Evac (2022)

2.1.3.3 Síntesis de la Operación de Extracción de Vacío.- AM Group en el 2023, nos menciona que, para este sistema el cual es automatizado, y el cual se proyecta para adaptarse a todo terreno o ambiente cualquiera sea su condición en su aplicación ya que este sistema utiliza la presión diferencial del aire, que está entre los 50 a 70 kPa, la misma que le da la fuerza necesaria para transportar los residuos. Por contrario, los sistemas tradicionales por gravedad impulsan estas aguas; en el sistema de vacío la presión negativa se transmite por toda la red. El sistema en condiciones desfavorables, a diferencia del gravedad, tienen un bajo costo de construcción e implementación; al ser sistemas fiables y flexibles la infiltración y exfiltración no se producen en sistemas de vacío, permitiendo su instalación en las zanjas de Agua Potable y requieren de un mantenimiento mínimo, de igual forma como recomiendan los proveedores de los equipos el personal que se encargara de la operación y mantenimiento deberá contar con la instrucción para ello, y seguir las recomendaciones del fabricante.

2.1.3.4 Esquema de la Implementación de un Sistema por Vacío.- Existe una resultante entre la diferencia de la presión entre positiva del aire en el medio ambiente y la que se origina dentro del sistema por vacío es la principal fuente por el medio en que impulsan las aguas domesticas ya consumidas, hasta donde se bombearán, mediante una estación, la resultante de estas presiones permite niveles de funcionamiento, lo que proporciona el impulso de estas aguas a velocidades entre los cuatro y medio a cinco y medio metros por segundo. Al entrar las aguas a la red, se transportan en su longitud, como en su energía inicial hasta alcanzar las fuerzas generadas por el rozamiento en las paredes de la tubería ocasionando que se disminuya su velocidad hasta llegar a cero. Al existir más cámaras conectadas al sistema, en el momento que se abre la válvula; se permite la entrada de energía, transportando las aguas hacia una estación. Las tuberías de vacío, son analizadas como un drenaje convencional, que es por gravedad, pero es asistido por vacío, bastante similar al sistema convencional. El sistema se implementa con una inclinación positiva en relación a la estación del sistema. En contraste, solo cuando la red de vacío es de gran profundidad, se realizan técnicas que permitan mantener una profundidad aceptable, con la finalidad de que se altura sea uniforme o sea la misma altura en su segmento.

Las elevaciones de ayuda en el transporte de las aguas negras a la estación de vacío, se denominan dientes de sierra, este elemento es esencial en una red de vacío, porque cuando esta inactivo en la parte inferior almacena líquido, permitiendo que el sistema se mantenga sellado y que los residuos regresen, permitiendo fluir por encima del líquido a el aire dentro del sistema, donde el vacío creado en la estación se transfiera a cada pozo, de esta manera, se garantiza una máxima presión diferencial obteniendo la máxima energía, originada desde cada cámara.

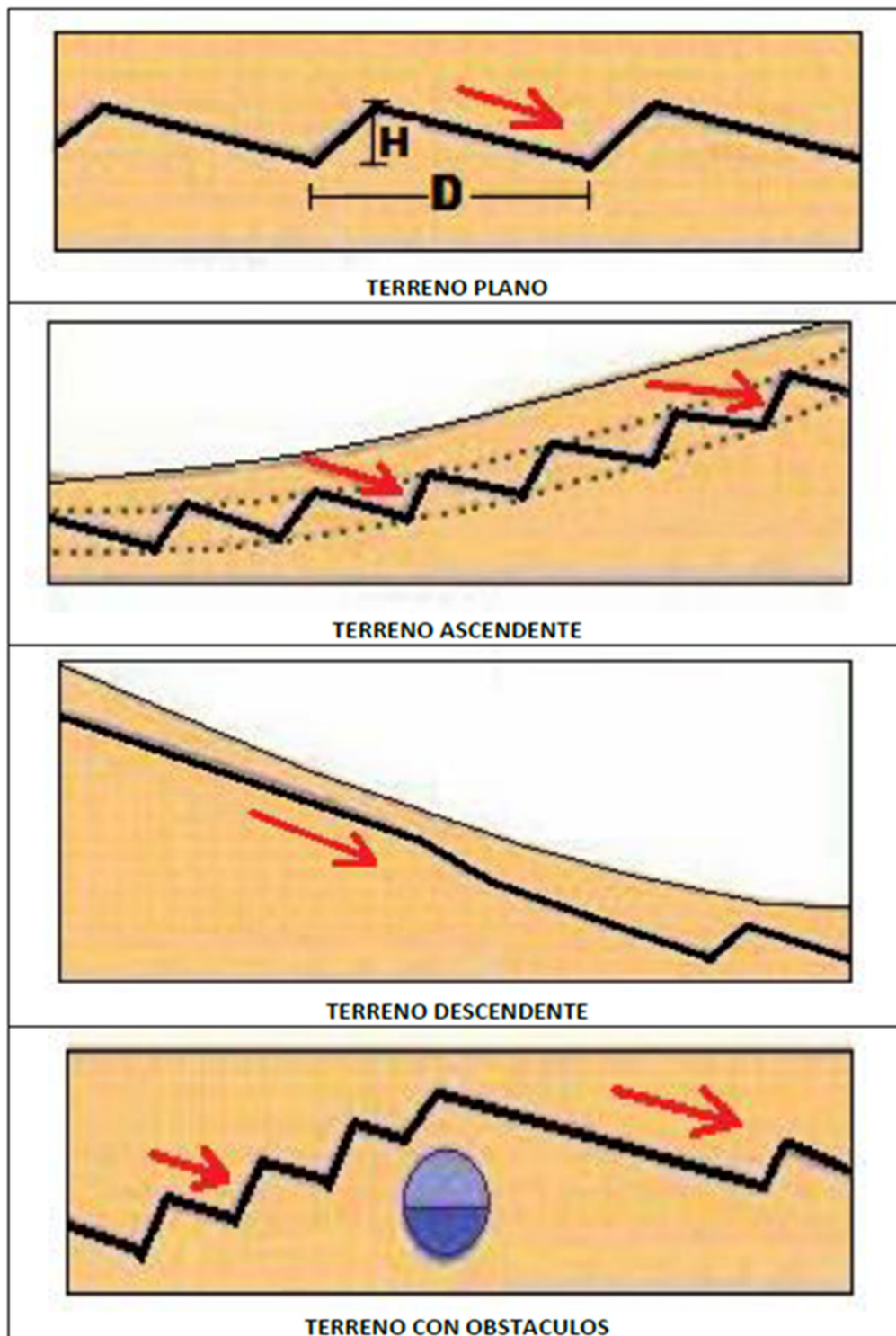
Figura 20. Trabajos de instalación del sistema de vacío



Fuente: Red de Portales (2022)

2.1.3.5 Descripción del funcionamiento de la red vacío.- Se pueden transportar por gravedad desde cada unidad conectada a la red hasta la cámara de recolección definida dentro del diseño. Siendo la única de esta red que utiliza el sistema convencional por gravedad. Las aguas servidas son almacenadas en el interior de cada una de las cámaras. Las cuales mediante un mecanismo al alcanzar un límite de llenado que se configura hasta cuarenta litros y al activarse permite introducir vacío al sistema, enviando el agua hasta la estación a través de una red de tuberías que tiene una configuración dientes de sierra.

Figura 21. Adaptabilidad del sistema por vacío



Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2013)

El funcionamiento de la estación de vacío es proporcionar la presión que requiere el sistema, para su correcta operación, y funcionamiento, también permite la captación de las aguas residuales, y que estas puedan ser trasladadas al colector existente o proyectado, según las exigencias para recibir un tratamiento y a su disposición final, en cuanto a la recolección sean estas domiciliarias, industriales o edificios, la conexión de la red por vacío, esta descarga desde ellas por gravedad, saliendo por la vivienda, mediante tubería PVC, la misma que generalmente no requiere de tuberías de grandes diámetros, para conectarse a la red pública, su instalación en terrenos rocosos o arenosos, no es limitante, al no requerir de grandes zanjas, lo que evita el realizar obras para estabilización del suelo, no se alteraría el entorno, ni los servicios que estuviesen ya siendo proporcionados.

2.1.3.6 Descripción Operativa de la Estación de Vacío.- Esta estación que opera mediante la presión negativa o comúnmente llamado vacío en relación a una que realiza el bombeo mediante gravedad es parecida, por ejemplo, las bombas de descargas impulsan las descargas residuales del colector, mediante el impulso por presión hasta donde serán respectivamente tratadas, en contraste una estación por vacío, ubica un tanque que sirve como colector conjunto; unidas a varias bombas que en conjunto estas producen la presión negativa dentro de la red de tuberías.

Estas bombas, mantienen un rango operativo de 16 a 20" de Hg y de 0.5 a 0.7 bar, sometidas a un tiempo operativo por día de 2 a 3 horas en intervalos ya que, las válvulas permanecen cerradas de acuerdo al ingreso proporcional de las aguas al sistema, bajo presión atmosférica, el vacío dentro del sistema disminuye. La capacidad operativa de las bombas es calculada para que el incremento del vacío sea aproximadamente en tres minutos o en menor tiempo, existen dos tipos de sistemas que se pueden aplicar.

Mediante bombas optimizadas para vacío de gran caudal, la cuales se componen de los siguientes elementos:

- Bombas rotativas que usan aceite internamente y se refrigera por aire.

- Tanques que pueden estar enterrados o dentro de la estación para la recolección.

- Propulsoras que son bombas utilizadas para hacer el vacío en el tanque.

- Gabinete eléctrico y mandos debidamente rotulados y graficados.

- Deshumificador para el sistema.

- Caseta que puede estar enterrada o en la superficie, esto responde al diseño según se necesite.

- Biofiltro, para el correcto funcionamiento del sistema.

Mediante eyectores de vacío, que están optimizadas para un bajo caudal y están compuestas por los siguientes elementos:

- Bombas para la propulsión del sistema.

- Eyector que se usa para generar el vacío.

- Bomba sumergible, la cual realizara el vacío.

- Tanque, cámara húmeda o del sistema.

- Cuadro eléctrico y de mandos debidamente rotulados y graficados.

- Caseta de cámaras, la cual puede ser seca o húmeda.

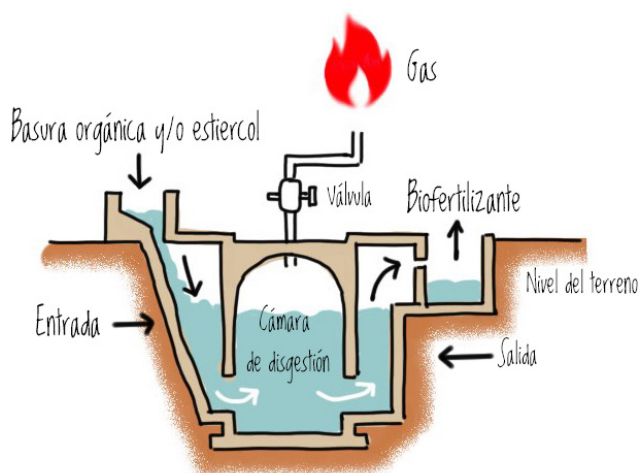
- Bio-filtro, que no es requerida en ciertas ocasiones.

2.1.4 La integración del alcantarillado por vacío en la gestión integral del agua.

Los esfuerzos y las medidas que se emplean para el proceso de reciclar y reutilizar el agua, su energía en ella y de los nutrientes de las aguas residuales, han sido de forma global un tema de investigación y en la cual se han implementado en un sin número de proyectos a fin de demostrar su alcance, el sistema de alcantarillado utilizando el método de vacío, mediante la presión negativa que se crea dentro de la red, es considerada de forma adecuada como una opción de separar las aguas residuales independientemente de su fuente, cuando se enfoca en recuperar los nutrientes de aguas residuales cuando se captan, es de mayor importancia el concentrar aguas las cuales contenga nutrientes en mayor contenido, como lo son las aguas negras provenientes de descargas domésticas de sanitarios y de diferentes fuentes las cuales concentren una alta carga de nutrientes, son la prioridad de la eficiencia en el reciclaje y del proceso que este conlleva aumente y que la reutilización de las aguas sea óptima.

De igual forma en el momento de valorar la energía implicada en las aguas este proceso nos indica que mientras mayor carga orgánica contenga las aguas residuales, el porcentaje de rendimiento de energía es proporcionalmente mayor, siendo así la forma en biogás, en la cual más se usa, en donde se encuentra la necesidad de buscar métodos que permitan separar de forma integral estas aguas sin distinguir cual sea su fuente.

Figura 22. Obtención del Biogás



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Para el proceso de reutilización de las aguas residuales, se recomienda que los sistemas sanitarios, las redes aguas servidas y las de aguas lluvias, estén separadas a fin de que estas no se combinen, ya que esto provoca que se diluyan al momento que se mezclan disminuyendo la carga en relación a los nutrientes que se puedan recuperar, ya que estos se diluyen al contacto con el agua lluvia recolectada o que ingresa a la red, fortaleciendo la necesidad de que los sistemas estén separados para aumentar no solo la eficiencia de estos, sino que el transporte también sea seguro y no sea motivo de un impacto ambiental, y sea viable el reciclaje de estas aguas y su tratamiento final.

Como lo relaciona el portal web iagua en el 2021, el alcantarillado por vacío en cuanto al transporte de las aguas residuales constituyen un sistema viable, debido a que el método por el cual se realiza el transporte es el aire en lugar del agua siendo el aire la forma dominante, lo que resulta de beneficio cuando se implementan en la colocación adicional en las viviendas inodoros de vacío, los cuales asimismo con el uso de válvulas neumáticas sin la presencia o consumo de energía, estas solo consumen un pequeño volumen de agua, a diferencia del consumo general que un inodoros convencional, el cual es mucho mayor, además, en lugares por su geografía, se ven enfrentado al estrés hídrico, el cual se da cuando el volumen de demanda de agua es más alta que la cantidad disponible y con disponibilidad limitada de agua, haciendo del método por vacío un sistema óptimo para la trasportación y evacuación de las aguas residuales.

Figura 23. Inodoros por Vacío



Fuente: iagua (2021)

Basándonos en comparativas de estudios realizados, se puede dar una valorización en la recuperación de energía contenida y de los nutrientes a partir de las aguas domésticas residuales y de desperdicios orgánicos como los alimentos partiendo de esquemas diferentes en el tratamiento, donde en base a lo que los integrantes de los diferentes estudios y quienes investigaron la comparación de las cantidades que se producen en relación al biogás y de los nutrientes que se pueden recuperar de forma convencional, es decir mediante la recolección de desechos por transportes específicos para esa actividad y por el sistema de alcantarillado gravitacional, de la misma forma se evaluaron controlando que no se produzca una combinación entre los sistemas y separando los flujos de desechos.

Se pudieron constatar que la cantidad de metano que se produce, el volumen de fósforo y de nitrógeno que se recupera en el proceso, fueron más altos de los que se esperaba y mucho más elevados en relación a la cantidad o volumen que se recupera de un sistema tradicional por gravedad, en la extracción de estruvita, mediante lo que los investigadores denominan, la precipitación de la estruvita, el cual es un cristal que constituye una opción alterna con la cual se recupera el nitrógeno, el magnesio y principalmente el fósforo, y del metano a partir de los residuos contenidos en los flujos, donde se coincide que el uso de los efluentes con contenidos sólidos y de líquidos son la mejor forma de conseguir la precipitación de la estruvita.

Figura 24. Recuperación de fósforo en las aguas residuales



Fuente: NILSA (2017)

Es conocido que según el sistema aplicado o analizado, estos difieren uno de otro debido a sus etapas en las cuales se tratan sus aguas, pero como ya se ha expuesto, el sistema por vacío, basados en la presión negativa contenida dentro de la red de alcantarillado, estos sistemas analizados se ubicaron por encima evidenciando una recuperación más alta ya que la previa separación que se realizan a las aguas negras de las aguas grises y de los desechos biológicos y orgánicos como alimentos en cada fuente captada.

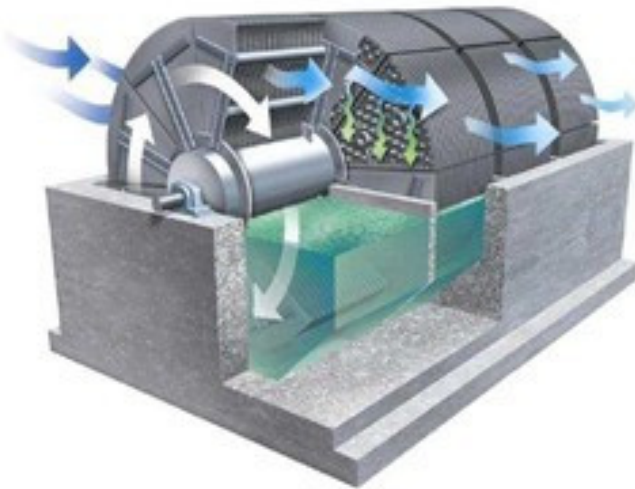
Esto llevo a que las concentraciones de nutrientes en relación a la materia orgánica, fueran las más elevadas, y donde si tomamos como elemento recuperado al fosforo por ejemplo su recuperación fue de alrededor de un 25% mayor debido al control realizado, a diferencia de los procedimientos que se realizan en cuanto al tratamiento de forma convencional, a los sistemas por gravedad.

Una vez las aguas están en la planta para su tratamiento, las mismas en una primera etapa de tratan anaeróbicamente, mediante un proceso el cual se descomponen aquellos materiales que son biodegradables y en ausencia del oxígeno.

En el siguiente proceso del tratamiento se enfoca en la eliminación de los sólidos que se encuentran en suspensión, en el cual el agua contenida pasa a un contactor biológico giratorio, en el cual se caracteriza por que la biomasa crece en películas las cuales se adhieren a discos o cilindros que permanecen en rotación en un eje y se mantienen en contacto son las aguas residuales, seguido de un clarificador y por último a un microfiltro.

Como etapa final del tratamiento las aguas son desinfectadas aplicando radiación ultravioleta, donde los lodos se proceden a espesar en un fermentador, y puestos en proceso de secado en lechos, para que después de eso se usen como a condicionantes de suelos, y las aguas recogidas en un estanque son usadas como aguas para riego, es de esta forma que el implementar técnicas y métodos como la extracción por vacío, contribuye por medio de su tecnología, a mejorar no solo la conducción de las aguas, sino a que tenga ventajas medioambientales.

Figura 25. Contactor biológico giratorio



Fuente: Acuña Muñoz (2019)

Pero cuando enfocamos estos mismos parámetros a edificios residenciales por cuales por lo general son de altura considerable, el flujo que estos mismos demanda podría ocasionar un stress hidráulico, en donde las válvulas en el sistema podrían incidir en fallas, o que no operen correctamente, por lo que previo a todo diseño se requiere calcular de forma correcta los caudales en función a los volúmenes previstos, ajustando así el flujo que recibirían estas válvulas individuales, por lo que se requerirían de tanques de almacenamiento y de integrar más válvulas.

Como ya se mencionaba la separación de los contenidos de estas aguas es otra forma de solventar esas necesidades, recordando que las aguas grises están presentes en casi el 50% de los flujos diarios promedio de las aguas residuales, que si realizamos una comparación con las aguas negras, las grises tienen mayor tasa de tratabilidad, ya que su contenido contaminante es mucho menor, asimismo sus nutrientes y sus bacterias son menores, permitiendo por las características del método por vacío, la extracción para conducir las aguas negras hasta una planta para recibir tratamiento, y las aguas grises podrían dar una facilidad de poder ser tratadas en sitio y su potencial beneficio en su rehúso.

2.2 Marco Legal

2.2.1 Constitución de la Republica del Ecuador

Dentro de nuestra pirámide de Kelsen tenemos en primer orden la Constitución De La República Del Ecuador, con su última modificación el 25 de enero del 2021, publicada el 20 de octubre del 2008, mediante registro oficial número 449, en su capítulo número dos del Título Segundo a los Derechos del buen Vivir, sección segunda a un Ambiente Sano, detalla lo siguiente:

CAPÍTULO SEGUNDO

Derechos del buen vivir

SECCIÓN PRIMERA

Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

SECCIÓN SEGUNDA

Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

CAPÍTULO SÉPTIMO

Derechos de la Naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

CAPÍTULO CUARTO

Régimen de competencias

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art. 282.- El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra.

Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO SEGUNDO

Biodiversidad y recursos naturales

SECCIÓN PRIMERA

Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

CAPÍTULO SEGUNDO

Naturaleza y ambiente

SECCIÓN PRIMERA

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca.

La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.

4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.

5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptado por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

Art. 399.- El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Sección sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.

Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

2.2.2 Ley Orgánica de Educación Superior

En cuanto a la Educación Superior, encontramos para la formación de futuros profesionales y del proceso para la obtención de un título universitario, y basándonos en lo que indica la Ley Orgánica de Educación Superior, LOES:

CAPITULO 2

FINES DE LA EDUCACION SUPERIOR

Art. 3.- Fines de la Educación Superior. - La educación superior de carácter humanista, intercultural y científica constituye un derecho de las personas y un bien público social que, de conformidad con la Constitución de la República, responderá al interés público y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos.

Art. 4.- Derecho a la Educación Superior. - El derecho a la educación superior consiste en el ejercicio efectivo de la igualdad de oportunidades, en función de los méritos respectivos, a fin de acceder a una formación académica y profesional con producción de conocimiento pertinente y de excelencia.

DE LA GARANTIA DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES

Art. 87.- Requisitos previos a la obtención del grado académico. - Como requisito previo a la obtención del grado académico, los y las estudiantes deberán acreditar servicios a la comunidad mediante programas, proyectos de vinculación con la sociedad, prácticas o pasantías preprofesionales con el debido acompañamiento pedagógico, en los campos de su especialidad

Art. 88.- Servicios a la comunidad. - Para cumplir con la obligatoriedad de los servicios a la comunidad se propenderá beneficiar a sectores rurales y marginados de la población, si la naturaleza de la carrera lo permite, o a prestar servicios en centros de atención gratuita.

DE LA TIPOLOGIA DE INSTITUCIONES, Y REGIMEN ACADEMICO

Sección Primera De la formación y tipos de instituciones

Art. 118.- Niveles de formación de la educación superior. - Los niveles de formación que imparten las instituciones del Sistema de Educación Superior son: Tercer nivel técnico-tecnológico y de grado.

a) Tercer nivel técnico-tecnológico superior. El tercer nivel técnico - tecnológico superior, orientado al desarrollo de las habilidades y destrezas relacionadas con la aplicación, adaptación e innovación tecnológica en procesos relacionados con la producción de bienes y servicios; corresponden a este nivel los títulos profesionales de técnico superior, tecnólogo superior o su equivalente y tecnólogo superior universitario o su equivalente.

b) Tercer nivel de grado, orientado a la formación básica en una disciplina o a la capacitación para el ejercicio de una profesión; corresponden a este nivel los grados académicos de licenciatura y los títulos profesionales universitarios o politécnicos y sus equivalentes.

Art. 122.- Otorgamiento de Títulos. - Las instituciones del Sistema de Educación Superior conferirán los títulos y grados que les corresponden según lo establecido en los artículos precedentes. Los títulos o grados académicos serán emitidos en el idioma oficial del país.

No se reconocerá los títulos de doctor como terminales de pregrado o habilitantes profesionales, o grados académicos de maestría o doctorado en el nivel de grado.

Es debido a esto que después de recibir una formación en una unidad educativa de tercer nivel, que nos permitan ejercer una profesión en este caso la Ingeniería Civil, sustentando mediante este proyecto de investigación, la innovación y desarrollo de nuevas técnicas o procedimientos relacionados a nuestro campo.

2.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

Dentro de la Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua, con Registro Oficial Suplemento 305 del 06 de agosto del 2014, encontramos sobre los recursos hídricos y nos menciona:

TITULO II RECURSOS HIDRICOS

CAPITULO I Definición, Infraestructura y Clasificación De Los Recursos Hídricos

Art. 10.- Dominio hídrico público. El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

- a) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales;
- b) El agua subterránea;
- c) Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos;
- d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía;
- e) Los álveos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua que son los terrenos cubiertos por las aguas en las máximas crecidas ordinarias;
- f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales;
- g) Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas;
- h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras;
- i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y
- j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar.

Las obras o infraestructura hidráulica de titularidad pública y sus zonas de protección hidráulica se consideran parte integrante del dominio hídrico público.

Art. 11.- Infraestructura hidráulica. Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como al saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos, la actuación sobre cauces, corrección del régimen de corrientes, protección frente a avenidas o crecientes, tales como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público.

Las obras o infraestructura hidráulica podrán ser de titularidad pública, privada o comunitaria, según quien las haya construido y financiado, aunque su uso es de interés público y se rigen por esta Ley.

En caso de estado de excepción o declaratoria de emergencia, en el cual el Estado requiera del agua para garantizar su provisión, a la población afectada, la administración, mantenimiento y uso de toda infraestructura hidráulica podrá ser realizada por el Estado, con independencia de su titularidad.

Art. 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin

perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales.

El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia.

En caso de no existir usuarios conocidos de una fuente, su protección y conservación la asumirá la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en cuya jurisdicción se encuentren, siempre que sea fuera de un área natural protegida.

El uso del predio en que se encuentra una fuente de agua queda afectado en la parte que sea necesaria para la conservación de la misma. A esos efectos, la Autoridad Única del Agua deberá proceder a la delimitación de las fuentes de agua y reglamentariamente se establecerá el alcance y límites de tal afectación.

Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.

Art. 21.- Agencia de Regulación y Control del Agua. La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), es un organismo de derecho público, de carácter técnico-administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional.

La Agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. La gestión de regulación y control de la Agencia serán evaluados periódicamente por la Autoridad Única del Agua.

Art. 36.- Deberes estatales en la gestión integrada. El Estado y sus instituciones en el ámbito de sus competencias son los responsables de la gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica. En consecuencia, son los obligados a:

- a) Promover y garantizar el derecho humano al agua;
- b) Regular los usos, el aprovechamiento del agua y las acciones para preservarla en cantidad y calidad mediante un manejo sustentable a partir de normas técnicas y parámetros de calidad;
- c) Conservar y manejar sustentablemente los ecosistemas marino costeros, altoandinos y amazónicos, en especial páramos, humedales y todos los ecosistemas que almacenan agua;
- d) Promover y fortalecer la participación en la gestión del agua de las organizaciones de usuarios, consumidores de los sistemas públicos y comunitarios del agua, a través de los consejos de cuenca hidrográfica y del Consejo Intercultural y Plurinacional del Agua; y,

e) Recuperar y promover los saberes ancestrales, la investigación y el conocimiento científico del ciclo hidrológico.

SECCIÓN CUARTA SERVICIOS PÚBLICOS

Art. 37.- Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento.

La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la autoridad nacional de salud.

El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración; y,

2. Alcantarillado pluvial: recolección, conducción y disposición final de aguas lluvia.

El alcantarillado pluvial y el sanitario constituyen sistemas independientes sin interconexión posible, los gobiernos autónomos descentralizados municipales exigirán la implementación de estos sistemas en la infraestructura urbanística.

Art. 38.- Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.

Art. 39.- Servicio público de riego y drenaje. Las disposiciones de la presente Ley relativas a los servicios públicos se aplicarán a los servicios de riego y drenaje, cualquiera sea la modalidad bajo la cual se los preste.

El riego parcelario es responsabilidad de los productores dentro de su predio, bajo los principios y objetivos establecidos por la autoridad rectora del sector agropecuario.

El servicio público de riego y drenaje responderá a la planificación nacional que establezca la autoridad rectora del mismo y su planificación y ejecución en el territorio corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, de conformidad con sus respectivas competencias.

La Autoridad Única del Agua y la Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con la autoridad rectora de la política nacional agropecuaria, expedirán las normas y reglamentos para asegurar la calidad e inocuidad del agua de riego y vigilará su abastecimiento.

Art. 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental.

Los objetivos son:

- a) Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego en función del cambio de la matriz productiva;
- b) Posibilitar el incremento de la productividad y la diversificación productiva;
- c) Fortalecer la gestión pública y comunitaria de riego;
- d) Impulsar la modernización y tecnificación del riego;
- e) Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos;
- f) Favorecer la generación de empleo rural; y,
- g) Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego.

Art. 41.- Disposiciones para los sistemas públicos de riego y drenaje. La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte del dominio hídrico público y su propiedad no puede ser transferida bajo ninguna circunstancia.

La gestión de los sistemas públicos de riego y drenaje es de corresponsabilidad entre el Gobierno Central, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias y los usuarios. Tal corresponsabilidad implica la participación en la operación y mantenimiento de estos sistemas y en el manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga.

En todo lo demás se estará a lo dispuesto en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y a las decisiones del Consejo Nacional de Competencias.

SECCIÓN QUINTA

EL AGUA Y LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS

Art. 42.- Coordinación, planificación y control. Las directrices de la gestión integral del agua que la autoridad única establezca al definir la planificación hídrica nacional, serán observadas en la planificación del desarrollo a nivel regional, provincial, distrital, cantonal, parroquial y comunal y en la formulación de los respectivos planes de ordenamiento territorial.

Para la gestión integrada e integral del agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, sin perjuicio de las competencias exclusivas en la prestación de servicios públicos relacionados con el agua, cumplirán coordinadamente actividades de colaboración y complementariedad entre los distintos niveles de gobierno y los sistemas comunitarios de conformidad con la Constitución y la ley.

Art. 45.- Prestación de servicios comunitarios del agua. Se realizará exclusivamente a través de juntas de agua potable- saneamiento y juntas de riego, las mismas que deberán inscribirse en el registro público del agua en cumplimiento de lo establecido en esta Ley.

Art. 46.- Servicio comunitario de agua potable. En la localidad rural en donde el gobierno autónomo descentralizado municipal no preste el servicio de agua potable que por ley le corresponde, podrá constituirse una junta administradora de agua potable.

Para la conformación de una junta se requerirá la presentación de la solicitud a la Autoridad Única del Agua suscrita por al menos el 60% de las jefas o jefes de familia de la localidad susceptible a hacer uso del servicio comunitario de agua potable. La Autoridad Única del Agua autorizará el caudal que corresponda luego de la verificación respectiva, de conformidad con la Ley.

CAPITULO VI

GARANTIAS PREVENTIVAS

Art. 76.- Caudal ecológico. Para los efectos de esta Ley, caudal ecológico es la cantidad de agua, expresada en términos de magnitud, duración, época y frecuencia del caudal específico y la calidad de agua expresada en términos de rango, frecuencia y duración de la concentración de parámetros que se requieren para mantener un nivel adecuado de salud en el ecosistema.

La Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y las características de los cuerpos de agua, que serán considerados dentro de la planificación hídrica nacional.

Toda resolución de la Autoridad Única del Agua por la que se otorgue autorización para uso o aprovechamiento productivo del agua deberá establecer y considerar el caudal ecológico que fue determinado para ello, conforme con los criterios de la planificación hídrica nacional.

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua. - La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o *sumak kawsay*, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;

b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;

c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;

d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental.

Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.

Art. 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto.

Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 88.- Uso. Se entiende por uso del agua su utilización en actividades básicas indispensables para la vida, como el consumo humano, el riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria en los términos establecidos en la Ley.

Art. 89.- Autorización de uso. El uso del agua de acuerdo con la definición del artículo anterior contará con la respectiva autorización otorgada de conformidad con esta Ley, su Reglamento y la planificación hídrica.

2.2.4 Ley de Gestión Ambiental

Continuando nuestra pirámide de Kelsen, se tomó la Codificación de la ley de Gestión Ambiental, con Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de septiembre del 2004.

TITULO II

Del Régimen Institucional de la Gestión Ambiental

CAPITULO I

Del Desarrollo Sustentable

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo.

El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Para la preparación de las políticas y el plan a los que se refiere el inciso anterior, el presidente de la República contará, como órgano asesor, con un Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que se constituirá conforme las normas del Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores productivos.

Por ultimo los OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, son planes oficiales de acción que cuenta con las denominadas cinco “P”, las cuales están agrupadas en los 17 objetivos las cuales tienen 169 metas, enfocadas en el esfuerzo para terminar y erradicar desigualdad, pobreza, enfocarse en la justicia, para garantizar la paz y proteger a las poblaciones.

Figura 26. Objetivos del Desarrollo Sostenible



Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2023)

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Enfoque de la investigación:

La investigación se realizará utilizando un esquema cualitativo, este tipo de investigación es también conocida como naturalista pues además de estudiar los objetos y seres vivos ya sean en su ambiente natural o en el contexto en el que se desenvuelvan, hace una recolección de datos de los cuales se obtiene los diferentes puntos de vistas y sus respectivas perspectivas de los que intervienen en el proceso de la investigación, así como la estimación de costos referenciales de cada sistema para hacer una comparativa.

Estos datos no contienen una medición numérica de los resultados que se obtienen, proceso que será de forma inductiva basando en la exploración y descripción de los factores que intervienen para el propósito de la investigación, partiendo de lo particular a lo general de forma teórica sin seguir una secuencia rigurosa en su desarrollo.

Tal como cita (Manobanda Flores & Samaniego Magallanes, 2022), haciendo referencia a Valle en el 2022 y Mata en el 2019:

“La investigación cualitativa responde a un paradigma que entiende la realidad como una construcción social” (Valle, 2022). En este sentido, la investigación cualitativa: “Asume una realidad subjetiva, dinámica y compuesta por multiplicidad de contextos. El enfoque cualitativo de investigación privilegia el análisis profundo y reflexivo de los significados subjetivos e intersubjetivos” (Mata, 2019), (p. 47).

3.2 Alcance de la investigación:

El alcance de esta investigación es correlacional, surgiendo de la necesidad de plantear una hipótesis en el cual se hace una relación entre dos variables, a fin de obtener información de forma sistemática sobre los detalles y conceptos de lo

que se está investigando ya que se busca extrapolar los resultados para así buscar el beneficio común en la aplicación de nuevas técnicas y materiales para la extracción o transporte de aguas residuales domésticas, con la finalidad de garantizar su funcionabilidad y operacionabilidad en el transcurso del tiempo, sin el riesgo latente de una contaminación a la cual el sistema convencional o por gravedad es común.

Además, que la aplicación de nuevas prácticas como el método por vacío que reducen impacto ambiental y tiene una huella de carbono más baja que otro sistema de alcantarillado, al reducirse el volumen de obras requeridas para el mismo, de igual forma ya no necesitaría grandes maquinarias y la intervención del entorno no se ve afectada haciéndolo un sistema ecológicamente amigable y de su autonomía en cuanto a mantenimientos a diferencia del convencional que deben hacerse inspecciones visuales al menos dos veces al año y al menos una limpieza anual.

Como recomendación para el correcto funcionamiento, es por esto que se ve la necesidad de implementar nuevas alternativas en los procesos innovadores en cuanto a tecnologías y la eficiencia de productos que nos permitan asegurar y minimizar los riesgos en la extracción, depuración y gestión de residuos, explorando así estos sistemas por vacío para la comprensión de sus características y su aplicación.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

En este proceso de investigación se procedió a realizar encuestas que nos permitan saber el conocimiento sobre nuevos sistemas para el transporte de aguas servidas residenciales.

También se realizó un análisis documental sobre comparativas en cuanto a los sistemas explicados anteriormente, en cuanto a sus materiales y componentes, asimismo la comparativa en cuanto a costo referencial, extrapolar datos de investigaciones realizadas en referencia a nuestra investigación.

3.3.1 Encuesta

Como lo explica (Ojeda Alvarado, 2020):

La encuesta es un proceso interrogativo que fija su valor científico en las reglas de su procedimiento, se le utiliza para conocer lo que opina la gente sobre una situación o problema que lo involucra, y puesto que la única manera de saberlo, es preguntándose, luego entonces se procede a encuestar a quienes involucra, pero cuando se trata de una población muy numerosa, sólo se le aplica este a un subconjunto, y aquí lo importante está en saber elegir a las personas que serán encuestadas para que toda la población esté representada en la muestra. (p. 35)

Este instrumento servirá para obtener y recabar información de los habitantes proyectados a los programas habitacionales y de aquellos interesados en el proyecto habitacional del que haremos base en nuestra investigación, esta recopilación se hará de forma presencial mediante encuesta escrita.

3.3.2 Análisis documental

En cuanto al análisis documental, nos referimos a lo que indican Arreaga Mora & Pisco Samaniego (2022):

Es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación. Comprende el procesamiento analítico- sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica y general de la fuente, la clasificación, indización, anotación, extracción, traducción y la confección de reseñas. (p.34)

3.3.1 Entrevista

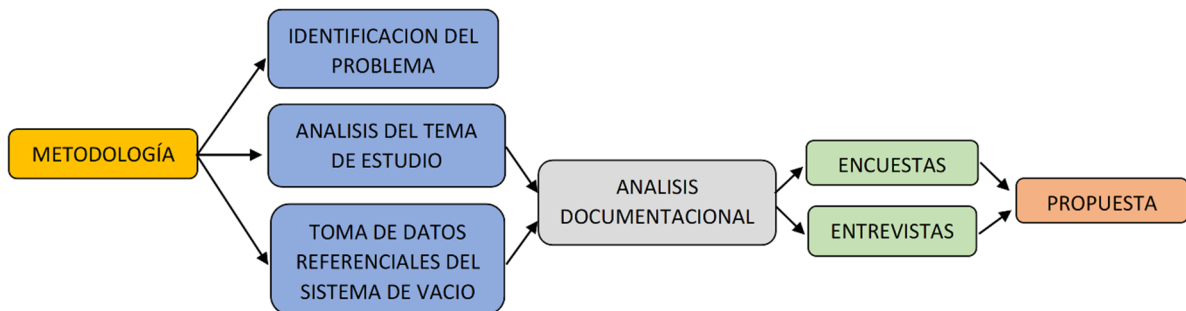
Se realizará una recolección de datos mediante una conversación directa y corta con preguntas referentes al conocimiento de los sistemas de vacío, y los riesgos del sistema tradicional.

3.4 Población y muestra

La población que será sujeta a nuestra investigación estará compuesta por aquellos que están interesados en residir en los diferentes proyectos habitacionales que ofrece el Empresa Pública Municipal de Vivienda, en una totalidad de doscientas personas encuestadas y también a cinco profesionales ente arquitectos e ingenieros que forman parte del equipo técnico que proyectan estos programas, a los cuales se les entrevistara, a fin de recolectar los datos requeridos.

3.4.1 Esquema Metodológico

Figura 27. Esquema Metodológico



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

3.5 Sistema de Alcantarillado por Gravedad

Para la caracterización del sistema de gravedad, nos basaremos en el Proyecto Habitacional Macrolote 4 y 5 en la Cooperativa Trinidad de Dios, del cual extraeremos la información sobre los cálculos referenciales proyectados para ese sistema de alcantarillado por gravedad, especificando sus consumos promedios de agua en función de las habitantes que residirán en dicho proyecto, basados en la tala 1, antes indicada.

Sobre las características proyectadas del Programa Habitacional, se establecerán los lineamientos para el desarrollo y el detalle que el sistema requiere y poder darle alcance y sustento al objetivo principal de esta investigación que es aplicar el sistema para la extracción de aguas residuales empleando el método por vacío, para su implementación en zonas que no puedan ejecutar el sistema tradicional.

3.5.1 Caracterización del Sistema por Gravedad

En el sector de Monte Sinaí, el área donde está asentado el Proyecto Urbanístico Trinidad de Dios, Macrolote 4 y Macrolote 5, actualmente no contempla la red de alcantarillado sanitario y bajo la indicación de personal técnico que realizó la consultoría de este proyecto indica que Interagua, para el presente Quinquenio de Operación, no dispone de proyectos específicos de este tipo de sistema sanitario a implementar en el sector a intervenir; por tal motivo, el diseño a realizar contemplará además de las redes principales, secundarias y terciarias.

La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas es también parte del diseño propuesto y que cumplirá con todos los parámetros permisibles de los efluentes tratados, planta de tratamiento que no será de tema de estudio en este proyecto de investigación, pero permitirá a dicha planta poder descargar en el Estero del Burro que su denominación es canal 86B, las aguas ya tratadas.

Figura 28. Ubicación General del Proyecto Referencial



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Como parte del análisis a la información obtenida en referencia a la planta de tratamiento, esta deberá obtener la aprobación del Departamento de Tratamiento y Alcantarillado de la Concesionaria Interagua y de cada una de las entidades involucradas en este proyecto urbanístico.

El diseño del sistema de Alcantarillado Sanitario contempla el diseño según los parámetros o necesidades de los o del Colector Principal, de Ramales Domiciliarios, que serán los que evacuarán las aguas ya consumidas a una Estación de Bombeo o a una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Domésticas (PTARD).

Aplicándose cada una de las Normas y Especificaciones Técnicas de Diseños, vigentes a la fecha de presentación de este trabajo, entre ellas como la INEN, Norma técnica de Diseño Interagua, describiendo, citando las normas y parámetros requeridos para el desarrollo de del alcantarillado sanitario y que se describirán a continuación.

3.5.1.1 Criterio de Diseño Hidráulico por Gravedad.- Cuando se realicen diseños referentes a obras hidrosanitarias en relación al sistema de alcantarillado sanitario, será requisito que se cumplan los siguiente:

Que las tuberías no formen gradas ascendentes o estén en contrapendiente, ya que esto permite la acumulación de restos sólidos, generando obstrucciones.

Que la pendiente se mantenga constante y que esta siempre este a favor.

Se considerará la pérdida de carga en función a la pendiente.

Que existe una ventilación interna en las tuberías, para impedir que gases nocivos se acumulen, que la tubería nunca funcione por ningún motivo llena, o a su capacidad total.

Que la velocidad de las aguas, en descargas máximas instantáneas en toda la red, desde las tuberías primarias, secundarias o las terciarias, no sea menos de 0.45 metros sobre segundo, y es óptimo que sea mayor a 0.60 metros sobre segundos, para de esta forma no se permita la acumulación de gas como el sulfhídrico.

En cuanto a la capacidad en términos hidráulicos permita que el caudal al cual se diseñe, la velocidad a la que las aguas se transportan, estas hagan una limpieza.

3.5.1.2 Caudal de Diseño.- Este caudal surge en relación a la población calculada en función al periodo al cual se realiza el diseño, y del volumen que se proveerá a la zona en referencia, calculados con coeficiente de retorno de entre 0.80 y 0.90, y se usará en relación del caudal medio por día, los coeficientes de infiltración asimismo para el coeficiente máximo horario.

A este cálculo de caudal, se le sumaran los aportes provenientes de zonas industriales, infiltración y de las ilícitas, y se realizara como se explica a continuación, con la formula siguiente:

Donde:

Q: Caudal de Diseño (l/s).

F: Factor de máxima demanda.

Q_m: Caudal Medio, proveniente de las descargas domiciliarias (l/s).

Q_i: Caudal proveniente por consumo en Industrias (l/s).

U_{ci}: Caudal total de las conexiones no legales o ilícitas (l/s).

Q_{in}: Caudal del total de la infiltración.

El caudal medio estará calculado en relación litro sobre segundo, expresado de la siguiente manera:

C_r: Coeficiente de retorno.

D: Dotación Unitaria de agua potable (l/hab/día).

P: Población (hab).

El Caudal máximo horario, Q_m. (l/s), Corresponde al caudal máximo del día máximo.

$Q_m = Q_{med} * F$, y donde

Q_m: Caudal medio diario (l/s)

F: Factor de mayoración para poblaciones entre 1000 y 1'000.000 de habitantes.

P: Población en miles de habitantes.

Caudal Industrial (S_i).- Los caudales debidos a actividades industriales, comerciales y/o institucionales deberán ser incluidos solo en el caso de diseños específicos, para descargas industriales, comerciales y/o institucionales.

Para industrias pequeñas ubicadas en zonas residenciales o comerciales puede utilizarse un caudal industrial entre 1,00 y 1,50 l/s/Ha de área bruta de lote.

Caudal por Conexiones Ilícitas (U_{ci}).- Debe tenerse en cuenta un caudal adicional por conexiones ilícitas de aguas lluvias al alcantarillado sanitario. Estos valores a modo de referencia pueden considerarse entre 0,10 y 3,00 l/s/Ha.

Caudal a causa de Infiltración en el Sistema (Q_{in}).- Las infiltraciones en los sistemas son casi inevitables y por lo general se realizan por el nivel freático, cuando se encuentra las tuberías a la misma altura de profundidad, aunque su origen puede ser por varios motivos entre ellos:

La permeabilidad, la precipitación o escorrentía, el estado de conservación de la estructura, las fisuras que puedan tener, juntas mal instaladas, son las que permiten la infiltración y se calcula en función del área tributaria por el coeficiente de infiltración, se considerarán los rangos a continuación para las infiltraciones:

Alta	:	0.15 a 0.40 l/s/ha
Media	:	0.10 a 0.30 l/s/ha
Baja	:	0.05 a 0.20 l/s/ha

La proyección en nuevas redes, en cuanto a la infiltración, serán contempladas en un nivel bajo y que no deba de exceder de 0.15 l/s/ha.

3.5.1.3 Velocidades Máximas.- Estas estarán sujetas al material que se emplee para la conducción de las aguas, se recomienda de forma generalizada una máxima velocidad de 5 metros sobre segundo y en la tabla continuación se indican bajo recomendación del fabricante según el material.

Tabla 3. Tabla de Velocidades según el Material

Material	Velocidad máxima (m/s)
PVC	6
concreto centrifugado	4
concreto normal	2
Concreto con recubrimiento centrifugado	2,5
Gres diámetro 150 a 200 mm	2,5
Gres diámetro mayores a 200 mm	3,5

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

3.5.1.4 Velocidades Mínimas.- La velocidad mínima a conducto lleno no será inferior a los 0.50 m/s en tramos iniciales y de 0.75 m/s en los siguientes tramos.

3.5.1.5 Pendientes.- La pendiente al inicio del sistema deberá ser del 5/1000 ($5^0/00$), en referencia a tuberías secundarias y de las cámaras colectoras en el sistema, se mantendrá una pendiente similar a la del terreno, siempre y cuando las características y criterios sobre las velocidades máximas y de las mínimas se cumplan en todo momento.

Pendientes mínimas.- Para estas pendientes serán determinadas para que la velocidad mínima se garantice en función de la pendiente mínima a la que se instale la tubería, y se define a continuación:

Tabla 4. Definición de Pendientes

DIÁMETRO (mm)	MATERIAL	PENDIENTE MÍNIMA %
150	PVC	0.33
200	PVC	0.30
250	PVC	0.24
300	PVC	0.20
350	PVC	0.16
400	PVC	0.14
450	PVC	0.13
500	PVC	0.12
600	PVC U HORMIGON ARMADO	0.11

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

3.5.1.6 Profundidad mínima en la Instalación.- Se establece que, para las siguientes áreas descritas, la mínima profundidad en la que se instalarán serán de:

Áreas verdes y/o destinada a peatones:	0.80 m
Vías de acceso y/o circulación vehicular:	1.20 m

3.5.1.7 Profundidad máxima en la Instalación.- Estará sujeta a las características condicionantes del terreno o suelo y para áreas de estudio de suelos que son considerados inestables y que cuenten con niveles freáticos bajos y se considera una profundidad no menor a tres metros y medios para las tuberías principales en el sistema.

A fin de garantizar el transporte adecuado en función a las pendientes, se requerirán de estaciones las cuales servirán para elevar las aguas a niveles que se puedan mantener las pendientes máximas estas estarán provistas como mínimo por dos bombas que trabajaran sumergidas, y las que descargarán por medio de tuberías PEAD mediante tuberías por la cual se impulsaran las aguas, o también con el uso de tuberías en hierro dúctil.

El PEAD es un material fabricado a partir del etileno, sus siglas significan Polietileno de Alta Densidad, así como todo material tiene sus ventajas o desventajas, ya que es un material resistente, con una vida útil larga y si es colocada bajo tierra esta se extiende, asimismo es un material que no soporta cargas excesivas, es sensible a las dilataciones por temperatura y no permiten unión por rosca o por encolado, dejando limitado el uso de accesorios.

En referencia a la instalación de la estación que elevará las aguas su profundidad no podrá superar los cinco metros.

Si se necesitara que la profundidad sea mayor a la indicada, se justificara debidamente de forma técnica que se garantizará que la cimentación, relleno sobre la tubería y sus recubrimientos tengan estructuralmente una estabilidad.

3.5.1.8 Diámetro mínimo de las tuberías.- En cuanto a redes de servicio sanitario el diámetro será de 200mm, alrededor de 8" y para las acometidas de los domicilios de 15mm o de unos 6".

3.5.1.9 Conexiones desde los domicilios.- Son las que salen de la red al interior de los domicilios, o de una edificación y se conectan a la red externa, o a la red pública.

Estas conexiones estarán sujetas a 10cm de diámetro mínimo para sus descargas a las cámaras en las aceras.

En las descargas provenientes de los domicilios y su conexión a los colectores, serán por una pieza especial, y la cual debe garantizar que exista una estanqueidad en la conexión, de igual forma que el flujo al interior de las tuberías o sus derivaciones de los ramales a los lados.

Los ramales deberán ser colocados en las aceras y estos captaran el desagüe proveniente de las viviendas o edificaciones y estos descargarán a un pozo de revisión o colector.

De igual forma las conexiones de las viviendas o edificaciones con los ramales se hará mediante la implementación de cajas, o de elementos especiales que garanticen y no impidan actividades para mantenimiento y el diámetro de estos ramales terciarios será como mínimo de 150mm

3.5.1.10 Cajas en los Domicilios.- Esta conexión se hará desde la tubería intradomiciliaria, que llega a una caja que permitirá la revisión de la estructura denominada caja domiciliaria o caja de revisión, la cual tendrá una profundidad mínima de 60 centímetros y cuando se ubiquen en cruces de calles de acceso o paso de vehículos la profundidad como mínimo será de un metro.

El objetivo de esta caja, la cual su conexión será con tubería de 15 centímetros de diámetro, será que permitirá que se puedan recolectar las aguas residuales y se puedan realizar acciones de limpieza.

3.5.1.11 Colectores en General.- El diseño y trazado de estos elementos deberán tener una compatibilidad con el diseño que se hace en función al terreno y de las profundidades que se proyectan, y estar en relación con las interferencias, que puedan surgir en relación a la estratigrafía del terreno, para ello es necesario que se hagan perfiles longitudinales del recorrido de la tubería. Sobre los diámetros de las tuberías , la pendiente que debe usarse y de las profundidades de instalación se deberá de analizar de forma puntual lo siguiente:

Pendiente: Se debe realizar para que el colector mantenga una similitud con la pendiente natural del terreno, y en los más posible evitar una profundidad de enterramiento que resulte innecesario.

Profundidad: Esta está sujeta a la distancia en sentido vertical que resulta del nivel de la corona de la tubería y el nivel del terreno, siendo de importancia que se mantengan y se respete las profundidades que se muestran a continuación:

Tabla 5. Profundidades Mínimas

DN	Profundidad mínima (m)
200 - 250	1,20
300 a 800	1,50
mas de 800	2,00

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Diámetros: Esta medida será considerara de acuerdo al caudal a conducir, y de la pendiente de la tubería, evitando que se generen atascos, retenciones y obstrucciones, siendo una alternativa a esto si se aumenta la pendiente de la tubería se puede disminuir el diámetro del colector, y estos serán sujetos en función al costo ya que mientras mayor sea el diámetro del colector a instalar mayor será el rubro por excavación que se ejecutara.

3.5.1.12 Ubicación de las Cámaras.- En cuanto a la ubicación de las cámaras en el sistema estas bajo normas que establece la ECAPAG para su distancia de separación, las cuales se indican en la tabla a continuación:

Tabla 6. Distancias entre Cámaras

DIÁMETRO, (mm)	DISTANCIA MÁXIMA, (m)
< 200 mm	100
200 mm a 450 mm	120
450 mm a 600 mm	150

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

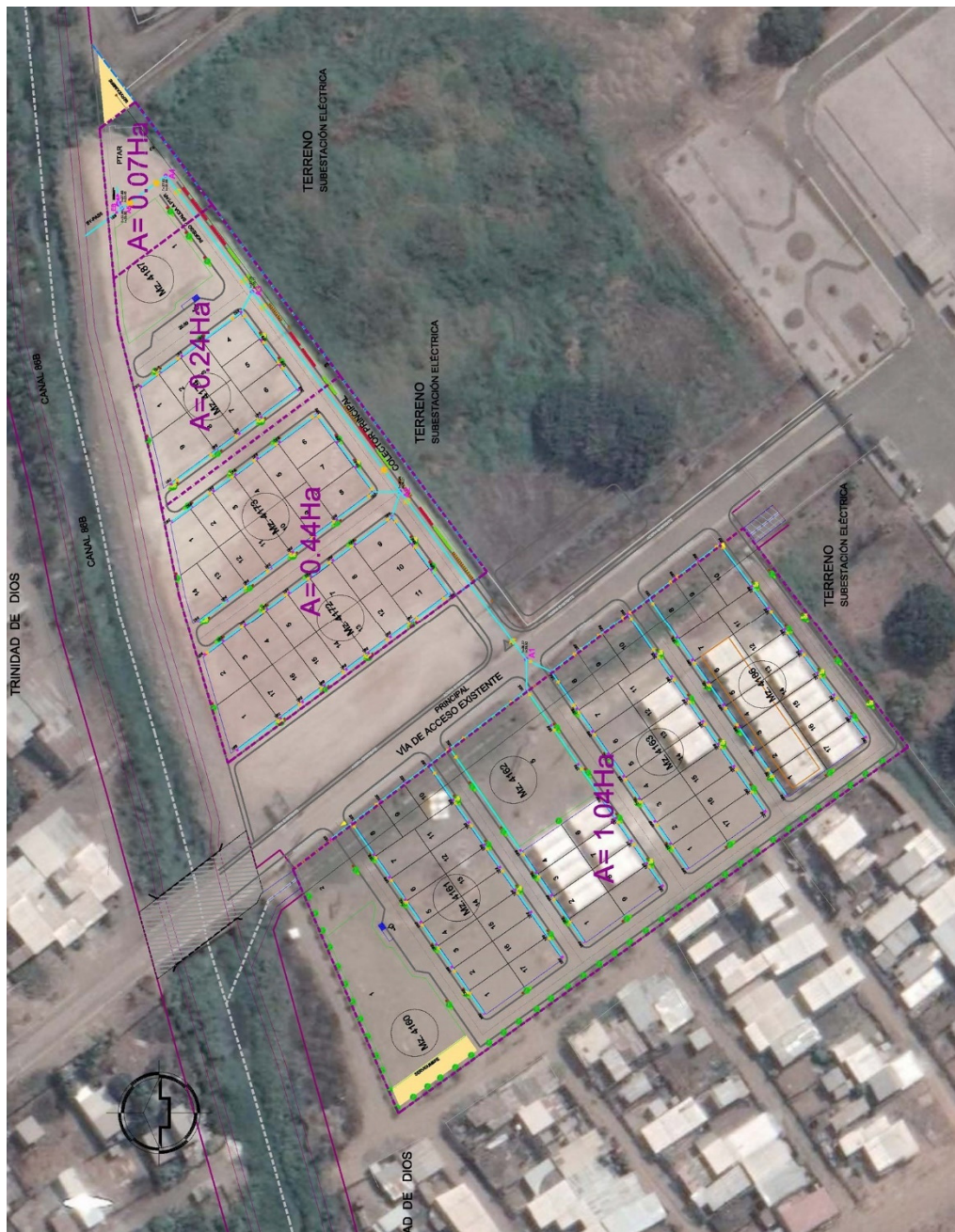
3.5.1.13 Descripción del Proyecto.- El sector donde está considerado la construcción del proyecto urbanístico “Trinidad de Dios – Macrolote 4 y Macrolote 5”, actualmente como se indicaba este no cuenta con el servicio de la red de alcantarillado sanitario; y, conforme a la factibilidad emitida por INTERAGUA, tal como nos indica el consultor, no dispone de proyecto específico de este sistema para este sector en el Presente Quinquenio de Operación; por lo tanto, recomienda que hasta tanto se construya la red sanitaria, el promotor del proyecto urbanístico, en el diseño del sistema alcantarillado para las aguas servidas proyectado, deberá implementar un sistema alternativo para tratamiento de las aguas residuales domésticas, previo a la descarga al sistema de aguas lluvias del sector, para garantizar que no existan afectaciones.

El diseño integral del que se aplicara en el proyecto urbanístico “Trinidad de Dios”, asentado al Noroeste de la ciudad de Guayaquil, en la zona de Monte Sinaí, conformado por el Macrolote 4 (Área = 0.76Ha.) y Macrolote 5 (Área = 1.04Ha.), abarcando una superficie de 1,80 Ha, ha sido concebido con capacidad para dar cobertura de servicio a ambos Macrolote, conformado por 99 viviendas unifamiliar para un total de 495 personas.

El sistema sanitario proyectado, está constituido por un colector principal de Aguas Servidas el cual se ha denominado “A” de Ø200mm PVC, el cual recibe las descargas de los colectores terciarios (ramales domiciliarios) Ø160mm – 200mm PVC, diseñados para recolectar las aguas por residuos generados en los domicilios o edificaciones; además, contempla la construcción de una estación de bombeo elevadora y una planta de tratamiento para aguas residuales doméstica (PTARD), la cual no es objeto de nuestra investigación.

Considerando, que las aguas servidas tratadas serán descargadas al Estero del Burro denominado Canal 86B, es importante que la línea de depuración alcance un tratamiento por lo menos secundario con una elevada remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), especialmente de coliformes fecales y particularmente patógenos, tal como lo indican dentro de la consultoría realizada, a continuación, se adjunta área aportante del proyecto y la planilla de cálculo hidráulico del colector principal, como referencia

Figura 29. Área Aportante del Proyecto



Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

Tabla 7. Cálculo de la Red de Alcantarillado

PLANILLA DE CÁLCULO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO TRINIDAD DE DIOS - MACROLOTE 4 Y MACROLOTE 5																																																									
																								<table border="1"> <tr><td>AREA TOTAL (4 Y 5)</td><td>=</td><td>1,79 Ha.</td></tr> <tr><td>SOLARES (4 Y 5)</td><td>=</td><td>99</td></tr> <tr><td>POBLACION POR SOLAR</td><td>=</td><td>5 hab.</td></tr> <tr><td>POBLACION TOTAL</td><td>=</td><td>495 habitantes</td></tr> <tr><td>DENSIDAD</td><td>=</td><td>276,54 hab. / Ha.</td></tr> <tr><td>DOTACION</td><td>=</td><td>213 l/hab.dia</td></tr> <tr><td>COEF. DE RETORNO</td><td>=</td><td>0,80</td></tr> <tr><td>Q licitas</td><td>=</td><td>0,10 lt. / seg. / Ha.</td></tr> <tr><td>Q infiltración</td><td>=</td><td>0,10 lt. / seg. / Ha.</td></tr> <tr><td>n (rugosidad)</td><td>=</td><td>0,010 (PVC)</td></tr> </table>				AREA TOTAL (4 Y 5)	=	1,79 Ha.	SOLARES (4 Y 5)	=	99	POBLACION POR SOLAR	=	5 hab.	POBLACION TOTAL	=	495 habitantes	DENSIDAD	=	276,54 hab. / Ha.	DOTACION	=	213 l/hab.dia	COEF. DE RETORNO	=	0,80	Q licitas	=	0,10 lt. / seg. / Ha.	Q infiltración	=	0,10 lt. / seg. / Ha.	n (rugosidad)	=	0,010 (PVC)
AREA TOTAL (4 Y 5)	=	1,79 Ha.																																																							
SOLARES (4 Y 5)	=	99																																																							
POBLACION POR SOLAR	=	5 hab.																																																							
POBLACION TOTAL	=	495 habitantes																																																							
DENSIDAD	=	276,54 hab. / Ha.																																																							
DOTACION	=	213 l/hab.dia																																																							
COEF. DE RETORNO	=	0,80																																																							
Q licitas	=	0,10 lt. / seg. / Ha.																																																							
Q infiltración	=	0,10 lt. / seg. / Ha.																																																							
n (rugosidad)	=	0,010 (PVC)																																																							
COLECTOR PRINCIPAL " A "																																																									
CAMARA	TRAMO	LONG. m.	AREAS			SOLAR			POBLACION		CAUDAL MEDIO DIARIO		Factor de Mayoración	CAUDAL				CONDUCTO A SECCION LLENA					RELACIONES HIDRAULICAS			DESNIVEL m	SALTO m	COTAS PROYECTO						Observaciones																							
			Parc.	Adic.	Acumul.	Parc.	Adic.	Acumul.	Parcial	Acumul.	Parc.	Acumul.		Instant.	licitas	Infiltrac.	Diseño	Material	Di	Di	S	V	Q	q/Q	v/v			v	PROYECTO		TAPA		INVERT																								
																			Pulg.	mm	o/oo	m/s	l/s								I	F	I		F	I	F																				
A1	A1-A2	53,90	1,04		1,04	59		59	295	295	0,58	0,58	4,08	2,37	0,10	0,10	2,58	P.V.C	8	200	3,00	0,74	23,38	0,11	0,65	0,48	0,16		38,27	38,05	38,27	38,05	36,62	36,46																							
A2	A2-A3	63,62	0,44		1,48	31		90	155	450	0,31	0,89	4,00	3,55	0,15	0,15	3,84	P.V.C	8	200	3,00	0,74	23,38	0,16	0,73	0,54	0,19	0,25	38,05	37,70	38,05	37,70	36,21	36,02																							
A3	A3-A4	36,95	0,24		1,72	9		99	45	495	0,09	0,98	3,98	3,88	0,17	0,17	4,23	P.V.C	8	200	3,00	0,74	23,38	0,18	0,75	0,56	0,11	0,25	37,70	37,29	37,70	37,83	35,77	35,66																							
A4	A4-A5	14,88	0,07		1,79	0		99	0	495	0,00	0,98	3,98	3,88	0,18	0,18	4,24	P.V.C	8	200	3,00	0,74	23,38	0,18	0,75	0,56	0,04		37,29	37,29	37,83	37,89	35,66	35,61																							
A5	A5-EB	3,00	0,00		1,79	0		99	0	495	0,00	0,98	3,98	3,88	0,18	0,18	4,24	P.V.C	8	200	3,00	0,74	23,38	0,18	0,75	0,56	0,01		37,29	38,29	37,89	37,89	35,61	35,60	LOSA DE E/B = +38,14																						

Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

3.5.1.14 Estación de Bombeo.- Este es un elemento componente del sistema, el cual estará destinado a servir para que se puedan impulsar las aguas ya consumidas generadas por el proyecto Trinidad de Dios, por medio de una tubería que realizara la impulsión con una presión, tubería que será de Hierro Dúctil de Ø110 mm y longitud 10 m, que descarga en la planta de tratamiento. La estación de bombeo ha sido diseñada para servir el desarrollo total de la población proyectada según el número de lotes propuesto en el plano urbanístico. Esta estación será prefabricada contando con bombas de operación centrífuga y podrá ser sumergibles, y como tipo será de cámara húmeda. La estación será tipo cámara húmeda prefabricada con bombas centrífugas sumergibles.

Canalización para la llegada de las aguas.- El ancho de la tubería de llegada desde la cámara más próxima a la estación que realizará el bombeo será de Ø200 mm.

Población estimada y caudales de diseño.- La población calculada para el proyecto habitacional será de 495 hab, que se describieron anteriormente.

Caudal de diseño Q_b se calcula de la siguiente manera: $Q_b = Q_{max} + Q_{ilic} + Q_{inf}$

Dónde:

Q_b = Caudal que se bombea.

Q_{max} = Caudal Máxima calculado.

Q_{inf} = Caudal Total por infiltración.

Q_{ilic} = Caudal de aguas ilícitas

Parámetros de diseño:

Población: 495 habitantes.

Dotación: 213 lt/hab, por día

C: coeficiente de retorno que será= 0.80

M: coeficiente de máxima calculado de= 3.98

Área = 1.80 ha

$$Q_m = \text{Población} \times \text{Dotación} \times C / 86400 = 0.98 \text{ lt/seg.}$$

$$Q_{\max} = Q_m \times M = 3.88 \text{ lit/seg.}$$

$$Q_{\text{inf}} = 0.10 \times \text{Área} = 0.18 \text{ lit/seg}$$

$$Q_{\text{ilic}} = 0.10 \times \text{Área} = 0.18 \text{ lit/seg.}$$

$$Q_b = Q_{\max} + Q_{\text{ilic}} + Q_{\text{inf}} = 4.24 \text{ lit/seg.}$$

Por motivo de autolimpieza y dimensiones de la línea de impulsión de la estación de bombeo se tomó como caudal de diseño 8 lt/seg.

Se prevé una estación prefabricada, que funcionara con bombas que serán sumergibles y que operaran de forma alternada, bajo las características de diseño propia de la estación, esta será de cámara húmeda, en función a la población a las cual prestaría servicio no se considera una bomba de emergencia, ya que los flujos, las aportaciones o descargas y el comportamiento de estas aguas es homogénea.

Se contará con rejilla antes del ingreso de las aguas al cárcamo, para evitar obstrucciones y atascos, se proyecta una cámara con compuerta de vástago para controlar el ingreso de las aguas residuales y un bypass para el desalajo o desvío del caudal excedente, para cuando se requiera efectuar el mantenimiento o reparación del equipo instalado.

3.5.1.15 Cámara Húmeda.- En cuanto al volumen útil, se ha considerado que la diferencia de tiempo entre un inicio al siguiente de operación de una bomba no sea menor a seis minutos, que sería el tiempo considerado como promedio o normado por el fabricante de trabajo de una bomba, cumpliendo las características de bombeo para que funcione 6 veces por hora; es decir, cada bomba arranca 5 veces por hora alargando así su tiempo de vida útil y disminuyendo los costos en mantenimientos. El volumen mínimo para la cámara húmeda viene dado por la expresión: $V = Q_b \times T / 4$

El caudal máximo va a ser manejado por las dos bombas, es $Q_b = 8 \text{ lt/seg.}$

Dónde:

$T = \text{tiempo mínimo del ciclo de arranque} = 6 \text{ minutos} = 360 \text{ segundos.}$

$V = 8 \times (6) \times 60 / 4$

$V = 720 \text{ litros}$

$V = 0.72 \text{ m}^3$

Dado el volumen se procede a dimensionar el cárcamo de bombeo en este caso se utilizará una sección cilíndrica:

Se asume un diámetro de: 1.85 m y se asume una altura de: 0.40 m

Volumen obtenido = $1.08 \text{ m}^3 > \text{Volumen mínimo} = 0.72 \text{ m}^3$, cumpliendo con volumen requerido.

Aunque los cárcamos de sección rectangular son los más recomendados para poca profundidad, por el volumen calculado es poco, por lo que el de sección circular lo hace ideal por su aplicación para volúmenes o gastos pequeños, manteniendo un similar costo constructivo, entre ambas secciones

3.5.1.16 Equipo para Bombeo.- Para esta estación se han considerado en proyección con dos bombas, ambas de las mismas características y con la capacidad de manejar el caudal al cual es diseñado el sistema.

Es por esto que para alcanzar el rendimiento y correcto funcionamiento del sistema de bombeo cada una de las bombas a instalar estarán en capacidad de realizar el bombeo de 8 litros/segundo cuando estén en funcionamiento.

Dado que la cota de la parte inferior del último colector próximo a la estación que realizara el bombeo que es +35.60 msnm quedan definidos de esta forma los parámetros de operación, con las cotas descritas a continuación:

Cota de arranque de las bombas +35.30 msnm.

Cota de apagado de las dos bombas +34.90 msnm.

Cota o nivel mínimo para mantenimiento +34.75 msnm.

3.5.1.17 Calculo para la Altura Estática.- Para esto es necesario conocer la cota a la que se realiza la descarga la tubería por la que se realiza la impulsión o en su caso el nivel más alto que se presenta en el recorrido.

Cota de la tubería de impulsión +42.00 msnm, que sería la cota ala que se realiza la descarga a la PTAR, como lo indica el Consultor.

Cota en la cual las bombas realizan el apagado sería de +34.90 msnm, la altura estática sería, la cota de descarga de línea de impulsión – Cota en las que las bobas realizan el apagado.

Altura estática = 7.10 mt.

Cálculo de perdidas menores - perdidas debido a la fricción

Estas se calcularán por medio de la formula Hazen-Williams, las pérdidas menores (h_m) son las causadas por los accesorios que forman parte de la línea de impulsión de la estación de bombeo y suelen ser por lo general mayores que las pérdidas por fricción de la tubería.

Se calculan mediante un coeficiente K, el cual es solo una aproximación, varias publicaciones no siempre están de acuerdo y pueden diferir en un 25% o más. Los valores utilizados se han seleccionado cuidadosamente de muchas fuentes y se consideran confiables.

Tabla 8. Cálculo de Perdidas

Accesorio	Cantidad	Coefficiente (K)	Perdida h_m
Entrada, bellmouth	0	0.005	0
Entrada, rounded	0	0.25	0
Entrada, Sharp-Edged	0	0.50	0
Entrada, Projecting	0	0.80	0
Codo 45°	0	0.18	0
Codo 90°	5	0.25	0.50
Tee, flujo en linea	0	0.30	0
Tee, flujo de rama	1	0.75	0.75
Cruz, flujo lineal	0	0.50	0
Cruz, flujo de rama	0	0.75	0
Yee (Wye) 45°	0	0.50	0
Válvula check	1	1.70	1.70
Válvula de compuerta	1	0.30	0.30
Válvula de tapon excentrica 80% abrt	0	1	0
Válvula de tapon excentrica 100% abrt	0	0.50	0
Salida	1	1	1
Ampliación	1	0.46	0.46
		$\sum k =$	5.46

Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

Aplicando la ecuación tenemos lo siguiente:

$$h_m = \sum k \times (V^2 / 2g) = 0.20m$$

Y cuando es por fricción se calculará como se explica a continuación:

$$h_f = (151 \cdot Q / C \cdot D^{2.63})^{1.85} = 9.32m/1000m$$

Por lo tanto, tendremos una pérdida de carga por fricción:

$$h_f = 0.09 \text{ m en } 10 \text{ m de tubería.}$$

$$h_f = 0.009 \text{ m/m}$$

3.5.1.18 Atura Dinámica Total.- Conocida con las siglas TDH, debemos calcular las pérdidas en cuanto a carga debido a la fricción, la pérdida de acuerdo a la velocidad que existe en la tubería de impulsión, y de los accesorios por la cuales estaría confirmado la estación que realiza en bombeo.

TDH = Altura dinámica total.

$$TDH = \Delta H + h_f + h_m = 7.39 \text{ m}$$

Dónde:

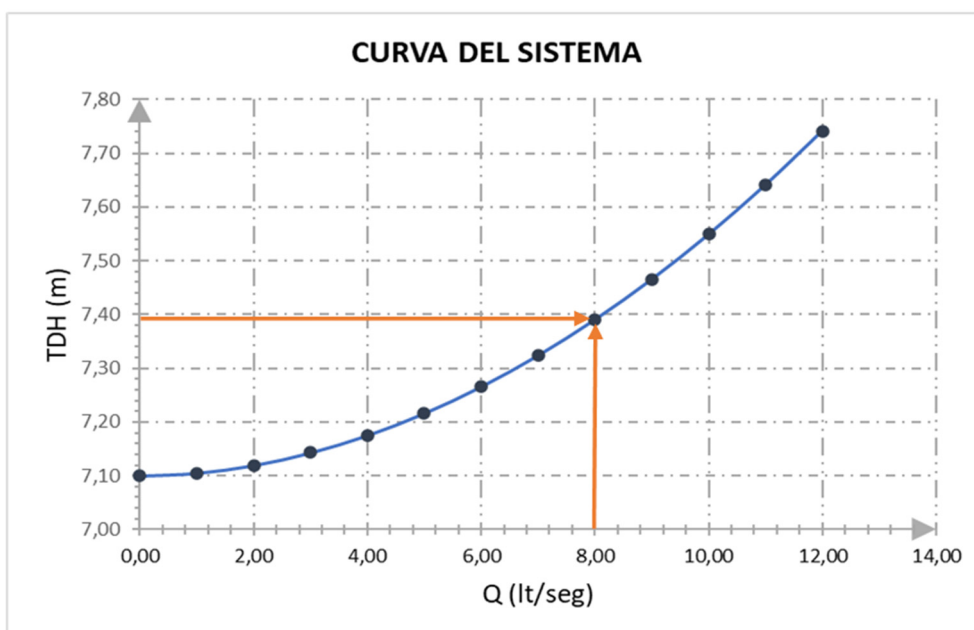
ΔH = Altura estática

h_f = Perdidas por fricción

h_m = Perdidas por accesorios

3.5.1.19 Curva del Sistema.- Una vez obtenidas las pérdidas de carga, la altura estática, la altura dinámica, el diámetro y material de la tubería de impulsión podremos observar la curva del sistema en la siguiente ilustración:

Ilustración 1. Curva del Sistema



Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

3.5.1.20 Línea de Impulsión.- Para seleccionar el diámetro de la línea de impulsión se debe conocer el caudal de diseño y la velocidad deseada dentro de la línea de impulsión. La velocidad debe ser lo suficientemente alta como para mantener los sólidos en suspensión y lo suficientemente baja como para no generar golpe de ariete.

Esta tubería desde la estación hasta la PTAR, será de hierro dúctil con un diámetro de 110 mm (nominal), por lo cual nos da una velocidad de 1.20 m/seg.

3.5.1.21 Comprobación y cálculo $NPSH_{disp} \geq NPSH_{req}$.- Altura Neta de succión positiva y para que una bomba funcione sin cavitación, es decir la formación de burbujas en el líquido, la relación siguiente, en la que se añade 0.5 metros de seguridad debe cumplirse:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} + 0.50$$

Para calcular el $NPSH_{disp}$ se utiliza la siguiente formula:

$$NPSH_{disp} = 10^5 \times ((p_l - p_v) / \rho \times g) + H_a - h_a$$

Donde:

p_l = presión sobre el líquido en el depósito de aspiración.

p_v = presión de vapor del líquido, presión a una temperatura determinada.

ρ = la densidad del líquido.

g = la aceleración de la gravedad.

H_a = altura de aspiración en metros

h_a = es la pérdida de carga que se produce en el tramo de aspiración.

La característica del bombeo con lámina libre de agua cambia si la bomba se sitúa a una determinada altitud. La presión atmosférica se refiere normalmente al nivel del mar, sin embargo, a medida que ascendemos, la presión atmosférica disminuye.

Para corregir el efecto de la altura que ejerce sobre la presión atmosférica puede utilizarse la siguiente expresión:

$$P_{ATM} = 10.33 - \text{Altura sobre el nivel del mar} / 900 \text{ (mca)}$$

$$P_{ATM} = 0.04 \text{ bar}$$

mca = metro columna de agua

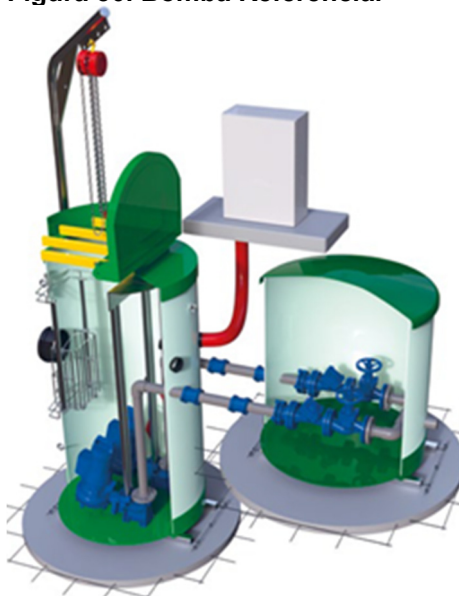
Por lo cual se debe usar esta presión atmosférica como p_v para calcular nuestro NPSHdisp, recordemos que hay que restar al NPSHdisp 0.50 m por seguridad.

$$\text{NPSHdisp} = 10.29 \text{ m} \geq \text{NPSHreq} \text{ (dado por el fabricante de la bomba).}$$

3.5.1.22 Selección de la Bomba.- A manera de ejercicio se consultó con diferentes proveedores de bombas de estas características para tener una idea más objetiva de que equipos se necesita buscar para su implementación, y uno de los diferentes proveedores determino una bomba con las siguientes características:

Modelo de bomba ARX F065-150/018C4USG -200/00000L000 con una potencia en el eje del motor de 1.37Kw y una velocidad de 1763 rpm, y el modelo de será compacta con código CK800, prefabricada.

Figura 30. Bomba Referencial

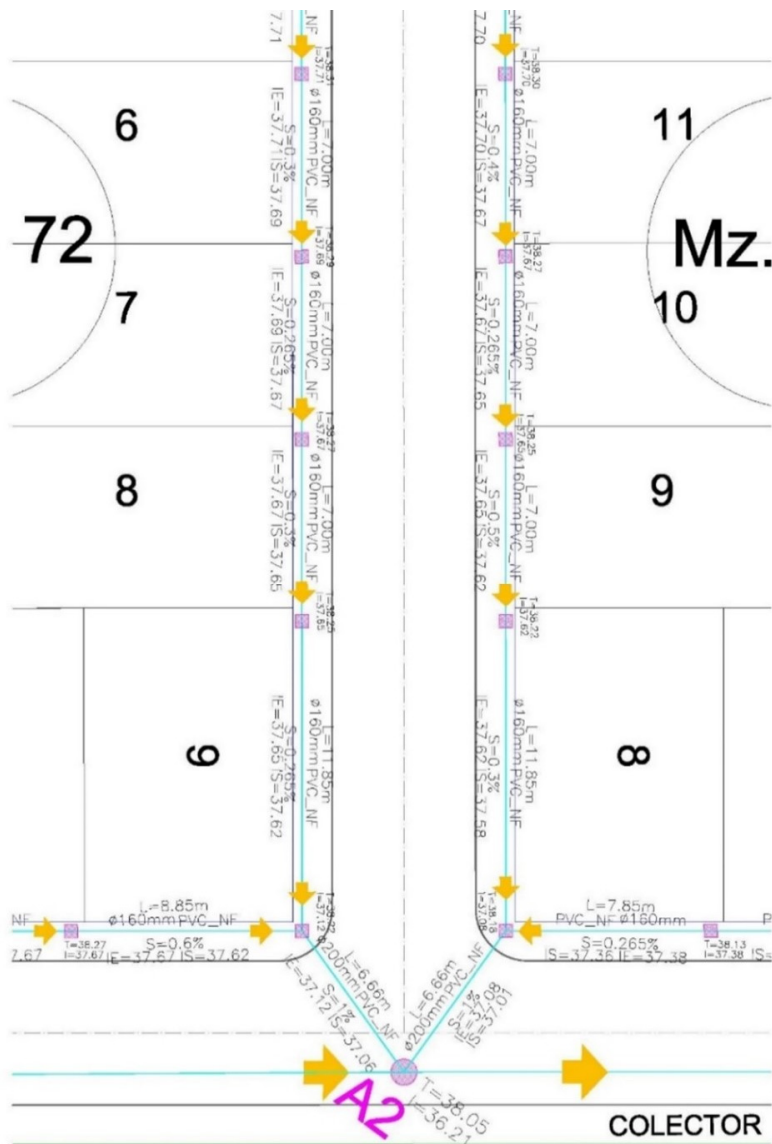


Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

3.5.2 Esquema del Sistema por Gravedad

Las conexiones domiciliarias contarán cada una de las viviendas con su respectiva cámara de inspección, con las pendientes indicadas en diseño, y estas descargarán hacia los colectores tal como se describe en la imagen a continuación, para lo cual deberán de contemplarse las pendientes requeridas en el sistema de gravedad, estos cálculos los realizará un profesional, pudiendo ser un Ingeniero Civil o Arquitecto, que se especialice en estos diseños.

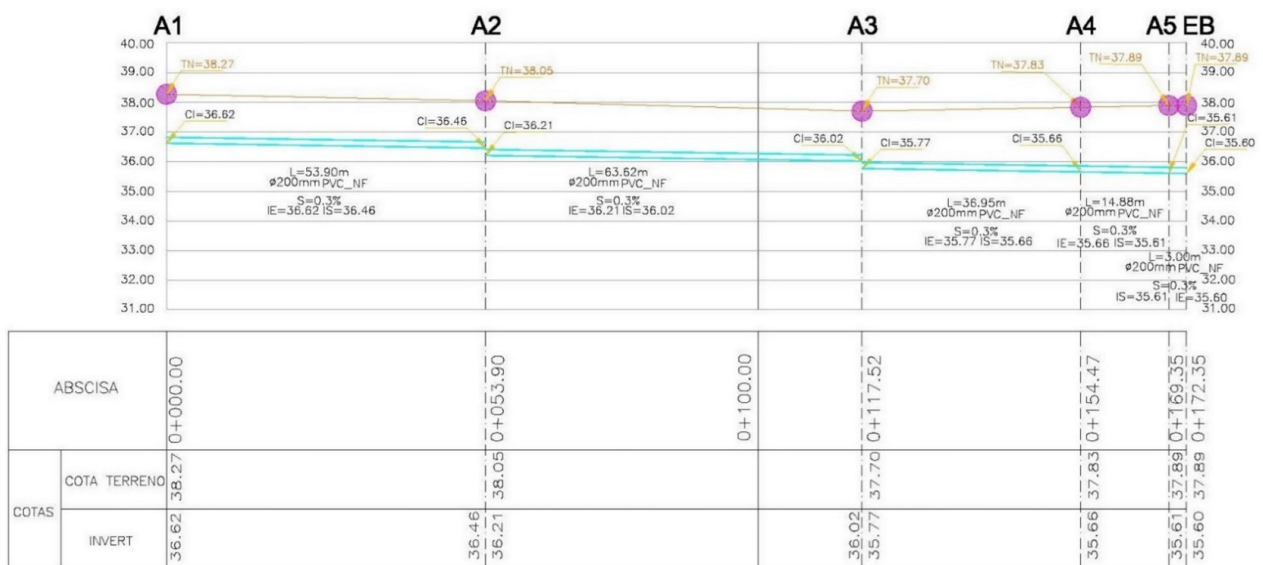
Figura 31. Esquema de Conexión del Sistema por Gravedad



Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

Se garantizará la eficiencia del sistema respetando las pendientes, para que no existan taponamientos o estancamiento que provoquen atascos o que no se puedan evacuar la aguas correctamente entre los colectores, así mismo la profundidad de estos, hasta llegar a la estación de bombeo, que sería la altura más baja desde el primer colector o A1, como se denomina en el proyecto.

Figura 32. Corte General de Colectores



Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

3.5.2 Presupuesto Referencial del Sistema de Convencional

Tabla 9. Presupuesto Referencial de Obras de Alcantarillado por Gravedad

CODIGO	DESCRIPCIÓN DE RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OBRAS HIDROSANITARIAS					
OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO					
SUMINISTRO E INSTALACIÓN PARA EL SISTEMA DE REDES DE AASS (COLECTORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS)					
1	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	M3	256,00	2,39	611,84
2	MATERIAL DE PRÉSTAMO LOCAL	M3	178,00	2,98	530,44
3	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO (INC. TRANSPORTE)	M3	59,00	16,53	975,27
4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA (De=220MM; Di=200MM)	M	168,00	27,52	4.623,36
5	INSPECC. CCTV DE COLECTORES DESDE 200 A 400 MM (INC. DOCUM)	M	168,00	3,73	626,64
SUBTOTAL INSTALACIÓN DE COLECTORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS					\$ 7.367,55
SUMINISTRO E INSTALACIÓN PARA EL SISTEMA DE REDES DE AASS (TIRANTES)					
6	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	M3	33,00	2,39	78,87
7	MATERIAL LOCAL (MANUAL)	M3	7,00	4,96	34,72
8	MATERIAL IMPORTADO MANUAL (INC. TRANSPORTE)	M3	23,00	19,61	451,03
9	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA (De=220MM; Di=200MM)	M	34,00	27,52	935,68
10	INSPECCIÓN CCTV DE RAMALES DOMICILIARIOS, TIRANTES Y CRUCES INCLUYE DOCUMENTACIÓN	M	34,00	2,29	77,86
SUBTOTAL INSTALACIÓN DE TIRANTES					\$ 1.578,16
SUMINISTRO E INSTALACIÓN PARA EL SISTEMA DE REDES DE AASS (COLECTORES TERCIARIOS)					
11	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	M3	914,00	2,39	2.184,46
12	MATERIAL LOCAL (MANUAL)	M3	169,00	4,96	838,24
13	MATERIAL IMPORTADO MANUAL (INC. TRANSPORTE)	M3	640,00	19,61	12.550,40
14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA (De=175MM; Di=160MM)	M	886,00	17,90	15.859,40
15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO PVC RÍGIDO DE PARED ESTRUCTURADA E INTERIOR LISA (De=220MM; Di=200MM)	M	434,00	27,52	11.943,68
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CAJA DE REVISIÓN H.S.F'C=210 KG/CM2 60 X 60 X 110 CM MEDIDAS INTERIORES SIN TAPA	U	125,00	135,53	16.941,25
17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPA REDONDA/FUNDICIÓN DÚCTIL D=0.60 M (ACERA)	U	125,00	241,18	30.147,50
18	INSPECCIÓN CCTV DE RAMALES DOMICILIARIOS, TIRANTES Y CRUCES INCLUYE DOCUMENTACIÓN	M	1.320,00	2,29	3.022,80
SUBTOTAL INSTALACIÓN DE COLECTORES TERCIARIOS					\$ 93.487,73
CÁMARA DE INSPECCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO - AASS					
13	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN (INC. DESALOJO)	M3	92,00	2,39	219,88
14	ENTIBADO - TABLA ESTACADA METÁLICA	M2	48,00	16,85	808,80
15	BOMBEO DE AGUA	H	120,00	9,09	1.090,80
16	REPLANTILLO E=0.05 M. F'C=140 KG/CM2	M2	24,00	8,16	195,84
17	MATERIAL DE PRESTAMO LOCAL (MANUAL)	M3	41,00	4,96	203,36
18	MATERIAL DE PRÉSTAMO IMPORTADO MANUAL (INC. TRANSPORTE)	M3	33,00	19,61	647,13
19	HORM. ESTRUCT. /CEM. PORTL. CL-B F'C=210KG/CM2 (INC. ENC. CURAD)	M3	1,00	224,96	224,96
20	HORM. ESTRUCT. /CEM. PORTL. CL-B F'C=280KG/CM2 INC. INHIB. CORROSIÓN	M3	7,00	256,76	1.797,32
21	HORM. ESTRUCT. /CEM. PORTL. CL-A F'C=350 KG/CM2 (INC. ENC. CURAD)	M3	2,00	261,12	522,24
22	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS FY=4200 KG/CM2	KG	777,00	2,77	2.152,29
23	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SELLADO IMPERMEABLE	M2	29,00	14,85	430,65
24	SUMIN. COLOC. ADHESIVO EPOXICO DE HORMIGÓN FRESCO A ENDURECIDO	M2	3,00	20,24	60,72
25	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTAS DE PVC (10-18) CM	M	15,00	11,68	175,20
26	SUMIN. E INST/TAPA REDONDA/FUNDICIÓN DÚCTIL D=0.60M 400KN	U	5,00	263,76	1.318,80
SUBTOTAL CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE HORMIGÓN ARMADO					\$ 9.847,99
SUBTOTAL OBRAS ALCANTARILLADO SANITARIO					\$ 112.281,43

Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

Tabla 10. Presupuesto Referencial de la Estación de Bombeo

ITEM	DESCRIPCIÓN DE RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ESTACIÓN DE BOMBEO					
OBRA CIVIL					
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA CON MAQUINARIA (EXCAVACION)	m3	719,8	3,94	2.834,37
6	REPLANTILLO Y RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	m3	251,93	15,94	4.015,46
5	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	m3	107,97	4,63	500,35
4	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE	m3	302,316	4,08	1.234,68
10	ENTIBADO METALICO	m2	196	11,97	2.345,99
11	BOMBEO D= 4"	Hora	250	3,43	858,00
89	HORMIGÓN SIMPLE F'c= 280Kg/cm2 (INCLUYE ENCOFRADO)	m3	34,5	293,12	10.112,61
90	HORMIGÓN SIMPLE F'c= 210Kg/cm2 (INCLUYE ENCOFRADO)	m3	6,34	217,82	1.380,95
91	HORMIGÓN SIMPLE F'c= 180 KG/CM2 (PARA INVERT Y REPLANTILLO)	m3	3,25	176,10	572,31
96	ACERO DE REFUERZO	Kg	4140	2,16	8.956,59
BOMBAS Y ACCESORIOS					
111	SUMINISTRO E INSTALACION DE BOMBAS SUMERGIBLE P=2,0 K.W (INCLUYE PANEL DE CONTROL)	U.	2,00	3.989,33	7.978,67
113	VÁLVULA DE COMPUERTA H.D. DN=100 B-B DE VASTAGO NO ASCENDENTE (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	5,00	572,73	2.863,66
114	VÁLVULA CHECK H.D. EXTREMOS B-B (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	755,26	1.510,53
115	COMPUERTA MURAL / VASTAGO ASCENDENTE DE ACERO INOXIDABLE (INCLUYE INSTALACION)	U.	1,00	6.507,46	6.507,46
116	AMPLIACIÓN/REDUCCIÓN 80X100 DE H.D. B-B (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	168,70	337,41
117	UNION DESMONTABLE AUTOPORTANTE B-B (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	172,58	345,16
118	TEE H.D. B-B DN=100 (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	221,27	442,55
119	CODO 90° H.D. B-B DN=100 (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	4,00	177,10	708,41
120	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE H.D. DN=100 PN10	ml	9,90	207,09	2.050,23
121	TAPA METÁLICA 75 X 65 CM (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	255,17	510,33
122	TAPA METÁLICA 80 X 70 CM (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	303,17	606,33
123	TAPA METÁLICA 80 X 60 CM (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	1,00	279,17	279,17
124	TAPA METÁLICA 80 X 70 CM (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	1,00	243,17	243,17
126	TAPA METÁLICA 130 X 65 CM (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	4,00	359,00	1.435,99
127	CANASTILLA DE ACERO INOXIDABLE (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	1,00	2.783,97	2.783,97
128	ESCALERA DE ALUMINIO (INCLUYE INSTALACIÓN)	U.	2,00	307,49	614,97
SUB-TOTAL ESTACIÓN DE BOMBEO					62.029,30

Fuente: EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA (2021)

Los valores mencionados, son referenciales al momento de realizar el cálculo de cantidades y volúmenes en función a las obras necesarias para el sistema por gravedad a ejecutarse, valores que según disponibilidad de materiales y según el mercado pueden variar, tal como indica la consultora, y no se estiman valores por operación y mantenimiento, ya que no son parte de la consultoría, de igual forma se hará con el sistema por gravedad para en el desarrollo de los resultados tener una comparación bajo las mismas características.

Los valores totales en cuanto al sistema por gravedad, la sumatoria de las obras sanitarias de alcantarillado y de la estación de bombeo por gravedad, nos indica que son 174.310,73 dólares estadounidenses, entre las obras civiles y la implementación de la estación de Bombeo, de acuerdo a el análisis de costos unitarios que realizo la consultora de este proyecto habitacional, los valores han sido calculados al año en curso 2023.

3.6 Sistema de Alcantarillado por Vacío

Este sistema su principio básico es por medio de la estación de vacío que crea y mantiene una presión negativa y es transmitida a través de sus tuberías, a diferencia del sistema por gravedad que usa la fuerza natural ejercida por la gravedad y de las pendientes en su red.

Tomando en consideración las indicaciones y las referencias que se utilizaron para el desarrollo del sistema de vacío, consideraremos los mismos lineamientos en cuanto a los cálculos referenciales de caudales, en cuanto a la población y consumo promedio de los habitantes ya descritos anteriormente, mostrando sus diferentes características en cuanto a diseño, instalación y operación.

Malpartida Iturregui y otros, como menciona en su trabajo grupal de investigación, este sistema funciona utilizando la presión negativa para el transporte de estas aguas residuales, aclarando así el termino vacío que es usado como un término para simplificar el método usado, recordando que vacío como tal, es un espacio libre de cualquier materia, de esta forma se describirá y detallarán sus componentes, y requisitos de implementación, su forma en como estos operan, y la estimación de sus costos en relación a los del sistema anterior.

3.6.1 Caracterización del Sistema de Vacío

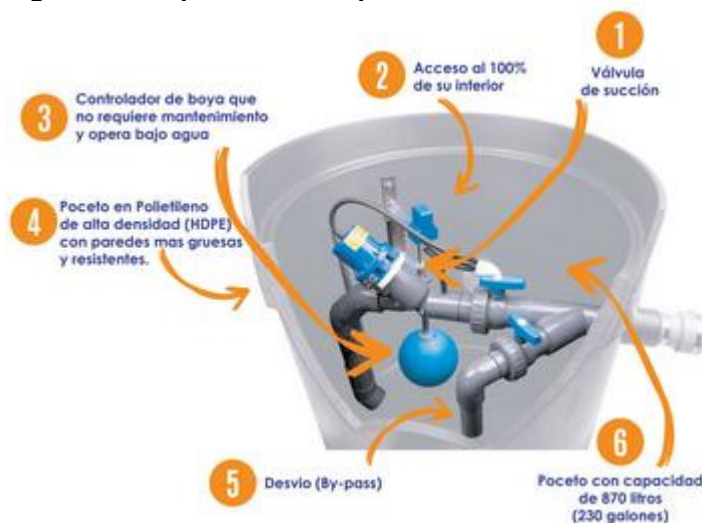
El Sistema por el método de vacío, requiere un diseño y cálculos, parámetros que deberán seguirse sin dejar de lado las recomendaciones para la operación del sistema ni de los requisitos mínimos para su funcionamiento general, sus componentes principales son: las cámaras de vacío, tuberías principales que realizarían el transporte o extracción de las aguas, que conformarían el alcantarillado, la aplicación de este método aplicando el vacío, en cuanto geografía es flexible, puesto que se adapta al terreno.

El transporte de estas aguas hasta su disposición final, funciona de la siguiente manera:

La descarga desde los domicilios se realiza a caja de registro que están dentro de las aceras, estas cajas pueden compartirse con dos predios al mismo tiempo o más, a diferencia de las de gravedad que se limitan a una por vivienda, estas descargas van directamente a la colectora, la cual dispone de un sistema que controla la activación la válvula el cual es neumático, permitiendo la extracción de las aguas cuando los niveles predeterminados son alcanzados.

Este tiempo de trabajo es igualmente proporcional a la cantidad de agua que se requiere impulsar, ya que la operación que realiza es dejar abierta la válvula en tiempo necesario para alcanzar la diferencia de presión que debe existir en el sistema, que la presión negativa alcance e impulso necesario para trasladar las aguas que se han acumulado dentro de las cajas de registro, de igual forma la colectora al alcanzar esta presión negativa al interior de la red de vacío, el transporte de estas aguas es sistemático ya que al existir la presión negativa se van activando otras bombas a lo largo del sistema permitiendo mediante la activación de las demás válvulas de vacío colocadas en las demás cajas, el transporte de forma gradual de la aguas hasta depósitos, o tanques de almacenamientos, provistos en la estación de vacío.

Figura 33. Esquema de Tanque recolector de Vacío



Fuente: VIAVAC (2023)

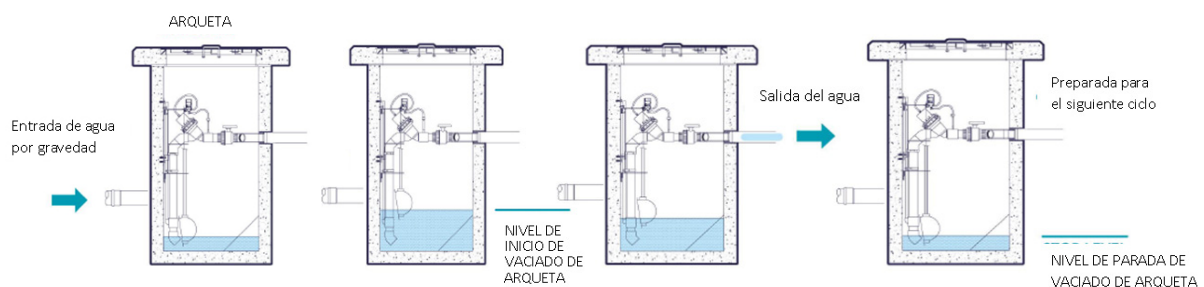
Una vez que estos depósitos o tanques de vacíos, que son los que reciben las aguas, hasta llegar a un determinado volumen, esto permite la activación automática de bombas, que impulsaran las aguas colectadas desde una línea que las impulsa, hasta el emisor principal, que las conducirá hasta donde serán dispuestas según se requiera.

Estos tanques o depósitos deberán al menos poder contener el 25% del caudal medio por día y deberán tener tapa que no permita que entren aguas de la superficie u objetos que puedan comprometer el sistema.

Las medidas de estas válvulas de vacío van desde los 1.25 pulgadas hasta las 3 pulgadas, ya que normalmente se usan de 2 pulgadas, y fabricadas en material que no se ve afectado por materiales o líquidos corrosivos contenidos en las aguas residuales, estas válvulas pueden ser colocadas en un pozo diferente o seco sin ser necesario la aislación de la válvula.

Válvula que ya viene con la capacidad de operar sumergida, a medida que transcurre el tiempo estas ya vienen provistas con sistemas anti atasco, estas válvulas operan como ya se menciono trabaja sin la necesidad de energía eléctrica, y pueden trabajar con niveles mínimos, es decir la estanqueidad o el tiempo que esta agua se mantiene en el sistema es corto, lo que evita que se vuelva séptica y que existan olores.

Figura 34. Esquema de Operación de la Cámara de Vacío



Fuente: SewerVAC (2023)

3.6.1.1 Cámara y Válvula de Vacío.- Este elemento es el cual conecta las descargas de las viviendas que es por gravedad hasta la cámara con el sistema por vacío, a su red de alcantarillado, que funciona como un recipiente que almacena estas aguas y las moviliza a la estación de vacío, la tubería que conecta a esta cámara desde una o varias casas permite que las aguas lleguen a la parte inferior, lo que aumenta el nivel de las mismas, provocando que quede aire atrapado en el sistema, permitiendo actuar al sensor aumentando proporcionalmente su presión a medida que se continua llenado la cámara, lo que activa la válvula o controlador, transfiriendo el contenido a la red principal, el tiempo que esta válvula trabaja es en relación al volumen, ya que su sensor es neumático detectando una presión de acuerdo al volumen establecido, sin la necesidad de suministro de energía.

Aunque se puede ajustar el tiempo para que esta se cierre, normalmente el contenido se evacua y se mueve al sistema por la presión negativa que se mantiene dentro de ella, cuando en un aproximado de 40lt de agua residual ingresa al sistema proveniente de un promedio de cuatro casas se activa un sensor en la tubería, permitiendo que se apertura una válvula, dejando así ingresar los residuos y posterior a eso una cantidad de aire a una velocidad promedio de 5 m/s, esto también asegura la retención de gases que son perjudiciales, manteniéndolos en el pozo o cámara de vacío, en la figura 35, destacamos a la izquierda una cámara donde descargan las aguas, y a la derecha una que trabaja en seco separada a la de las cámaras.

Figura 35. Válvulas de Vacío



Fuente: TecnoAqua (2023)

3.6.1.2 Tuberías del Sistema por Vacío.- Este sistema estará compuesto por tuberías que unirán cada una de las cámaras que colectan las aguas a la estación de vacío, el material de estas tuberías serán de PVC y de igual forma se regirán por la Norma INEN para el uso de tuberías y accesorios para Alcantarillado, los diámetros variaran según el caudal a transportar, es recomendable que en terrenos sin cambios de elevación o depresión, mantener una pendiente del 0.2% cada 150 metros, es decir que tendrá una diferencia de 0,30m, a fin de mantener la cota inicial, para que la profundidad a realizar de la zanja en la instalación de las tuberías se mantenga constante y en el mínimo, la profundidad optima de estas tuberías está en un rango de los 60cm a los 150cm, siendo optimo el trabajo del sistema.

Si en alguna parte el terreno la pendiente es superior a la indicada, no requerirán de lift, o también llamados saltos, que son los que permiten que se mantenga el nivel e incluso para sortear obstáculos, si la pendiente fuera en contra estos saltos se deberán colocar con menor distancia de separación.

Los diámetros de las tuberías que se utilizan van de los 90 mm a los 315 mm, con la fuerza y velocidad con la que el agua circula dentro de la red, permite usar tuberías con menor diámetro, en relación a la por gravedad.

Figura 36. Esquema del sistema



Fuente: TecnoAqua

Las conexiones de los ramales en función a las acometidas principales y re los ramales secundarios estas deben ser en un ángulo de 45 grados, las uniones deberán realizarse con juntas especiales de material elástico para sistemas de vacío al usar PVC, que el material que se recomienda.

Los flujos que deben manejarse en los sistemas de vacío estarán determinados a los normados por las características de las tuberías, y de sus fabricantes, en la figura 36 observamos el esquema del sistema de vacío, que conecta la colectora y se mantienen a cota inicial con los saltos hasta llegar a la estación de vacío, cuando estas tuberías no estén enterradas deberán estar bajo la protección al clima, que no esté expuesta a altas temperaturas, daños que por acción mecánica sea sometida o que se exponga a radiación.

3.6.1.3 Estación de Vacío.- Existe una similitud con la estación de bombeo por gravedad y su trabajo es similar al realizar el bombeo de las aguas residuales, a los cual se le añaden tanques o se dispondrá de un lugar donde las aguas puedan ser almacenadas o acumuladas, donde al usar bombas de vacío descargarán siempre a un tanque de vacío, los niveles en estos serán controlados mediante un sensor de nivel el cual las activa impulsando las aguas o activando las válvulas que realizarán el desagüe, cuando estas aguas dentro del tanque alcanzan niveles altos, se cierran estas bombas para evitar sobrecargar los mismos impidiendo el acceso, este funcionamiento se debe a que los interruptores que realizan estas activaciones son de presión. Las funciones que realiza esta estación son, generar la presión negativa dentro del sistema a su red de tuberías, captar o almacenar las aguas que ingresan al sistema y conducir las hasta donde serán dispuestas o tratadas, esta estación como las de gravedad estará compuesta, por un depósito donde se acumularán, bombas de vacío y de impulsión, filtros a las salidas de las bombas de vacío, válvulas de recolección, accesorios y demás, estos depósitos son en material de acero, el volumen variara según al caudal a recibir, pero los más comunes se encuentran entre los 5 a los 13 metros cúbicos, y donde el 75% de este es utilizado como depósito, manteniendo una presión negativa como reserva constante, lo que permite que las bombas solo trabajen cuando se detecte una presión positiva.

Figura 37. Tanque de Vacío



Fuente: FLOVAC (2021)

3.6.1.4 Cálculos Hidráulicos a considerar.- Se tomarán los resultados obtenidos en los cálculos en el sistema por gravedad, donde podríamos dar una media de consumo de 1.20 litros/segundo a 2.34 litros/segundo donde la gráfica a continuación, de diámetros máximos de tuberías nos indicaría que se deberán utilizar tuberías de 3 y 4 pulgadas, aunque por recomendación del fabricante es mejor utilizar tuberías de 4 pulgadas, en la figura 38 observamos los diámetros en función al gasto, en relación galón por minuto (GPM) y litros por segundo (LPS)

Figura 38. Diámetros según el Gasto

Diámetro de la Tubería	GPM	LPS
3"	19.52	1.23
4"	37.84	2.39
6"	104.57	6.60
8"	209.37	13.21
10"	373.72	23.58

Fuente: FLOVAC (2021)

En cuanto a la cámara de vacío, para su respectivo diseño se tomarán los datos referenciales como un consumo máximo por lote de 0.06 lt/seg, en la cual las viviendas que aportarán al sistema serán 8 según la configuración a utilizar:

Cantidad de aportes= 8 viviendas.

Caudal medio hora= 0.15 litros/segundo= 2.39 galones/minuto.

Cámara colectora = con un volumen de 40 lt= 10.57 galones

Volumen mínimo calculado para la cámara, el cual sería en relación del volumen calculado del cámara dividido por el número de viviendas aportantes.

= $10.57 \text{ gal} / 8 =$ equivalente a 1.321 gal, por vivienda.

En cuanto al llenado de la cámara, su tiempo mínimo se calcula en función del volumen mínimo del cámara dividido por el caudal mínimo al cual fue realizado el diseño.

= $1.321 \text{ galones} / 2.39 \text{ galones por minuto} =$ nos da un tiempo de 0.55 minutos.

Y para el llenado un tiempo máximo que resulta del tiempo mínimo de llenado dividido para en número de domicilios o viviendas.

= 0.55 min. Dividido para las 8 viviendas

= nos da un tiempo máximo de 4.4 minutos

= 13.64 veces/por hora

= 327.27 veces/por día

En cada válvula que este en el sistema y no exista la presencia de caudal, el sistema deberá mantener siempre un vacío mínimo de forma parcial, el cual debe ser de 25kPa, donde 1kPa es equivalente a 0.101974 mca, nos da que debe ser ya transformado de 2.5494 mca (metro columna de agua).

3.6.1.5 Tanque de recolección.- Estos deben calcularse par que el funcionamiento de os equipos puedan trasladar las aguas desde el tanque hasta el sitio donde serán dispuestas o serán conectadas a un sistema tradicional, el llenado d estos debe estar en capacidad de almacenar el agua, donde el clico de llenado del mismo no excedan más de cuatro (04) veces el bombeo por hora bajo condiciones de flujo mínimo, es decir dos arranques por cada bomba instalada, este tampoco puede exceder más de 7 veces por cada hora en referencia al caudal medio es decir 3.5 veces por cada bomba, expresando en formula sería de la siguiente forma:

$$V_t = 3V_o + 1.5$$

Donde:

V_t = en relación a la capacidad del tanque expresados en metros cúbicos.

V_o = el cual sería el volumen de operación en metros cúbicos.

Si consideramos que cada ciclo en relación al volumen es de quince (15) minutos se calcularía con la siguiente formula:

$$V_o = 450 (Q_{med}) - (Q_b - 0.65(Q_{med})/Q_b)$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio expresado en l/s de las aguas residuales

Q_b = LA capacidad del equipo de bombeo expresado también en l/s.

$$V_o = 450(0.26) * 1.8 - 0.5(0.26) / 1.8$$

$$V_o = 108,7 \text{ m}^3$$

$$V_T = 3 * V_o + 1.5$$

$$V_T = 327 \text{ m}^3$$

3.6.1.6 Calculo del equipo de Bombeo para Vacío.- Debemos aclarar que estos cálculos se basan en el flujo dentro del sistema y de las longitudes que tienen las tuberías, para esto la empresa AirVAC se basa en una ecuación empírica:

$$Q_{BV} = A * Q_{min}$$

Q_{BV} = Capacidad de la bomba de vacío, expresado en l/s.

A = factor de longitud

$$Q_{BV} = 6 * 2.1$$

$$Q_{BV} = 12 \text{ l/s}$$

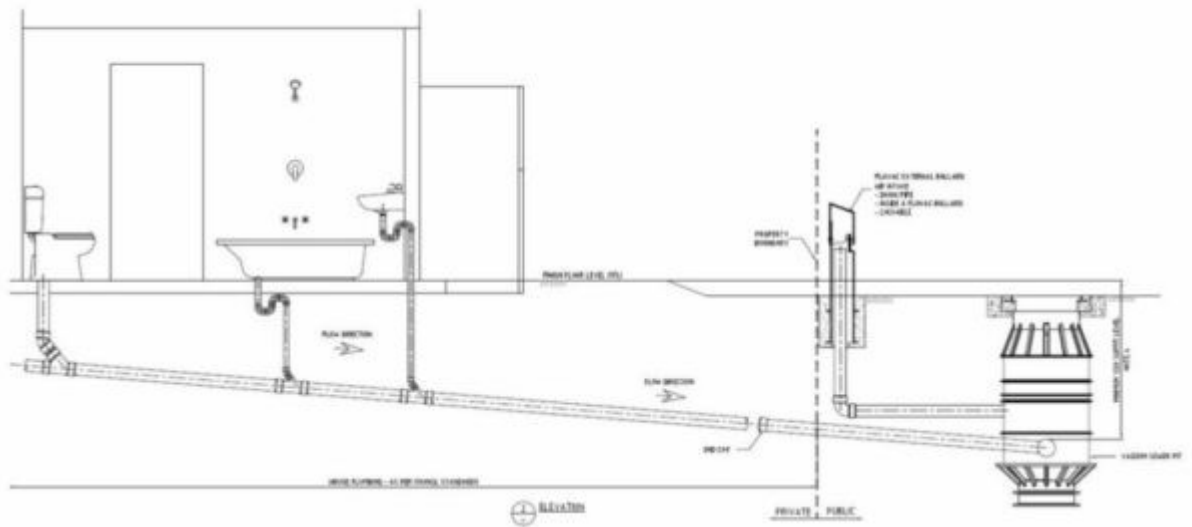
3.6.2 Esquema del Sistema de Vacío

El esquema de trabajo del sistema es por gravedad desde los domicilios, hasta las cámaras que recolectan estas aguas, solo en este tramo se mantendrá y utilizará el sistema por gravedad.

Las aguas se almacenarán dentro de estas cámaras, hasta llegar a un volumen de 40 litros, momento en el cual se activarán los sensores permitiendo generar la presión negativa en el interior de la red, y dando así el transporte de estas aguas, hasta la estación donde se genera el vacío.

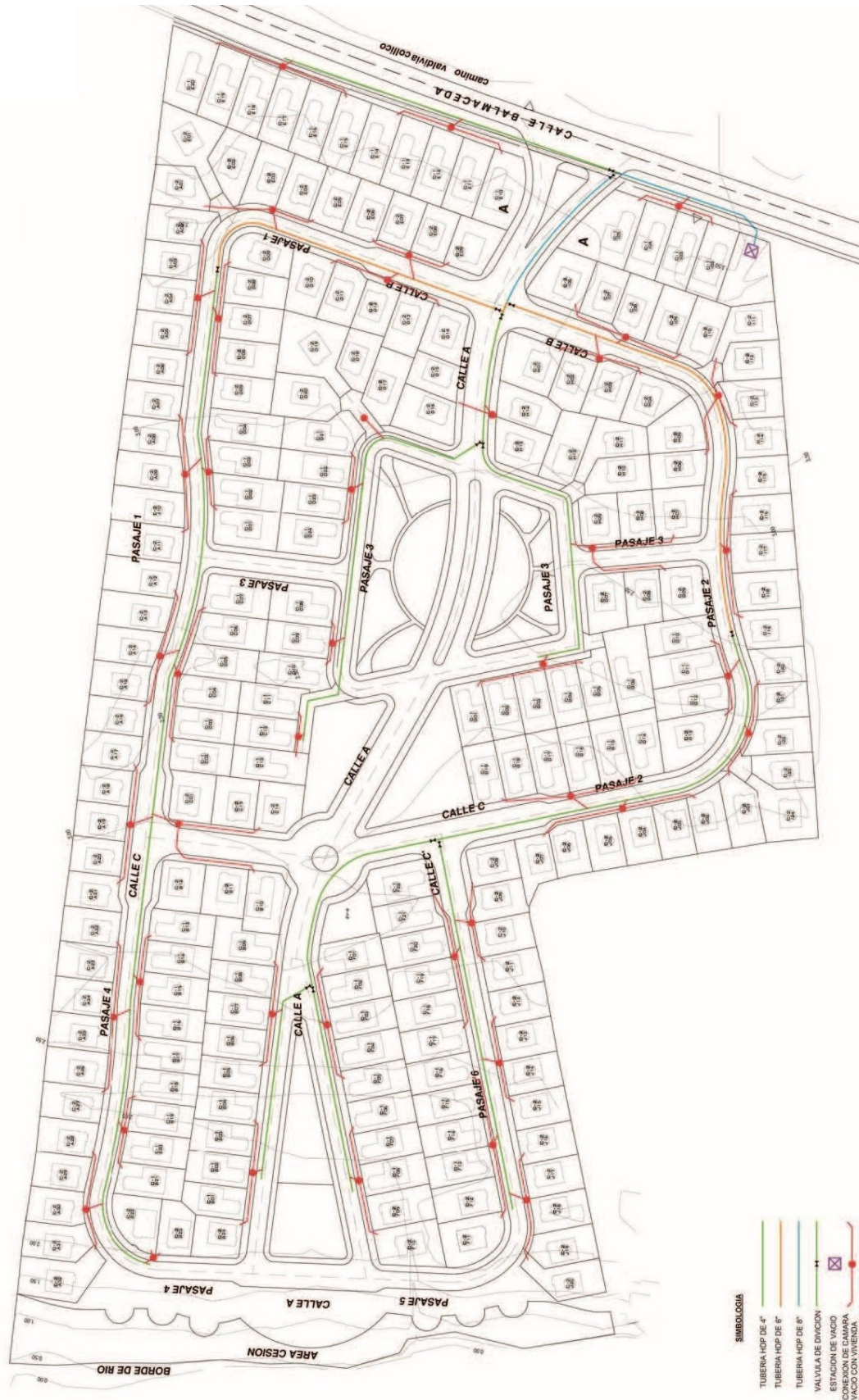
Esta estación es la encargada de mantener dentro del sistema una presión negativa mínima cuando no está operando, a fin de que cuando se requiera esta genere la presión necesaria para el correcto desempeño del sistema.

Figura 39. Esquema de residencia hasta pozo de recolección



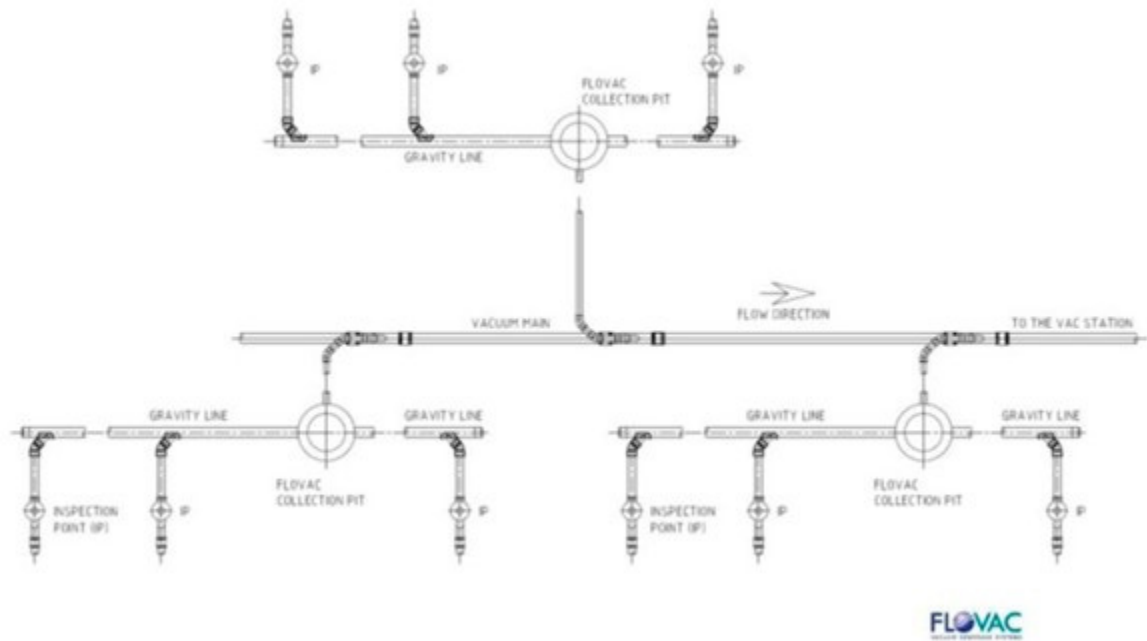
Fuente: FLOVAC (2021)

Figura 40. Esquema General de una implementación de Red por Vacío



Fuente: Gallardo F. (2011)

Figura 41. Esquema de Conexión desde Pozo a la Tubería Principal de Vacío



Fuente: FLOVAC (2021)

3.6.2 Proyección de Costos Referenciales del Sistema de Vacío

Los costos que se describen son referenciales, en la actualidad en el mercado extranjero ya hay diferentes proveedores que pueden facilitar estos materiales, incluso hay proveedores locales que están ya en proceso de dar a conocer estos productos, los valores se los ha globalizado y ajustado a las cantidades referenciales con el sistema por gravedad a fin de poder tener una proyección de costos estimada y la diferencia entre ambos, de igual manera se destacaran en el informe en la presentación y análisis de resultados, enfocados a los objetivos de este proyecto de investigación.

Figura 42. Presupuesto Referencial del Sistema por Vacío

ITEM	DESCRIPCIÓN DE RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACIÓN DE ZANJA CON MAQUINARIA (EXCAVACION)	m3	1687,2	2,39	4 032,41
2	REPLANTILLO Y RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL IMPORTADO	m3	256	15,94	4 080,33
3	RELLENO CON MATERIAL DEL SITIO	m3	1124	4,63	5 208,82
4	DESALOJO DE MATERIAL SOBRENTE	m3	307,2	4,08	1.254,63
5	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS DE PVC, DN=100 PN10	ml.	1367	21,14	28 898,38
6	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODOS Y ACCESORIOS PVC4"0-45"	U	316	10,25	3 239,00
7	SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULAS COMPUERTAS 4" INCLUYE CAMARAS DE INSPECCION	U	2	740,52	1 481,04
8	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMARAS DE VACIO	U	10,00	6 250,00	62 500,00
9	ESTACION DE VACIO PREFABRICADA INCLUYE ACCESORIOS Y TANQUE	U	1,00	20 275,00	20 275,00
10	CONEXIONES ACOMETIDAS DOMICILIARAS TUB. PVC- 100mm	U	99	22,54	2 231,46
SUB-TOTAL ALCANTARILLADO POR VACIO					133.201,07

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

3.7 Encuestas

Se realizaron encuestas para identificar el conocimiento sobre la aplicación de otros métodos de transportar las aguas, tanto a personal que labora dentro de la rama de la construcción, profesionales especializados en el diseño hidrosanitario, entre ellos Consultores, quienes realizan los estudios requeridos, de igual forma se incluyó un determinado número de personas para la muestra.

Figura 43. Modelo de Encuesta

ULVR Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil

INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL MÉTODO DEL VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Modelo de Encuesta

Género: M F Nivel de Educación: Superior Secundario Primario

1.- ¿Cree usted que es óptima la descarga y funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario por gravedad?

SI NO

2.- ¿Tiene conocimientos sobre los riesgos que tienen las redes de alcantarillado sanitario tradicional?

SI NO

3.- ¿Considera que deberían de buscar técnicas que no demanden mucho tiempo en la construcción de las redes de alcantarillado por gravedad?

SI NO

4.- ¿Conoce usted de que se trata la extracción de aguas residuales por vacío?

SI NO

5.- ¿A su criterio, cree que los profesionales deberían de promover la aplicación de nuevas técnicas y procedimientos en la construcción de Sistemas de Alcantarillado?

SI NO

6.- ¿Está usted de acuerdo con que las aguas residuales sean tratadas y reutilizadas, como para un sistema de riego?

SI NO

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

3.8 Entrevistas

Se procedió a entrevistar a personal técnico de la Empresa Pública Municipal de Vivienda, con el fin de obtener una idea clara sobre el diseño que se emplea en la implementación de redes de saneamiento, en relación al alcantarillado sanitario.

Figura 44. Modelo de Entrevista

The form is titled 'Modelo de Entrevista' and is part of a document from Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Carrera de Ingeniería Civil. The specific topic is 'SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL MÉTODO DEL VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS'. The form contains five numbered questions, each followed by three horizontal lines for the respondent's answer.

UL VR Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil

INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL MÉTODO DEL VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Modelo de Entrevista

1.- ¿Cómo se diseña una red de alcantarillado?

2.- ¿Qué tipo de instalación sanitaria utilizan habitualmente los sistemas de alcantarillado?

3.- Sabe sobre otras formas o técnica para transportar las aguas ya consumidas.

4.- ¿Tiene conocimientos sobre el método de extracción de aguas residuales por vacío?

5.- ¿En cuanto al desarrollo sustentable en la construcción, que opina de integrar nuevas técnicas para el diseño y aplicación de los sistemas de transporte de aguas residuales?

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

CAPÍTULO IV

Propuesta

4.1 Presentación y análisis de resultados

En este capítulo una vez que se han detallado en capítulos anteriores los componentes de ambos sistemas, y en relación en cuanto a la categorización, explicando su funcionamiento y operación de forma correlacional, podemos establecer una comparación entre ellos, desde su aplicación y desarrollo técnico, para poder así proyectar el sistema propuesto en vez del tradicional por gravedad y proyectando costos de forma referencial, para establecer sus ventajas y desventajas, buscando modernizar la forma en cómo se captan las aguas residuales, de igual forma se presentaran los informes y resultados de las encuestas y entrevistas realizadas.

4.1.1 Costos Referenciales entre los Sistemas

Una vez analizado, los datos obtenidos desde la proyección de costos que nos facilitó el consultor de las obras preliminares para la ejecución de obras de alcantarillado sanitario para el Proyecto Habitacional TRINIDAD DE DIOS, proyecto perteneciente a la Empresa Pública municipal de Vivienda y con la proyección mediante la extracción de datos en cuanto sus composición y elementos que lo integran, e información de costos en cuanto al sistema por vacío.

Podemos decir que, en cuanto a la ejecución de rubros por excavación, estos se aminoran ya que el sistema de extracción por vacío, requiere de profundidades mínimas, mientras se mantenga el nivel inicial hasta donde se dispondrán las aguas o se almacenaran, a diferencia al de gravedad que es obligatorio el mantener pendientes en relación a una cámara colectora a la siguiente para poder garantizar las descargas en el sistema de redes por gravedad.

De igual forma, los accesorios que se requieren, incluyendo las cámaras, pozos o arquetas como se les quiera denominar, podrían reducirse, ya que según la disposición de válvulas de vacío, las cuales no requieren de energía, ya que su funcionamiento es neumático, de forma que al detectar una variante en la presión del agua que recibe, por este cambio de presión se activan las demás, provocando la presión negativa hasta extraer los residuos, descargándolas a la línea principal, es así que se podrían solo implementar cámaras colectoras de vacío las cuales descargarían a las estaciones, donde se almacenara en tanques o de impulsarían a una planta de tratamiento.

Por lo que podemos detallar es que al requerir menor cantidad de componentes los tiempos de obra civil, instalación y ejecución de obras se reduce en una variante de entre 20% a 35%, en cuanto al Costo – Beneficio, los valores indicados están calculados al año en curso 2023, es decir que el flujo de caja proyectado para este proyecto sería positivo.

Tabla 11. Costos Referenciales entre los Sistemas

TIPO DE SISTEMA	COSTO REFERENCIAL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR GRAVEDAD	\$ 174.310,73
SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR VACÍO	\$ 133.201,07
DIFERENCIA ENTRE LOS SISTEMAS	\$ 41.109,66

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Como observamos en la tabla anterior, los costos del sistema por vacío son menores a relación al de gravedad, en la actualidad el acceso a estos equipos en cuanto a costo es menor a años anteriores, teniendo una rentabilidad al importarlos, actualmente al realizar este proyecto de investigación, ya hay empresas que ofrecen cámaras y estaciones prefabricadas, listas de ubicar y de poner en funcionamiento, la proyección de tiempo se realizado tomando en cuenta que los accesorios y/o componentes estarían disponibles en los tiempos planificados en sitio según se requieran bajo cronograma, como se especificó anteriormente, y para una comparación equitativa se omiten los costos por operación y mantenimiento.

4.1.2 Ventajas y Desventajas entre los Sistemas

Al realizar la consideración entre los lineamientos técnicos, costos referenciales y la caracterización de la red de alcantarillado por vacío, podemos encontrar que nos brinda de forma eficiente una solución al transporte de las aguas residuales y en sistemas no combinados, evidenciando la seguridad del sistema para recolectar estas aguas.

4.1.2.1 Profundidades de Instalación.- El sistema por gravedad requiere de profundidades mayores y estas se incrementan en función al terreno natural y requeridas de estaciones de bombe y líneas de impulsión para poder transportar las aguas.

Es aquí que el sistema de vacío, tanto en instalación de tuberías, accesorios, pozos, cámaras colectoras y demás, representa una principal ventaja, en cuanto a la adaptabilidad del sistema al terreno natural.

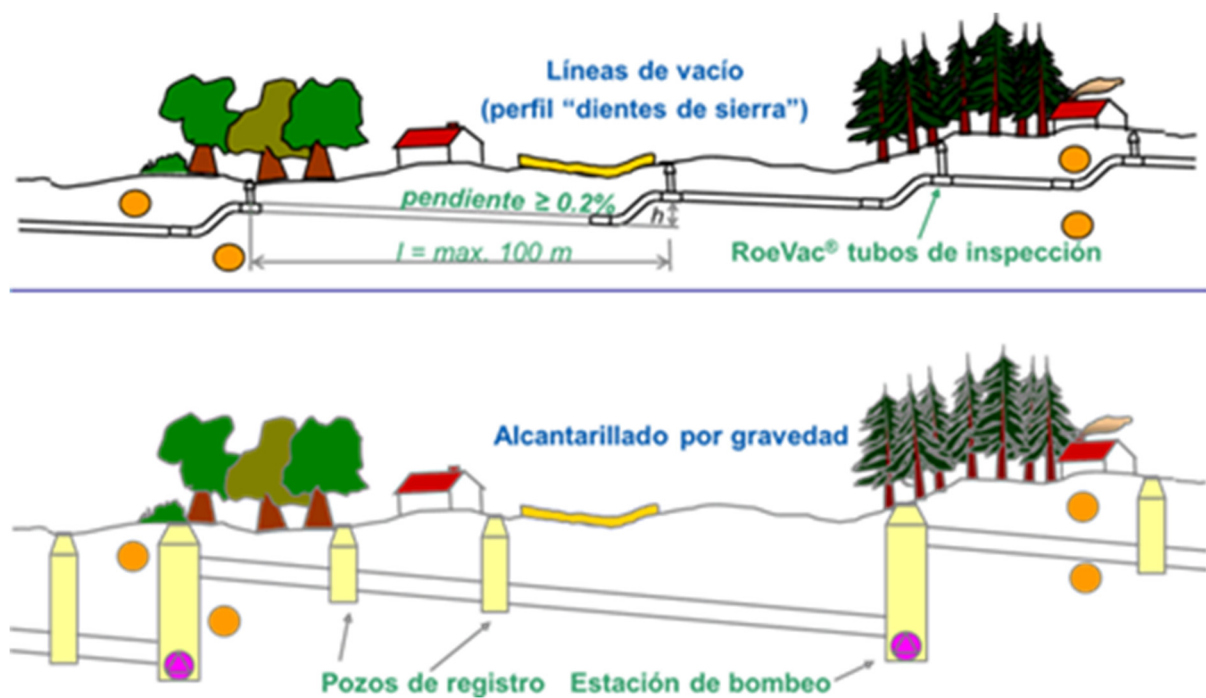
Figura 45. Diferencias de profundidad entre los Sistemas



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.1.2.2 Adaptabilidad al Terreno.- A diferencia del sistema por gravedad, el sistema por vacío se adapta a cualquier escenario que se presente en el terreno natural, el sistema puede pasar sobre obstáculos sin representar dificultad, al otro sistema que según la pendiente requerirá o de excavaciones profundas o de sistemas de bombeo, y que de presentarse algún obstáculo se deba rediseñar la red de tuberías.

Figura 46. Comparación de Perfiles entre los Sistemas



Fuente: AM Group (2023)

Como se observa en la figura anterior, el sistema de vacío emplea una configuración longitudinal denominada dientes de sierra el cual permite tener una presión en el sistema, manteniendo un volumen de líquido acumulado, y que puede ser usado en pendientes descendentes o ascendentes y sin presentar alguna dificultad ante la presencia de obstáculos.

4.1.2.3 Tiempo de Instalación de las Cámaras.- En el sistema por vacío la instalación de estas cámaras según el modelo será de aproximado de tres horas, y según los fabricantes los nuevos modelos indican que su instalación las condiciones óptimas de trabajo sería de una hora, ya que las cámaras vienen previamente ensambladas listas de instalar, con mínimo riesgo, de igual forma se recomienda el uso de equipos de protección personal además de mantener los lineamientos de seguridad industrial al realizar las actividades.

Figura 47. Instalación de Cámaras de Vacío Domiciliarias



Fuente: RoeVac

La diferencia en costos con la instalación de las cámaras tradicionales la cual es elevada, debido a la profundidad y los tiempo de construcción en sitio, a diferencia de las de vacío que son más económicas, y los tiempos en que se ejecutan las obras en el sistema por gravedad es por menos decir lenta, y está expuesta a filtraciones, las cuales se deben posteriormente arreglar y conllevan más obras adicionales y a la larga no es de beneficio ya que además causan malestar en la población que se desarrolla alrededor.

Figura 48. Construcción de Cámaras Colectora por Gravedad



Fuente: Municipio de Otavalo (2023)

Al ser procesos de instalación en sitio, estos se deben de realizar por partes, los cuales no están exentos de sufrir percances, donde las filtraciones son las fallas más comunes que presentan, por eso es una gran desventaja en el sistema tradicional por gravedad.

4.1.2.4 Rebosamiento en los noveles de funcionamiento.- Los desbordes o reboses que pueden ocasionar en el sistema son inexistentes, por lo que no hay riesgo o peligro de contaminación o que aguas externas ingresen al sistema manteniendo el sistema integro, ya que los sistemas de vacío, sus cámaras son elementos que tienen tapas que sellan las mismas, o vienen preensambladas para mantener un sistema hermético, a diferencia con el sistema tradicional el cual a más de contener fugas se contamina y donde se propagan enfermedades contagiosas siendo a más de las filtraciones un peligro para la salud de la población, en caso de falla en las válvulas estas en todo momento se mantendrán cerradas es decir al ser neumáticas estas solo podrán permitir el acceso de las aguas residuales, para evitar rebosamientos en la cámaras colectoras.

Figura 49. Rebose de Aguas Servidas



Fuente: El Diario.ec - Edición Digital Manta (2022)

4.1.2.5 Obstrucciones en el Sistema.- Así como es imposible que se desborde, tampoco este sistema se obstruye ya que la presión negativa en el sistema y la fuerza con la que se transportan el contenido en las tuberías este de disuelve, y con la velocidad que mantiene este fácilmente se mueve dentro de la red, a diferencia del sistema tradicional que, al no ser un sistema hermético o sellado, permite el ingreso de aguas superficiales y objetos.

4.1.2.6 Tiempo de Operación de las Bombas.- Los tiempo que operan las bombas de vacío es mínima, ya que por le hermeticidad en el mismo, elimina el ingreso de aguas lluvias o subterráneas, lo que permite solo trabajar cuando estas entran en contacto o aumenta el volumen contenido en las cámaras, o cuando se llega al nivel de llenado preestablecido, y al tener una presión negativa constante esta solo trabaja por segundos, reduciendo los tiempos de operación de forma significativa con las bombas en el sistema por gravedad, que trabajan por prolongados tiempos generando un mayor consumo de energía.

4.1.2.7 Tiempo de Ejecución de una Estación de Vacío.- Al ser equipos que son preensamblados de fábrica, solo se deberá de contar con una ubicación en la que colocaran los diferentes elementos como lo seria las bombas y tanques de almacenamiento, y solo restaría que cuando ya estén en sitio realizar el proceso de montaje final, pudiendo ser instaladas, en superficie, niveles semisubterráneos como se muestra en la figura siguiente o totalmente subterráneas.

Figura 50. Montaje de una Estación de Vacío



Fuente: AirVAC (2023)

4.1.2.8 Equivalencia del Sistema.- Entre las ventajas podemos identificar que en cuanto, a la equivalencia entre una estación de vacío a una estación de bombeo elevadora, lo que representan siete estaciones elevadoras por bombeo en su capacidad operativa, lo son dos estaciones de vacío, cumpliendo con la mismas o superando la capacidad de las anteriores por gravedad.

Como ya se han descrito una ventaja es que se elimina el uso de electricidad en la operación de las válvulas de vacío, ya que son neumáticas, sus componentes mecánicos son pocos, y una reconstrucción o mantenimiento cada diez años, y la vida útil de este componente es de 50 años y tal como lo indica en la página web de Flovac el costo de las piezas en general para una reconstrucción es de menos de cien euros o de unos 111 dólares por válvula. al momento de realizar al cambio de moneda al momento de realizar este trabajo.

El sistema en cuanto a sostenibilidad y el impacto ambiental que este puede producir es mínimo, siendo totalmente seguro. Una estación de vacío puede impulsar las aguas residuales a una distancia de diez y seis kilómetros, o mucho más hacia la planta donde se tratarán, siendo solo necesario la corrección de la medida de las bombas y de las tuberías tal como se indicaban anteriormente.

4.1.2.9 Proceso de Instalación de Tuberías.- En cuanto la instalación de las tuberías, estas pueden ser instaladas en la misma apertura de las de agua potable, sin riesgo alguno. Los diámetros de estas tuberías se reducen, en especial las de los colectores y líneas principales, a diferencia de las de gravedad que para no tener una obstrucción deben de ampliarse los diámetros a más de cumplir con los requisitos mínimos por caudal.

4.1.2.10 Desventajas del Sistema.- El sistema no presenta grandes desventajas, se puede mencionar que en la red de alcantarillado por vacío este dependerá siempre en la parte final del recorrido el estar provista por una estación que genere el vacío, para mantener una presión mínima internamente.

Pese que es un sistema que cuenta con tecnología por el método usado y podrían verse como una desventaja, este no supone de herramientas o procesos tecnificados para su proceso o mantenimiento, la mayoría de sus componentes contienen pocas piezas mecánicas, y sus controles e instrumentación tiene una vida útil de 15 años, donde el fabricante indica que sus mantenimientos preventivos se realización en un tiempo no menor a 10 años y sistema eléctrico de 25 años, tuberías, tanque válvulas, cámaras, de 50 años u del sistema en cuanto a la estructura el alcantarillado de vacío y la red de presión es de 100 años, por lo que no sería una desventaja la tecnología del sistema.

Una desventaja puede ser que en el país no se fabriquen estos equipos o componentes, como por ejemplo las válvulas de vacío y cámaras de recolección, las cuales por temas de importación podrían aumentar el costo, esto sería un tema a considerar cuando se requieran más equipos en sitio, que se compensaría por que al ser prefabricadas y estar listas de instalar, el tiempo de ejecución es rápido.

4.1.3 Análisis y Resultados de las Encuestas

En base a determinar el conocimiento o aceptación que tiene la comunidad con la forma en cómo se evacuan las aguas en el sistema tradicional en su funcionamiento en la actualidad y acerca de nuevos métodos o alternativas que permitan la captación y transporte de aguas residuales hasta donde puedan ser tratadas, para ser devueltas a un efluente o puedan reutilizarse adecuadamente, de forma global podemos decir que la mayoría de las personas fueron de sexo masculino, con educación superior en proporción similar al sexo predominante, en un total de 200 participantes seleccionados de forma aleatoria, obteniendo los resultados expuestos a continuación:

Pregunta 1

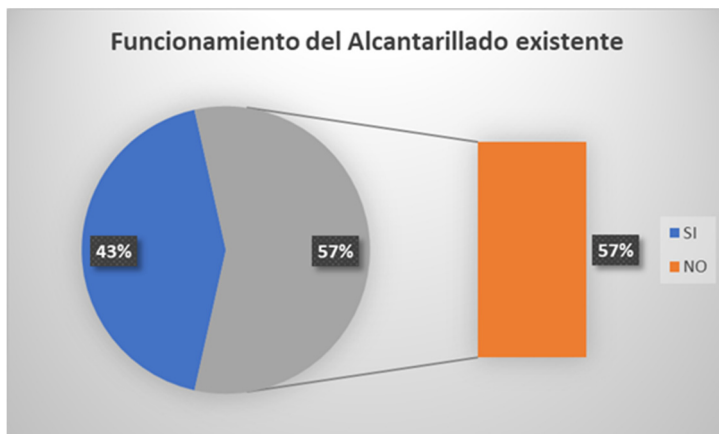
¿Cree usted que es óptima la descarga y funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario por gravedad?

Tabla 12. Funcionamiento de la red existente

	Encuestados	Porcentaje
SI	86	43%
NO	114	57%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 2. Funcionamiento del Alcantarillado Existente



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: En cuanto a la percepción sobre el funcionamiento del alcantarillado existente, el 57% indica que no está de acuerdo, mencionando que tiene falencias indicando que deberían de realizarse mantenimientos para evitar que los sistemas colapsen.

Pregunta 2

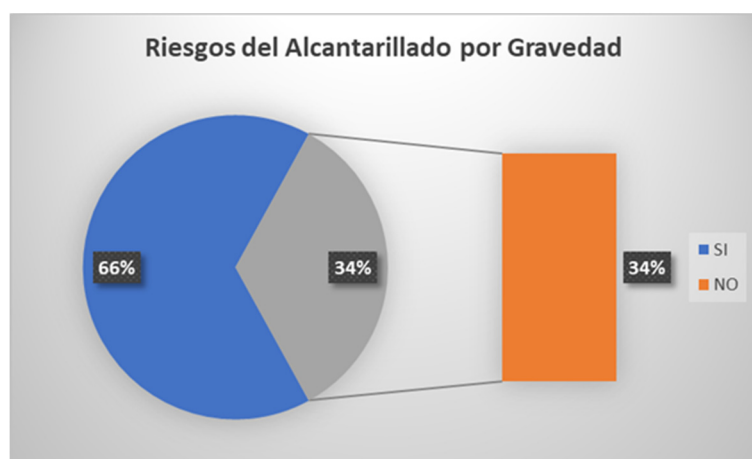
¿Tiene conocimientos sobre los riesgos que tienen las redes de alcantarillado sanitario tradicional?

Tabla 13. Riesgos del Alcantarillado por Gravedad

	Encuestados	Porcentaje
SI	132	66%
NO	68	34%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 3. Riesgos del Alcantarillado por Gravedad



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: Sobre los riesgos que tiene el sistema actual, un 66% indica que conoce de una u otra forma los riesgos que se pueden suscitar en estos sistemas tradicionales.

Pregunta 3

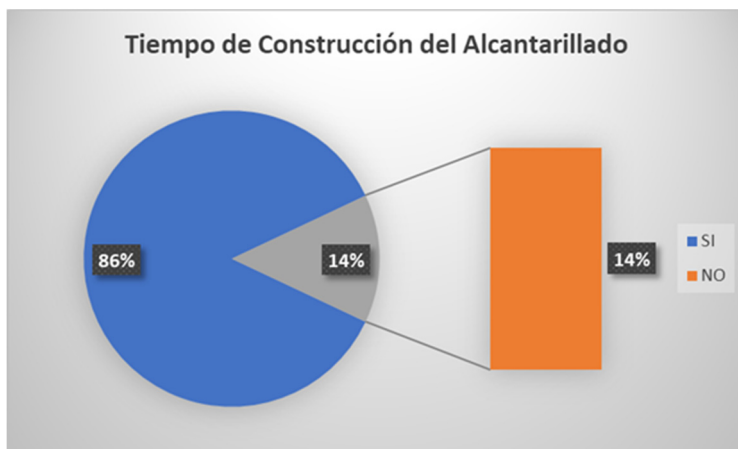
¿Considera que deberían de buscar técnicas que no demanden mucho tiempo en la construcción de las redes de alcantarillado por gravedad?

Tabla 14. Tiempo de Construcción del Alcantarillado

	Encuestados	Porcentaje
SI	172	86%
NO	28	14%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 4. Tiempo de Construcción del Alcantarillado



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: Referente a los tiempos que demoran las obras de alcantarillado, y a los inconvenientes y molestias que causan, un 86% de estas personas que fueron encuestadas indicando que debería de buscar los medios para disminuir los tiempos de ejecución de las obras.

Pregunta 4

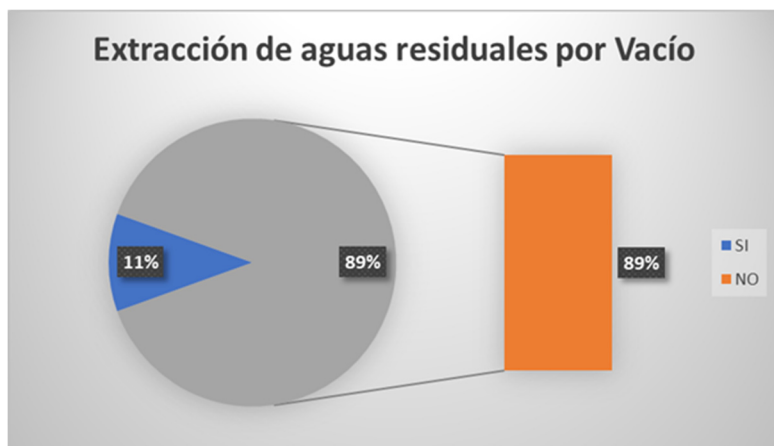
¿Conoce usted de que se trata un sistema de extracción de aguas residuales por vacío?

Tabla 15. Extracción por medio del Vacío

	Encuestados	Porcentaje
SI	22	11%
NO	178	89%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 5. Extracción de aguas residuales por Vacío



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: Sobre la extracción por el método de vacío, abarca un 89% de los encuestados y en su mayoría no tienen conocimiento del sistema por vacío.

Pregunta 5

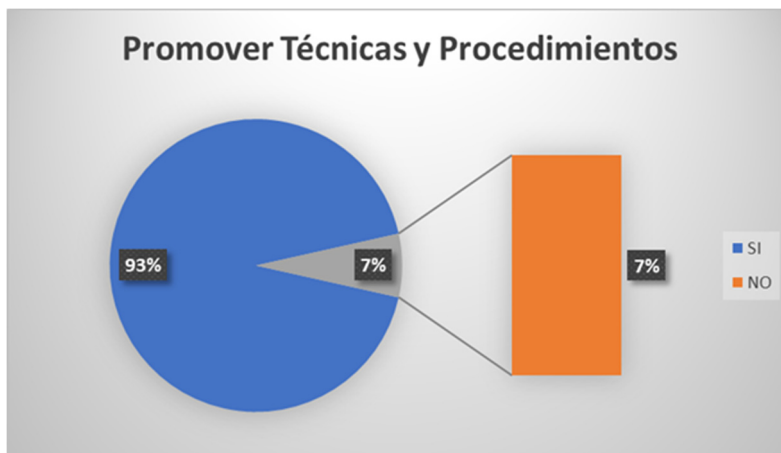
¿A su criterio, cree que los profesionales deberían de promover la aplicación de nuevas técnicas y procedimientos en la construcción de Sistemas de Alcantarillado?

Tabla 16. Promover Técnicas y Procedimientos

	Encuestados	Porcentaje
SI	186	93%
NO	14	7%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 6. Promover Técnicas y Procedimientos



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: En esta pregunta es en la que más coinciden en un 93%, que todo profesional este continuamente capacitado y que pueda ofrecer nuevas técnicas que mejoren y sean de beneficio mutuo, agilizando los procesos que en la construcción se requiere en referencia a Alcantarillado Sanitario.

Pregunta 6

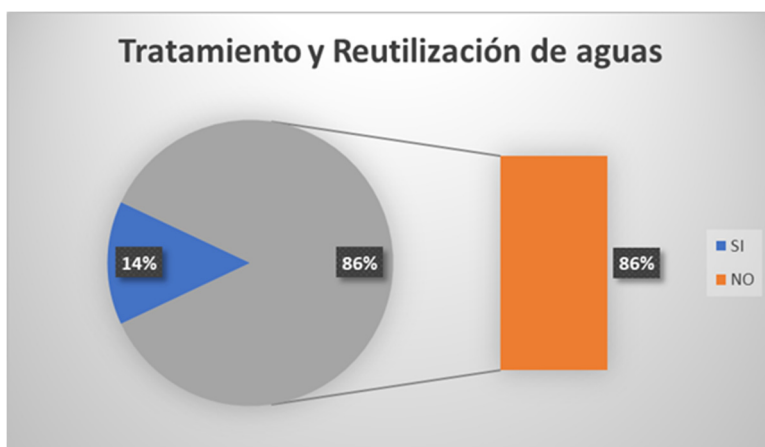
¿Está usted de acuerdo con que las aguas residuales sean tratadas y reutilizadas, como para un sistema de riego?

Tabla 17. Tratamiento y Reutilización de Aguas

	Encuestados	Porcentaje
SI	28	14%
NO	172	86%
TOTAL	200	100%

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 7. Tratamiento y Reutilización de Agua



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: Vemos que la comunidad aún tiene recelo en reutilizar las aguas tratadas, consideran que las técnicas y su proceso de depuración aun no es la adecuada, pero el 86% de esta misma comunidad ve de buena manera este proceso que ayuda en especial a los sistemas de riego.

Figura 51. Encuestas realizadas a Usuarios



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Figura 52. Encuestas realizadas a Personal Técnico



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.1.4 Análisis y Resultados de las Entrevistas

Para este análisis se generará un cuadro comparativo, detallando en extracto las intervenciones de cada entrevistado que participó, quienes son profesionales del área técnica en la EPMV, y de quienes formaron parte de la consultoría en la obtención de las factibilidades que requieren los proyectos, se mostraran las preguntas y se presentaran los resultados obtenidos:

Preguntas:

- 1.- ¿Cómo se diseña una red de alcantarillado?

- 2.- ¿Qué tipo de instalación sanitaria utilizan habitualmente los sistemas de alcantarillado?

- 3.- Sabe sobre otras formas o técnicas para transportar las aguas ya consumidas.

- 4.- ¿Tiene conocimientos sobre el método de extracción de aguas residuales por vacío?

- 5.- ¿En cuanto al desarrollo sustentable en la construcción, que opina de integrar nuevas técnicas para el diseño y aplicación de los sistemas de transporte de aguas residuales?

Tabla 18. Resultados de Entrevista

RESULTADOS OBTENIDOS					
N°	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3	Entrevistado 4	Entrevistado 5
1	Se realizan en función al terreno y su relieve	Se establecen en función a la pendiente del terreno natural	Por gravedad	La forma convencional es por pendientes a gravedad	Depende del terreno natural, y por lo generan es por gravedad
2	Se utiliza PVC	Por lo general es de PVC	PVC	Por lo general se usa PVC	PVC
3	Si, pero en el momento de realizar diseños, estos se optan por lo tradicional	No tengo información de ello por el momento	No, el por gravedad que está sujeto a varias características	Que se implementen en el país no, pero tengo entendido que en otros países desarrollados si se emplean	Si, pero deberían de darse más información y conocer en el medio
4	Si, estos son empleados normalmente en puertos y aviones	No conozco métodos diferentes al por gravedad	No, solo gravedad	Si, por folletos de ingeniería	Si, pero poco
5	Se debería dar mayor énfasis en la sostenibilidad, para que los procesos constructivos sean amigables y no generen impacto ambiental	Se deberían de tomar mayor conciencia al momento de construir, de generar el ahorro o consumo de recursos como el agua o su reutilización	Es necesario que se implementen nuevas técnicas constructivas amigables al medio ambiente	Todos los profesionales deberían de tener presente el desarrollo sustentable en sus proyectos y de permanecer siempre atentos	Deberían de instruir a los nuevos profesionales desde primeras etapas a tener conciencia en estas actividades de forma profesional

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Análisis: Como análisis general, no todos los profesionales están al día o tiene conocimientos de tecnologías para el transporte u conducción de las maguas residuales, coincidiendo en que se debería de fomentar desde charlas o cursos donde se puedan compartir esos conocimientos.

Figura 53. Entrevista al director técnico de la EPMV



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Figura 54. Entrevista a Personal Técnico de la EPMV



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.2 Propuesta

4.2.1 Lineamientos Referenciales para el Diseño y Aplicación de un Sistema de Alcantarillado por Vacío

Conforme a las directrices encontradas en diversos artículos como aporte principal el Guideline: Vacuum sewer systems escrito por los Dr-Ing. Marius Mohr, Jan Iden, Marc Beckett en el 2016 del Instituto Fraunhofer de Ingeniería y Biotecnología IGB, repositorios sobre sistemas por vacío, como el expuesto por Manuel Navarro Brotóns, de España con el tema Sistema de alcantarillado por vacío en la Avenida de Valencia y adyacentes de Santa Pola en el 2014, también a análisis comparativos entre los sistemas expuestos, como el Análisis en el que se comparan estos sistemas, realizado por Francisco Alejandro Gallardo Moreira, de la Universidad Austral de Chile, por lo que se proponen los lineamientos que se describirán a continuación:

4.2.1.1 Características Generales para el Sistema por Vacío.- El sistema como cualquier otro proyecto, deberá ser diseñado por profesionales especializados en la aplicación de sistemas de alcantarillado sanitaria con conocimientos de los sistemas de vacío y su funcionamiento y con la debida inducción de los proveedores de estos equipos.

Se deberá de tener claras las responsabilidades de cada uno de los integrantes del proyecto desde la planificación, diseño, construcción y puesta en funcionamiento.

Se deberán considerar proyectos futuros dentro del área de intervención donde se aplicará la red de alcantarillado por vacío, así mismo se deberá de tomar en cuenta la demografía, para cualquier diseño que se desee implementar, este sistema debe diseñarse contemplando que puedan realizarse conexiones que se estimen necesarias y de extensiones a la red en el futuro.

Realizar campañas de sensibilización además de las que se puedan educar sobre estos sistemas desde un inicio a los usuarios que serían los que se beneficiarían con este cambio en la forma de transportar las aguas residuales y la seguridad que estos sistemas proveen.

Se deberá de contar con personal capacitado y debidamente supervisado en todo momento mientras se ejecuten obras.

Este sistema es recomendable en especial su aplicación como una opción cuando después de realizarse una inspección y de evaluar de forma técnica no es posible la ejecución por gravedad.

4.2.1.2 Operación y mantenimiento.- Se deberá considerar las especificaciones y las recomendaciones de proveedor y en especial del fabricante cuando sea con este último con el que de forma directa se trate.

El personal que estará a cargo del área operativa deberá estar debidamente capacitado, y que la instrucción en cuanto a las especificaciones técnicas y funcionamiento operativo de los sistemas, sea la más alta, se deberá considerar que este en cuanto al personal operativo y de mantenimiento, deberá estar capacitado en una media entre 3 a 6 meses, mientras el proyecto se encuentre en su fase inicial que sería la planificación y el presupuesto general de las actividades, y de establecer medidas para que nuevo personal sea debidamente capacitado.

Las actividades correspondientes al mantenimiento deberán llevarse a ejecución teniendo primero en consideración todas las prevenciones de seguridad laboral que precautelen la integridad de cada uno de los que intervendrán, sus equipos de protección personal, en óptimas condiciones, y por sobre todo realizar los procedimientos de acuerdo las recomendaciones de planificación previamente analizadas, asimismo las consideraciones que realiza el fabricante.

Además, se deberá documentar y registrar cada uno de los pasos realizados durante el mantenimiento, a fin de conservar los detalles de cada actividad.

4.2.1.3 Consideraciones de Aplicación.- Luego de haber tomado las consideraciones previas, y se decide implementar el sistema por vacío, en sustitución al de gravedad ya que así se lo desee o porque es imposible aplicar el sistema convencional ya sea por gravedad o bombeo, se tendrán en cuenta las siguientes características:

Terrenos aledaños a riveras, ríos, o efluentes, donde el nivel freático sea elevado o donde el nivel del agua sea el mismo del terreno o el mismo se encuentre a menos de un metro de profundidad.

Terrenos en donde por causa de las estaciones de invierno o que presenten al menos inundaciones con un tiempo de duración al año de tres meses como mínimo, haciéndolos zonas inundables por defecto.

Terrenos rocosos, que presenten obstáculos, o que mediante un estudio de suelos así se determine y que a más de eso su estratigrafía sea rocosa al menos un 80% en cuanto a la longitud donde se realizaría la instalación de las tuberías que conformaran el alcantarillado, y

Terrenos cuyo nivel de inclinación sea negativo, y que su pendiente no permita la instalación del sistema gravitacional.

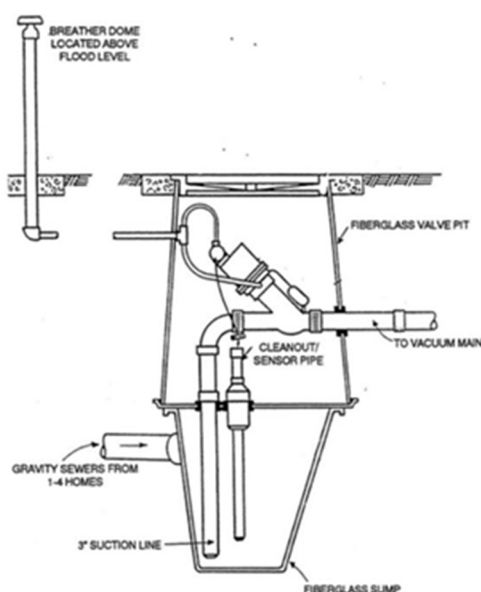
4.2.1.4 Componentes del Sistema.- Los elementos que conforman el sistema son cuatro, componentes que son principales en la extracción por vacío:

Alcantarillado Gravitacional.- La conducción de las aguas servidas desde el domicilio se realizará por gravedad, estos se construirán con las especificaciones que indican las normas ecuatorianas, y deberán permitir que sea compatibles con el sistema por vacío.

- Colectoras.- Estas Cámaras deberán contar con la resistencia adecuada que recibirá de fuerzas al exterior de las mismas y presión interna que produce el volumen de agua la cual está contenida dentro de las tuberías, se deberá tomar precaución y de asegurar que las tapas creen un sello hermético el cual prevenga el ingreso de aguas o escorrentía superficial. Las cámaras podrán ser instaladas para recibir descargas al menos de dos viviendas al mismo tiempo, y en máximo ocho disponiendo de válvulas de vacío en cámaras separadas, cámaras que pueden ser húmedas, trabajando sumergidas o que trabajen en seco, ya que estas válvulas de vacío no trabajan con energía, disponiendo de un sensor que trabaja de forma neumática al detectar presión o volumen de agua esta se activa permitiendo de las bombas de trabajo aspiren los residuos conduciéndolos por las tuberías principales y transportándolos a las estaciones de vacío, para disponerse seg como se estime en las plantas de tratamiento.

Las colectoras deberán estar en capacidad de almacenar un 25% de los flujos recibidos de las descargas en relación al caudal medio por día, en caso de haber un fallo en el sistema, al contar con esa capacidad de almacenamiento es posible poder extraerlas por otro medio mediante el uso de vehículos hidro-succionadores, en caso de emergencia.

Ilustración 8. Esquema de una Cámara de Vacío



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Estas cámaras están compuestas por tres elementos esenciales en su funcionamiento, y se describen a continuación:

- Válvula de Vacío.- Esta válvula debe estar instaladas de forma adecuada, y asegurar su encaje para la presión creada en las tuberías, y que el flujo que pasa a través de ella no cause obstrucción en el mecanismo de funcionamiento de la válvula.

La válvula estará dispuesta para permitir la evacuación del volumen mínimo calculado para el tiempo de activación de la misma en cada proceso de operación que estas realicen.

Las válvulas que se encuentren instaladas dentro de las colectoras deben estar en capacidad de operar y que su funcionamiento sea húmedo es decir en capacidad de estar sumergidas y cuando el respiradero no se encuentre instalado, o haya ausencia del mismo.

La válvula dentro de la cámara o en sistema por el cual se controla deberán de contar con la facilidad de poder ser por algún mantenimiento o reemplazo de poder ser realizado en un lapso de tiempo no mayor a treinta minutos

- Sensor de Nivel.- Las válvulas de vacío deberán por defecto contener un sensor con él se puedan calcular o determinar los niveles de volumen de agua residual que se alcanzan al interior de las cámaras.

Sensor que deberá estar diseñado así mismo como las válvulas, a soportar alguna obstrucción a causa del paso de las aguas residuales y lo que estas contengan, se deberán de emplear tubería con un diámetro no menor a 0.45cm.

Al ser altos los volúmenes a los que llega el agua dentro del sumidero de la colectora, al mismo tiempo el volumen del agua sube dentro de la tubería que censa el mismo, provocando que al aire atrapado sea empujado.

Cuando por efecto de este empuje del aire atrapado, este volumen causa la activación del controlador, en esta instalación de sensores no es recomendable o mucho menos de aconseja usar niveles de flotador o mediante boyas, mucho menos cuyas partes puedan moverse al contacto con el flujo de agua residual.

- Controlador de la Válvula de Vacío - Este elemento deberá de activar y en cuestiones de funcionamiento de abrir la válvula instalada cuando el mínimo de presión negativa es de 15 kPa, en relación a la presión positiva que ejerce la atmosfera y deberá de mantenerla en funcionamiento hasta que los volúmenes establecidos hayan sido evacuados, solo si en dentro de la configuración del sistema se haya evaluado mantener su activación hasta que pueda ingresar un volumen de aire posterior a que las aguas fueran descargadas, este controlador deberá tener un periodo adicional de tiempo activado la válvula.

Los controladores de vacío deberán ser provistos para que se puedan ajustar conforme se requiera que sea su desempeño, y que admita diferente relación de porción de aire y de agua residual, y estos también deberán de tener capacidad de funcionar estando sumergidos.

Figura 55. Válvula de Vacío

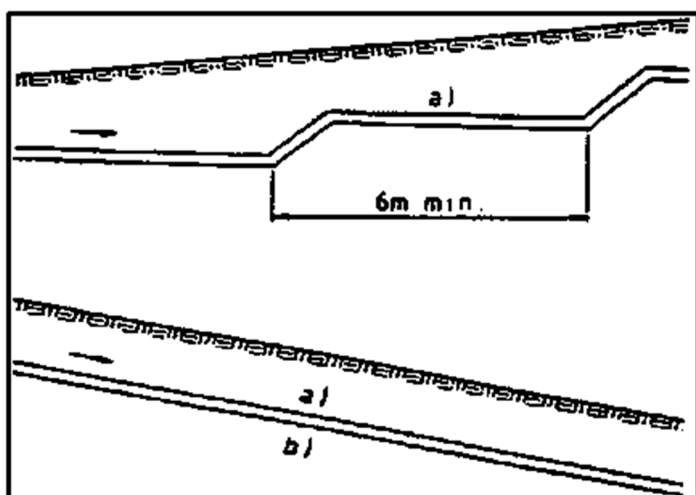


Fuente: FLOVAC (2021)

4.2.1.5 La Red por Vacío.- Todos los elementos componentes del sistema de extracción por vacío y esto incluye los accesorios, tuberías, uniones, herramientas de ajuste, y los diferentes elementos que servirán para realizar el sellado del sistema, deberán de cumplir las especificaciones de vacío que indiquen los fabricantes y de las sugerencias que realice el proveedor, y de las normas previstas para el uso de tuberías a presión.

En referencia a las características de implementación se han tomado en cuenta similitudes en cuanto a los perfiles de instalación en terreno, los mismo se tomarán como ejemplo y no serán expuestos como una guía o referencia típica mucho menos como una definición, que son representativos sin escala y se detallan a continuación:

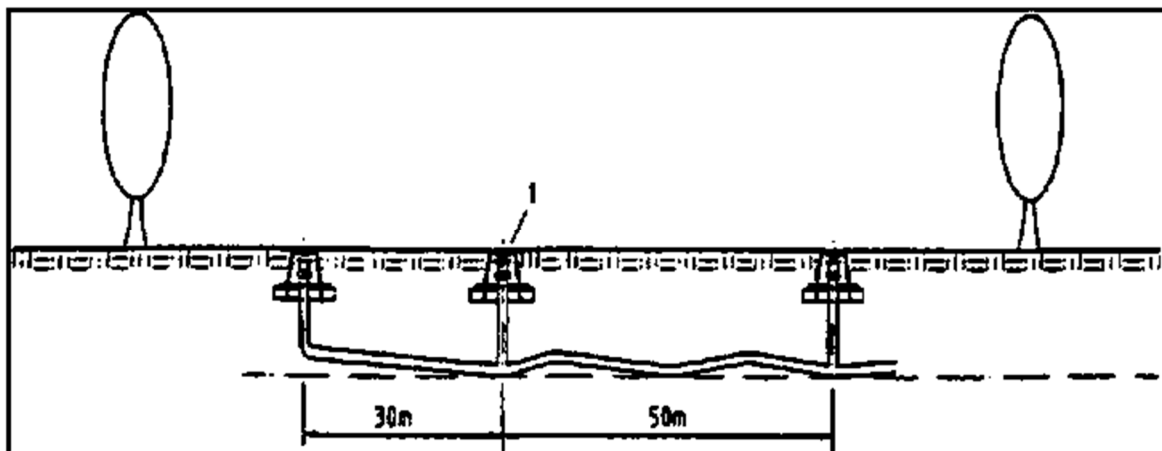
Ilustración 9. Ejemplo de perfil ascendente y descendente



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

En la ilustración anterior se representa a) como pendiente mínima del 2%, con presencia de lift cada seis metros según se requiera para mantener la cota inicial y b) cuando esta sigue el mismo perfil natural.

Ilustración 10. Cámaras de Inspección Red de Vacío



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

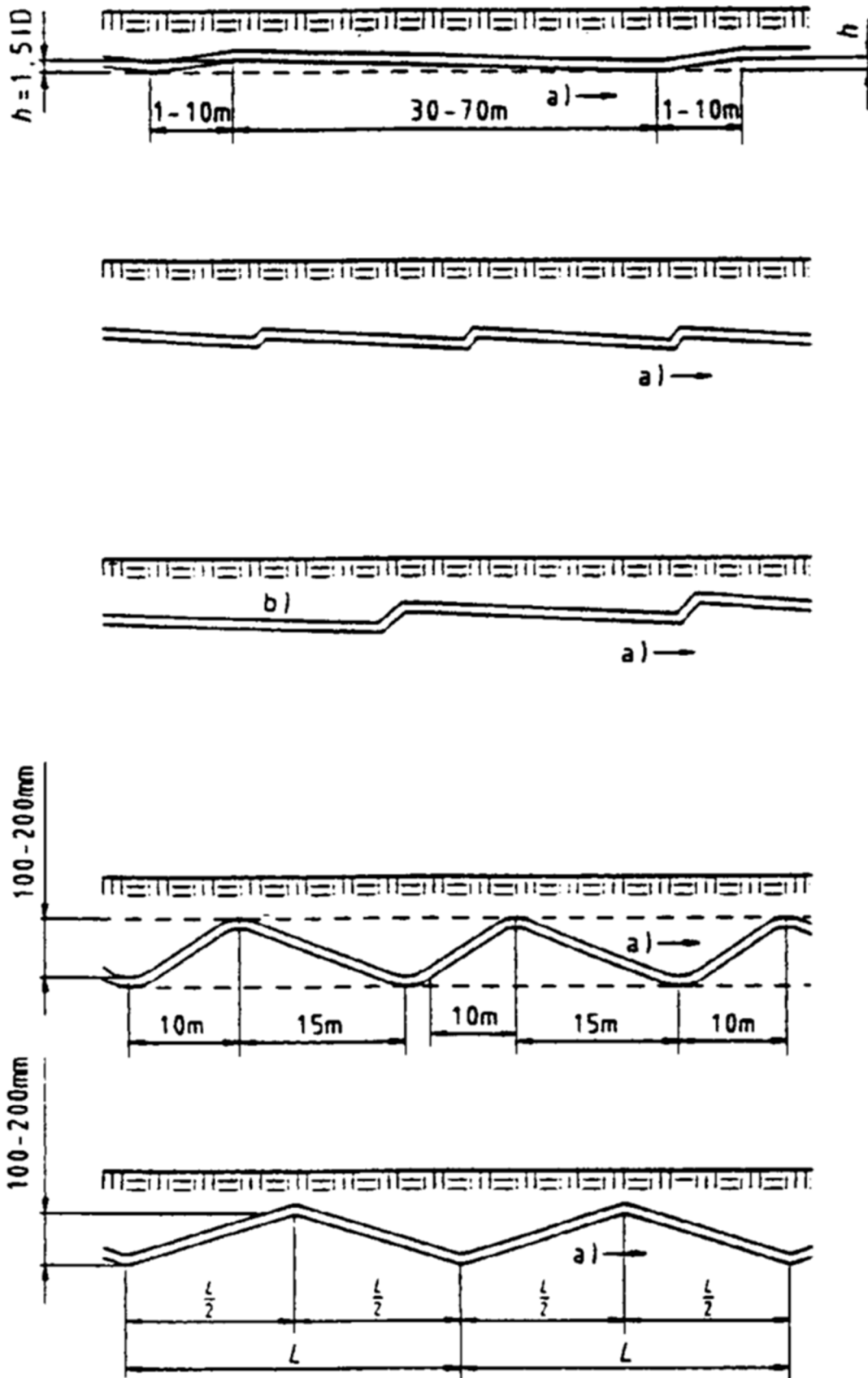
En la ilustración 10 se observarán los diferentes perfiles en cómo se pueden instalar las tuberías teniendo en cuenta las consideraciones generales, representando a la dirección del flujo de las aguas residuales como a), y a la pendiente mínima requerida en esos sistemas de alcantarillado por vacío del 2%. Las tuberías deberán de ser calculadas según el flujo y se detalla una tabla referencial del proveedor de los sistemas Flovac, a continuación:

Tabla 19. Tablas de Diámetros de Tubería según el flujo

Diámetro de la tubería		Flujo máximo		Número máximo de casas servido
Pulgada	mm	gl/min	l/min	#
4	101.6	55	208	70
6	152.4	150	577	260
8	203.2	305	1.155	570
10	254	545	2.063	1,050

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

Ilustración 11. Perfiles de Sistema de red por Vacío



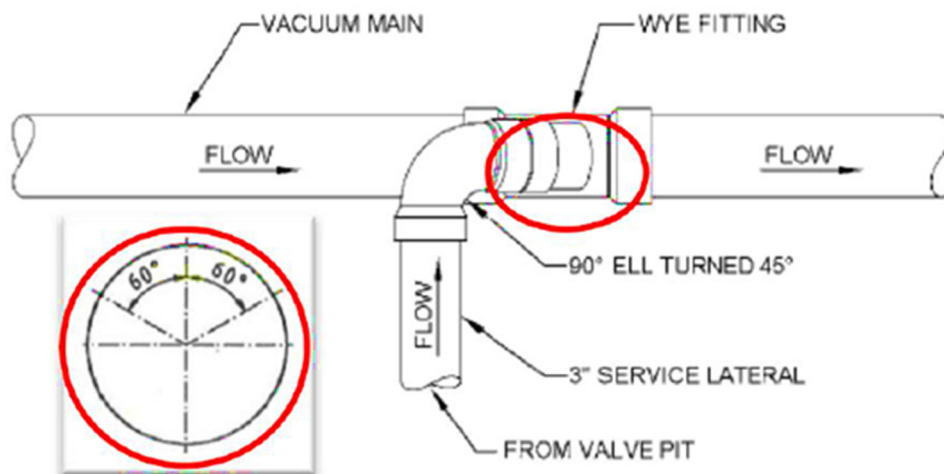
Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.2.1.6 Tamaño de la Tubería.- Los diámetros de las tuberías estarán consideraras en relación a la tabla 20, la que nos regula las mimas en función a la cantidad de descarga que recibirá o al número de casas a las que prestará servicio.

Estos diámetros tanto como el nominal y el interno de las tuberías no deberán ser mayor al diámetro que admita la a válvula de vacío, es decir un mínimo de 75 milímetros, aunque en general y se recomiendan usar para las acometidas 4", y siempre será la de mayor diámetro la de succión.

4.2.1.7 Interconexión Válvula de vacío a Red de Vacío.- En cuanto a la conexión o las acometidas estas deberán de perder nivel en relación a la altura de la válvula, para luego interconectarse a la tubería por la parte superior, en un ángulo promedio de 60° en relación al eje vertical en la zona donde se requiera.

Ilustración 12. Esquema de Interconexión en Sistema por Vacío



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.2.1.8 Conexión de Ramal con la Red Principal.- Esta tubería se conecta con la red alcantarillado por vacío a su tubería principal y se debe realizar mediante empalmes los cuales deberán estar sobre el eje horizontal de esa sección en donde se conectarán ambas tuberías.

En obra, ya en sitio, el ángulo de este empalme debe asegurar que el flujo que proviene de la tubería, tenga una fluidez dirigida a la estación de vacío, minimizando los contraflujos, y se recomienda que en esta sección no se realicen conexiones menores de dos metros al comenzar una elevación de una tubería en la red.

Figura 56. Conexión a Tubería de Red de Vacío Principal



Fuente: Roovac-Bilfinger (2007)

4.2.1.9 Medidas de Aislamiento.- Se pueden colocar valvular que realicen interrupciones en el flujo para que se puedan realizar aislamientos en la red, válvulas que deberá estar cada 450 metros como medida máxima, para poder realizar mantenimientos y poder encontrar fallas en caso de presentarse, y en referencia a los ramales en el sistema la distancia entre estas válvulas de interrupción deberá ser de 200 metros como máximo.

4.2.1.10 Válvulas de Interrupción.- La instalación de estas válvulas serán provistas para garantizar protección y operación así mismo su aislamiento, estas válvulas deberán estar en la capacidad de trabajar mediante presión negativa y bajo presión positiva, y deberán ser capaz de resistir una presión diferencial en cuanto al vacío en el sistema de 80kPa.

4.2.1.11 Accesorios.- Como recomendación estos accesorios al aplicarse no deberán ser instalados de forma perpendiculares al sentido horizontal, es decir que se debe evitar el uso de accesorios como codos que produzcan un giro pronunciado, es decir en vez de usar un solo codo de 45° se deben de usar dos codos de 45°.

4.2.1.12 Caudales Comerciales o Distintas.- Cuando en el proceso de instalar las tuberías del sistema por vacío y su interconexión con redes de aguas residuales existentes por gravedad, se deberán especificar los criterios de diseño que indiquen que el sistema soportara las demandas de caudal existente incluyendo el caudal máximo que admite el sistema, para que el dimensionamiento de la capacidad en cuanto al volumen de activación que requieren las cámaras colectoras y de cuantificar las válvulas de vacío que se requerirá.

Se pueden considerar en relación al sistema por vacío y su red de tuberías que lo conforman, de sus pendientes en general, de los cambios de las pendientes y los cambios en los niveles, se suman las observaciones siguientes:

Pendientes.- Si es mayor del 0.2% la pendiente existente en el terreno natural, se debe usar su propia pendiente.

Cuando el terreno sea plano la pendiente mínima a usar será del 0.2%.

Cuando el transporte sea a contrapendiente, el perfil en la tubería por vacío a usar es diente de sierra. Antes de realizar cambios de nivel, la tubería se instalará con una distancia de 15 metros con el 0.2% de pendiente.

Pendientes entre Cambios De Nivel.- Para tuberías con diámetro de 3" y de 4", el valor mayor resultante de:

- 0.2% pendiente general
- La pendiente propia
- Ochenta por ciento del diámetro de la tubería al interior

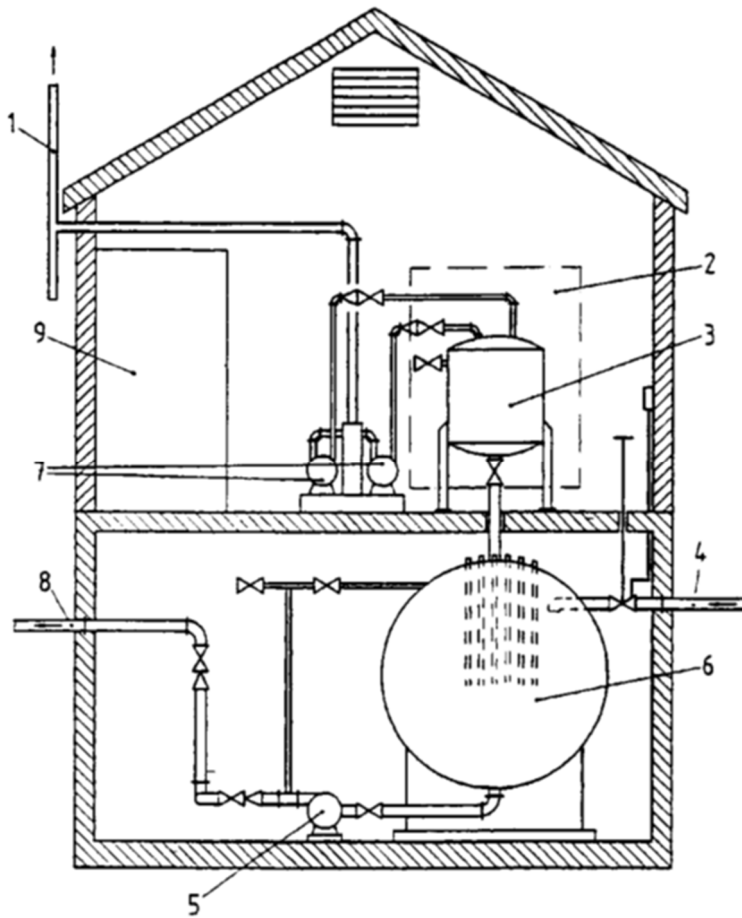
- Para tuberías 6", tuberías 8" y tuberías 10", el valor mayor resultante de:
- 0.2% pendiente general
- La pendiente propia
- Cuarenta por ciento del diámetro de la tubería al interior

Cambios De Nivel.- De preferencia estos cambios en el nivel deben usarse de 0.30 metros para tuberías con diámetro de 3 pulgadas o tuberías de 4 pulgadas de diámetro.

Utilizar de preferencia 0.45 metros para las tuberías con diámetro de 6 pulgadas y de mayor diámetro.

4.2.1.13 Estación de Vacío.- Deberá tener un tanque o pozo para la recolección o donde se puedan acumular las aguas como mínimo, es decir un lugar donde se puedan almacenar los efluentes domésticos.

Ilustración 13. Detalle de Estación de Vacío



Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

- 1 - *Tubo de ventilación*
- 2 - *Acceso donde sea necesario*
- 3 - *Reserva de vacío/tanque eliminador de humedad*
- 4 - *Red de alcantarillado por vacío*
- 5 - *Bombas de impulsión*
- 6 - *Tanque de vacío*
- 7 - *Bombas de vacío*
- 8 - *Salida*
- 9 - *Panel de control*

4.2.1.14 Taque Recolector de Efluentes.- Todo tanque provisto en el sistema para recolectar las aguas, deberá estar capacidad en relación a la cantidad de entradas por donde ingresan y donde salen las aguas residuales, tanque debidamente dimensionado para el volumen requerido.

Las tuberías deberán de conformar una pieza única con la cámara de vacío, y bajo ninguna consideración una tubería de entrada por el cual ingresan las aguas, deberá estar en conexión en cuanto al nivel preestablecido como parada de emergencia, por debajo de este.

En cuando al ingreso y salida en las tuberías, estas estarán dispuestas de forma que se favorezca a el flujo, y evitando que dentro del tranque se formen restos sólidos.

La inspección al interior del tanque recolector deberá ser posible, para lo que contendrá aperturas que permitan el servicio, facilitado la inspección y la limpieza.

Contará con un sistema que permita el control del nivel y el mismo estará en la capacidad de operar tanto en las condiciones de vacío propio del sistema asimismo su extracción y reemplazo sea de forma fácil y sencilla.

4.2.1.15 Control de Estación.- Estos controles permitirán elegir entre los generadores como de las bombas de vacío en funcionamiento, o las complementarias y las de reserva en caso de existir,

Si existiera alguna falla, estos controles serán capaces de activar de forma automatizada las reserva, en relación a los generadores de vacío estos solo serán controlados en relación al nivel existente dentro del tanque, generadores que contendrán además interruptores que funcionan a presión los cuales serán ajustables, permitiendo que el funcionamiento sea al nivel requerido.

4.2.1.16 Nivel de Control.- Los niveles demostrados a continuación deberán de activarse o responder una vez el sistema de control de nivel detecte los siguientes niveles dentro de los tanques que puedan existir en el sistema:

Tabla 20. Niveles para Control del Vacío

Nivel de desactivación de emergencia	Desactivación del generador de vacío Funcionamiento de la(s) bomba(s) de impulsión
Nivel de comienzo	Puesta en marcha de la(s) bomba(s) de impulsión
Nivel normal de desactivación	Desactivación de la(s) bomba(s) de impulsión

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

El sistema de alarma se deberá de disponer con alarmas que cuenten con un apropiado sistema de control remoto, con las características siguientes:

Alarma indicando bajo nivel, indicándonos que está operando muy por debajo del nivel indicado como mínimo.

Alarma que indique que el nivel de contenido esta alto, indicándonos que los niveles donde se acumulan estas aguas residuales están operando por arriba del nivel máximo indicado.

Alarma indicándonos una emergencia, cuando un componente o elemento ha fallado, también cuando tiempos establecidos de funcionamiento máximo han sido excedidos, o que existe un desperfecto en la alimentación de energía a la estación.

Sensores que deben estar en todo momento en la posibilidad de poder ser desmontados, de realizarse su limpieza y de sustituidos sin que se requiera la apertura del tanque.

4.2.1.17 Generadores de Vacío.- Esos generadores en el sistema de vacío deberán de tener capacidad operativa lo suficiente como para que el sistema opere, está conformado por dos generadores como mínimo, cuando así en sistema lo necesite, ambos de igual capacidad, instalados de forma que se puedan retirar uno cuando se requiera de un mantenimiento.

Se deberán de indicar el tipo de generador que se usara y de sus capacidades como del equipo que realiza la descarga, en cuanto las bombas estas estarán en la capacidad de ponerse en marcha en una totalidad de veces como mínimo de doce en una hora, muy aparte de su trabajo sea de forma continua, teniendo en cuenta un régimen de un día entero y trabajar los 365 días que cuenta un año.

4.2.1.18 Capacidad del Equipo de Impulsión.- Para el impulso o el vertido del flujo, deberá estar en capacidad de transportarlas adecuadamente sin perdidas y funcionar adecuadamente.

4.2.1.19 Diseño de las Bombas de Impulsión.- Estas contarán con la capacidad de operar sin que se obstruyan y de trabajar debajo presiones negativas sin que se formen burbujas debido a la disminución de la presión en relación a la temperatura existente, por la extracción o aspiración en vacío.

Deberán estar en capacidad de trabajar en un mínimo de doce veces en una hora, aquellas bombas en función a lugares que el volumen de desagüe de estas aguas es mayor deberán de funcionar al menos de veinte veces por hora, pero se asegurara que en todo momento no existan perdidas en la capacidad operativa del sistema.

Cuando se necesite de una impulsión por centrifugado, las conexiones a esta deberán ser siempre igualando la presión evitando la cavitación y que se asegure que en ingreso en la bomba este inundada.

4.2.1.20 Sustitución de las Bombas de Impulsión.- Estas bombas deberán estar instaladas fuera del tanque que receptara las aguas residuales, y deberán contar con las facilidades que permitan su reemplazo es decir deberán de estar provistas de válvulas que permitan aislarlas del sistema, a fin de que su capacidad operativa no se vea comprometida.

Cuando se encuentren instaladas varias tuberías para la descarga, la tubería al final deberá de tener instalada una válvula para poder aislarla del sistema.

Bajo ningún concepto se permitirá que las bombas de impulsión se encuentren al interior del tanque, puesto impide y hace dificultoso cualquier tipo de mantenimiento que se realice a si sea uno preventivo, en el cual se revisa y comprueba el desempeño correcto de las bombas y de los sensores que estos incluyen, a que se abra la bomba ya sea para quitar obstáculos que traban la misma o hacer una reparación a la bomba.

4.2.1.21 Equipo Eléctrico a prueba de Explosiones.- Debido a que el sistema opera con electricidad, ya que opera con presión o bajo esta deberá estar a prueba de explosiones, por el mismo trabajo que realiza.

4.2.1.22 Válvulas de Retención.- El sistema en si deberá de contar donde se requiera una válvula la cual debe ser antirretorno, a fin de que las aguas residuales regresen por donde descargaron.

Se recomienda instalar válvulas de retroceso, en los tramos de tubería que estén en salida desde las bombas de impulsión.

De igual forma en los tramos finales en las tuberías de descarga cuando hubiera varias, la tubería contara con una válvula de no retorno, para evitar el reingreso de las aguas.

4.2.1.23 Control de Olores.- Aunque el sistema cuenta por sus propios equipos y por la forma de instalación de una hermeticidad, se deberán tomar en cuenta las acciones necesarias cuando existan olores y se produjeran molestias por los mismos y controlarlos

4.2.1.24 Control de Ruidos.- Se deberá garantizar que los ruidos cuando el sistema se encuentre en funcionamiento, estos no excedan de los niveles permitidos y que causen malestar al rededor del mismo.

4.2.1.25 Generación de energía de emergencia.- Para solventar alguna falla en la administración de energía que se requiera, se deberá contar con un generador para una emergencia, o de conectores que permitan su conexión a un generador móvil o una estación móvil.

4.2.1.26 Equipos y Componentes.- Deberá de haber un manual de especificaciones, tanto como de la forma en cómo opera el equipo y de los mantenimientos al sistema, así como la reposición y de cada uno de los componentes para su reposición si se necesitase, por parte del fabricante de los equipos de vacío, de igual forma este último indicara en cuanto a la supervisión de rutina, sus procedimientos, y de lo que necesitan los equipos para su correcto funcionamiento.

4.2.2 Lineamientos para El Diseño de La Red de Vacío

En cuando a las ingenierías y su diseño optimo del sistema, y de sus necesidades a medida para cada ambiente en el cual se desarrollará, deberá de tener en cuenta los siguientes factores, a más de su propio diseño, de las condiciones y de la topografía del terreno.

Cálculo de los caudales, en relación a sus habitantes y viviendas, ubicación de la Estación de Vacío y de donde se descargarán las aguas o su disposición final.

4.2.2.1 Principios Generales.- Estos se diseñan para operar en función a los flujos y sus principios, en dos fases que son aire y líquido, estos son admitidos en varios volúmenes los cuales son regulados para que las válvulas por donde ingresen o pasen se ajuste a lo requerido en cuanto su apertura.

Cuando el sistema contenga pérdidas mayores a las esperadas la relación aire - líquido sea mayor.

Las pérdidas que se podrían producir en las líneas podrían estar representadas en categorías y se distinguirían como pérdidas y podrían ser por fricción o pérdidas estáticas.

4.2.2.2 Pérdidas por Fricción.- Este tipo de pérdidas para las tuberías del sistema de vacío que hayan sido instaladas con una pendiente comprendida entre 0.2% - 2%, estas se acumulan a lo largo del trayecto en el cual se transportan desde esa última válvula en la línea a la colectora y donde existan pendientes mayores, estas permiten despreciar estas pérdidas.

Estas pérdidas se calculan, como se indica en la ilustración a continuación:

Ilustración 14. Cálculo de Pérdidas

$$F=2.75 \times 0.2083 \times (100/C)^{1.65} \times Q^{1.85} / d^{4.0655 \text{pies}/100 \text{ pies}}$$

Donde:

C= 150 para tubería PVC

Q= Gasto mínimo en Galones por Minuto (GPM)

d= Diámetro interior de la tubería en pulgadas.

Elaborado por: Gualli y Zambrano (2023)

4.2.2.3 Perdidas Estáticas.- Como se ha indicado el sistema al requerir poca altura negativa de excavación, se usan cambios de nivel los cuales no deberán de ser pronunciados, y se usan dos codos de 45°, y la sección de tubería necesaria para poder así tener el perfil denominado diente de sierra.

De igual forma estas pérdidas son acumulativas, por lo que se recomienda:

Una eficiencia en la energía al interior de las tuberías, deberán estar en las limitaciones siguientes cambios en los perfiles:

- 12 pulgadas para tubería con diámetro 3 pulgadas y 4 pulgadas
- 18 pulgadas para tubería con diámetro 6 - 8 y 10 pulgadas.

Por recomendación el fabricante no se considerará más de 3 pies como cambio de nivel.

En un cambio de nivel las perdidas estáticas se calcularán, en relación del diámetro interno de la tubería utilizada restado por el nivel o altura en la cual se realice el cambio.

Se recomiendan que la longitud de una tubería principal de vacío no deberá ser mayor de 600 metros y su diámetro será de 4 pulgadas.

En cuanto a los cambios de nivel la distancia mínima no es de importancia, en los terrenos naturales que sean planos se pueden mantener una mínima profundidad de 30 centímetros a una distancia cada 150m metros, y las pendientes de las tuberías del sistema por vacío deberán cumplir con las restricciones que se detallan a continuación:

a) Tuberías con diámetros de 3 pulgadas y de 4 pulgadas, el valor que resulte mayor de:

- Del cálculo del 0.2%.
- De la inclinación propia del suelo.

- Del cálculo del 80% del diámetro interno de la tubería.

b) Tuberías con diámetros 6 - 8 y 10 pulgadas, el valor que resulte mayor:

- Del cálculo del 0.2%.

- De la inclinación propia del suelo.

- Del cálculo del 40% del diámetro interno de la tubería.

Estas aguas negras cuando su evacuación sea en contrapendiente y se necesite ubicar varios cambios de nivel y se deba asegurar su flujo, la distancia mínima deberá ser de seis metros entre cada uno de los cambios. En relación a estos cambios de nivel se recomienda que lo adecuado serán de cinco, antes de que se inicien en la red, estas tuberías deberán ser tendidas con una pendiente de 0.2 por ciento, en una distancia de quince metros, antes de que se inicien estos cambios.

En cuanto a las líneas de servicio que son de tres pulgadas estos cambios de nivel serán de 1.50 metros de distancia, y como una regla en general, serán construidos separados lo máximo posible entre ellos.

La eficiencia en el transporte de estas aguas, es requerido que esta altura mientras menor sea es lo óptimo, se deben considerar varios cambios en pequeña altura y no uno de gran altura, es recomendado para tuberías de tres y cuatro pulgadas una altura de 30 centímetros y para tuberías de 6 pulgadas o mayores de 45 centímetros.

4.2.2.4 Límites de Pérdidas en General.- Estos límites dentro de la capacidad operativa en el método empleando el vacío son entre 16in a 20in de mercurio, o su equivalencia a metros columna de agua 5.53 a 6.90 mca., siendo un rango apropiado. La presión negativa mínima es de 16in de mercurio lo cual equivale a 18psi en relación al nivel del mar siendo en términos generales aceptable.

Se recomienda en la práctica cuando el perfil que se use sea el diente de sierra, y que este dentro de las normativas que previamente se han establecido, y sin considerar el disponible que se produce en la válvula de carga de 13 pies por pérdidas de cambios de nivel, que se produzcan y de 5 pies de pérdidas debido a la fricción que tenga.

Las pérdidas en el sistema serán calculadas una de otra y nunca en conjunto, los límites que se establecen no deberán sobrepasarse al mismo tiempo en ningún punto a lo largo de las tuberías en la red como se ha mencionado desde la última válvula en la tubería hasta la planta de vacío, es decir que solo deberán aplicarse para el último punto hidráulico que este alejado en el sistema.

4.2.2.5 Longitud de Tuberías Colectoras.- Las consideraciones están definidas por las pérdidas y sus límites establecidos, estos incluyendo factores adicionales como la capacidad operativa que tiene la red de tuberías y de las inclinaciones presentes en el suelo.

Como lineamientos en relación a la longitud continúa de las tuberías como límite de recomienda: hasta una longitud de 300 pies de tubería de diámetro de 3" en líneas de servicio y de un máximo de 2000 pies de tubería de diámetro de 4" en líneas principales.

4.2.2.6 Consideraciones en las Conexiones.- Cuando se presenten pérdidas mayores en la tubería principal, la conexión de sus ramales, tengan presencia de acumulación de pérdidas y la conducción de un flujo mayor, para evitar estas pérdidas se emplearán codos de 45° y de accesorios tipo Y en sentido vertical, de forma tal que la conexión este por arriba de la misma, una alternativa es girar el accesorio para que se mantenga la condición antes explicada, pero eso se evitaría una elevación adicional en la parte superior del accesorio, en caso de usar accesorios de 90° su curvatura de radio debe ser mayor y evitar un giro exagerado.

4.2.2.7 Consideraciones en los Caudales.- Estos caudales se ajustarán a las condiciones existentes en el terreno, debiendo tener en cuenta las infiltraciones por descargas por gravedad locales o las escorrentías que puedan existir, donde el profesional que realiza la proyección deberá dar detalles específicos como los caudales medios, la relación aire-liquido, y los caudales máximos, es decir los parámetros bajo los cuales el sistema se ha diseñado, de igual forma se especificara el método con el cual se calcularon las perdidas en general.

4.2.2.8 Diseño de Tuberías.- Este diseño será capaz de soportar los esfuerzos que ejerce la presión natural del terreno, el tráfico al cual estará sometido, a las presiones negativas del sistema por el funcionamiento del sistema. Las presiones mínimas para las tuberías en material de PVC deberá de ser de 0,60 MPa, y se emplearan presiones mayores si la tubería tiene una curvatura ocasionada en el proceso de elaboración, o en su caso se deberá de considerar a futuro una pérdida en la resistencia de la tubería, por causa de las temperaturas a la cual es sometida la tubería por el calor de las aguas residuales, o cuando no estén instaladas bajo tierra, estas deberán contar con la protección necesaria para evitar daños, temperaturas extremas y de radiación por si se necesite.

4.2.2.9 Gradiente de la Tubería.- La inclinación de la tubería deberá de permitir que el flujo del caudal sea fácil y constante, evitando que se generen acumulaciones de residuos sólidos.

En tramos con elevaciones, las acometidas en ella deberán de ser como mínimo de 1.50 metros, y la pendiente mínima será del 0.2% en el sentido de dirección del flujo, y la disposición de la red de tuberías podrá estar paralela al terreno natural.

4.2.2.10 Diseño Hidroneumático.- Cuando no se encuentre en funcionamiento la red, en cada una de las válvulas de vacío dispuesta a lo largo de la red u sin presencia de caudal, y el sistema en todo momento deberá de contener un vacío mínimo, el cual será de un mínimo de 25 kPa.

De igual forma el tiempo que requiere el sistema de vacío para recuperarse, no podrá exceder del tiempo máximo que se especifique, y deberá garantizar que pueda funcionar mediante un reencendido automatizado en caso de existir una deficiencia o una falla en la administración de energía, y este tiempo con la capacidad tecnológica actual no debería pasar de la media hora.

4.2.2.11 Diseño de la Estación de Vacío.- Tanto la cantidad de estaciones que se requieran como la capacidad operativo de cada uno de los componentes en cuanto a generadores y de bombas de vacío, deberán ser escogidas en función de poder funcionar con el máximo caudal de aire que pueda estar presente en el sistema y de volumen de aguas residuales, el tanque deberá tener un mínimo volumen de acumulación y este deberá ser calculado en relación a la frecuencia a la que se pone en marcha tanto los generadores los generadores y las bombas que realizan la extracción, impulsando las aguas.

Para que no existan consumos mayores de energía y existan esfuerzos, se recomienda que la estación este ubicada en el centro del sistema o totalidad del área al cual se requiere abastecer.

CONCLUSIONES

El alcantarillado por vacío es una alternativa eficaz y segura en sus procesos de recolección de aguas residuales, conforme a la caracterización de cada sistema se determinó que, si bien es cierto, la inversión inicial del proyecto puede ser considerada costosa; los beneficios que proporciona a mediano y largo plazo, compensan la inversión que al inicio debe hacerse en cuanto al método por vacío.

Es un sistema hermético, evita las filtraciones al entorno, no genera malos olores, reduce el riesgo del rebalse de las cámaras y la obstrucción de los colectores, el impacto ambiental al entorno es mínimo por obras concernientes a instalación de sus componentes al tener un volumen y tiempo reducido de ejecución, esto también reduce el costo del proyecto, asimismo las molestias que causan y se disminuyen los riesgos laborales por derrumbes.

Es de fácil adaptación y lo hace un aliado para suelos inestables, zonas portuarias o zonas con alta presencia de nivel freático y áreas protegidas por ser consideradas de importancia ambiental o lugares donde el alcantarillado por gravedad puede ser más complejo lo que incrementa los costos del proyecto.

En el sistema por vacío, se evidencia como se puede usar la tecnología a favor en la construcción, su implementación en el país se considera un sistema nuevo, y describimos el funcionamiento técnico y operación de cada uno de los elementos que conforman a cada sistema, mediante esquemas, siendo importante la asesoría técnica para cálculos o diseños para ambos sistemas, también de quienes proveen los equipos y accesorios requeridos.

Determinamos en base a las comparaciones a ambos sistemas, que el drenaje por vacío debe considerarse como una opción para futuros proyectos de sistemas, tratamientos de aguas residuales y gestión de residuos, este demuestra ser ventajoso porque tiene el menor tiempo de entrega, requiere menor mano de obra, lo que reduce tiempos generales de instalación, como el arreglo en paralelo.

El sistema por vacío en cuanto a las referencias encontramos que se usaron en descripciones sobre su costo operativo antiguo, el cual era muy caro, en la actualidad la integración de la tecnología en el ámbito de la construcción y en este caso del saneamiento moderniza las técnicas para la extracción de las aguas de residencias o edificios, permitiendo que los costos sean bajos, generando un beneficio y rentabilidad.

RECOMENDACIONES

Se sugiere poner en marcha el uso de un sistema de alcantarillado por vacío; sobre todo en sectores que, en etapa invernal, sufren de inundaciones al no contar con la evacuación de estas aguas, el mismo debe proporcionar las medidas de saneamiento necesarias para evitar que en la gran mayoría de estos sectores se conviertan en foco de enfermedades comunes de la época invernal.

Se recomienda realizar investigaciones con especialistas técnicos, que brinden el acompañamiento necesario, dado que, se puede implementar una guía técnica que brinde los lineamientos y requisitos indispensables en cuanto a instalación y consideraciones que se deben tomar en cuenta para el uso de este sistema por vacío.

Se debe considerar implementar un inciso con contenido referente al sistema por vacío, en la Norma Ecuatoriana de la Construcción basada en experiencia de países, donde el alcantarillado por vacío es utilizado debido a contrapendiente, alto nivel freático, o donde se optimizaron los sistemas existentes.

Se sugiere actualizar los sistemas de saneamiento utilizados en el país, por parte del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, y promover la utilización de formas eficientes y económicamente sustentables a largo plazo, de esta manera, si bien es cierto la inversión inicial puede ser considerada alta, se compensa con los tiempos de instalación de los elementos requeridos del sistema.

Es necesario promover información al respecto, para que su rendimiento sea el adecuado, evitando arrojar desperdicios en el inodoro, por lo cual, se podría ver afectado el sistema, por no tener la capacidad de disolver estos residuos, pudiendo ocasionar obstrucciones y atascos en el sistema, que detenga su funcionamiento.

Es importante considerar la estación de vacío puesto que, de ella depende su funcionamiento, siendo el corazón del sistema, es decir, el rendimiento del sistema por vacío es proporcional a su estación, en consecuencia, un mal funcionamiento de la estación puede provocar que se detenga el sistema y las conexiones existentes en los ramales de alcantarillado, al igual que las cámaras estas de igual forma son preensambladas, teniendo solo que disponer de un lugar para su ubicación, fuese este a nivel del suelo, por lo general su instalación es semisubterráneo, también puede ser instalada de forma subterránea en su totalidad, para aprovechar y ganar espacio constructivo en la parte superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAHLBERG S.A. (2019 de Septiembre de 2019). *GUÍA DE SANEAMIENTO*. TECNOLOGÍA DE VACÍO EN INODOROS VACUFLUSH: https://www.dahlberg-sa.com/wp-content/uploads/2019/10/GUIA-SANEAMIENTO_vacuflush-.pdf
- Acruta Sánchez, A. (2020). *SISTEMA DE ALCANTARILLADO AL VACÍO PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR DESCARGA DIRECTA DE DESAGÜES AL RÍO ITAYA EN EL DISTRITO DE BELÉN PARTE BAJA, PROVINCIA DE MAYNAS, REGIÓN LORETO 2018*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Escuela Universitaria de Posgrado, Lima - Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3959>
- Acuña Muñoz, C. (2019). *CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS*. <https://docplayer.es/94842129-2-contactores-biologicos-rotatorios-historia.html>
- AIRVAC. (2023). <https://www.airvac.com/en/vacuum-sewer-system>
- Alcaldía de Ventanas, E. (11 de Enero de 2023). *Alcaldía Ciudadana de Ventanas*. <https://ventanas.gob.ec/alcaldia-de-ventanas-trabaja-en-la-instalacion-de-alcantarillado-sanitario-y-red-de-distribucion-de-agua/>
- Aliaxis Latinoamérica. (2022). *¿Por qué las tuberías de PVC son la mejor opción para las obras?* <https://www.aliaxis-la.com/por-que-las-tuberias-de-pvc-son-la-mejor-opcion-para-las-obras/>
- Alvarado Suárez, T. M., y Guamán Pacalla, T. D. (2022). *Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno DBO en un reactor aeróbico secuencial discontinuo usando medio de soporte plástico tratando agua residual doméstica*. ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5287>
- AM Group. (2023). Aristegui Maquinaria: <https://www.aristegui.info/sistemas-de-saneamiento-de-aguas-residuales-por-vacio/>
- Andrade Cajas, J. G. (2018). *Estudio y propuesta de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario del Recinto Naupe del Cantón Daule*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil.: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32670>
- Anton, L. (2015). *Universidad Nacional de Piura, Perú*. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/556>
- Arreaga Mora, L. A., y Pisco Samaniego, J. J. (2022). *Guía básica para procesos de contratación pública en obras de menor cuantía en Ecuador*. ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5234>
- Cáceres Sellán, J. E. (2021). *Evaluar comparativamente la rehabilitación de tuberías con metodología tradicional zanja abierta y metodología CIPP cured in place pipe del colector principal Parson Norte sector Prosperina*. acultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4699>
- Campoverde Niño, O. J. (Noviembre de 2019). *Universidad de Piura*. Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4397/ING_635.pdf?sequence=1&i

- Carbajal M; Villacorta G. (2016). *Evaluación técnica y económica del sistema convencional del alcantarillado residual entre alcantarillado al vacío en calle Garote, distrito de Belén, provincia de Maynas, región Loreto*. Universidad Científica del Perú:
<http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/103>
- Carmona, R. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. En E. Ediciones (Ed.). Retrieved 28 de Mayo de 2023, from
https://books.google.es/books?id=Gtw3DgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Contreras Matamoros, J. I. (2016). *Diseño de la red de alcantarillado pluvial y sanitario para el control de inundaciones y el transporte adecuado de aguas residuales en el recinto N°87 La Isla perteneciente al cantón Coronel Marcelino Maridueña provincia del Guayas*. UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1535>
- Dirección Nacional de Saneamiento. (2009). *GUÍA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO POR VACÍO*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, PERÚ:
<https://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/guia-diseno-alcantarillado-por-vacioMVCS-17072013.pdf>
- Efusión Artículos Sanitarios. (2023). *CÁMARA INSPECCIÓN PVC 110x110mm*.
<https://www.efusion.com.uy/catalogo/desagues/camara-inspeccion-pvc-duke/camara-inspeccion-pvc-110x110mm-cid0110/>
- EMAPAG EP. (2021). *RENDICIÓN DE CUENTAS EJERCICIO FISCAL 2021*. <https://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2018/07/Informe-Preliminar-EMAPAG-2021.pdf>
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, EMAPAG. (22 de Agosto de 2018). *INTERAGUA*. <https://www.interagua.com>:
https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/reglamento-servicios/r.o_edicion_especial_no_522.-_22-08-2018.pdf
- Evac. (2022). *Introduction to vacuum plumbing systems*. <https://evac.com/vacuum-plumbing-system-guide/>
- FLOVAC. (2021). <https://flovac.com/sistema-de-alcantarillado-por-vacio-flovac/>
- Galan Romero, A. C., y San Martín Granda,, Y. A. (Septiembre de 2022). *Diseño del sistema de alcantarillado Sanitario para aguas servidas de la lotización San José del cantón el Empalme provincia del Guayas*. Universidad de Guayaquil - Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas - Carrera de Ingeniería Civil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/64202>
- Gallardo, F. (2011). *Análisis comparativo entre alcantarillado al vacío y alcantarillado gravitacional en una villa de 214 viviendas en la ciudad de Valdivia*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Construcción:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/bmficg163a/doc/bmficg163a.pdf>
- Guamán Flores, P. F., y Villavicencio Rivas, P. V. (2022). *Propuesta de un sistema de alcantarillado para la parroquia Pancho Negro del cantón La Troncal*. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. ULVR:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5585>

- Guayaquil, U. L. (2023). *Líneas de investigación institucional ULVR*.
<https://www.ulvr.edu.ec/academico/unidad-de-titulacion/proyecto-de-investigacion>
- iagua. (07 de Junio de 2021). *Evac: Saneamiento por vacío en interiores según la norma UNE-EN 12109*. <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/evac-saneamiento-vacio-interiores-segun-norma-une-12109>
- IBAL S.A. E.S.P. OFICIAL. (15 de Marzo de 2022). *SISTEMA DE ALCANTARILLADO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO*. Sistema de Acueducto y Alcantarillado:
<https://www.ibal.gov.co/sites/default/files/ibal/sites/default/files/images/stories/Sistema%20de%20Alcantarillado,%20Operacion%20y%20Mantenimiento.pdf>
- INEC, AME, BDE, y ARCA. (2021). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC]; Asociación de Municipalidades Ecuatorianas [AME]; Banco de Desarrollo del Ecuador [BDE]; Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC]; Asociación de Municipalidades Ecuatorianas [AME]; ARCA. (2021). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. INEC; AME; BDE; ARCA. Retrieved 2023, from
[ile:///C:/Users/usuario/Downloads/Boletin%20tecnico%20APA%202021_V3JA%20TESIS%20023%20ETRACCION%20VICIO.pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Boletin%20tecnico%20APA%202021_V3JA%20TESIS%20023%20ETRACCION%20VICIO.pdf)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, I. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN:
www.normalizacion.gob.ec
- Interagua. (2023). *Sistema de Alcantarillado Sanitario*.
https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/folleto_alcantarillado_sanitario_final.pdf
- Jiménez García, I. (2019). *Estruvita: Fuente de fósforo reciclada obtenida a partir de residuos urbanos y agroindustriales*. Universidad de Sevilla. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental:
<https://hdl.handle.net/11441/99846>
- KSB Ecuador S.A. (2023). *Estación de Bombeo de Aguas Residuales*. <https://www.ksb.com/es-ec/lc/productos/sistema/estacion-de-bombeo-de-aguas-residuales/pumpstation-ck-800-pumpstation-ck-1000/C05A>
- Malpartida Iturregui, J. d., Regalado Tantalean, F. J., Renilla Lau, P. A., Serrano Erazo, L. E., y Tejada Brioso, N. A. (17 de Julio de 2019). *Alcantarillado Al Vacío*.
<https://es.scribd.com/document/418071544/Alcantarillado-al-vacio#>
- Manobanda Flores, R. E., y Samaniego Magallanes, C. A. (2022). *Análisis cualitativo comparativo de la eficacia del poder ejecutivo en la administración pública en los últimos veinte años de la República*. ULVR. Facultad de Ciencias Sociales y Derecho Carrera de Derecho:
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5953>
- María, H.-H., David, S., y Álvaro, M. (2020). *La gestión de las aguas pluviales en áreas urbanas: de riesgo a recurso*. Universitat d'Alacant, España: <http://hdl.handle.net/10045/109066>
- Matamoros, J. I. (2016). *Diseño de la red de alcantarillado pluvial y sanitario para el control de inundaciones y el transporte adecuado de aguas residuales en el recinto N°87 La Isla*

- perteneciente al cantón Coronel Marcelino Maridueña provincia del Guayas.* ULVR, Guayaquil. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1535>
- Merino Franco, C. M. (2021). *Sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14000 en el proceso de excavación sin zanja.* ULVR. Posgrado / Maestría en Ingeniería Civil Mención Construcción Civil Sustentable: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4614>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (05 de Julio de 2013). *Guía de diseño de Alcantarillado por Vacío.* <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/13846-169-2013-vivienda>
- NILSA. (2017). *RECUPERACIÓN DE FÓSFORO DE AGUAS RESIDUALES POR PRECIPITACIÓN COMO ESTRUVITA.* <https://memorias.nilsa.com/2017/es/depuracion/idi/recuperacion-de-fosforo-de-aguas-residuales-por-precipitacion-como-estruvita.php>
- Ojeda Alvarado, G. A. (2020). *Las nuevas tecnologías de la información y comunicación N-TICS para la atención a la diversidad.* ULVR. Posgrado / Maestría en Educación Mención Inclusión Educativa y Atención a la Diversidad: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3852>
- OPS, O. P. (2005). *GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO.* SSWM Toolbox: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPISO~1.PDF
- PcqPRO. (2023). *Historia del Drenaje.* <https://pcqro.com.mx/recomendaciones/historia-del-drenaje/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2023). *¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?* <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Quinllín Sánchez, J. C., y Quintana Vargas, J. D. (2022). *Modelación del sistema de alcantarillado sanitario mediante el uso de un programa para la Urbanización Torres del Salado, ubicada en la vía a la Costa, cantón Guayaquil, provincia del Guayas.* Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5373>
- Ramírez Martínez,, C. J. (2016). *Guía Técnica Acueducto y Alcantarillado.* Universidad Católica de Colombia: <http://hdl.handle.net/10983/14128>
- Red de Portales. (05 de Agosto de 2022). *Tuberías de vacío, uno de los elementos clave del sistema de alcantarillado por vacío de Flovac.* <https://www.murcia.com/empresas/noticias/2022/08/05-tuberias-de-vacio--uno-de-los-elementos-clave-del-sistema-de-alcantarillado-por-vacio-de-flovac.asp>
- RETEMA. (23 de Julio de 2020). *Estación de bombeo La Pradera. Guayaquil, Ecuador.* Revista Técnica de Medio Ambiente: <https://www.retema.es/articulos-reportajes/estacion-de-bombeo-la-pradera-guayaquil-ecuador>
- Rivera Cevallos, K. I. (2017). *Optimización del consumo del agua a través de un diseño de tratamiento de aguas residuales y recirculación.* Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/22618>
- Rivera, K. (2017). *Optimización del consumo del agua a través de un diseño de tratamiento de aguas residuales y recirculación.* Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/22618>

- Robles Calle, J. P. (2018). *Estudio de Impacto Ambiental de la Porcícola del Litoral S.A. en el Recinto el Piedrero, Cantón El Triunfo, Provincia del Guayas*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29521>
- Rodríguez Castro, V. E. (2023). *Caracterización y propuesta de modelo de gestión de residuos sólidos domésticos para la parroquia Balsapamba, cantón San Miguel*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/68119>
- Roevac-Bilfinger. (16 de Mayo de 2007). *ROEVAC® Vacuum Sewer Systems*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ROEDIGER%202007%20RoeVac%20Vacuum%20Sewer%20System%20PDF%20%20Presentation.pdf
- Serrano Calisto, L. (24 de Septiembre de 2019). *Evaluación Comparativa de Alcantarillado Por Vacío y Sistemas de Alcantarillado Por Gravedad*. <https://es.scribd.com/document/427236583/Evaluacion-Comparativa-de-Alcantarillado-Por-Vacio-y-Sistemas-de-Alcantarillado-Por-Gravedad>
- SEWERVAC. (2023). *Sistema de saneamiento por vacío en exteriores según la norma UNE-EN 16932-3*. <https://sewervac.es/saneamiento-vacio/>
- SOLUAQUA. (2023). *Estaciones de Bombeo Prefabricadas*. SOLUAQUA Water Technologies: <https://www.soluaqua.com/estaciones-de-bomba>
- TecnoAqua. (2023). *Saneamiento de Agua*. <https://www.tecnoaqua.es/tags/saneamiento-agua>
- Tinoco, L. E. (2018). *Comparación de diseños: Sistema de alcantarillado convencional y Sistema de alcantarillado por vacío, San Pedro De Cajas, 2018*. Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39257>
- Toral Soledispa, S. D. (2023). *POA por el método de ozonización/ peróxido de hidrógeno para la destrucción de materia emergente en AASS y área de desinfección en la PTAR de la Urbanización Fontana, provincia del Guayas, cantón Samborondón*. UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6160>
- Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (2023). *ULVR*. <https://www.ulvr.edu.ec/>: <https://www.ulvr.edu.ec/academico/unidad-de-titulacion/proyecto-de-investigacion>
- Vargas Bazurto, B. G. (2022). *Impacto ambiental de la tecnología MTBM en la construcción de redes de saneamiento en Guayaquil*. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4870>
- Velasco, G. (2022). *Sistema de gestión para la etapa de mantenimiento del área de alcantarillado sanitario en la ciudadela Alborada*. Posgrado / Maestría en Ingeniería Civil Mención Construcción Civil Sustentable. ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4915>
- VÍAVAC. (2023). *SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO A VACÍO PARA RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES*. EL POCETO VIAVAC: <https://www.viavac.net/el-poceto.html>
- VIVIENDA, E. P. (2021). *CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS PRELIMINARES Y DEFINITIVOS PARA LAS OBRAS DE URBANIZACIÓN DEL PROYECTO URBANISTICO TRINIDAD DE DIOS, MACROLOTE 4 Y MACROLOTE 5 PARA LA EPMV*. Sistema Oficial de Contratación Pública: https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=NQcNaFbjpN40UTJNTX_ggZDXOjJmPnMPgIBjAZVPKc

- Water Environment Federation. (2007). Manual of Practice No- FD-12. Houston: PDHengineer.com. Retrieved 2023, from https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB260/%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%20%CE%9A%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%A5/Vacuum_Sewers_Design_Installation.pdf
- Water Technologies de México. (15 de Octubre de 2020). *¿Sabes qué son las aguas residuales y cuál es el origen de donde provienen?* <https://www.tratamientosdeagua.com/ventaenlinea/blog-water-technologies/Filtros-de-agua/Sabes-que-son-las-aguas-residuales-y-cual-es-el-origen-de-donde-provienen>
- Xylem. (2023). *Estaciones de bombeo compactas*. <https://www.xylem.com/es-es/brands/flygt/flygt-engineering--expertise/pump-station-design/packaged-pump-stations/>
- Zambrano, M. (2021). Fuente Propia. *ICIPRA 702*.
- Zarza, L. F. (2023). *¿Qué son las aguas residuales?* iAgua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>
- ZORRILLA, F. (2011). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, INCLUIDO TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LA CABECERA PARROQUIAL LA AMÉRICA DEL CANTÓN JIPIJAPA*. UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ, ECUADOR: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/275/1/UNESUM-ECU-CIVIL-2011-07.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de Información a la EPMV

Guayaquil, 17 de mayo del 2023

Sr. Arq.
Milton Zambrano
Director Técnico EPMV
Presente. -

De nuestra consideración:

Nosotros, Zambrano Chalén Melvin Andrés, con cedula de identidad 0918640814, y Andrea Abigail Gualli Contreras, con cedula de identidad 0950965202, ante usted respetuosamente nos presentamos y exponemos:

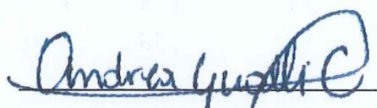
Actualmente nos encontramos cursando el último semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por tal razón solicitamos a usted muy cordialmente se nos autorice utilizar la información que se encuentra en el portal de compras públicas en relación a planos del proyecto HABITACIONAL MACROLOTE 4 y 5 en la Cooperativa TRINIDAD DE DIOS para el desarrollo de nuestra tesis que tiene como tema de investigación "SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL METODO DE VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS".

Con saludos cordiales y agradeciendo su atención a esta solicitud,

Atentamente



Melvin Zambrano Chalén
C.I.: 0918640814



Andrea Gualli Contreras
C.I.: 0950965202



Anexo 2. Autorización de la EMMV



Oficio No. DT-EPMV-MZ-001-2023
Guayaquil, 19 de mayo de 2023

Estudiantes
Andrea Guali
Melvin Zambrano
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Universidad Laica Vicente Rocafuerte
Ciudad. -

De mi consideración:

En respuesta al oficio S/N de fecha 17 de mayo del 2023 en el cual se solicita:

"...solicitamos a usted muy cordialmente se nos autorice utilizar la información que se encuentra en el portal de compras públicas en relación a planos del proyecto HABITACIONAL MACROLOTE 4 y 5 en la Cooperativa TRINIDAD DE DIOS para el desarrollo de nuestra tesis que tiene como tema de investigación "SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR EL METODO DE VACÍO, PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS..."

Tengo a bien informar que es un privilegio para esta institución considerar nuestros proyectos habitacionales como temas de tesis; cabe mencionar que la información solicitada es de conocimiento público y así mismo se encuentra bajo el siguiente link:

https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=NQcNaFbjpN40UTJNTX_ggZDXOjJmPnMPgiBjAZVPKc

Tal información cuenta con los archivos para el estudio solicitado.

En espera de que la información solicitada sea de gran aporte para vuestro estudio.

Saludos Atentos,

Milton Zambrano, Arq. Mtr.
DIRECTOR TÉCNICO



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE VIVIENDA EN EL CANTÓN GUAYAQUIL, EP