



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TIC's

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL
BARRIO VILLA LIGIA, PÉREZ ZELEDÓN**

MAURICIO ESTEBAN SÁNCHEZ MONTERO

SAN JOSÉ, COSTA RICA

SEPTIEMBRE 2020



TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: ***DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO VILLA LIGIA PÉREZ ZELEDÓN*** por el (la) estudiante: **Mauricio Sánchez Montero**, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de **Ingeniería Civil** de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

Marcos Sánchez Pérez

Tutor

Andrés Reyes Bonilla

Lector

Giovanni Arguedas Morales

Representante



COMITÉ ASESOR

Ing. Marcos Sánchez Pérez

Tutor

Ing. Andrés Reyes Bonilla

Lector

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante

CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredía, 10 De Septiembre de 2020

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

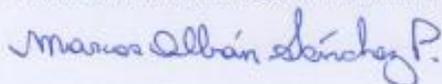
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Alcantarillado Sanitario en Barrio Villa Ligia, Pérez Zeledon, elaborado por el estudiante (s): Mauricio Esteban Sanchez Montero, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de ingeniero civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente, Ing. Marcos Sánchez Pérez.



CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 10 De Septiembre de 2020

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Alcantarillado Sanitario en Barrio Villa Ligia, Pérez Zeledon, elaborado por el estudiante (s): Mauricio Esteban Sanchez Montero, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de ingeniero civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente, Ing. Andrés Reyes Bonilla.

ANDRES	Fecha:
REYES	2020.09.12
BONILLA	09:54:42
(FIRMA)	-06'00'

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Mauricio Esteban Sánchez Montero

De la Carrera / Programa:

autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Ingeniería Civil , Diseño de Alcantarillado Sanitario en el barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón.

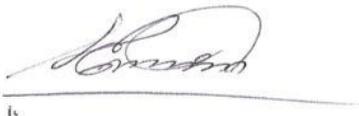
Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **Jueves** del mes **Septiembre** de año **2020** a las **13:00**. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:



San Isidro de El General, Pérez Zeledón,
20 de setiembre de 2020

Señores
Universidad Latina de Costa Rica
Facultad de Ingenierías y TIC's
Escuela de Ingeniería Civil

Estimados señores:

El suscrito, Edwart Ureña Bonilla, cédula de identidad número 1 0804 0426, número de colegiado 18341, asevero que leí y corregí el proyecto de graduación denominado: **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO VILLA LIGIA, PÉREZ ZELEDÓN"**, cuyo responsable es el estudiante **Mauricio Esteban Sánchez Montero**.

En este orden de cosas, afirmo que corregí el documento presentado en aspectos tales como: elementos morfosintácticos estructurales, construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el estilo textual. Desde este punto de vista, considero que cumple con los requisitos establecidos por la Universidad para ser presentado como **"Proyecto de graduación para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil"**.

Se suscribe de ustedes cordialmente,

EDWART
UREÑA
BONILLA
(FIRMA)



Firmado digitalmente
por EDWART UREÑA
BONILLA (FIRMA)
Fecha: 2020.09.20
19:31:42 -06'00'

M.Sc. Edwart Ureña Bonilla
Camé 18341

RESUMEN

El siguiente proyecto de graduación está elaborado para una potencial colaboración a la población del barrio Villa Ligia de Pérez Zeledón, San José, Costa Rica en donde se establece como propósito principal, el diseño de un alcantarillado sanitario para el transporte de aguas residuales sanitarias provenientes del consumo diario de agua por parte de la población anteriormente mencionada. Además, ha de tenerse en cuenta que existen pequeñas empresas laborando en la zona.

El proyecto de graduación tiene como finalidad determinar las diferentes deficiencias existentes en la zona tales como el inexistente alcantarillado sanitario y poder atacar esta problemática para evitar problemas futuros y considerando que se pueden presentar problemas de infiltración de aguas o afectación a la salud por un mal manejo de estas. Por otro lado, entender una consecuencia que se presenta en la zona es el criadero de dengue producto de estancamiento de aguas que deben ser transportadas para su debido tratamiento.

Posteriormente se debe considerar que existe una principal limitación que se estará especificando en ese apartado, acerca de la actual planta de tratamiento de aguas residuales que en este momento se encuentra obsoleta.

Con la realización del este proyecto de graduación, se determina cuáles son las principales decisiones que se deben tomar en consideración para el diseño del alcantarillado tomando en cuenta que para realizar el estudio se deben obtener datos básicos con los que la Municipalidad de Pérez Zeledón no cuenta, por lo cual se procede a investigarlos en campo. Entre ellos destacan la obtención de las curvas de nivel mediante un levantamiento topográfico mediante un dron que posteriormente retroalimentará a un software que dará nuestras curvas de nivel y así se podrá determinar la pendiente existente en la zona de estudio y lograr el diseño más óptimo.

En el proyecto se toma en cuenta que la población de Villa Ligia está en constante crecimiento por lo que se desarrolla este tipo de iniciativas para lograr abarcar una necesidad de la actual demanda y así propiciar el desarrollo de un crecimiento con planificación.

Por último, se desarrolla el presupuesto necesario para la potencialmente construcción del alcantarillado y se considera cada aspecto para su confección para así poner a disposición los costos a las autoridades encargadas.

SUMMARY

The following graduation project is prepared for a possible collaboration with the population of the Villa Ligia Pérez Zeledón neighborhood, San José, Costa Rica, where the main objective is to design a sanitary sewer system to transport sanitary wastewater from daily water consumption by the mentioned population considering that there are small companies working in the area.

The graduation project must determine the different deficiencies that exist in the area, such as non-existent sanitary sewers, and be able to attack this problem to avoid future problems considering that they can present water infiltration problems or damage to health due to poor Wastewater management, on the other hand, to understand a consequence that occurs in the area is the dengue hatchery as a result of stagnation of the water that must be transported for its proper treatment.

Subsequently, it should be considered that there is a main limitation to be specified in that section regarding the current wastewater treatment plant that is currently obsolete.

With the completion of this graduation project, the main decisions that must be made in the evaluation for the design of the Sewerage will be determined taking into account that to carry out the study, basic data must be obtained from the municipality, which does not count, so proceed to investigate them in the field such as obtaining contour lines by means of a topographic survey using a drone that will then feed back the software that will give us our contour lines and thus determine the existing slope in the study area and achieve the more optimal design.

The project takes into account that the population of Villa Ligia is constantly growing, so this type of initiative is developed to satisfy a need of current demand and develop growth with planning.

Finally, the necessary budget is developed for the possible construction of the affected sewerage, each aspect for its preparation, in order to make the costs available to the authorities in charge

Tabla de contenido

RESUMEN	viii
SUMMARY	ix
1. índice de ilustraciones	3
2. índice de tablas	4
3. Introducción.....	5
3.1. Antecedentes	6
3.2. Formulación del problema.....	7
3.3. Objetivos de la investigación.	8
3.3.1. Objetivo general.....	8
3.3.2. Objetivos específicos.....	8
3.4. Justificación.....	9
3.5. Alcances del proyecto de graduación	11
3.6. Limitaciones del proyecto de graduación.....	11
3.7. Impacto.	12
3.8. Hipótesis.....	12
4. CAPÍTULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
4.1. Historia del tratamiento de las aguas residuales.....	13
4.2. Ciclo hidrológico y aguas residuales	15
4.3. Cobertura de saneamiento en Costa Rica.....	17
4.4. Conexiones con servicio de alcantarillado.....	19
4.5. Cobertura de tratamiento de aguas residuales	20
4.6. Medios de tratamiento ejecutados en Costa Rica	21
4.7. Inversiones realizadas en el país en agua y alcantarillado en los últimos años.....	22
4.8. Requisitos para el diseño	23
4.8.1. Términos y definiciones	23
4.9. Sistema de saneamiento.....	26
4.9.1. Población de diseño	26
4.9.2. Periodos de diseño.....	26
4.9.3. Capacidad del sistema.....	28
4.10. Dimensiones de la tubería	29
4.10.1. Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto.....	29

4.10.2.	Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto	29
4.10.3.	Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto.....	29
4.10.4.	Continuidad de tuberías.....	30
4.10.5.	Diámetro mínimo	30
4.10.6.	Prevista.....	31
4.10.7.	Sifones.....	31
4.11.	Sistema a presión constante	31
4.11.1.	Plan de contingencia y programa de mantenimiento.....	32
4.11.2.	Integración del sistema a presión constante con el sistema convencional.....	32
4.11.3.	Diámetro mínimo de las conexiones domiciliarias	32
4.12.	Sistema a presión negativa constante	33
4.13.	Estaciones de bombeo de aguas residuales	33
4.14.	Materiales de construcción.....	34
4.14.1.	Tuberías.....	34
4.14.2.	Pozos de registro.....	34
4.15.	Situación del saneamiento en el país.....	36
4.16.	Componentes de un sistema de alcantarillado.....	38
4.17.	Principales fallas de un sistema de alcantarillado sanitario	40
4.18.	¿Por qué Costa Rica tiene baja cobertura de alcantarillado sanitario?	41
4.19.	Método de construcción del alcantarillado sanitario	42
5.	CAPÍTULO 2 MARCO METODOLÓGICO	43
5.1.	Paradigma, enfoque metodológico y método(s) de investigación propuestos.....	43
5.2.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	43
5.3.	Población y muestra.....	45
5.4.	Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de los datos.....	46
5.5.	Categorías de análisis de la investigación (operacionalización de variables)	48
6.	CAPÍTULO 3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	49
6.1.	Procedimiento.....	49
6.1.1.	Delimitación de la zona de estudio.....	50
6.1.2.	Levantamiento de superficie de estudio.....	51
6.1.3.	Ubicación de pozos sanitarios.....	52
6.1.4.	Creación de perfiles.....	53
6.1.5.	Diseño de alcantarillado.....	54

6.2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE POZOS CON UNA PROFUNDIDAD MAYOR A LOS 5m	55
6.3.	SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ESTUDIO	76
6.3.1.	Propuesta de solución.....	76
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
7.1.	Conclusiones	78
7.2.	Recomendaciones.....	79
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
9.	ANEXO 1 DETALLES ESTRUCTURALES	81
10.	ANEXO 2 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO (CONTENIDO MÍNIMO DE INFORMACIÓN) Y PRESUPUESTO.....	84
11.	ANEXO 2 DISEÑO PLANOS CONSTRUCTIVOS	88
12.	GLOSARIO.....	104

1. Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Balance hídrico de la naturaleza	16
Ilustración 2	Viviendas con servicio de alcantarillado sanitario por cantón	18
Ilustración 3	Cobertura de saneamiento en porcentaje de viviendas	19
Ilustración 4	Empresa encargada del servicio sanitario en Costa Rica.....	20
Ilustración 5	Destino de aguas en Costa Rica.....	22
Ilustración 6	Componentes de un sistema de alcantarillado	38
Ilustración 7	Conexión domiciliaria	39
Ilustración 8	Detalle conexión domiciliaria	39
Ilustración 9	Método constructivo del alcantarillado sanitario.....	42
Ilustración 10	Zona de estudio	45
Ilustración 11	Delimitación de zona de estudio.....	50
Ilustración 12	Levantamiento de superficie de estudio.	51
Ilustración 13	Ubicación de pozos sanitarios.....	52
Ilustración 14	Creación de perfiles.	53
Ilustración 15	Diseño de alcantarillado sanitario.....	54
Ilustración 16	Pozo sanitario PS C 15	55
Ilustración 17	Pozo sanitario PS C 15 cargas	56
Ilustración 18	Pozo sanitario PS C 15 Mmax	57
Ilustración 19	Pozo sanitario PS C 15 Vmax.....	58
Ilustración 20	Pozo sanitario PS B 12.....	59
Ilustración 21	Pozo sanitario PS B 12 cargas.....	60
Ilustración 22	Pozo sanitario PS B 12 Mmax.....	61

Ilustración 23 Pozo sanitario PS B 12 Vmax	62
Ilustración 24 Pozo sanitario PS B 13.....	63
Ilustración 25 Pozo sanitario PS B 13 cargas.....	64
Ilustración 26 Pozo sanitario PS B 13 Mmax.....	65
Ilustración 27 Pozo sanitario PS B 13 Vmax	66
Ilustración 28 Pozo sanitario PS B 16.....	67
Ilustración 29 Pozo sanitario PS B 16 cargas.....	68
Ilustración 30 Pozo sanitario PS B 16 Mmax.....	69
Ilustración 31 Pozo sanitario PS B 16 Vmax	70
Ilustración 32 Pozo sanitario PS B 17.....	71
Ilustración 33 Pozo sanitario PS B 17 cargas.....	72
Ilustración 34 Pozo sanitario PS B 17 Mmax.....	73
Ilustración 35 Pozo sanitario PS B 17.....	74
Ilustración 36 Presupuesto	77

2. Índice de tablas

Tabla 1 Ciclo del agua y fenómenos hídricos básicos	16
Tabla 2 Tipo de servicio sanitario por zona	18
Tabla 3 Conexiones para servicios de agua potable y alcantarillado	20
Tabla 4 Inversión representado en millones de colones.....	22
Tabla 5 Coeficientes mínimos para la “n” de Manning.....	30
Tabla 6 Profundidad de colocación de la tubería (casos especiales).....	34
Tabla 7 Dimensiones de pozos en concreto.....	34
Tabla 8 Diámetro interno por tipo de pozo según tubería de salida	35

3. Introducción

En virtud al crecimiento de la población en el sector de Pérez Zeledón, se ha determinado un notorio aumento en la cantidad de viviendas y el inexistente alcantarillado sanitario. Un adecuado sistema de alcantarillado sanitario viene a colaborar con el manejo óptimo de las aguas negras y residuales de la ciudad y, por ende, un desarrollo correcto y actualizado.

Cabe destacar que es de relevante importancia el desarrollo de este proyecto, ya que actualmente no se cuenta con la infraestructura para transportar estas aguas residuales y vendría a ser la principal necesidad para resolver en temas de aguas en la zona.

El presente proyecto tiene como fin solucionar problemas para un potencial tratamiento de aguas sanitarias por medio de su transporte hacia la planta de tratamiento más cercana. Asimismo, es relevante aclarar que la información que se genere con este proyecto, se facilitará a la Municipalidad de Pérez Zeledón la cual podrá determinar cuál es la metodología por seguir para ejecutarlo y así solventar el existente problema.

3.1. Antecedentes

Los antecedentes con los que se cuentan en este proyecto son algunos lugares tanto a nivel internacional como nacional.

El primer caso internacional lo encontramos en Honduras en el año 2016 en donde se denuncia por parte de los habitantes de la colonia La Primavera que existe una afectación de aproximadamente 1200 familias al no tener un adecuado alcantarillado sanitario, el cual los tiene preocupados por una posible afectación a su salud.



Fuente: La Prensa Honduras 2016

Un caso similar se para los vecinos de la ciudad de Belén en la capital de Nicaragua, Managua, quienes denuncian tener una cantidad de agua empozada al lado del caserío que podría afectar la salud de los ocupantes de las viviendas; los vecinos de Belén denuncian que se le ha dado prioridad a los proyectos de transporte de agua pluvial, pero no ha sido así el caso para las aguas sanitarias.



Fuente: La Prensa Nicaragua

Otro ejemplo similar de nuestro país se encuentra en la quebrada La Cangreja ubicada en Tibás, San José, en donde se puede ver un notorio desgaste del alcantarillado de aguas negras. Aquí se da un claro ejemplo del alcantarillado sanitario general con el que cuenta el país, un alcantarillado colapsado que ya cumplió un periodo de diseño.



Fuente: La Nación 2013

3.2. Formulación del problema

Se plantea un diseño de alcantarillado sanitario en el barrio Villa Ligia de Daniel Flores de Pérez Zeledón con el fin de solventar el principal problema del inexistente alcantarillado en la zona.

Desde los inicios de la infraestructura en el cantón de Pérez Zeledón se ha repuntado a intentar lograr la mejor red vial posible y el alcantarillado pluvial va de la mano con este. Sin embargo, con el alcantarillado sanitario no ocurre lo mismo, pues esta cobertura solo presenta un 6% del total del cantón, por lo que se presenta como uno de los principales problemas por resolver ante la creciente población de la zona y al considerar que en el cantón de Pérez Zeledón se cuenta con una laguna de oxidación, la cual actualmente está saturada y obsoleta, razón por la que aún al realizar el alcantarillado sanitario se debe tomar en consideración el diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales a futuro.

La Municipalidad del cantón debería tener el control de las aguas negras para su posterior tratamiento y así seguir el proceso hasta devolverlo al efluente más cercano, proceso que actualmente no se lleva a cabo.

Las viviendas mayormente cuentan con un sistema de tanque séptico y un sector de la población arroja directamente las aguas negras hacia el río más cercano, por lo que se debe trabajar en este problema existente en la zona.

Cabe destacar que el desarrollo que va teniendo el cantón viene a generar más demanda, la cual se debe acatar y solventar lo más pronto posible, ya que luego puede ser inmanejable debido al crecimiento sin planificación que tiene nuestro país.

El principal problema presente actualmente en la zona de estudio del proyecto es la inexistente infraestructura de alcantarillado sanitario; dicho problema se existente a lo largo de todo el cantón y que se debe ir resolviendo poco a poco en la medida de lo posible, al abarcar las zonas de mayor urbanización para así ir cubriendo la mayoría del territorio.

El alcantarillado sanitario vendría a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona en estudio; por ejemplo se mejorarían problemas de olores y se solucionarían problemas de manejo de aguas sanitarias bien tratadas, ya que es deber de la Municipalidad velar por el buen manejo de dichas aguas residuales y además garantizar que se esté dando un mantenimiento de la red de alcantarillado preventivo.

3.3. Objetivos de la investigación

3.3.1. Objetivo general

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

3.3.2. Objetivos específicos

- Realizar los estudios preliminares requeridos para el desarrollo del proyecto.

- Diseñar los planos detallados de construcción en donde se especifique la pendiente, materiales y longitudes por utilizar en la construcción del alcantarillado sanitario mediante el programa AutoCAD.
- Elaborar el presupuesto de la estimación del costo de la obra total mediante el programa Excel.

3.4. Justificación

La infraestructura del país siempre ha sido criticada en los diferentes ámbitos y el tema del alcance del alcantarillado sanitario en el país no ha sido la excepción, puesto que es realmente importante que las instituciones a cargo realicen un cambio en el pensamiento a futuro y hacia dónde quieren llevar el saneamiento del país. El adecuado desarrollo de un alcantarillado es de suma importancia para atacar problemas actuales que tiene la sociedad y que en un futuro pueden evitar repercusiones aún más grandes.

La construcción de un adecuado alcantarillado viene a solucionar problemas de enfermedades ocasionadas, el estancamiento de aguas negras o el mal saneamiento de estas, motivos por los cuales debe existir un plan para la elaboración de este tipo de infraestructura y, en este caso, en barrio Villa Ligia, Pérez Zeledón zona del cantón en donde existe gran parte de la densidad poblacional.

La construcción del alcantarillado sanitario es de suma importancia para dar solución a problemas actuales y que en un futuro puede traer mayores repercusiones, pues a través de una adecuada planificación se evitarán daños en la superficie de rodamiento o pavimento al construir, primeramente el alcantarillado sanitario, por lo que para la realización del proyecto debe existir una adecuada comunicación entre todas las instituciones que estén involucradas en este.

Los habitantes del cantón se beneficiarán al contar con un adecuado alcantarillado de aguas sanitarias y, por ende, un adecuado tratamiento de estas. Por otro lado, la Municipalidad de Pérez Zeledón obtendrá la solución técnica del inexistente alcantarillado sanitario en la zona de estudio. Como aporte teórico y técnico se pondrán a disposición los planos constructivos del alcantarillado sanitario para que la entidad a

cargo, en este caso la Municipalidad del cantón de Pérez Zeledón, para que pueda analizar la viabilidad del proyecto y su ejecución. Así también, se facilitará el presupuesto en donde se establecen los materiales por utilizar, costos de las actividades que involucra la realización del proyecto y todo lo que implique el desarrollo de la red de alcantarillado sanitario en la zona de estudio.

Al realizarse este tipo de proyectos en zona, se incentiva a que se sigan realizando proyectos de esta naturaleza y poder lograr un cantón con mayor alcance de alcantarillado sanitario; esto debido a que actualmente solo se cuenta con el 6% de cobertura cantonal y posteriormente realizar un adecuado saneamiento de aguas negras y devolver al efluente más cercano el agua lo más pura y limpia posible para que siga su ciclo.

3.5. Alcances del proyecto de graduación

El principal alcance del proyecto de la red de alcantarillado sanitario en la zona de Villa Ligia, Pérez Zeledón, consta de la realización de una propuesta de diseño para un sistema de drenaje de aguas negras eficiente, en donde se tome en consideración todo lo que establece en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial vigente del AyA.

Cabe destacar que el proyecto está proyectado para abarcar el diseño de un alcantarillado sanitario y no toma en cuenta el saneamiento de las aguas negras que se transportan en él y dentro de los alcances no se contempla el diseño de la planta potabilizadora de aguas residuales debido a que dentro del cantón solo se cuenta con una planta de oxidación, la cual se encuentra saturada y obsoleta.

Dentro de los alcances del proyecto se puede situar el presupuesto detallado de la obra por realizar en donde se toma en consideración todos los aspectos para la construcción de la red de alcantarillado, desde las obras preliminares, hasta la finalización de la obra, pero se aclara que no está dentro de los alcances del proyecto final de graduación los estudios preliminares como lo es el estudio de suelo.

Se establecen dentro de los alcances del proyecto final de graduación, la realización de los planos constructivos de la red de alcantarillado sanitario en donde se establecen los diferentes parámetros para el desarrollo de este.

3.6. Limitaciones del proyecto de graduación

Inicialmente se presentan limitaciones respecto a los datos topográficos, ya que la Municipalidad de Pérez Zeledón no cuenta con las curvas de nivel necesarias para el diseño del alcantarillado sanitario y se encuentran curvas de nivel a cada 5km.

Debe tomarse en cuenta que la zona no se tiene con una planta de tratamiento de aguas residuales, lo cual vendría a ser otra limitante, puesto que se efectuará el alcantarillado para transportar las aguas residuales, pero se establece la limitante de la PTAR para que se tome en consideración para proyectos futuros.

Dentro de las limitaciones que presenta el proyecto se encuentra la topografía de la zona de estudio que puede potencialmente necesitar un sistema de bombeo para poder llevar las aguas al siguiente punto en donde seguirá su rumbo por gravedad y, por tanto deberá considerarse que no está dentro de los alcances del proyecto, el diseño del sistema de bombeo.

Asimismo, cabe destacar que otra de las limitaciones del proyecto es la falta de información o caracterización del suelo de la zona, por lo que se procede a recopilar información, según la zona geológica de estudio; en consecuencia, en caso de requerir actualización con estos datos, se recomienda la realización de un estudio de suelo vigente a la hora de la ejecución del proyecto.

3.7. Impacto

El estudio tendrá un importante impacto social en la zona, ya que mejorará la calidad de vida de los habitantes al tener que el proyecto está diseñado para el traslado de las aguas negras para potencialmente tratarlas, el cual tendría, por otro lado, un impacto ambiental de peso. Otro punto a favor es el aspecto sanitario que vendría a mejorar en la zona y evitar enfermedades causadas por el mal manejo de aguas negras.

3.8. Hipótesis

En la actualidad, la sociedad cuenta con diferentes problemas de infraestructura de alcantarillado sanitario, el cual se debe solventar en la medida de lo posible, por lo que mediante un adecuado diseño del alcantarillado se propone dar respuesta al problema existente y posteriormente dar la solución a las entidades a cargo para que logren resolver este tipo de situación que es de relevancia e impacto importante.

4. CAPÍTULO 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Historia del tratamiento de las aguas residuales

La historia del tratamiento de las aguas residuales ha estado rezagada y sin evolución en cuanto a la producción y tratamiento de este tipo de aguas, que a su vez, ha estado siempre unida, lógicamente, a la instalación y el desarrollo de la industria. ¿Pero, desde cuándo existen industrias o actividades productoras de aguas residuales? Históricamente se pueden relacionar los temas sanitarios, los de potabilización y los de tratamiento de las aguas residuales con este tipo de industrias o de actividades. Así, se conocen textos en sánscrito de hace más de 4000 años que indican distintas formas de potabilizar el agua: hirviéndola, hundiendo en ella un hierro al rojo o filtrándola a través de un lecho de arena y grava. Los ejércitos de Alejandro Magno en sus campañas en Asia Menor hervían el agua antes de consumirla. (Calvo, 2012)

Y ¿qué pasaba en la antigüedad con las aguas residuales industriales? Pues, en principio, no se trataban, siendo las industrias generadoras de aguas residuales muy concretas y básicas, a saber:

- Minería del oro.
- Minería del mercurio (extracción para la preparación de amalgamas para la explotación del oro).
- Otras minerías metálicas.
- Tenerías, en las fases de limpieza, lavado y teñido de las pieles.
- Cerveceras.
- Almazaras.

Después vino la industria papelera, que empezó a operar desde el siglo XVI, y fue la Revolución industrial la que desde el siglo XIX marcó un despegue radical en la producción de este tipo de aguas residuales. Desde finales del siglo XIX, se intensificó

el desarrollo industrial mundial y, en el último cuarto del siglo XX, una infinidad de países pasaron a engrosar el grupo de los grandes contaminantes como productores de vertidos industriales. A finales de ese siglo, el consumo mundial de agua dulce, según el WRI, se calculaba en 3300 km³/año, de los que el 23% iba destinado a la industria. (Calvo, 2012)

Actualmente sigue subiendo considerablemente el consumo y, la tendencia, es de un rápido crecimiento de las necesidades de agua por la industria. Dentro del tratamiento de las aguas residuales, a lo largo de la historia han existido diferentes sistemas y objetivos. Así, tal y como se ha indicado, la desinfección para potabilización, la cloración, las plantas potabilizadoras o el lagunaje son procedimientos con muchos años de aplicación, por lo tanto, algunos de ellos fueron de uso muy común en la antigüedad en ciertas civilizaciones. (Calvo, 2012)

Algunos autores comentan que la historia de la desinfección de las aguas residuales es la historia de la cloración, pues el cloro siempre se ha asociado al intento de controlar diversas enfermedades humanas. Las aguas residuales con carga orgánica son las que más se prestan al proceso de desinfección, aunque algunos vertidos de otro tipo son también susceptibles de ser tratados con estos procedimientos. (Calvo, 2012)

De acuerdo con los análisis indagados, en apariencia, el primer dato de cloración para desinfección de aguas residuales a escala real corresponde a 1854, en Londres, cuando la Royal Sewage Commission utilizó cloro para desodorizar las aguas residuales de la ciudad. En 1879 William Soper utilizó cloro para tratar excretas de pacientes de fiebres tifoideas. En 1893 se instaló la primera planta de desinfección con cloro en Hamburgo y en 1894 se hizo lo mismo en Brewster (N.Y.). El primer clorador se desarrolló en 1913 y el primer clorador automático en 1922. Ha de tenerse en cuenta, por otra parte, que el cloro también es útil en el tratamiento de aguas residuales con cianuros, por lo que diversas industrias lo utilizan al final de sus procesos antes de verter sus aguas residuales al exterior. (Calvo, 2012)

4.2. Ciclo hidrológico y aguas residuales

El agua es un componente básico del medio y como tal condiciona la vida. Los seres vivos están constituidos en gran parte por agua (65% del peso del ser humano); el agua aparece en la naturaleza en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso, cumpliendo en cada uno de ellos su función dentro del equilibrio. El agua utilizable por el hombre constituye un porcentaje muy pequeño sobre el total existente en la Tierra, pues el 97,4% pertenece a los océanos (agua salada) y el 2% corresponde al estado sólido (hielo) de los casquetes polares (que a su vez contienen el 77,2% del total de agua dulce existente en el mundo). (Calvo, 2012)

El agua sufre una serie de ciclos. Se inicia el análisis a partir de la humedad atmosférica formada por evaporación de las masas de agua superficiales (océanos, lagos, ríos), que se condensa en nubes que al enfriarse se convierte en precipitaciones. De estas, la mayor parte cae sobre los océanos (el 78%), y el resto (22%) cae sobre los continentes. (Calvo, 2012)

Al alcanzar el suelo, el agua puede infiltrarse, discurrir sobre la superficie como escorrentía superficial, evaporarse o sufrir una evapotranspiración. Es así como cuando el agua se infiltra, se incorpora parcialmente al suelo o este lo almacena; asimismo, parte del agua infiltrada se incorpora a las aguas subterráneas y sirve de sustento a los acuíferos y a las fuentes. La escorrentía surge cuando el suelo es poco permeable o cuando la precipitación es muy intensa y supera la capacidad de infiltración del suelo; en ese momento, el agua comienza a acumularse en la superficie y a discurrir por gravedad por los puntos más bajos o por donde ceda más el suelo superficial, formando arroyuelos y arroyos y, en consecuencia, provocando en muchos casos fenómenos de erosión hídrica. (Calvo, 2012)

Parte del agua que alcanza el suelo se evapora; pero si el suelo no está desnudo, la vegetación presente aumenta mucho el fenómeno al transpirar mediante su sistema foliar y al extraer las raíces el agua del suelo. La evapotranspiración (agua evaporada por el suelo sumada al agua transpirada por los vegetales) se convierte en muchos casos en un elemento clave en el ciclo del agua en el medio terrestre. (Calvo, 2012)

Tabla 1 Ciclo del agua y fenómenos hídricos básicos

Medio	Fenómenos
Atmósfera	Precipitaciones, depósito, aportación.
Océanos	Evaporación, depósito.
Polos, glaciares	Depósito, fusión, aportación.
Ríos, lagos, embalses	Evaporación, depósito, aportación.
Suelos	Infiltración, escorrentía, evaporación, depósito.
Vegetación, fauna	Evapotranspiración, transpiración, evaporación, depósito.
Aguas subterráneas	Depósito, aportación.

Fuente: (Calvo, 2012)

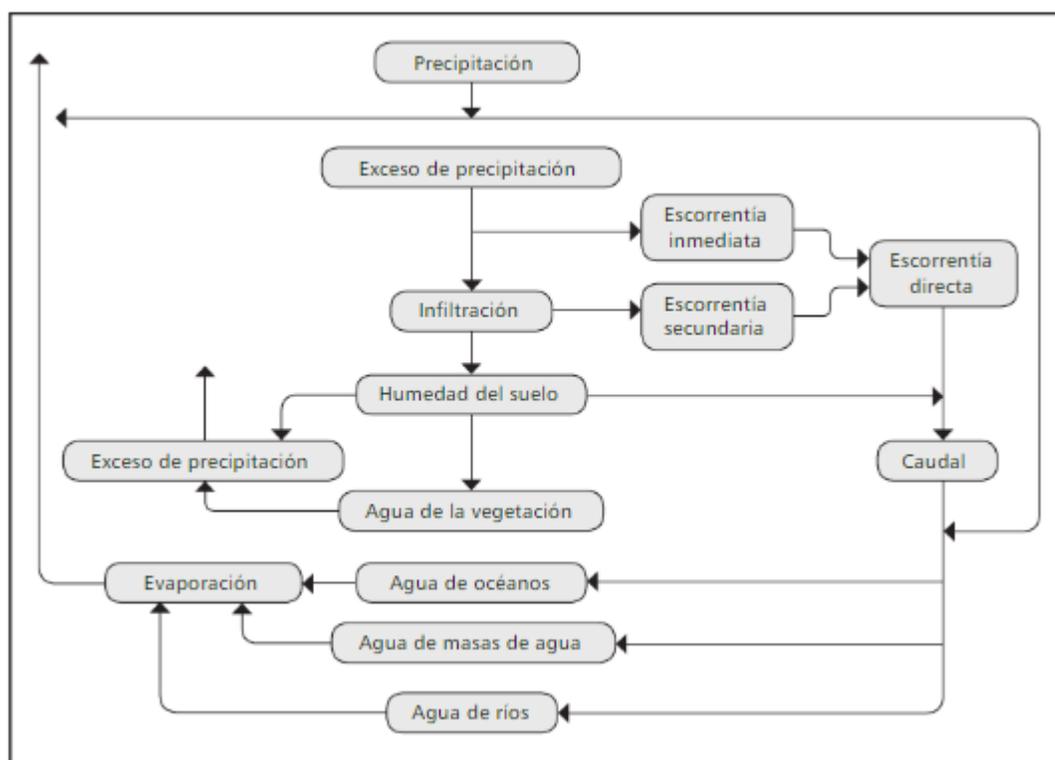


Ilustración 1 Balance Hídrico de la naturaleza

Fuente: (Calvo, 2012)

4.3. Cobertura de saneamiento en Costa Rica

A continuación, se presenta el número de viviendas y de ocupantes según la tenencia de servicio sanitario, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Hogares 2015. La información se muestra agregada para el país, por zona (urbana y rural) y también para las seis regiones principales: Central, Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Atlántica y Huetar Norte. Como se observa en la siguiente tabla, del total de 1.436.120 viviendas del país, 307.718 (21,43%) tienen conexión a alcantarillado o cloaca, y 1.097.531 (76,42%) están conectadas a tanque séptico. Se debe resaltar que, de estas viviendas con tanque séptico, solo 17.626 (1,6%) cuentan con tanque séptico con tratamiento (es un tanque séptico con unidades adicionales). Las restantes 30.871 viviendas (2,15%) no tienen servicio sanitario o usan otro sistema, como hueco, pozo negro o letrina. (Salud-AyA, 2016)

Se ha afirmado con frecuencia que para evitar la contaminación ambiental y los riesgos a la salud que conllevan las aguas residuales, la ausencia de tratamiento en los tanques sépticos puede ser compensada con un adecuado sistema de doble cámara con su correspondiente campo de infiltración o por tanques completamente herméticos con limpieza periódica (y su correspondiente descarga a una planta de tratamiento), por razones de concentración, solo esta última alternativa (o directamente un STAR) son ambientalmente sostenibles en las zonas urbanas. (Salud-AyA, 2016)

Es importante destacar que, según la metodología utilizada por el INEC, los casos en donde la vivienda se encontraba en una urbanización o condominio con planta de tratamiento de aguas residuales, era catalogado como tanque séptico para efectos de la toma de datos, por lo que hay un sesgo en la cantidad real de viviendas con tanques sépticos. (Salud-AyA, 2016)

Tabla 2 Tipo de servicio sanitario por zona

Zona y región	Total de viviendas	Conectado a tanque séptico	Conectado a alcantarillado o cloaca	Otro	No tiene
Total	1.436.120	1.097.531	307.718	23.059	7.812
Por Zona					
Urbana	1.039.232	742.037	285.375	6.804	5.016
Rural	396.888	355.494	22.343	16.255	2.796
Por región de planificación					
Central	883.686	614.481	261.145	5.132	2.928
Chorotega	109.899	98.772	6.567	3.709	851
Pacífico Central	86.117	73.733	10.513	1.339	532
Brunca	110.790	98.863	8.009	3.486	432
Huetar Caribe	130.528	107.325	17.182	4.268	1.753
Huetar Norte	115.100	104.357	4.302	5.125	1.316

Fuente: (INEC, 2016)

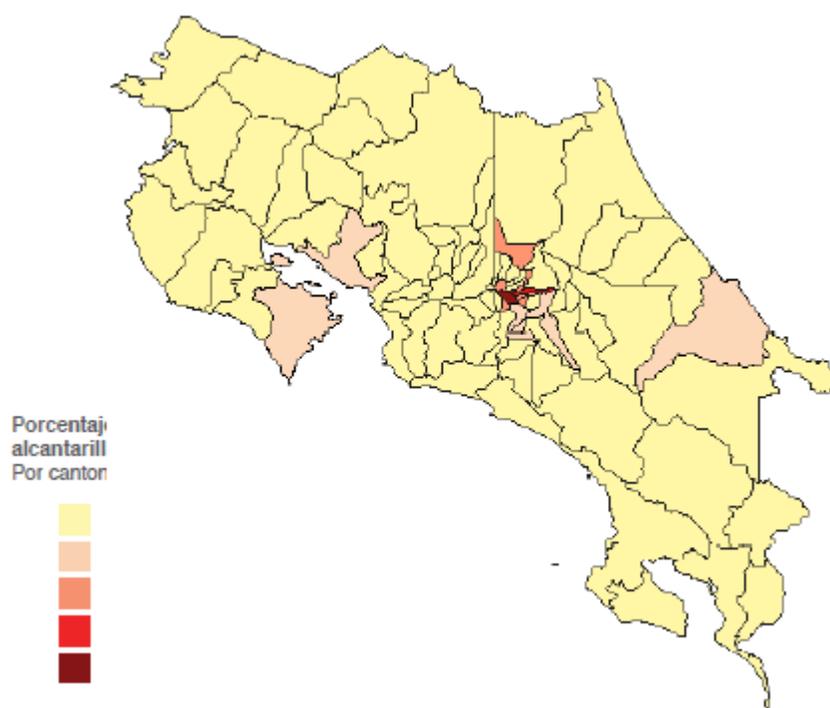


Ilustración 2 Viviendas con servicio de alcantarillado sanitario por cantón

Fuente: (INEC, 2016)



Ilustración 3 Cobertura de saneamiento en porcentaje de viviendas

Fuente: (ENAH0, 2012)

4.4. Conexiones con servicio de alcantarillado

Por la forma en que se administran los servicios de saneamiento, usualmente el operador que se encarga del suministro de agua potable también provee el alcantarillado sanitario, pero dada la prioridad al suministro de agua y, por tanto, las limitadas inversiones estatales en saneamiento, actualmente en el país muchos usuarios de agua potable no cuentan con servicio de alcantarillado. (Salud-AyA, 2016)

Para el año 2015 se reportaron 795.930 conexiones de agua potable por el AyA, la ESPH y la Municipalidad de Alajuela (Quirós, Salazar, Vargas, & Chávez, 2016), mientras que las conexiones para alcantarillado fueron 266.789, es decir, solo el 33% del total de conexiones de servicio de agua potable. El 88% de todas las conexiones a alcantarillado (232.994) pertenecen al AyA. (Salud-AyA, 2016)

Tabla 3 Conexiones para servicios de agua potable y alcantarillado

Servicio	AyA	AyA Periféricos	ESPH	Municipalidad de Alajuela	Total
Total Agua	323.801	299.329	62.210	28.104	713.444
Total Alcantarillado	171.588	26.613	18.503		225.671

Fuente: (Salud-AyA, 2016)

4.5. Cobertura de tratamiento de aguas residuales

Existen diversos entes que operan o brindan el servicio de tratamiento de aguas residuales. En lo que respecta a las aguas residuales ordinarias, se trata de: AyA, ESPH, Municipalidades y ASADAS. AyA opera al menos 20 sistemas de tratamiento (hay varios sistemas en proceso de recepción en 2016), en tanto que ESPH opera 5, las municipalidades operan 5 y las ASADAS operan 10. (Salud-AyA, 2016)

Cabe señalar que muchos de estos sistemas se encuentran en zonas periféricas del país. A continuación, se muestra una figura con la ubicación de estos sistemas de tratamiento:

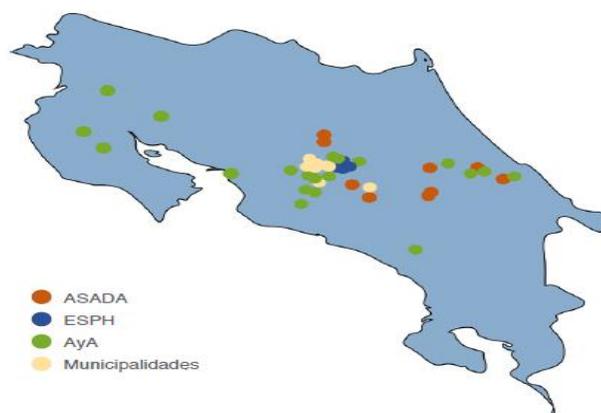


Ilustración 4 Empresa encargada del servicio sanitario en Costa Rica

Fuente: (Salud-AyA, 2016)

4.6. Medios de tratamiento ejecutados en Costa Rica

Tomando en cuenta solo los cantones con un nivel de urbanización mayor al 70%, la cantidad total de aguas residuales ordinarias generadas en zonas urbanas es de 665.968 m³/día, y el total de aguas tratadas, 129.254,9 m³/día, por lo que el porcentaje de aguas residuales ordinarias tratadas en zonas urbanas sería del 19,4%. (Salud-AyA, 2016)

En el caso de las industrias y comercios, un porcentaje apreciable de ellos vierten sus aguas, tratadas o sin tratar, en el alcantarillado sanitario. Según datos del Ministerio de Salud de 2014-2015, existen 1.946 industrias y comercios que presentan reportes operacionales. De estos establecimientos, 788 vierten sus aguas al alcantarillado sanitario y 733 lo hacen a cuerpos receptores. Aunque no existen estadísticas que lo muestren claramente, el Ministerio de Salud considera que la mayoría de los que vierten directamente a cuerpos receptores cuentan con algún sistema de tratamiento de aguas residuales. (Salud-AyA, 2016)

El total de aguas residuales industriales y de comercios (que presentan reporte operacional) que se generan en la zona urbana es de 82.980 m³/día. Es difícil estimar el número total de los que tienen planta de tratamiento de aguas residuales, pero según los datos del Ministerio de Salud, como mínimo hay 423 industrias y comercios que cuentan con STAR. (Salud-AyA, 2016)

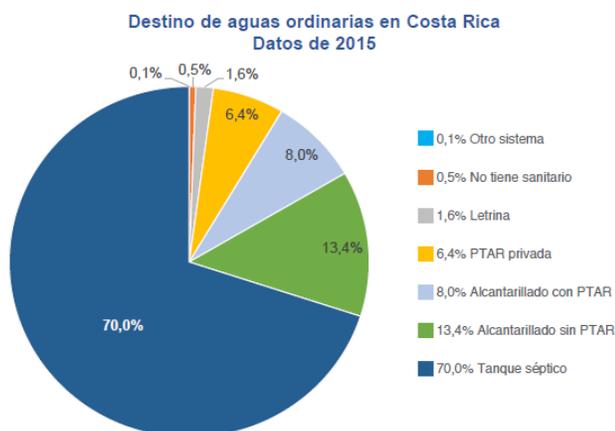


Ilustración 5 Destino de aguas en Costa Rica

Fuente: (Salud-AyA, 2016)

4.7. Inversiones realizadas en el país en agua y alcantarillado en los últimos años

A continuación, establecen los niveles de inversión realizados en Acueductos y Alcantarillados por AyA y ESPH en los últimos 5 años, además, de la inversión hecha por SANEBAR. Como se observa, la inversión en el sector se realiza fundamentalmente por medio del AyA, siendo bastante menor la inversión realizada por la ESPH y SANEBAR. No se registra inversión en el sector de otras entidades gubernamentales y no se cuenta con registro de la inversión que realizan las ASADAS, pero existe consenso entre los especialistas del sector que toda esa inversión es marginal.

Tabla 4 Inversión representado en millones de colones

Concepto	2011	2012	2013	2014	2015	Total
En acueductos						
AyA	34.821	38.471	65.973	76.505	66.301	282.071
ESPH	1.565	1.767	1.227	1.905	1.708	8.172
Sub-total	36.386	40.237	67.200	78.410	68.009	290.243
En alcantarillados						
AyA	17.142	5.246	15.488	25.490	29.070	92.436
ESPH	409	904	537	476	928	3.255
Sub-total	17.551	6.151	16.025	25.966	29.998	95.690
SANEBAR						
Ministerio de Salud	100	300	400	420	420	1640
Total, Acu+Alc+SANEBAR	54.037	46.688	83.625	104.796	98.427	387.573

Fuente: (Salud-AyA, 2016)

4.8. Requisitos para el diseño

4.8.1. Términos y definiciones

Según (AyA, 2017) la definición de Captación es "... el conjunto de infraestructura, equipamiento y demás elementos necesarios para obtener el agua de una fuente de abastecimiento superficial o subterránea para un sistema de agua potable".

Según (AyA, 2017) la definición de Conexión es "... la unión del sistema público de abastecimiento de agua potable o de saneamiento con el sistema privado".

Según (AyA, 2017) la definición de Período de diseño es "... el tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de este, durante el cual se tendrá la capacidad requerida para atender la demanda proyectada al final de dicho período".

Otro acercamiento conceptual de Planta de tratamiento de aguas residuales es: Conjunto de infraestructura, equipamiento y demás elementos necesarios para ejecutar los procesos de tratamiento de las aguas residuales, incluidas las de tipo ordinario, las de tipo especial y los aportes por infiltración; incluye tratamientos especiales o no convencionales requeridos para cumplir con la calidad de vertido del agua residual. También incluye la correcta disposición de los desechos que se generen de cada unidad de tratamiento, según la legislación nacional y normativa técnica aplicable. (AyA, 2017)

Según (AyA, 2017), la Presión nominal es la "... presión interna máxima de referencia, a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según la norma técnica correspondiente".

Según (AyA, 2017) la Presión máxima de trabajo es "... valor máximo estimado de la presión de agua que el tubo es capaz de soportar continuamente con un alto grado de certeza de que se producirá una falla en el tubo si es superada esta presión, este valor es dado por el fabricante".

Prevista (sistema de agua potable): sección longitudinal de tubería, que se instala desde la red de distribución hasta el punto de conexión con el sistema de abastecimiento privado del inmueble; se extiende hasta el límite de la propiedad donde se ubica el

inmueble al que se le brindará el servicio. También se le denomina acometida una vez que se realiza la conexión del servicio. (AyA, 2017)

Según (AyA, 2017) la Prevista (sistema de saneamiento) es la "... sección longitudinal de tubería, que se instala desde la red terciaria hasta el punto de conexión con la sección del sifón sanitario que se ubica dentro del área de la acera".

Proyecto de desarrollo urbanístico (proyecto o desarrollo urbanístico): Proyecto de infraestructura con fines urbanos, construida en apertura de espacios (fraccionamientos, urbanizaciones, condominios, centros comerciales, torres de viviendas u oficinas, entre otras infraestructuras), donde existirán servicios de: agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales y de recolección y disposición de aguas pluviales. (AyA, 2017)

La red terciaria o general es la red que está en vía pública y que conecta la red pública a la red privada mediante una prevista. Esta red recolecta el agua directamente de las viviendas, comercios u otros. Por otro lado, la red secundario o subcolectores, es la red que tributa directamente a colectores y que recogen las aguas de la red terciaria; se localizan en vía pública o en márgenes de ríos, entre otros. Por último, la red primario o colectores, es la red que traslada las aguas residuales de los subcolectores hasta una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR); se localizan en vía pública, en márgenes de ríos, entre otros. (AyA, 2017)

Servidumbre de paso y tubería: Derecho real de instalar tubería de agua y/o de alcantarillado sanitario sobre un predio ajeno, para la operación administración y mantenimiento por parte de AyA. Implica una utilidad permanente y continúa del acceso para el cumplimiento de su fin público, así como un límite al ejercicio del derecho de propiedad por parte de su dueño. Incluye toda servidumbre que conste debidamente inscrita sobre uno o varios inmuebles en el Registro de la Propiedad. (AyA, 2017)

Sifón sanitario: Conducto subterráneo de tres bocas por donde fluyen las aguas residuales hacia la red terciaria en funcionamiento, el flujo se origina dentro del inmueble al que se le prestará el servicio. La sección del sifón con dos bocas se ubica dentro de la propiedad del inmueble y cumple con la función de eliminar olores hacia el interior del

inmueble, provenientes del sistema de alcantarillado. La tercer boca que se ubica en el área de la acera, se utiliza por parte del operador para labores de desobstrucción y mantenimiento hacia la prevista y red terciaria. (AyA, 2017)

El sistema a presión constante es un sistema mecanizado para recolectar y trasegar aguas residuales ordinarias operando a una presión constante superior a la atmosférica, de forma que se mantenga la misma presión en todo el sistema. Por otro lado, el sistema a presión negativa es un sistema mecanizado para recolectar y trasegar aguas residuales ordinarias operando a una presión menor que la atmosférica (presión negativa) generando un efecto de succión de las aguas residuales. (AyA, 2017)

Sistema de saneamiento: Es el conjunto de infraestructura incluida las estaciones de bombeo y los pozos de registro (pozos de inspección), equipamiento y demás elementos necesarios para la recolección de las aguas residuales a través de redes terciarias, secundarias o primarias. Incluye el tratamiento y la disposición final de aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor. El diseño del sistema de saneamiento considera además de las aguas residuales de tipo ordinario, los aportes por aguas de infiltración y aguas residuales tratadas de tipo especial, que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales vigente. (AyA, 2017)

4.9. Sistema de saneamiento

4.9.1. Población de diseño

La población mínima de diseño se debe calcular a partir del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto multiplicado por el factor de hacinamiento. Este último corresponde al valor que se obtiene del último censo de población del distrito. Para el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se debe aplicar el cálculo de “Unidad de consumo equivalente (UCE) o Servicios equivalentes (SE)”. (AyA, 2017)

En proyectos mixtos (varios tipos de actividad) el cálculo de unidades equivalentes debe realizarse de manera independiente para cada tipo de actividad; el valor final será la suma de las unidades habitacionales y todas las unidades equivalentes. En caso de que el tipo de actividad no esté contemplada dentro de la clasificación indicada en la tabla anterior, se debe someter al AyA una propuesta para el cálculo de servicios equivalentes y aportar la documentación de respaldo. (AyA, 2017)

4.9.2. Periodos de diseño

Las líneas de tuberías que se encuentran conectadas de la red privada a la red pública se establece un periodo de diseño de 20 a 25 años; por otro lado, para la red secundaria y también la red primaria se establece un periodo de diseño de 40 a 50 años.

En otro orden de acciones, se establece el periodo de diseño para la estación de bombeo, por lo que se toma en consideración la zona en donde se va desarrollar, puesto que, si se sitúa en una zona por desarrollar, el periodo de diseño es de 20 a 25 años.

En caso de que se necesite establecer el periodo de diseño de la planta de tratamientos se contempla un periodo de 20 a 25 años.

Según (AyA, 2017) el "...caudal de diseño para un tramo de tubería es el correspondiente al acumulado hasta el pozo de registro aguas abajo del tramo" y este se debe obtener por medio de:

El caudal promedio de las aguas residuales de tipo ordinario se debe calcular aplicando la fórmula:

$$Q_{\text{paro}} = \text{FR} * Q_{\text{pap}}$$

Dónde:

Q_{paro} : Caudal promedio de agua residual tipo ordinario

FR: Factor de retorno (0,80)

Q_{pap} : Caudal promedio diario de agua potable; la dotación debe ser la que se establece en la sección 4.3 "Dotaciones".

Para el tratamiento de aguas residuales especiales tratadas o caudal promedio de agua residual especial tratada (Q_{pare}): El caudal promedio de agua residual especial tratada, se debe calcular para cada caso particular, según la actividad. Para las contribuciones externas (Q_{ext}) se deben tener en cuenta las contribuciones de las redes de alcantarillado de aguas negras adyacentes, futuras o ya existentes. En las aguas de infiltración (Q_{inf}) El caudal de infiltración se establece en 0,25 l/s/km cuando el material de la tubería corresponda a: concreto, PVC o PEAD. En caso de que se utilice otro material, se debe someter a aprobación de AyA el caudal de infiltración correspondiente. (AyA, 2017)

Entonces:

- El caudal promedio de aguas residuales (Q_{par}), equivale a la suma de todas las contribuciones, a saber: $Q_{\text{par}} = Q_{\text{paro}} + Q_{\text{pare}} + Q_{\text{ext}}$
- El caudal mínimo de diseño (Q_{min}) equivale a: $Q_{\text{min}} = \text{FMD} * Q_{\text{par}} + Q_{\text{inf}}$
- El caudal mínimo no debe ser inferior a 1,5 l/s.
- El caudal máximo de diseño equivale a: $Q_{\text{max}} = Q_{\text{par}} * \text{FMH} + Q_{\text{inf}}$

Dónde:

Qpar es el caudal promedio de aguas residuales. FMH es el Factor Máximo Horario (aplica el FMH establecido en el capítulo de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable). FMD corresponde al Factor Máximo Diario (aplica el FMD establecido en el capítulo de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable). Qinf sería el Caudal de infiltración. (AyA, 2017)

El caudal máximo debe ser calculado con la máxima densidad poblacional futura del proyecto, al horizonte de proyección o saturación. En el caso de un condominio de tipo comercial, en el cálculo del caudal de aguas residuales al aplicar los criterios indicados en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, emitido por el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, dicho aporte debe ser mayorado por los factores FMH y FMD e incluir el caudal por infiltración. (AyA, 2017)

4.9.3. Capacidad del sistema

El sistema de saneamiento debe diseñarse para aguas residuales de tipo ordinario y considerar además los aportes por infiltración y aguas residuales tratadas de tipo especial, que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales vigente. Este sistema debe diseñarse separado del sistema de recolección y disposición de aguas pluviales. (AyA, 2017)

El punto de conexión con el sistema público debe ser definido por el ente operador de previo a la presentación del diseño ante el AyA. El sistema propuesto debe permitir que las aguas residuales converjan en un punto único a un pozo de registro a construir o existente de un subcolector o colector existente o a construir. (AyA, 2017)

Aquellos proyectos que sean conceptualizados por etapas y que estas conformen un solo sistema, deben contemplarse dentro de un diseño integral, con sus respectivos cálculos; el proyecto así concebido debe mostrar la integración de todas las etapas del sistema. (AyA, 2017)

4.10. Dimensiones de la tubería

4.10.1. Velocidad en tuberías a gravedad o canal abierto

La velocidad no debe ser mayor de 5,0 m/s y la velocidad mínima se debe establecer con base en el análisis de fuerza tractiva. El criterio que debe regir la pendiente mínima debe ser el de fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m² (1 Pa), generado por el caudal mínimo del proyecto que corresponde a la condición crítica de diseño. (AyA, 2017)

4.10.2. Tirante hidráulico máximo en tuberías a gravedad o canal abierto

El valor máximo del tirante hidráulico debe ser de 75% del diámetro interno de la tubería seleccionada en redes de distribución para el caudal de diseño y de un 50% en el caso de colectores y subcolectores. (AyA, 2017)

4.10.3. Cálculo hidráulico en tuberías a gravedad o canal abierto

El sistema de recolección de aguas residuales se debe diseñar como conductos en escurrimiento libre, por gravedad. Se deben utilizar las fórmulas hidráulicas de canal abierto; si se utiliza la ecuación de Manning, los coeficientes mínimos de rugosidad por utilizar en la fórmula corresponden a los establecidos para la “n” de Manning. (AyA, 2017)

Tabla 5 Coeficientes mínimos para la “n” de Manning

Tipo de material	Coeficiente para la "n" de Manning
Cloruro de Polivinilo (PVC)	0,010
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD) de pared sólida	0,010
Poliétileno de Alta Densidad (PEAD) de pared corrugada estructurada	0,012
Hierro Dúctil revestido internamente	0,011
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,010
Acero sin revestir con juntas soldadas	0,012
Concreto C-14 y C-76 sin revestir por dentro	0,013

Fuente: (AyA, 2017)

4.10.4. Continuidad de tuberías

No se acepta reducir el diámetro de las tuberías respecto al diámetro de la tubería aguas arriba, aunque por capacidad no exista limitación alguna; lo anterior también aplica cuando hay cambios de dirección o de pendiente.

4.10.5. Diámetro mínimo

Para las redes terciarias el diámetro nominal mínimo debe ser de 150 mm y para colectores y subcolectores el diámetro nominal mínimo debe ser mayor al de la red terciaria tributaria con mayor diámetro; en cada caso, la pendiente mínima debe ser la que se obtenga para la velocidad mínima permitida que es producida por una fuerza tractiva mínima de 0,10 kg/m². Si las condiciones técnicas del proyecto justifican que algunas secciones incluyan líneas de impulsión, el diámetro nominal de la tubería debe ser como mínimo de 100 mm. El diseño debe incluir la documentación técnica de respaldo que justifique la inclusión de líneas de impulsión como única solución. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo, según el diámetro nominal seleccionado.

4.10.6. Prevista

La tubería para una prevista domiciliar debe tener un diámetro nominal mínimo de 100 mm y una pendiente mínima del 2% (ver detalle en el anexo 6). Para el caso de condominios verticales se permite que hasta diez conexiones converjan en una misma prevista de 150 mm de diámetro nominal; para más de diez conexiones el diseño debe contemplar la construcción de pozos de registro en la acera y los sifones respectivos a lo interno del inmueble para cumplir con la función de eliminar olores provenientes del sistema de alcantarillado. El diámetro nominal mínimo de la prevista individual en parques industriales, incluidos los que están en régimen de condominio, debe ser de 150 mm. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo, según el diámetro nominal seleccionado.

4.10.7. Sifones

Según (AyA, 2017) “Se acepta la incorporación de sifones en el diseño propuesto, cuando sean necesarios para salvar obstáculos tales como cauces, líneas férreas, etc.” Dicho planteamiento se toma en consideración para el diseño del alcantarillado.

4.11. Sistema a presión constante

El sistema de saneamiento que contemple la recolección de aguas residuales a presión constante, solo se permite en condominios residenciales o comerciales, donde los propietarios en su calidad de “condóminos” actuarán como el ente responsable de la operación y mantenimiento del sistema a lo interno del condominio. Este sistema debe contar con todos los recursos necesarios para su adecuado funcionamiento, entre ellos: equipos alternos de emergencia ante el paro de energía eléctrica, repuestos y personal calificado para la operación y mantenimiento. (AyA, 2017)

Este tipo de tecnología no es permitida en el desarrollo de urbanizaciones y fraccionamientos; tampoco se permite que la línea de trasiego final de las aguas residuales opere al vacío, para ello se debe implementar un sistema de conducción a gravedad o de impulsión para la interconexión al sistema público, según corresponda. La estación de bombeo que se construya debe ubicarse dentro del desarrollo y su operación

y mantenimiento estará a cargo de los propietarios en su calidad de “condóminos”. (AyA, 2017)

4.11.1. Plan de contingencia y programa de mantenimiento

No se permiten rebalses de aguas residuales en sistemas de este tipo; por lo tanto, se debe presentar juntamente con el diseño para su aprobación, un plan de contingencia ante situaciones que afecten la operación continua del sistema y el mantenimiento, particularmente en los siguientes casos:

- a) Fallo de energía eléctrica.
- b) Obstrucción en algún dispositivo.
- c) Cambio de partes o componentes o de la totalidad del sistema, tanto en el caso de los sistemas domiciliarios, como cuando se utilice uno general en el condominio.

4.11.2. Integración del sistema a presión constante con el sistema convencional

Si por razones topográficas es necesario construir un sistema de presión constante integrado con el sistema convencional de aguas residuales, propuesto o existente, el caudal del sistema de presión constante debe impulsarse hacia un pozo de registro sanitario, con conexión con caída interna, de acuerdo con los requisitos establecidos en este documento para tal elemento.

4.11.3. Diámetro mínimo de las conexiones domiciliarias

El diámetro mínimo para las previstas domiciliarias para un sistema que contemple la recolección de aguas residuales a presión constante, debe ser de 100 mm. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado.

4.12. Sistema a presión negativa constante

El sistema de saneamiento que contemple la recolección de aguas residuales a presión negativa constante, solo se permite en condominios residenciales y comerciales. Este sistema debe ser operado por los propietarios en su calidad de “condóminos”, quienes actuarán como el ente responsable de la operación y mantenimiento del sistema a lo interno del condominio. Este sistema debe contar con todos los recursos necesarios para su adecuado funcionamiento, entre ellos: equipos alternos de emergencia ante el paro de energía eléctrica, repuestos y personal calificado para la operación y mantenimiento. (AyA, 2017)

Tal y como se supraindicó, este tipo de tecnología no es permitida en el desarrollo de urbanizaciones y fraccionamientos, tampoco se permite que la línea de trasiego final de las aguas residuales opere al vacío, para ello se debe implementar un sistema de conducción a gravedad o de impulsión para la interconexión al sistema público, según corresponda. La estación de bombeo que se construya debe ubicarse dentro del desarrollo y su operación y mantenimiento estará a cargo de los propietarios en su calidad de “condóminos”. (AyA, 2017)

4.13. Estaciones de bombeo de aguas residuales

Se permiten estaciones de bombeo, cuando las condiciones topográficas no permitan la conducción de las aguas residuales por gravedad hasta el punto de interconexión con el sistema público existente. En este caso, se debe demostrar mediante los estudios técnicos correspondientes, las condiciones o elementos que no permiten realizar la interconexión por gravedad. (AyA, 2017)

Las aguas residuales de la estación de bombeo deben ser impulsadas hasta el punto más cercano del sistema existente, a partir del cual pueda ser conducido por gravedad. Se deben aportar los cálculos que demuestren la idoneidad del punto de conexión (pozo) y todos los cálculos y detalles relacionados con el trasiego de las aguas residuales hacia el sistema. (AyA, 2017)

4.14. Materiales de construcción

4.14.1. Tuberías

Tabla 6 Profundidad de colocación de la tubería (casos especiales)

Tipo de tubería	Profundidad mínima sobre corona del tubo* (m)	Profundidad máxima sobre corona del tubo (m)
Polietileno Alta Densidad, corrugada	0,8	12
Plástica perfilada con refuerzo	0,8	10
Plástica perfilada con alma de acero	0,8	12
Hierro Dúctil o de Acero	0,2	15
Concreto sin refuerzo (empaquete de hule)	0,4	15
Concreto con refuerzo (empaquete de hule)	0,2	15

Fuente: (AyA, 2017)

4.14.2. Pozos de registro

Tabla 7 Dimensiones de pozos en concreto

Diámetro interno del pozo (m)	Profundidad del pozo (m)	Espesor de pared del pozo (m)	Resistencia del concreto (kg/cm²)
1,2	hasta 5,0	0,12	210
1,6	más de 5,0 hasta 8,0	0,12	280
1,8	más de 8,0 hasta 10,0	0,20	280
2,00	más de 10,0 hasta 15,0	0,20	280

Fuente: (AyA, 2017)

Tabla 8 Diámetro interno por tipo de pozo según tubería de salida

Tubería de salida (diámetro nominal mm)	Diámetro interno del pozo (m)			
	Pozo sin caída	Pozo con una caída	Pozo con dos caídas	Pozo con tres caídas
150	1,20	1,40	1,60	1,80
200	1,20	1,40	1,60	1,80
250	1,40	1,60	1,80	2,00
300	1,40	1,60	1,80	2,00
350	1,40	1,60	1,80	2,00
400	1,60	1,80	2,00	2,20

Fuente: (AyA, 2017)

4.15. Situación del saneamiento en el país

En Costa Rica la cobertura de saneamiento cubre a un 99,38% de la población. En el caso de los servicios de alcantarillado sanitario presentan una cobertura de 25,56% y el de tanques, fosas sépticas y letrinas con un 73,82% los de mayor alcance. Entretanto, solo el 0,39% no posee cobertura alguna y se desconoce el método utilizado por un 0,23% de la población. Los servicios de alcantarillado sanitario están a cargo del AyA, la Municipalidad de Alajuela, la Municipalidad de Cartago-JASEC, ESPH, ASADAS, el MSP y en un menor grado de operadores privados. Por su parte, el MSP dirige el SANEBAR (programa de soluciones individuales dirigido a la población rural dispersa). (Fallas, 2012)

El hecho de tener una cobertura nacional estimada de 70,54% con tanque séptico, no significa que la totalidad de las aguas residuales se dirijan a estos, a pesar de que los tanques sépticos se encuentren bien diseñados o exista una supervisión sobre su construcción, operación y mantenimiento. En la mayoría de los casos, únicamente se disponen en ellos las aguas negras o provenientes de los servicios sanitarios, mientras que el resto de las aguas residuales (cocina, ducha, lavamanos, lavado de ropa) se conducen al alcantarillado pluvial, el cual descarga en cuerpos de agua (ríos, quebradas, etc.). Con base en la población que el INEC señala con servicio de alcantarillado sanitario (1.179.528 habitantes), se estimó que su caudal potencial de agua residual para tratamiento corresponde a 2.730 l/s. De estos, 414,60 l/s son captados y tratados (15,19%), el resto simplemente es recolectado en el sistema de alcantarillado sanitario y descargado en cuerpos de agua (84,81%). Este caudal captado mediante alcantarillado sanitario y tratado apenas representa el 4,16% del total de aguas residuales y excretas a nivel nacional. Cabe notar que no se cuentan con los datos relativos a tres entidades: las ASADAS, la Municipalidad de Cartago-JASEC y los operadores privados; con estos datos se obtendría una visión más completa y un porcentaje superior de tratamiento. (Fallas, 2012)

Respecto a los operadores privados, el único indicador disponible señala, según AyA-OPS, que del porcentaje total de sistemas de tratamiento bajo su gestión, solamente un 31,4% se encuentran funcionando. De este porcentaje, solo el 60% se esperaba que cumpliera los límites máximos de vertido. Las tarifas por el uso del alcantarillado sanitario se encuentran bajo la regulación de la ARESEP. Esta institución es la encargada de regular y asegurar la participación ciudadana en la prestación de servicios y fijación de tarifas, además de asegurar que los servicios regulados se presten en condiciones óptimas de acceso, costo, calidad y variedad. Aunque, se presenta en la ciudadanía desconocimiento en ciertas ocasiones sobre el tipo de servicio de saneamiento brindado y las tarifas fijadas solamente cubren costos operativos. (Fallas, 2012)

La relación institución-usuario se realiza bajo procedimientos establecidos, de acuerdo con la entidad donde se lleven a cabo. Algunas instituciones cuentan con Departamentos de Gestión Ambiental, Acueducto y Alcantarillado, Contraloría de Servicios, Unidad Comercial o similares encargadas de la atención al cliente, de las campañas de satisfacción del usuario con los servicios prestados, sensibilización y educación. El mecanismo responde a la estructura organizacional de cada entidad y no se presenta una metodología unificada. (Fallas, 2012)

También, el país cuenta con la identificación de zonas de riesgo en mapas de la CNE y todos los proyectos deben ser evaluados ambientalmente por la SETENA e indicar su interacción y los potenciales impactos ambientales que puedan producir.

Entre las principales dificultades que existen en el sector, se presenta la ausencia de un Sistema de Información que concentre todos los datos sobre los operadores privados en cuanto a tipo de tecnología usada, ubicación o capacidad del sistema de recolección y tratamiento instalado. La mayoría del agua recolectada mediante alcantarillado sanitario no es tratada y se descarga directamente en cuerpos de agua. Los sistemas de recolección y tratamiento existentes tienen muchos años de operar, solo tienen planes de operación y mantenimiento, y su expansión es lenta. (Fallas, 2012)

Entre las medidas que se han previsto o están en ejecución para resolver los problemas, se encuentran los proyectos de saneamiento de AyA para el AMSJ, Limón

Ciudad Puerto, Alcantarillado de Puerto Viejo, entre otros, los cuales constituyen inversiones por más de \$900 millones. También, los proyectos de mejoramiento ambiental de la ciudad de Heredia a cargo de la ESPH por aproximadamente \$6.000.000, el programa SANEBAR del MSP por más de \$2.000.000, las mejoras ya aplicadas por la Municipalidad de Alajuela en la rehabilitación de su sistema de alcantarillado y tratamiento y el posible Parque Ambiental por \$5.000.000. (Fallas, 2012)

4.16. Componentes de un sistema de alcantarillado

- Red de colectores
- Interceptores
- Plantas de tratamientos

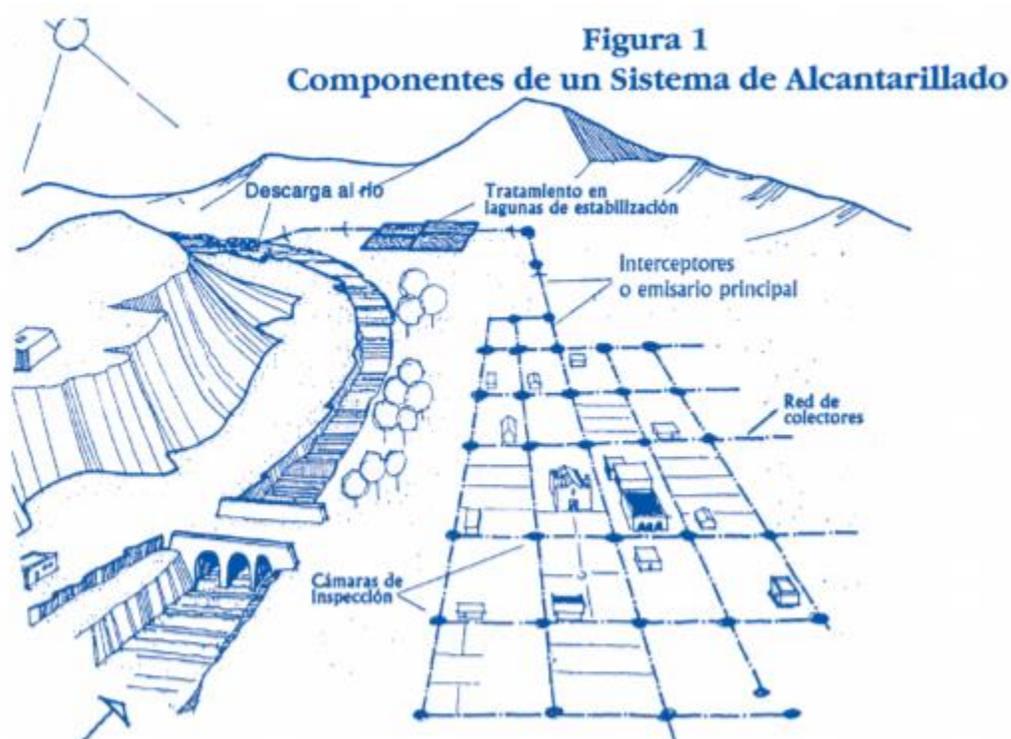


Ilustración 6 Componentes de un sistema de alcantarillado

Fuente: (agua, 2007)

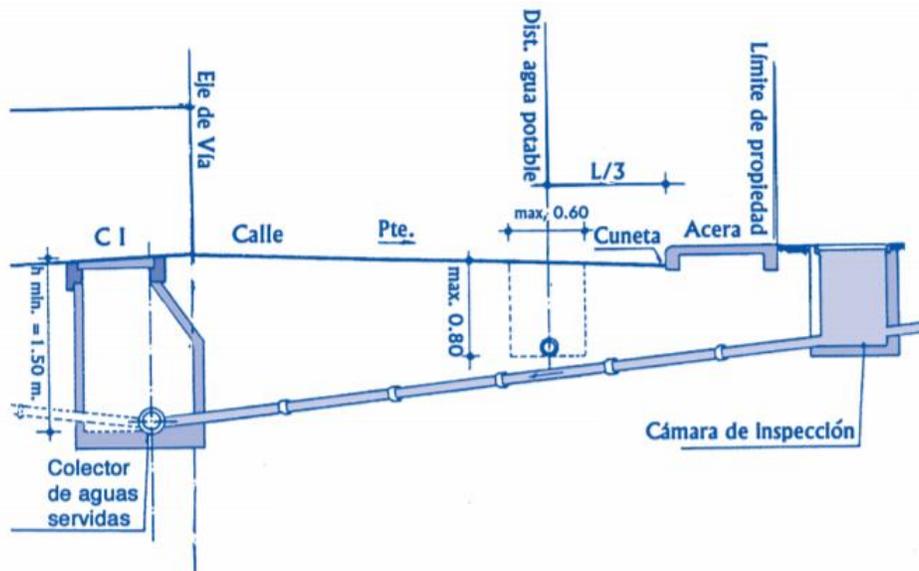


Ilustración 7 Conexión domiciliar

Fuente: (agua, 2007)

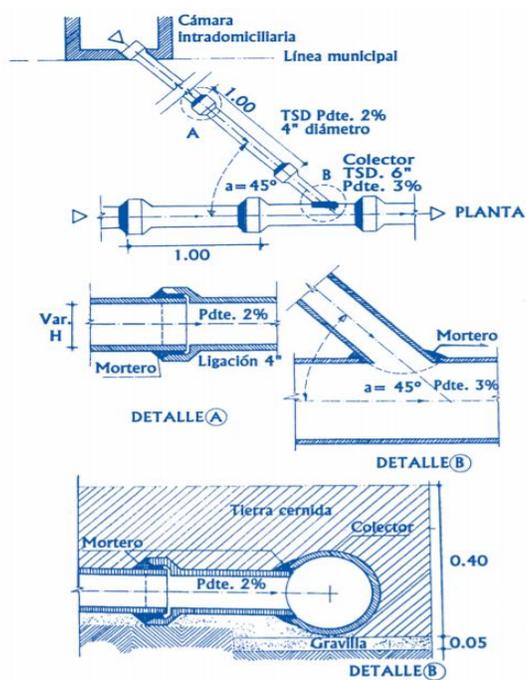


Ilustración 8 Detalle conexión domiciliar

Fuente: (agua, 2007)

4.17. Principales fallas de un sistema de alcantarillado sanitario

Los principales problemas de los sistemas de alcantarillado sanitario ocurren en la instalación sanitaria interna y conexiones domiciliarias, también ocurre en la red de colectores e interceptores por problema de hundimientos o taponamientos. Otro factor de falla es en la planta de tratamiento por falta de operación o deficiente mantenimiento preventivo. (agua, 2007)

Para mitigar este problema se recomiendan las siguientes acciones:

Es menester recordar permanentemente a los usuarios, la necesidad de que no boten papeles, trapos u objetos extraños en sus baños; deben revisarse las conexiones domiciliarias al menos una vez al año; se requiere inspeccionar y limpiar la cámara de inspección intradomiciliaria para evitar taponamientos en la tubería que descarga en la red de colectores. En el momento de la revisión es aconsejable preguntar a los habitantes de cada vivienda, si su instalación sanitaria funciona bien o presenta algún problema; de existir problemas es necesario repararlo de inmediato para evitar complicaciones posteriores. (agua, 2007)

El hundimiento de tuberías en la red es provocado por:

Erosión o asentamiento del terreno base del colector.

El paso de vehículos encima de los colectores.

El crecimiento de raíces.

La corrosión de la bóveda de las tuberías.

El taponamiento de tuberías puede ser provocado por:

La acumulación de arenas y/o sustancias orgánicas en las tuberías.

El crecimiento de raíces.

El depósito de sedimentos en las secciones bajas de las tuberías, debido a la mala alineación, la inclinación insuficiente de las tuberías o porque la limpieza no se lleva a cabo con la frecuencia necesaria.

4.18. ¿Por qué Costa Rica tiene baja cobertura de alcantarillado sanitario?

Mientras Costa Rica ostenta un 99% en abastecimiento de agua en el ámbito intradomiciliar, la brecha de alcantarillado sanitario es grande. Al año 2019, el país alcanzó el 15% de cobertura en tratamiento de aguas residuales, una cifra muy inferior a la media mundial del 60%. El rezago histórico se refleja en el comportamiento de las inversiones de los últimos años. En 2018 el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) destinó ¢14.599 millones a tres proyectos, lo que representó una contracción del 36% en comparación con los ¢22.952 millones que se usaron en el 2017, según datos de la entidad. Parte del retraso se debió a la prioridad que el país le dio al abastecimiento de la cobertura intradomiciliar y de agua potable, lo que produjo que las iniciativas de alcantarillados fueran actores secundarios. Además, los créditos para realizar estas inversiones son considerablemente más onerosos, lo que entraba más el avance. **(Ávila, 2019)**

Para ponerse al día con los históricos atrasos, el AyA trabaja en la construcción del alcantarillado sanitario, un plan de mejoramiento de la Gran Área Metropolitana (GAM) dividido en dos grandes áreas: la norte, cuyas obras podrían concluir en agosto, y la sur, que iniciaría en setiembre de este año. **(Ávila, 2019)**

A pesar del rezago histórico, durante los últimos años el país ha dado grandes pasos. Para el año 2014 la cobertura era del 4,2%, lo cual significa que en cinco años, logró avanzar 11 puntos porcentuales; no obstante, el progreso es insuficiente. Tener poca cobertura de alcantarillado sanitario significa que los cuerpos de agua sin tratamiento vuelven a los ríos y mares. Ahora bien, registrar un 15% de cobertura le permitió estar por encima de Honduras (11,6%); sin embargo, se queda rezagada respecto a Argentina (19%), Uruguay (45%) y Chile (90%), según datos revelados en

abril anterior en la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento (Latinosan). (Ávila, 2019)

4.19. Método de construcción del alcantarillado sanitario

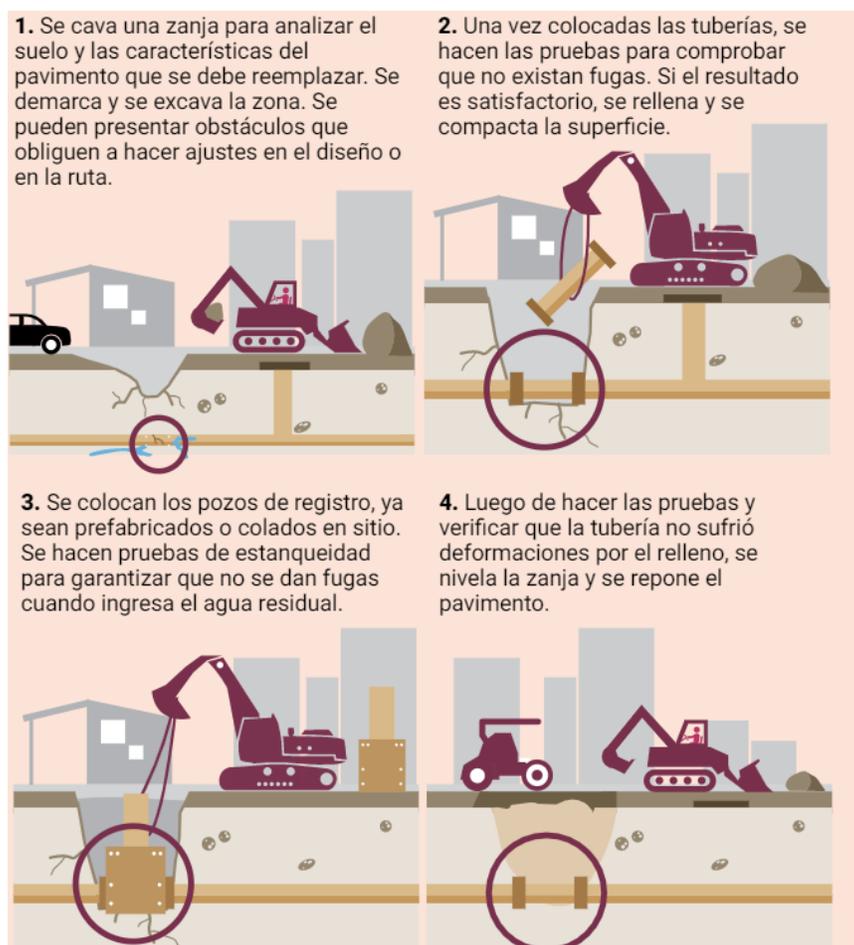


Ilustración 9 Método constructivo del alcantarillado sanitario

Fuente: (Ávila, 2019)

5. CAPÍTULO 2 MARCO METODOLÓGICO

5.1. Paradigma, enfoque metodológico y método(s) de investigación propuestos

Este proyecto tiene como finalidad la realización de una propuesta y planeamiento de diseño hidráulico de un alcantarillado sanitario que venga a resolver los actuales requerimientos de la zona de estudio y que con dicho proyecto se pueda lograr la mejora de la calidad de vida de la población. Todo esto anteriormente escrito, con el fin de introducir un inexistente alcantarillado sanitario en las tres principales calles en la zona de barrio Villa Ligia de Pérez Zeledón, San José, Costa Rica y así atacar el principal problema de aguas sanitarias de la zona. Para poder realizar la ejecución de este proyecto, se deben seguir los lineamientos establecidos en la norma de diseño para la construcción de sistemas agua potable, saneamiento y pluvial, que se encuentre más vigente, para así establecer debidamente los parámetros de diseño, tanto geométricos como mecánicos. En virtud de que el proyecto se plantea de bajo costo, por ende, se debe realizar el diseño más óptimo posible y la utilización del método por gravedad en donde entra en juego el terreno de la zona de estudio y sus diferentes parámetros de manera que se consideren los estudios preliminares para poder determinar cuál es el planteamiento por seguir para lograr cumplir con todos los requisitos establecidos en la norma anteriormente mencionada.

5.2. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la realización del proyecto cabe destacar que es fundamental contar con las curvas de nivel de la zona de estudio, las cuales en la actualidad por parte de la municipalidad son inexistentes, ya que en la base de datos de la municipalidad se encuentran curvas de nivel a cada cinco kilómetros, motivo por el cual se procede a realizar una nueva metodología en la obtención de las curvas de nivel mediante el Sistema Nacional de Información Territorial de donde se obtuvieron dichas curvas de nivel de la zona de estudio a cada dos metros para mejorar la precisión del estudio,

teniendo en cuenta que posteriormente se utilizarán para la creación de una superficie en donde se va a realizar el proyecto del alcantarillado sanitario en la zona de Villa Ligia de Pérez Zeledón. El proceso anteriormente citado se lleva a cabo mediante la recolección de diferentes datos oficiales en los sitios supramencionados con el fin de seguir la metodología de bajo costo propuesta al inicio de proyecto, debido a que en la recolección de datos mediante otra metodología requería en la mayoría de los casos un gasto extra en los estudios preliminares, situación que se evitó al máximo.

Posteriormente al obtener la superficie creada mediante los datos que se indagaron y citaron anteriormente, se procede a la realización de los alineamientos mediante el programa Civil3D, (programa que se utiliza para la conceptualización y diseño de proyectos ingenieriles en este caso la red de alcantarillado sanitario). Seguido de los alineamientos, se realiza una propuesta de perfiles longitudinales en donde va a pasar la red de alcantarillado sanitario, en donde se considera que mediante el programa Civil3D, se logra la visualización del perfil longitudinal de la carreta, los diámetros de las tuberías que se está proponiendo al seguir lo establecido en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial. Así también, la pendiente utilizada en el tramo de estudio y todo los datos necesarios para el correcto diseño de la red de alcantarillado sanitario, el cual se implementará por medio del programa Excel, mediante una hoja programable en donde se toma en consideración todos los parámetros establecidos en la norma anteriormente citada, tomando en cuenta que se debe utilizar la norma más actualizada por parte del ente encargado, que en este caso es el AyA. Cabe destacar que no se debe realizar un sondeo de la cantidad de densidad poblacional existente en la zona de estudio, ya que estos datos se obtienen del último censo realizado por Instituto Nacional de Estadística y Censo en su sitio oficial.

Posteriormente al comprobar que la realización del diseño mediante el programa Excel cumple con todos los aspectos y parámetros establecidos en norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial, se procede a la realización del presupuesto de la obra estimada mediante el mismo programa Excel, tomando en consideración que se establece con un proyecto de

bajo costo, pero se cumple con todo lo requerido para la realización y ejecución de la obra contemplando trabajos preliminares, materiales por utilizar y entrega del proyecto, así como también tomando en cuenta los aspectos de cargas sociales, acarreos de materiales, imprevistos y utilidad del proyecto, entre otros.

Por último, se realiza la conceptualización del proyecto en planos constructivos mediante el programa AutoCAD en donde se puedan revisar y establecer las características con las que va a contar la red de alcantarillado sanitario en la zona de estudio.

5.3. Población y muestra

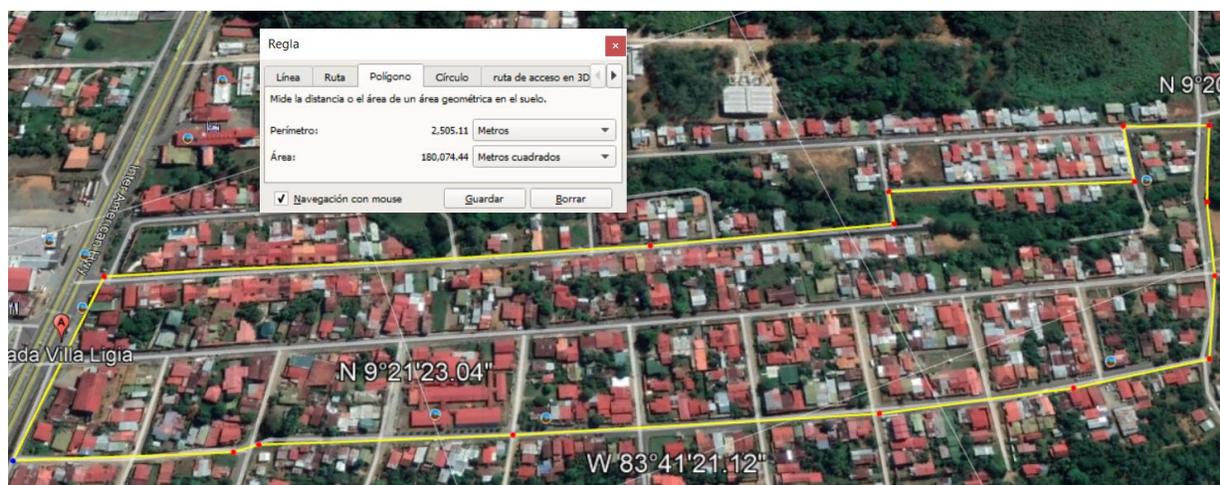


Ilustración 10 Zona de estudio

Fuente: Google Earth Pro

La realización del proyecto comprende las tres principales calles del barrio Villa Ligia ubicado en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica, y comprende un área aproximada de 180m² y la altura máxima promedio de la zona de estudio oscila los 706 metros sobre el nivel del mar y la altura mínima del proyecto ronda los 685 metros sobre el nivel del mar; dichos datos se requirieron para poder realizar el proyecto mediante el método de gravedad. La población y muestra de la zona va a depender del último censo realizado en el país y efectuado por la entidad a cargo, en este caso el Instituto Nacional de Estadística y Censo, el cual somete cada cierto tiempo el análisis poblacional del país.

Por otra parte, la muestra de las longitudes de los tramos de estudio se obtiene en el momento de contar con la superficie mediante el programa civil 3D por medio de puntos de control en cada intersección del proyecto y así facilitar la metodología de trabajo.

5.4. Técnicas e instrumentos para el procesamiento y análisis de los datos

Inicialmente se debe realizar la obtención de las curvas de nivel, las cuales no se encontraron en la base de datos de la municipalidad, puesto que solo se encuentran curvas de nivel a cada cinco kilómetros, por lo que se procede a la obtención de dichas curvas por medio del Sistema Nacional de Información Territorial en donde se encontraron a cada 2 metros, las cuales ayudarán a que el proyecto en ejecución tenga la mejor precisión posible. Posteriormente al obtener las curvas de nivel se procede a utilizar el programa AutoCAD, el cual es un software de diseño asistido por computadora que se puede utilizar en diseño de dibujo en 3D y en 2D. En este caso, se tiene la información en 2D y posteriormente se procede a la utilización de otro programa para el levantamiento de la superficie. El programa AutoCAD se utiliza para lograr delimitar la zona de estudio y lograr trabajar con un archivo con la menor cantidad de información y solo trabajar con la información fundamental. Luego de delimitar la zona de estudio se procede a seleccionar y diferenciar la información con la que se cuenta debido a que el programa AutoCAD representa la curvas de nivel en 2D como se mencionó anteriormente y debido a esto se debe purgar la información que se tiene para posteriormente realizar un levantamiento de superficie mediante otro programa de la misma casa, teniendo así solo la información requerida y no alterar el resultado de la superficie.

El siguiente paso para la realización del proyecto es el levantamiento de la superficie en donde se va a trabajar y ejecutar la red de alcantarillado sanitario. Al tener la información anteriormente mencionada por medio del programa AutoCAD, se exportará el archivo para el levantamiento de la superficie con el software Civil3D, programa de diseño y cálculo para el desarrollo de proyectos ingenieriles como lo es en este caso el alcantarillado sanitario y que es de la misma casa comercial que el anteriormente mencionado AutoCAD.

Se realiza la propuesta inicial mediante el programa Civil3D de los alineamientos, paso siguiente de la creación de la superficie, alineamientos que van a ir situados sobre las calles por donde va a pasar la red de alcantarillado sanitario en la zona de estudio.

Posteriormente al crear los alineamientos se procesan los datos para la obtención de los perfiles longitudinales de los diferentes colectores que se propusieron al inicio del proyecto y posteriormente entender en dónde existen cambios de elevaciones, en dónde van a ir situados los pozos sanitarios, el diámetro de la tubería propuesta y siguiendo todo lo establecido en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial, cuyos datos se utilizarán para corroborar que se esté cumpliendo geoméricamente todo lo establecido en la norma anteriormente mencionada.

Seguidamente se procede a realizar el diseño mecánico del alcantarillado sanitario; esto luego de haber establecido la propuesta de red de alcantarillado sanitario anteriormente mencionada. Dicho diseño se realiza mediante un software llamado Excel, mediante el cual se puede comprobar que la propuesta inicial sea correcta y siempre siguiendo lo establecido en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial, en donde se piden parámetros de velocidad máxima, fuerza tractiva, número de Froude, entre otros aspectos técnicos fundamentales para el cumplimiento del diseño.

Una vez corroborado que se esté cumpliendo todo lo establecido en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial del AyA en su versión más actualizada, se procede a realizar el presupuesto estimado de la obra, en donde se debe tomar en consideración todos los aspectos desde el inicio del proyecto hasta la finalización. El presupuesto se lleva a cabo mediante una hoja de Excel, programa que anteriormente se mencionó y que tiene múltiples funciones. En el presupuesto se toma en consideración los trabajos preliminares como la excavación de la zona por donde va a ir ubicada la red de alcantarillado sanitario; se toma también en cuenta la construcción de los pozos sanitarios, para cuales se establece una distancia no mayor a los 120 metros o cuando exista una intersección o cambio de elevación; así también los materiales por utilizar para

las tuberías considerando su diámetro y material por utilizar. Asimismo, se puede encontrar en el presupuesto todo lo que involucra cargas sociales, acarreo de materiales, administración del proyecto, entre otros.

Por último se utiliza el programa AutoCAD para la generación de los planos constructivos que se entregarán a la entidad correspondiente, en este caso, la Municipalidad de Pérez Zeledón, en donde se detallan los materiales que se están utilizando, la pendiente del terreno, la profundidad de cada pozo sanitario y longitudes de los tramos en estudio, entre otros detalles fundamentales para la ejecución del proyecto.

Además, de estos programas anteriormente mencionados, se utiliza en el proyecto la herramienta Google Earth como fuente de información geográfica, la cual permitiría visualizaciones digitales con base en fotografía satelital y se utiliza en el proyecto para determinar la extensión en donde se va a llevar a cabo dicho proyecto. También se utiliza el programa SAP2000 para la realización del cálculo estructural de los pozos sanitarios que sobrepasen la profundidad de los 5 metros, según se establece en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial.

5.5. Categorías de análisis de la investigación (operacionalización de variables)

Las variables existentes en el proyecto vendrían a ser los materiales para utilizar para el alcantarillado sanitario. Por ejemplo, la utilización de tuberías de concreto o de PVC, las cuales se establecen en el convenio con la municipalidad, pues el uso de PVC para la red sanitaria, maximizará el rendimiento del proyecto en virtud de la cantidad de previstas domiciliarias que van conectadas a los colectores y por esto la trabajabilidad en la ejecución del proyecto, se facilita más mediante la implementación del PVC. Otro punto que debe entenderse en el análisis de la investigación es el tipo de suelo que se está utilizando, el cual puede variar en toda la zona que se está realizando el estudio.

6. CAPÍTULO 3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1. Procedimiento

- 1- Inicialmente se obtiene la zona de estudio, de acuerdo con la propuesta que se quiera trabajar; en este caso, se busca el mapa del barrio Villa Ligia en Pérez Zeledón y se delimita la zona de estudio con sus diferentes calles e intersecciones.
- 2- Utilizando el programa AutoCAD, se realiza una propuesta de alcantarillado inicial en donde se contemple todas las calles y avenidas y a la vez realizar el mapeo necesario para saber las medidas exactas de las cuadras y la densidad poblacional, utilizando el último censo realizado en el país: datos que posteriormente se necesitarán para el diseño del alcantarillado sanitario.
- 3- Con el programa civil 3D, se realiza un levantamiento de curvas de nivel de la zona de estudio para posteriormente realizar el levantamiento de la superficie por utilizar.
- 4- Teniendo la superficie de la zona de estudio levantada, se procede a realizar los alineamientos correspondientes en cada avenida y calle, según se requiera, los cuales mostrarán posteriormente los perfiles en donde irán las tuberías sanitarias.
- 5- Teniendo ya definidos los perfiles, se puede determinar en donde van a ir ubicados los pozos de inspección de la red de tubería, ya que en los perfiles se puede ver cuándo existe un cambio de pendiente, cambios de dirección e intersecciones, y así considerar todo lo que pide el reglamento del AyA 2017.
- 6- Una vez realizada la ubicación de los pozos y la posible tubería de la red sanitaria, se procede a realizar el diseño en la hoja de cálculo de Excel programada por el Ing. Calixto Pacheco en donde se toma en consideración todo lo requerido por la normativa más actual, en este caso, la norma del AyA 2017 y así poder obtener la pendiente requerida y el diámetro de la tubería en cada tramo de estudio, de manera que se cumpla con la velocidad máxima, fuerza tractiva, número de froude, etc.
- 7- Al obtener el diseño más óptimo con la hoja programada de Excel del Ing. Calixto Pacheco, se procede a dibujar en el programa Civil 3D, los pozos con sus debidas profundidades y el alcantarillado para comprobar que la red de tuberías sanitaria propuesta, cumple geoméricamente con lo establecido en la norma del AyA 2017.
- 8- Teniendo el diseño debidamente comprobado, se procede a realizar el presupuesto, según la cantidad de pozos necesarios, la tubería que se va a utilizar y todo lo necesario para la construcción del alcantarillado sanitario.

6.1.1. Delimitación de la zona de estudio

Inicialmente se establece la zona de estudio en donde se definen las calles por donde va a pasar la red de alcantarillado sanitario; se define la cantidad de población que se va a impactar con el proyecto y se realiza un mapeo para conocer las distancias exactas de los tramos de carretera que posteriormente se analizarán como tramos de estudio, teniendo en cuenta los diferentes intersecciones existentes entre las calles transversales y cambios de nivel correspondiente en la superficie.

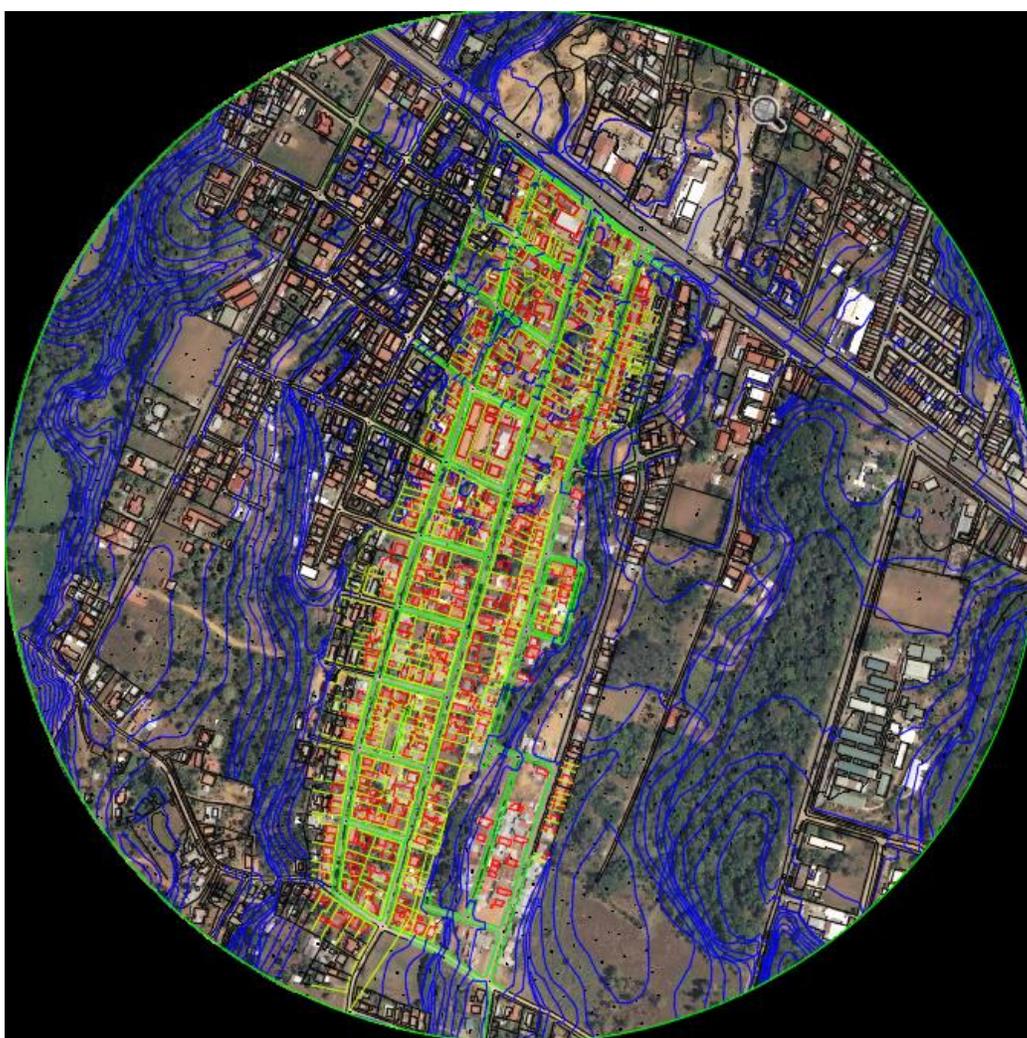


Ilustración 11 Delimitación de zona de estudio.

Fuente: Civil 3D 2020

6.1.2. Levantamiento de superficie de estudio

Una vez realizada la delimitación de la zona, se definen las curvas de nivel, las cuales se encuentran incompletas y se debe realizar un nuevo levantamiento de superficie con la ayuda del programa civil 3D para posteriormente crear los alineamientos en donde van a estar los perfiles longitudinales por donde va a ir posicionada la red de tubería.

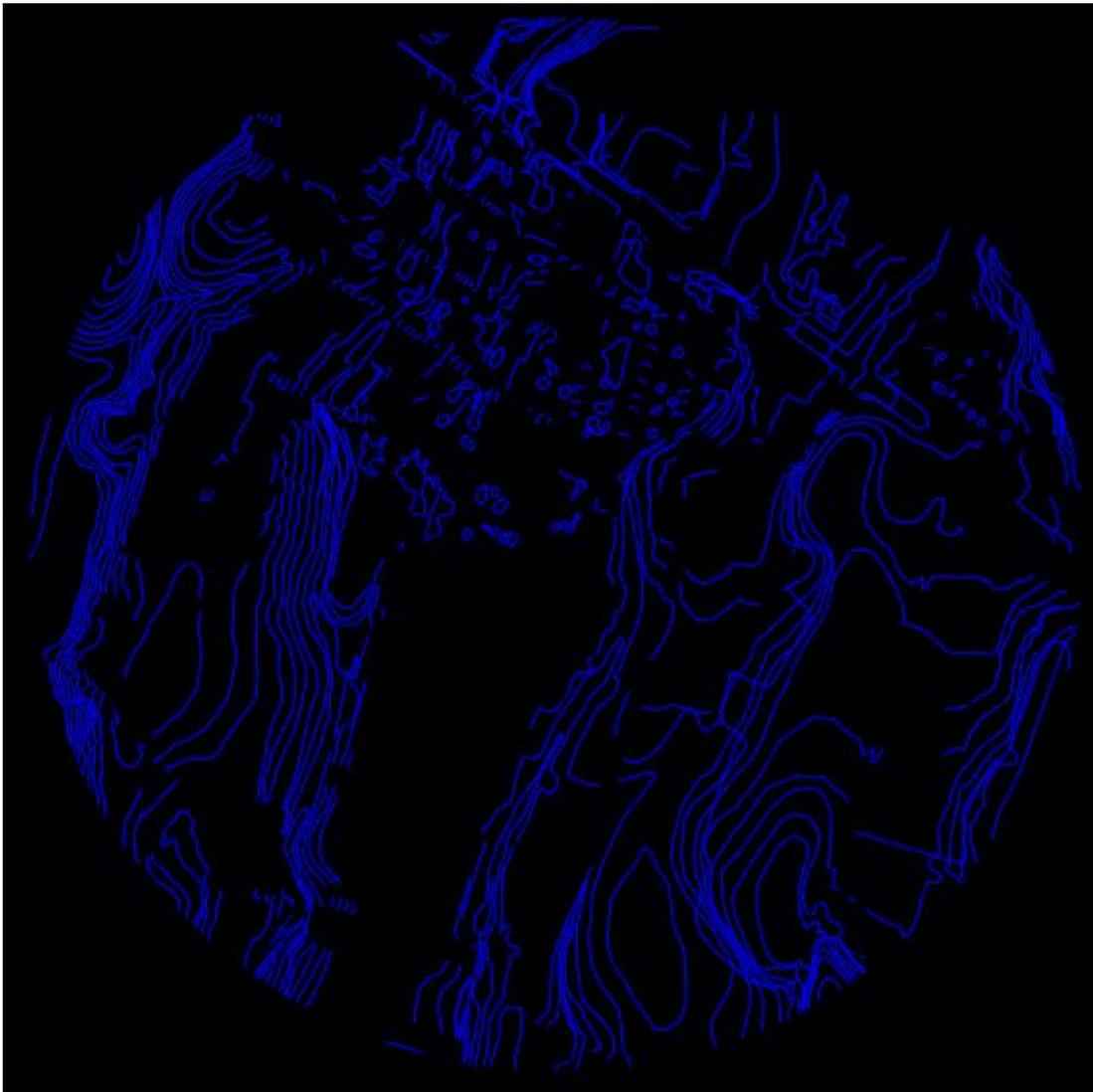


Ilustración 12 Levantamiento de superficie de estudio.

Fuente: Civil 3D 2020

6.1.3. Ubicación de pozos sanitarios

La ubicación de los pozos sanitarios va a depender del área de estudio, pues se debe considerar todo lo establecido en la norma del AyA 2017, la cual establece que se necesitan pozos sanitarios cada vez que exista un cambio de pendiente, en donde existan intersecciones entre ambas calles o cambios de dirección y también que no puede existir una distancia mayor a 120 metros entre cada pozo de registro.

La tubería sanitaria debe ubicarse en el centro de la calle, por lo que los pozos también se ubicarán en el centro de la calle, según lo requiera, con un diámetro de 1.20 m.

En la siguiente imagen se pueden observar los pozos y las tuberías ubicados en el centro de las calles, según lo indicado en la norma del AyA 2017.

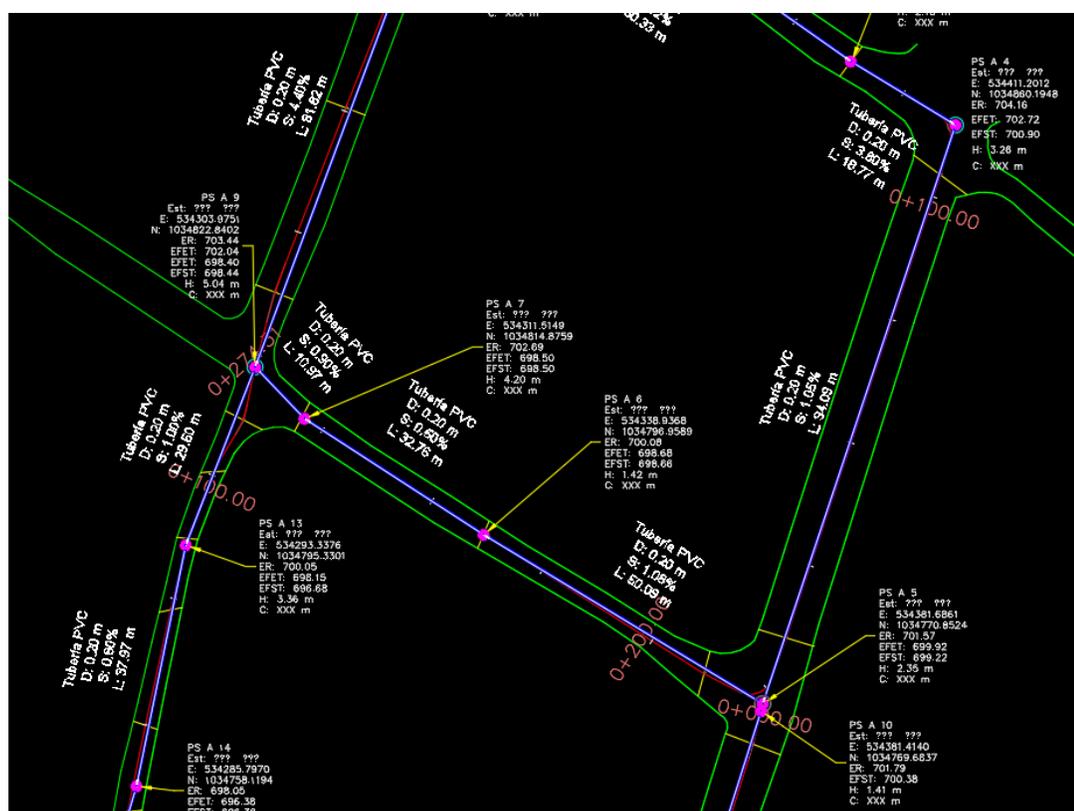


Ilustración 13 Ubicación de pozos sanitarios.

Fuente: Civil 3D 2020

6.1.4. Creación de perfiles.

Cuando se tengan los perfiles creados, se establecen los pozos y su profundidad, de acuerdo con la pendiente obtenida en el diseño. A continuación, se presentará un ejemplo del perfil terciario en donde se muestra la profundidad H de cada pozo y la pendiente obtenida en el diseño; así como también, se puede observar el material que se está utilizando en la red de tubería y su longitud.

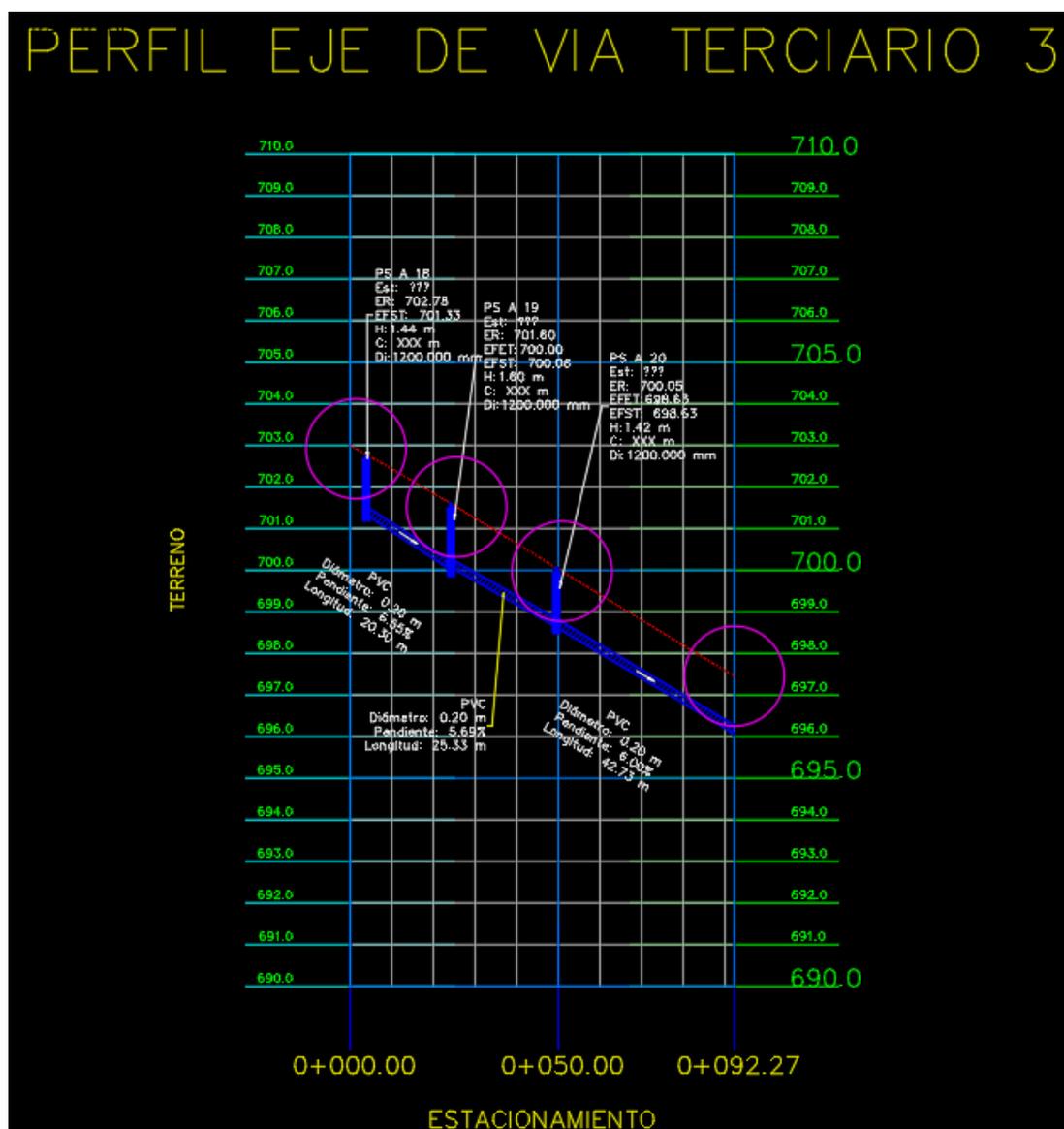


Ilustración 14 Creación de Perfiles.

Fuente: Civil 3D 2020

6.1.5. Diseño de alcantarillado

Para el diseño del alcantarillado sanitario se toma cuenta todos los requisitos que se establecen en la norma de diseño del AyA en su última edición, por lo que se procede a la realización del diseño mediante la hoja de Excel ya programada por el ingeniero Calixto Pacheco, la cual efectivamente cumple con los requisitos del reglamento anteriormente mencionado del AyA. Cabe destacar que las normas pueden cambiar con el paso de los años, motivo por el cual se debe hacer revisión de que se cumpla todo lo establecido; en este caso, se revisa que todas las fórmulas estén lo más actualizadas posible para proceder con el diseño.

Los parámetros principales que se tomaron en consideración para el diseño es el cumplimiento de la velocidad máxima de 5.0 m/s en cada tramo diseñado, también la fuerza tractiva que debe ser mayor a 0.10kg/m² y por otro lado, también el caudal mínimo de 1.5 lps, entre otros. En la hoja de Excel que se adjunta en el documento final llamado “Diseño Alcantarillado Sanitario Pérez Zeledón Mauricio Sánchez Montero” se establece el diseño de toda la red de tubería, cuyo aproximado es de 4 kilómetros.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados															
Diseño de Alcantarillado Sanitario										Fecha: 01/08/2020		Proyecto: Proyecto Uno			
Parámetros:		Población: 3.4 hab/UH				Dotación agua potable: 300 l.p.d				Factor de Retorno (FR) = 0.80					
Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico						Proyecto				Caudales en los tramos				
	Tramo		Unidades Habitacionales en el Tramo		Área Tributaria del Tramo		Densidad Calculada en el Tramo		Población de diseño en el Tramo (Sin Plan Regulador)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de Infiltración de lluvia	
	De Pozo	A Pozo	L	SR	Nº	A	P		Qpap	Qparo	Qpare	Qext	Qinf		
Nombre	Elevación de Entrada	Nombre	Elevación de Salida	m	%	UH	Ha	UH/Ha	hab/Ha	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s

Ilustración 15 Diseño de alcantarillado sanitario.

Fuente: El Autor 2020

6.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE POZOS CON UNA PROFUNDIDAD MAYOR A LOS 5m

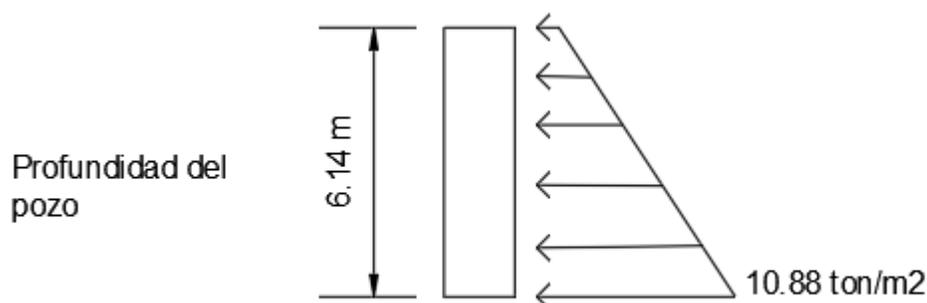


Ilustración 16 Pozo sanitario PS C 15

Fuente: El Autor 2020

El pozo sanitario PS C 15 cuenta con una profundidad de 6.14m, lo que sobrepasa la profundidad máxima de pozos sin análisis estructural, cuya medida es de 5 metros, por esta razón se procede a efectuar el análisis estructural del pozo sanitario.

Primero se realiza un estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el que se va a trabajar y se obtiene del estudio de suelo, el valor de $\theta=25$ grados como ángulo de fricción y una densidad del suelo de 1500 kg/m^3 , datos con los que se procede a efectuar los cálculos correspondientes.

Se tiene que $Ko = 1 - \text{sen}(\theta)$ por lo tanto $Ko = 1 - \text{sen}(28) = 0.53$

Posteriormente se obtiene el valor de q por medio de la ecuación:

$$q = \text{Densidad del terreno} \times H \times Ko$$

$$q = \frac{1.5t}{m^3} \times 6.14m \times 0.53 = 4.88 \frac{ton}{m^2}$$

Se asume un q_w del agua = 6 t/m^3 para así obtener el valor de $qd = q + q_w$

$$qd = \frac{6t}{m^3} + \frac{4.88t}{m^2} = 10.88 \text{ ton/m}^2$$

Se tiene una propuesta de 1#3@20cm con pared de 20 cm y concreto con resistencia de 280kg/cm². Teniendo todos estos datos, se procede a realizar el modelo en el programa SAP 2000 para verificar que la propuesta efectivamente cumpla.

Se procede a retroalimentar el programa y cargar el diseño requerido como se muestra en la siguiente imagen:

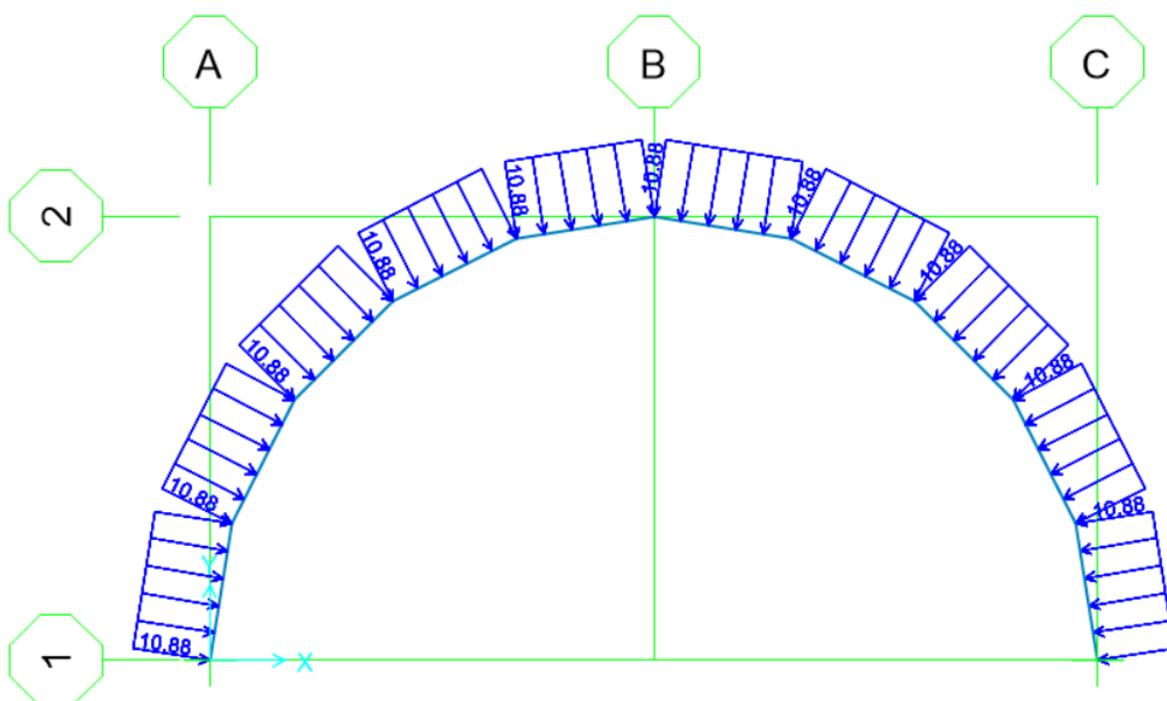


Ilustración 17 Pozo sanitario PS C 15 Cargas

Fuente: SAP 2000

Se verifica la carga axial, ya que es la que va a regir y se determina el momento máximo y el cortante máximo; en este caso se tiene un momento máximo $M_{max} = 0.4 \text{ ton-m}$ y un cortante máximo $V_{max} = 1.7 \text{ ton}$.

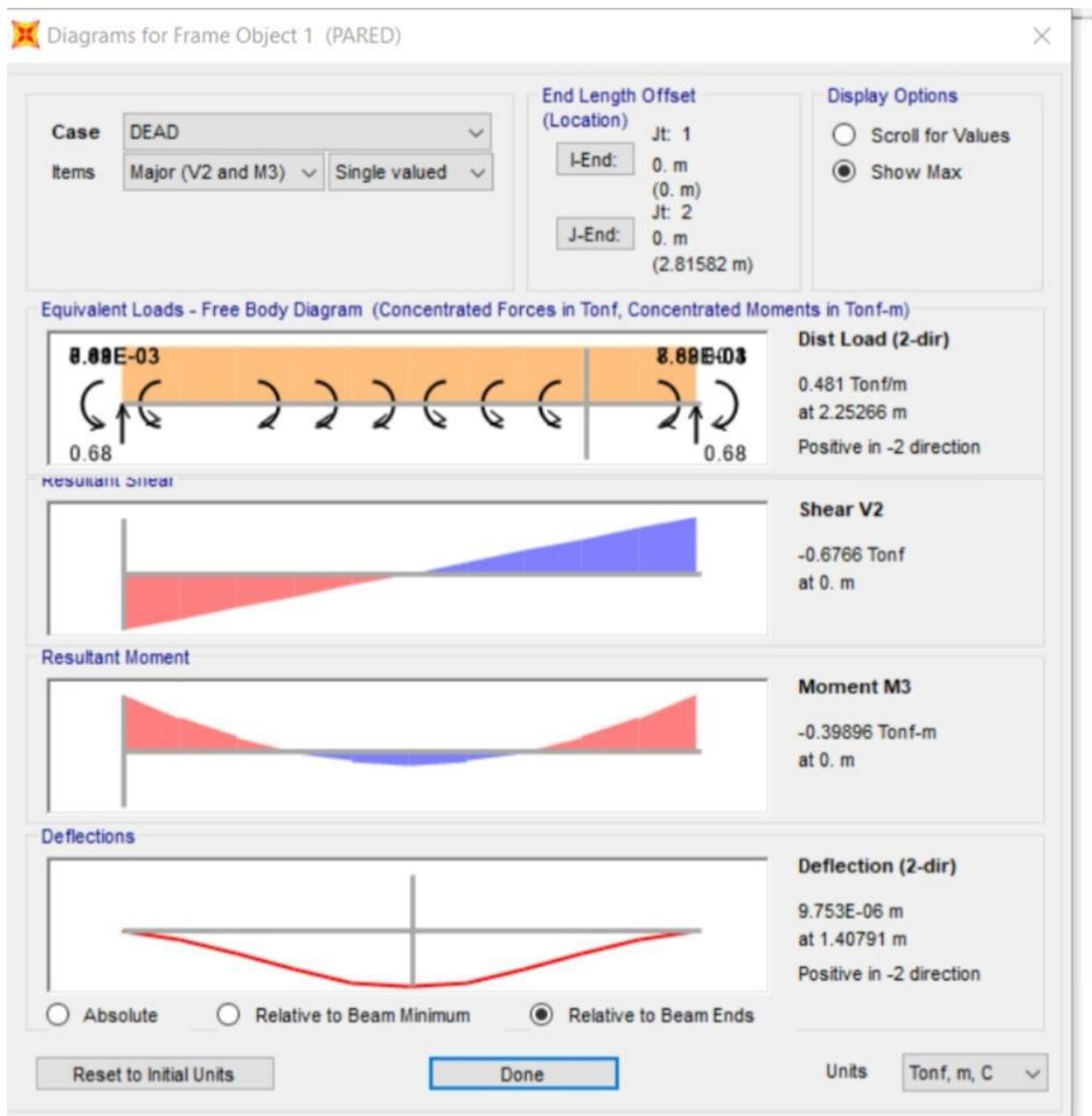


Ilustración 18 Pozo sanitario PS C 15 M_{max}

Fuente: SAP 2000

En la siguiente imagen se puede observar el cortante que se va a utilizar para obtener la capacidad del sistema:

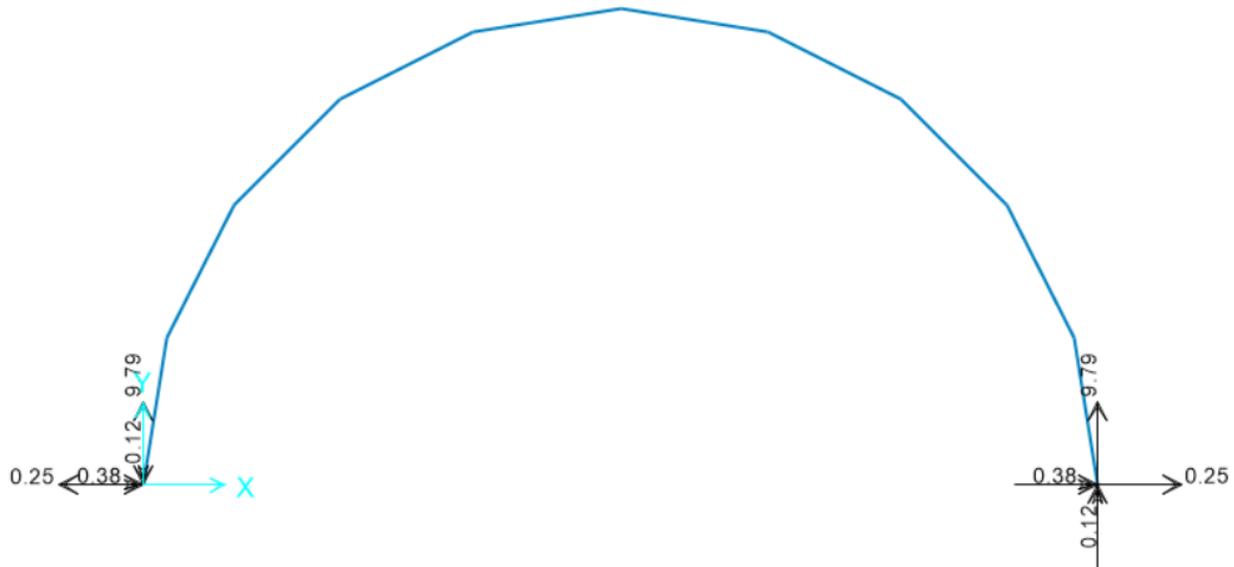


Ilustración 19 Pozo sanitario PS C 15 Vmax

Fuente: SAP 2000

Teniendo todos estos datos, se procede a la verificación estructural del pozo en donde se tiene que $\phi V_c = \phi \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100$

$$\phi V_c = 0.53 \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100 = 4700$$

Se debe tener que el cortante multiplicado por el factor de amplificación que establece el CSCR-10 es de $0.25 \times 1.6 = 0.4 \times 1000 = 400$, por lo tanto, se puede decir que $\frac{4700}{400} = 11.75$, por lo que se está utilizando solo el 11.75% de la capacidad del sistema.

Luego se procede con el cálculo del momento máximo

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0.85 \times 280 \times 100}$$

$$a = \frac{5 \times 0.71 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 0.63$$

Se tiene que $\phi Mn = 0.9 \times 5 \times 0.71 \times 4200(10 - 0.63) = \frac{125736}{100000} = \frac{1.25t}{m^2}$, por lo tanto, se tiene que $0.4 \times 1.6 = 0.64 \frac{t}{m^2} < \frac{1.25t}{m^2}$, por lo tanto cumple con 1#3@20 cm

Si se hace la relación $\frac{0.64t/m^2}{1.25t/m^2} = 0.512 = 50\%$ esto quiere decir que la capacidad soportante de sistema tiene su máxima capacidad a un 50% de la profundidad, por lo que se podría profundizar hasta los 10 metros el pozo y aún cumpliría su capacidad y a los 12 metros se encontraría aproximadamente su capacidad máxima.

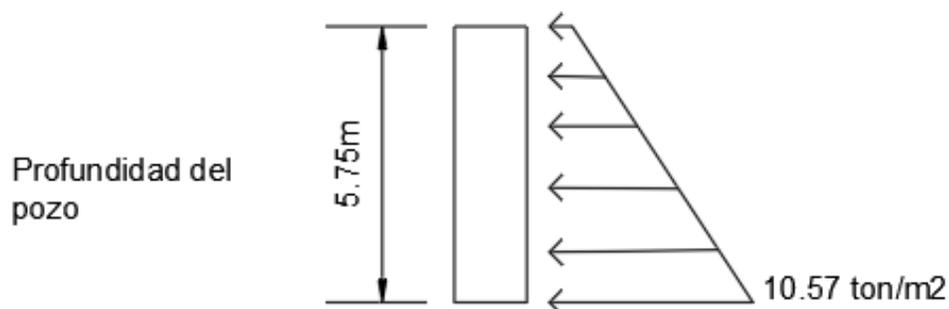


Ilustración 20 Pozo sanitario PS B 12

Fuente: El Autor 2020

El pozo sanitario PS B 12 cuenta con una profundidad de 5.75 m, por lo que sobrepasa la profundidad máxima de pozos sin análisis estructural, el cual es de 5 metros; por tanto, se procede a efectuar el análisis estructural del pozo sanitario.

Primero se realiza un estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el que se va a trabajar y se obtiene del estudio de suelo el valor de $\theta=25$ grados como ángulo de fricción y una densidad de 1500 kg/m^3 , datos con los que se procede a efectuar los cálculos correspondientes.

Se tiene que $Ko = 1 - \text{sen}(\theta)$ por lo tanto $Ko = 1 - \text{sen}(28) = 0.53$

Posteriormente se obtiene el valor de q por medio de la ecuación:

$$q = \text{Densidad del terreno} \times H \times Ko$$

$$q = \frac{1.5t}{m^3} \times 5.75m \times 0.53 = 4.57 \frac{ton}{m^3}$$

Se asume un q_w del agua = 6 t/m³ para así obtener el valor de $qd = q + q_w$

$$qd = \frac{6t}{m^3} + \frac{4.57t}{m^3} = 10.57 \text{ ton/m}^3$$

Se tiene una propuesta de 1#3@20cm con pared de 20 cm y concreto con resistencia de 280kg/cm². Con todos estos datos, se procede a realizar el modelo en el programa SAP 2000 para verificar que la propuesta efectivamente cumpla.

Se procede a retroalimentar el programa y cargar el diseño requerido como se muestra en la siguiente imagen:

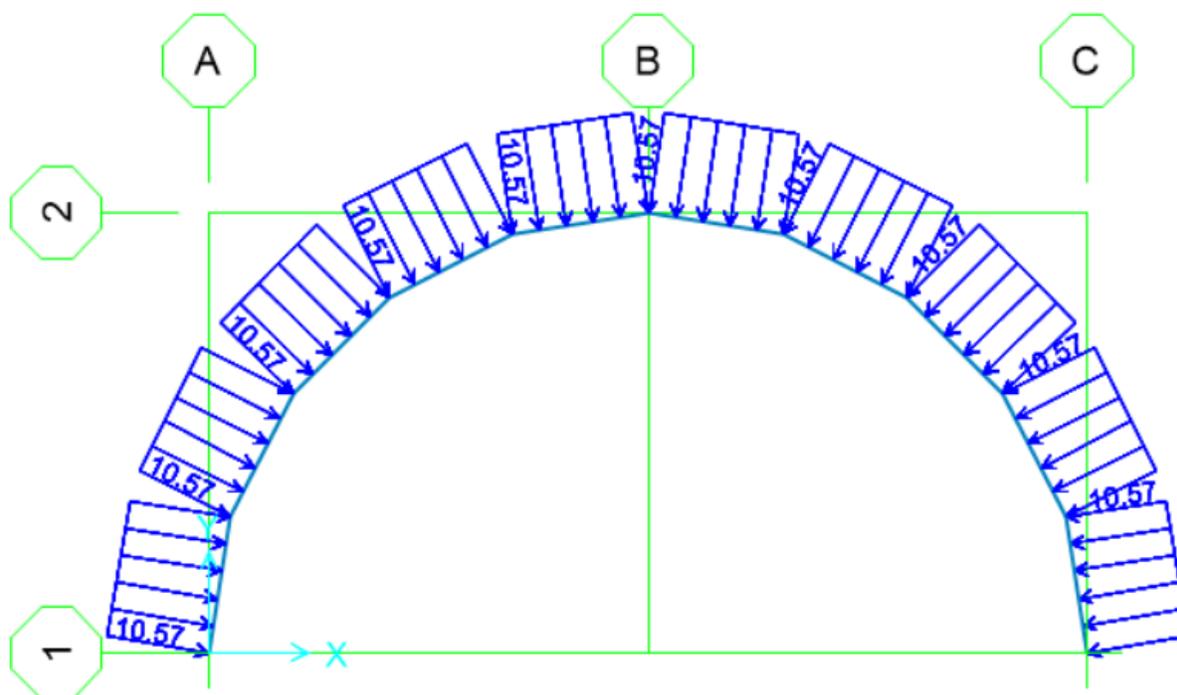


Ilustración 21 Pozo sanitario PS B 12 Cargas

Fuente: SAP 2000

Se verifica la carga axial, ya que es la que va a regir y se determina el momento máximo y el cortante máximo; en este caso, se tiene un momento máximo $M_{max} = 0.4 \text{ ton-m}$ y un cortante máximo $V_{max} = 1.7 \text{ ton}$.

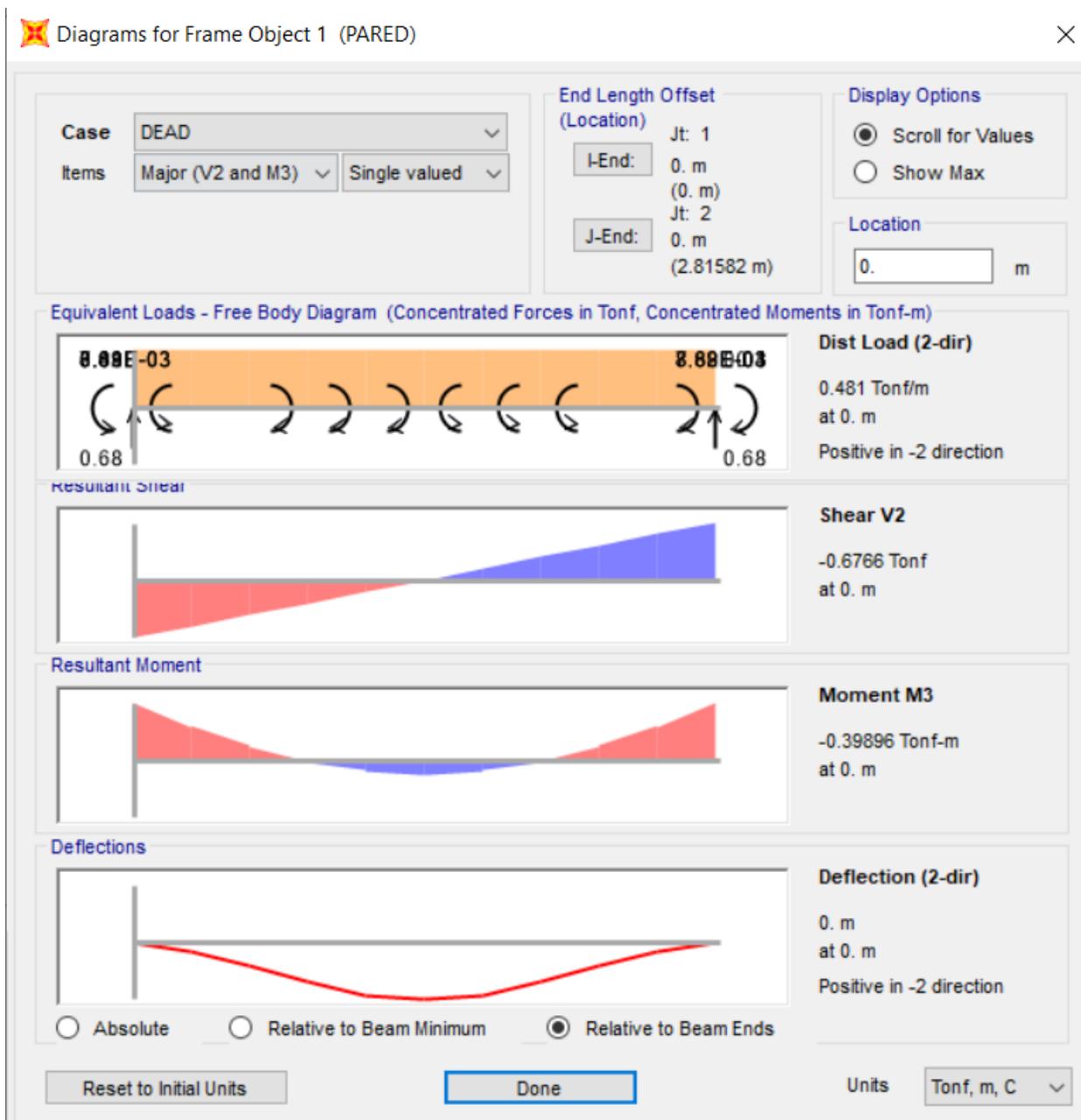


Ilustración 22 Pozo sanitario PS B 12 M_{max}

Fuente: SAP 2000

En la siguiente imagen se puede observar el cortante que se va a utilizar para obtener la capacidad del sistema:

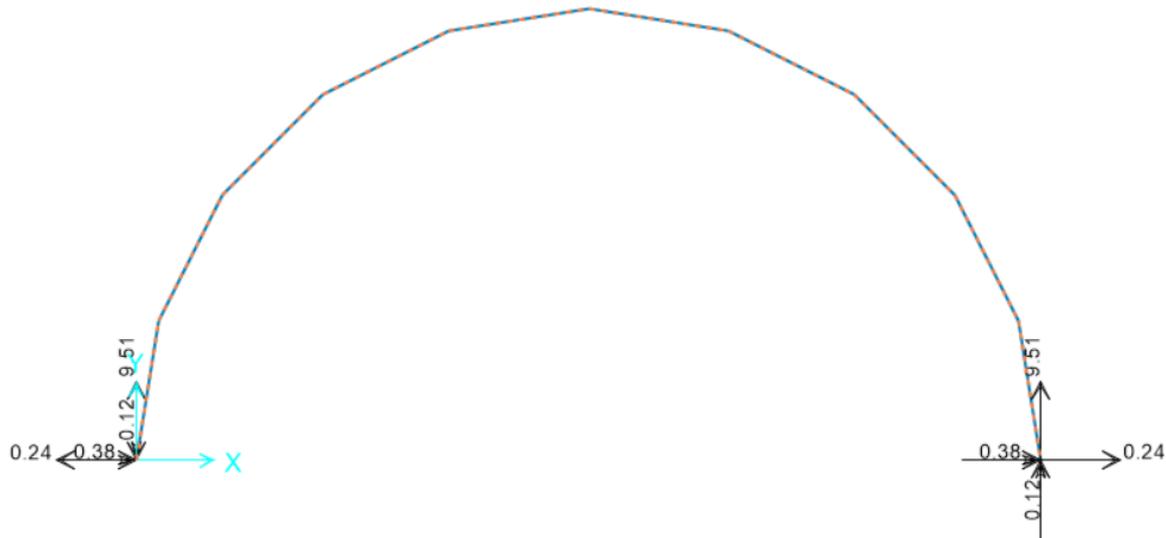


Ilustración 23 Pozo sanitario PS B 12 Vmax

Fuente: SAP 2000

Teniendo todos estos datos se procede a la verificación estructural del pozo en donde se tiene que $\phi V_c = \phi \times 0.53\sqrt{280} \times 10 \times 100$

$$\phi V_c = 0.53 \times 0.53\sqrt{280} \times 10 \times 100 = 4700$$

Se afirma que el cortante multiplicado por el factor de amplificación que establece el CSCR-10 es de $0.24 \times 1.6 = 0.384 \times 1000 = 384$; por lo tanto se podría aseverar que $\frac{4700}{384} = 12.23$, por lo que se está utilizando solo el 12.23% de la capacidad del sistema.

Luego se procede al cálculo del momento máximo:

$$a = \frac{As \times Fy}{0.85 \times 280 \times 100}$$

$$a = \frac{5 \times 0.71 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 0.63$$

Se tiene que $\phi Mn = 0.9 \times 5 \times 0.71 \times 4200(10 - 0.63) = \frac{125\,736}{100\,000} = \frac{1.25t}{m^2}$, por lo tanto, se tiene que $0.4 \times 1.6 = 0.64 \frac{t}{m^2} < \frac{1.25t}{m^2}$, por lo tanto, cumple con 1#3@20 cm

Si se hace la relación $\frac{0.64t/m^2}{1.25t/m^2} = 0.512 = 50\%$, esto quiere decir que la capacidad soportante de sistema tiene su máxima capacidad a un 50% de la profundidad, por lo tanto, se podría profundizar hasta los 10 metros el pozo y aun cumpliría su capacidad y a los 12 metros se encontraría aproximadamente su capacidad máxima.

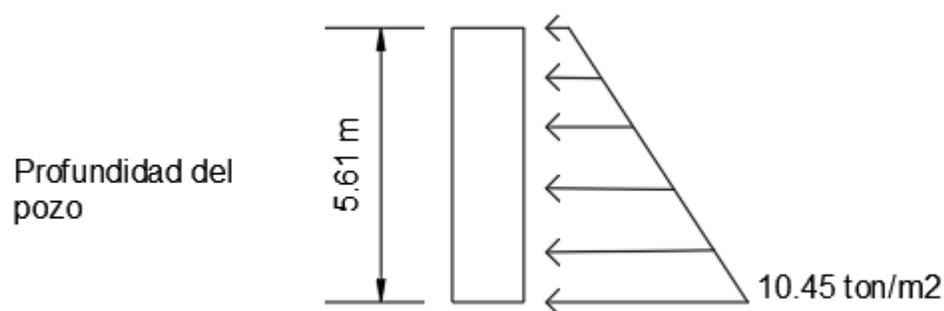


Ilustración 24 Pozo sanitario PS B 13

Fuente: El autor 2020

El pozo sanitario PS B 13 cuenta con una profundidad de 5.61 m, por lo que sobrepasa la profundidad máxima de pozos sin análisis estructural, el cual es de 5 metros; en consecuencia, se procede a efectuar el análisis estructural del pozo sanitario.

Primero se realiza un estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el que se va a trabajar y se obtiene del estudio de suelo el valor de $\theta=25$ grados como ángulo de fricción y una densidad del suelo de 1500 kg/m³, datos con los que se procederá a efectuar los cálculos correspondientes.

Se tiene que $Ko = 1 - \text{sen}(\theta)$, por lo tanto, $Ko = 1 - \text{sen}(28) = 0.53$

Posteriormente se obtiene el valor de q por medio de la ecuación:

$$q = \text{Densidad del terreno} \times H \times Ko$$

$$q = \frac{1.5t}{m^3} \times 5.61m \times 0.53 = 4.45 \frac{ton}{m^2}$$

Se asume un q_w del agua = 6 t/m³ para así obtener el valor de $qd = q + q_w$

$$qd = \frac{6t}{m^3} + \frac{4.45t}{m^2} = 10.45 \text{ ton/m}^2$$

Se tiene una propuesta de 1#3@20cm con pared de 20 cm y concreto con resistencia de 280kg/cm². Teniendo todos estos datos, se procede a realizar el modelo en el programa SAP 2000 para verificar que la propuesta efectivamente cumpla.

Se procede a retroalimentar el programa y cargar el diseño requerido como se muestra en la siguiente imagen:

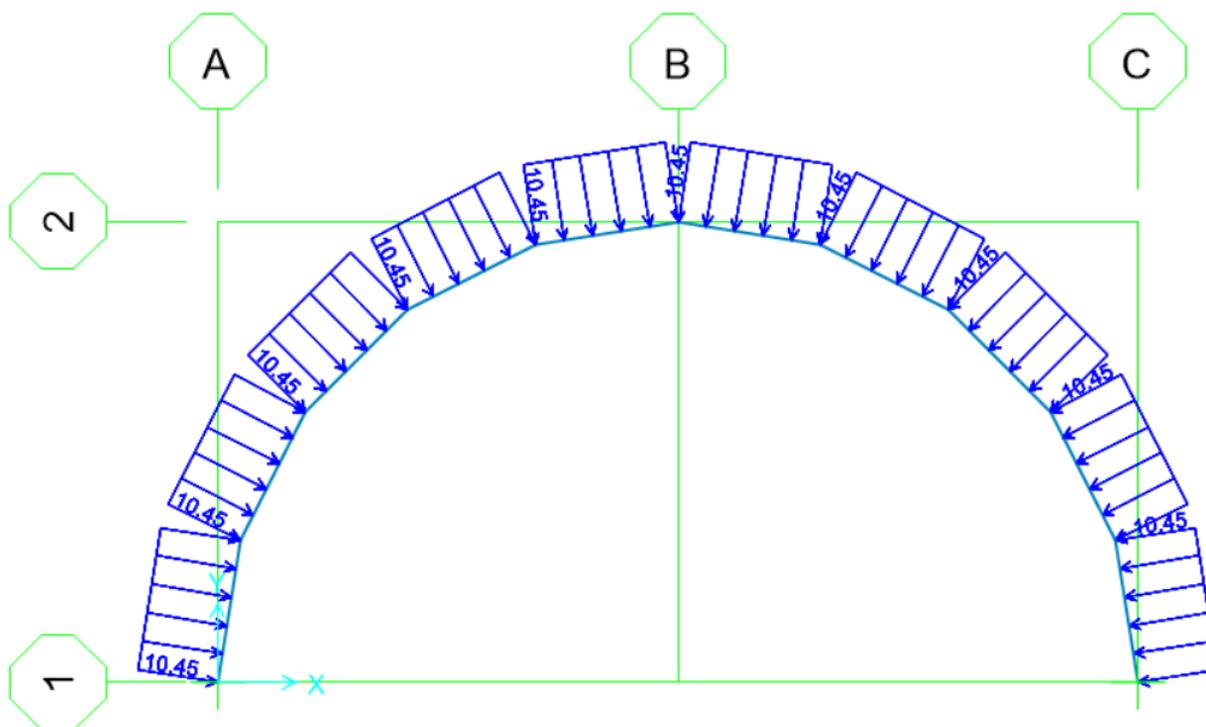


Ilustración 25 Pozo sanitario PS B 13 Cargas

Fuente: SAP 2000

Se verifica la carga axial, puesto que es la que va a regir y se determina el momento máximo y el cortante máximo; en este caso, se tiene un momento máximo $M_{max} = 0.4 \text{ ton-m}$ y un cortante máximo $V_{max} = 1.7 \text{ ton}$.

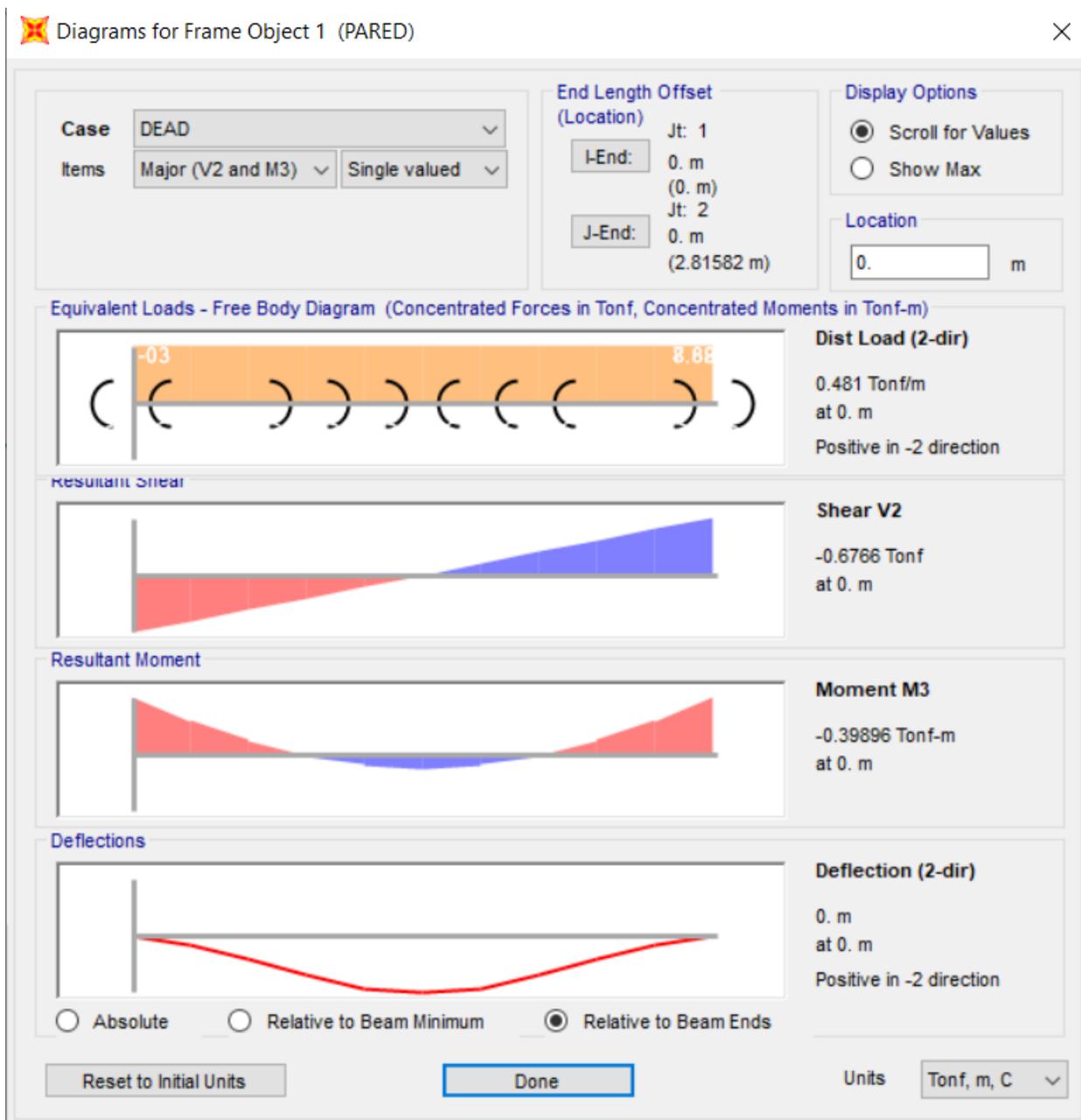


Ilustración 26 Pozo sanitario PS B 13 M_{max}

Fuente: SAP 2000

En la siguiente imagen se puede observar el cortante que se va a utilizar para obtener la capacidad del sistema:

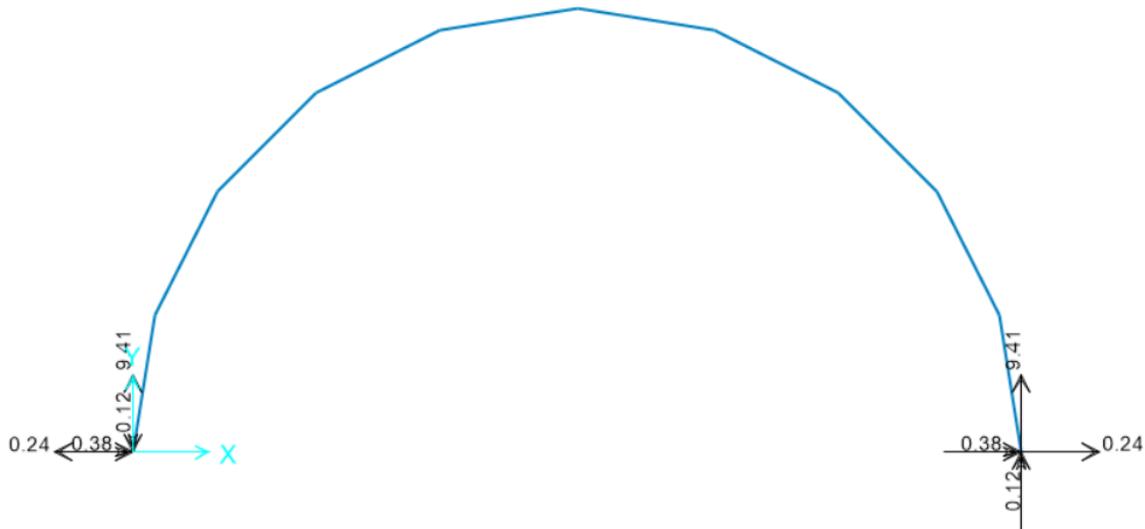


Ilustración 27 Pozo sanitario PS B 13 Vmax

Fuente: SAP 2000

Teniendo todos estos datos se procede a la verificación estructural del pozo en donde se tiene que $\phi V_c = \phi \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100$

$$\phi V_c = 0.53 \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100 = 4700$$

Se asume que el cortante multiplicado por el factor de amplificación que establece el CSCR-10 es de $0.24 \times 1.6 = 0.384 \times 1000 = 384$; por lo tanto, se podría decir que $\frac{4700}{384} = 12.23$; por lo que se está utilizando solo el 12.23% de la capacidad del sistema.

Luego se procede al cálculo del momento máximo.

$$a = \frac{As \times Fy}{0.85 \times 280 \times 100}$$

$$a = \frac{5 \times 0.71 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 0.63$$

Se tiene que $\phi Mn = 0.9 \times 5 \times 0.71 \times 4200(10 - 0.63) = \frac{125\,736}{100\,000} = \frac{1.25t}{m^2}$; por lo tanto, se tiene que $0.4 \times 1.6 = 0.64 \frac{t}{m^2} < \frac{1.25t}{m^2}$; por lo tanto, cumple con 1#3@20 cm

Si se hace la relación $\frac{0.64t/m^2}{1.25t/m^2} = 0.512 = 50\%$ esto quiere decir que la capacidad soportante de sistema tiene su máxima capacidad a un 50% de la profundidad, por lo cual se podría profundizar hasta los 10 metros el pozo y aún cumpliría su capacidad y a los 12 metros se encontraría aproximadamente su capacidad máxima.

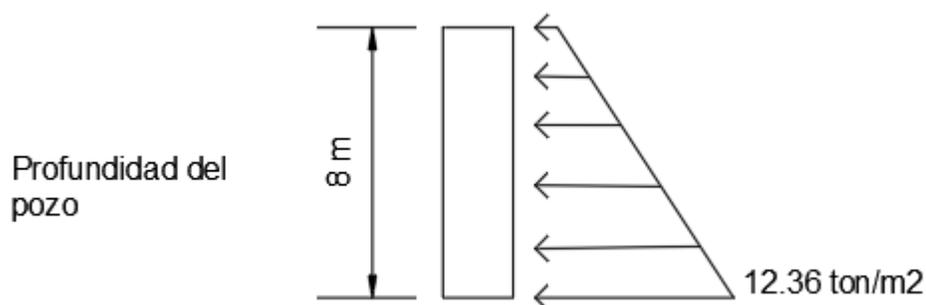


Ilustración 28 Pozo sanitario PS B 16

Fuente: El Autor 2020

El pozo sanitario PS B 16 cuenta con una profundidad de 8 m, por lo que sobrepasa la profundidad máxima de pozos sin análisis estructural que es de 5 metros; por lo tanto se procede a efectuar el análisis estructural del pozo sanitario.

Primero se realiza un estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el que se va a trabajar y se obtiene del estudio de suelo, el valor de $\theta=25$ grados como ángulo de fricción y una densidad del suelo de 1500 kg/m³, datos con los que se procede a efectuar los cálculos correspondientes.

Se tiene que $Ko = 1 - \text{sen}(\theta)$, por lo tanto, $Ko = 1 - \text{sen}(28) = 0.53$

Posteriormente se obtiene el valor de q por medio de la ecuación:

$$q = \text{Densidad del terreno} \times H \times Ko$$

$$q = \frac{1.5t}{m^3} \times 8m \times 0.53 = 6.36 \frac{ton}{m^2}$$

Se asume un q_w del agua = 6 t/m³ para así obtener el valor de $qd = q + q_w$

$$qd = \frac{6t}{m^3} + \frac{6.36t}{m^2} = 12.36 \frac{ton}{m^2}$$

Se tiene una propuesta de 1#3@20cm con pared de 20 cm y concreto con resistencia de 280kg/cm². Teniendo todos estos datos, se procede a realizar el modelo en el programa SAP 2000 para verificar que la propuesta efectivamente cumpla.

Se procede a retroalimentar el programa y cargar el diseño requerido como se muestra en la siguiente imagen.

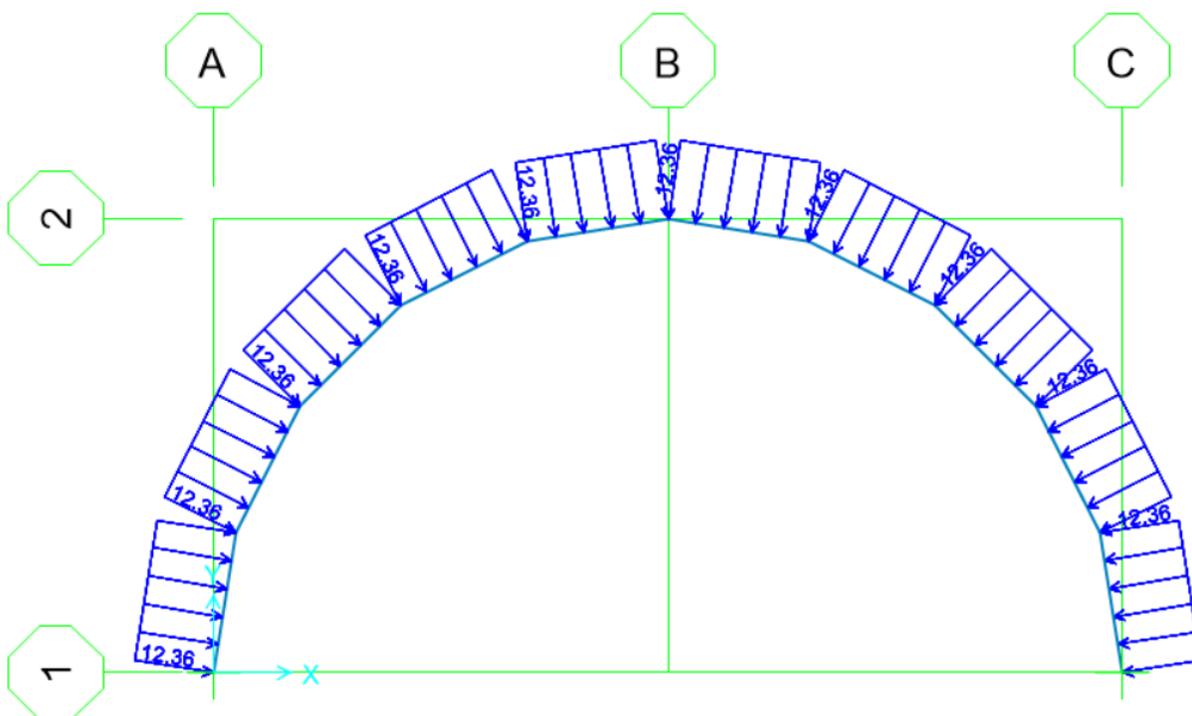


Ilustración 29 Pozo sanitario PS B 16 Cargas

Fuente: SAP 2000

Se verifica la carga axial, ya que es la que va a regir y se determina el momento máximo y el cortante máximo; en este caso, se tiene un momento máximo $M_{max} = 0.4 \text{ ton-m}$ y un cortante máximo $V_{max} = 2 \text{ ton}$.

✘ Diagrams for Frame Object 1 (PARED)

✘

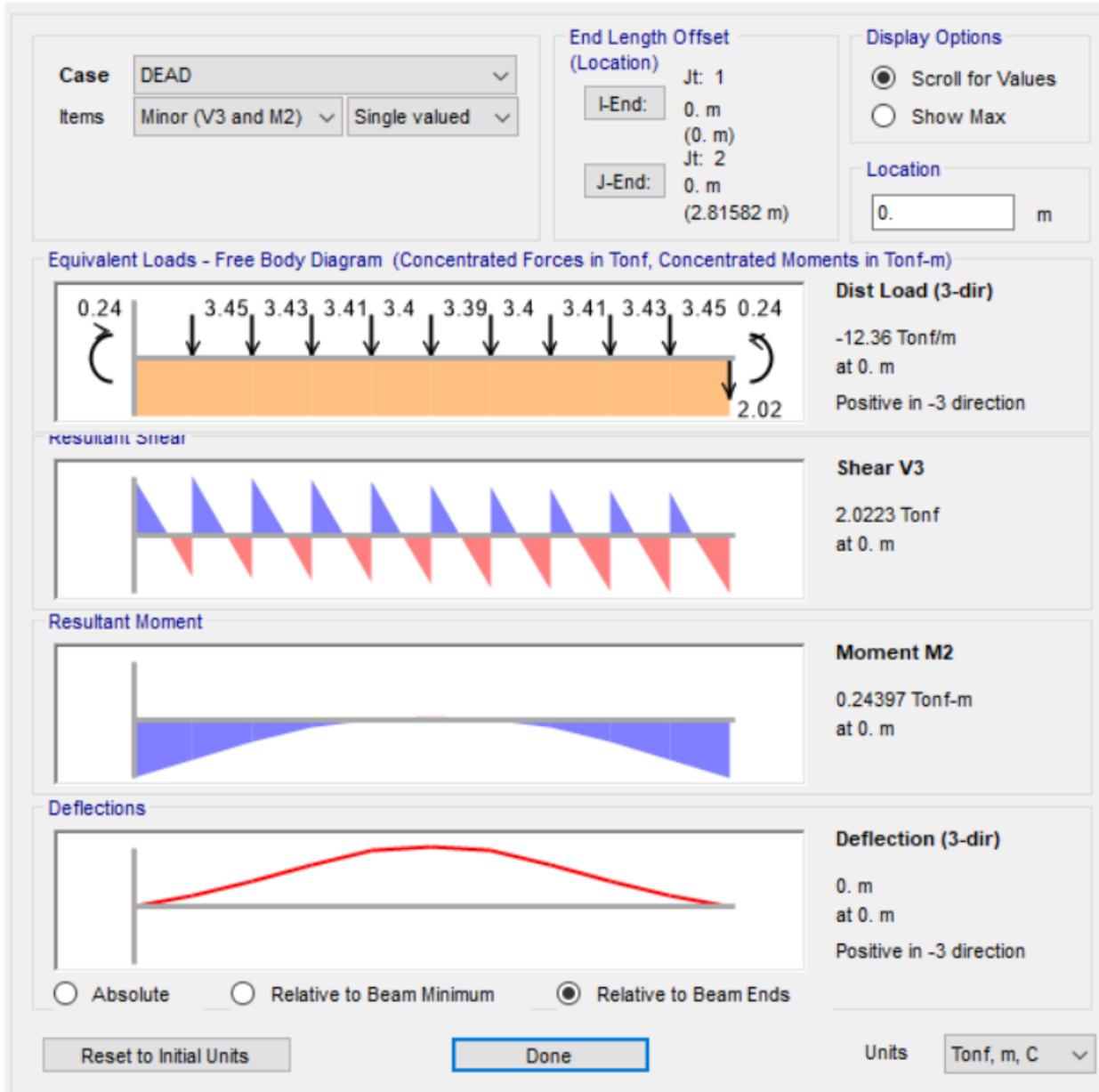


Ilustración 30 Pozo sanitario PS B 16 Mmax

Fuente: SAP 2000

En la siguiente imagen se puede observar el cortante que se va a utilizar para obtener la capacidad la capacidad del sistema:

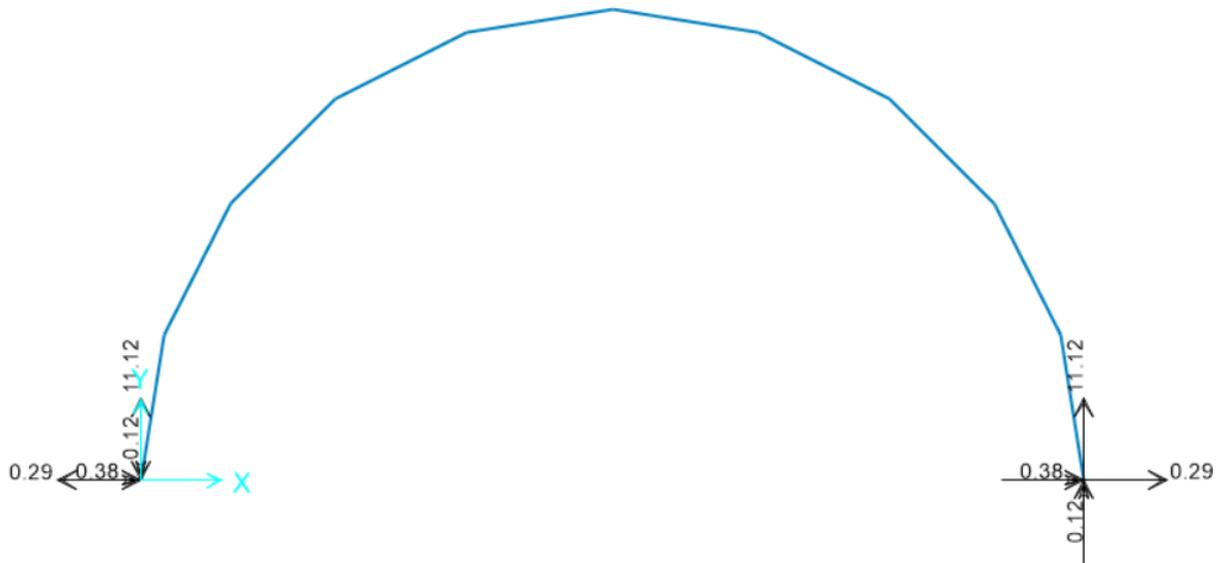


Ilustración 31 Pozo sanitario PS B 16 Vmax

Fuente: SAP 2000

Teniendo todos estos datos, se procede a la verificación estructural del pozo en donde se tiene que $\phi V_c = \phi \times 0.53\sqrt{280} \times 10 \times 100$

$$\phi V_c = 0.53 \times 0.53\sqrt{280} \times 10 \times 100 = 4700$$

Se tiene que el cortante multiplicado por el factor de amplificación que establece el CSCR-10 es de $0.29 \times 1.6 = 0.464 \times 1000 = 464$; por lo tanto, se podría decir que $\frac{4700}{464} = 10.12$; por lo que, se está utilizando solo el 10.12% de la capacidad del sistema.

Luego se procede al cálculo del momento máximo.

$$a = \frac{As \times Fy}{0.85 \times 280 \times 100}$$

$$a = \frac{5 \times 0.71 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 0.63$$

Se tiene que $\phi Mn = 0.9 \times 5 \times 0.71 \times 4200(10 - 0.63) = \frac{125\,736}{100\,000} = \frac{1.25t}{m^2}$; por lo tanto, se tiene que $0.4 \times 1.6 = 0.64 \frac{t}{m^2} < \frac{1.25t}{m^2}$; en consecuencia, cumple con 1#3@20 cm

Si se hace la relación $\frac{0.64t/m^2}{1.25t/m^2} = 0.512 = 50\%$; esto quiere decir que la capacidad soportante de sistema tiene su máxima capacidad a un 50% de la profundidad, por lo que se podría profundizar hasta los 10 metros el pozo y aun cumpliría su capacidad y a los 12 metros se encontraría aproximadamente su capacidad máxima.

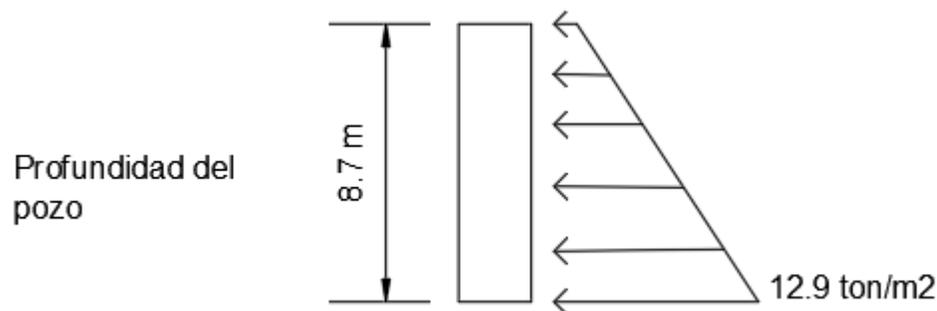


Ilustración 32 Pozo sanitario PS B 17

Fuente: El autor 2020

El pozo sanitario PS B 17 cuenta con una profundidad de 8.7 m, por lo que sobrepasa la profundidad máxima de pozos sin análisis estructural, el cual es de 5 metros; por lo tanto, se procede a efectuar el análisis estructural del pozo sanitario.

Primero se realiza un estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el que se va a trabajar y se obtiene del estudio de suelo el valor de $\theta=25$ grados como ángulo de fricción y una densidad del suelo de 1500 kg/m^3 , datos con los que se procede a efectuar los cálculos correspondientes.

Se tiene que $Ko = 1 - \text{sen}(\theta)$; por lo tanto, $Ko = 1 - \text{sen}(28) = 0.53$

Posteriormente se obtiene el valor de q por medio de la ecuación:

$$q = \text{Densidad del terreno} \times H \times Ko$$

$$q = \frac{1.5t}{m^3} \times 8.7m \times 0.53 = 6.91 \frac{ton}{m^2}$$

Se asume un q_w del agua = 6 t/m³ para así obtener el valor de $qd = q + q_w$

$$qd = \frac{6t}{m^3} + \frac{6.91t}{m^2} = 12.91 \frac{ton}{m^2}$$

Se tiene una propuesta de 1#3@20cm con pared de 20 cm y concreto con resistencia de 280kg/cm². Teniendo todos estos datos, se procede a realizar el modelo en el programa SAP 2000 para verificar que la propuesta efectivamente cumpla.

Se procede a retroalimentar el programa y cargar el diseño requerido como se muestra en la siguiente imagen:

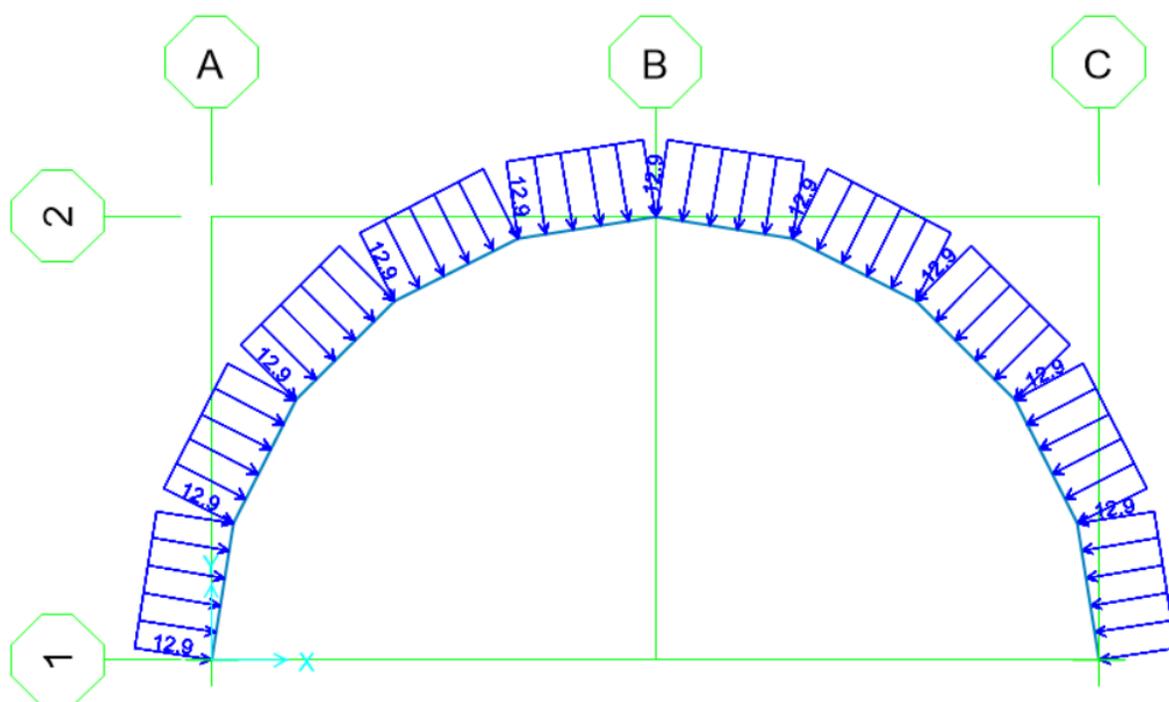


Ilustración 33 Pozo sanitario PS B 17 Cargas

Fuente: SAP 2000

Se verifica la carga axial, puesto que es la que va a regir y se determina el momento máximo y el cortante máximo; en este caso, se tiene un momento máximo $M_{max} = 0.4 \text{ ton-m}$ y un cortante máximo $V_{max} = 2.11 \text{ ton}$.

✘ Diagrams for Frame Object 1 (PARED)

✕

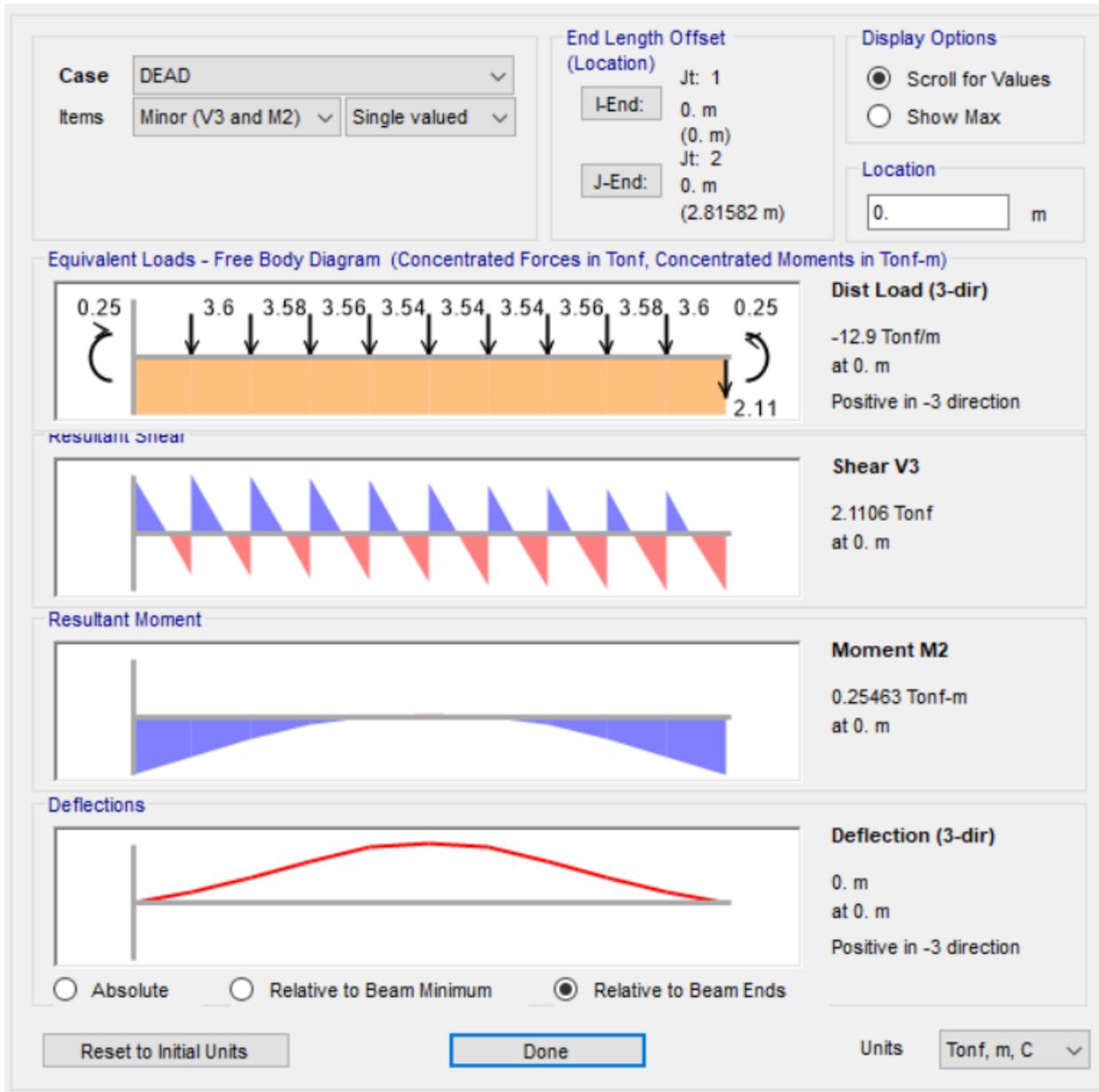


Ilustración 34 Pozo sanitario PS B 17 M_{max}

Fuente: SAP 2000

En la siguiente imagen se puede observar el cortante que se va a utilizar para obtener la capacidad la capacidad del sistema:

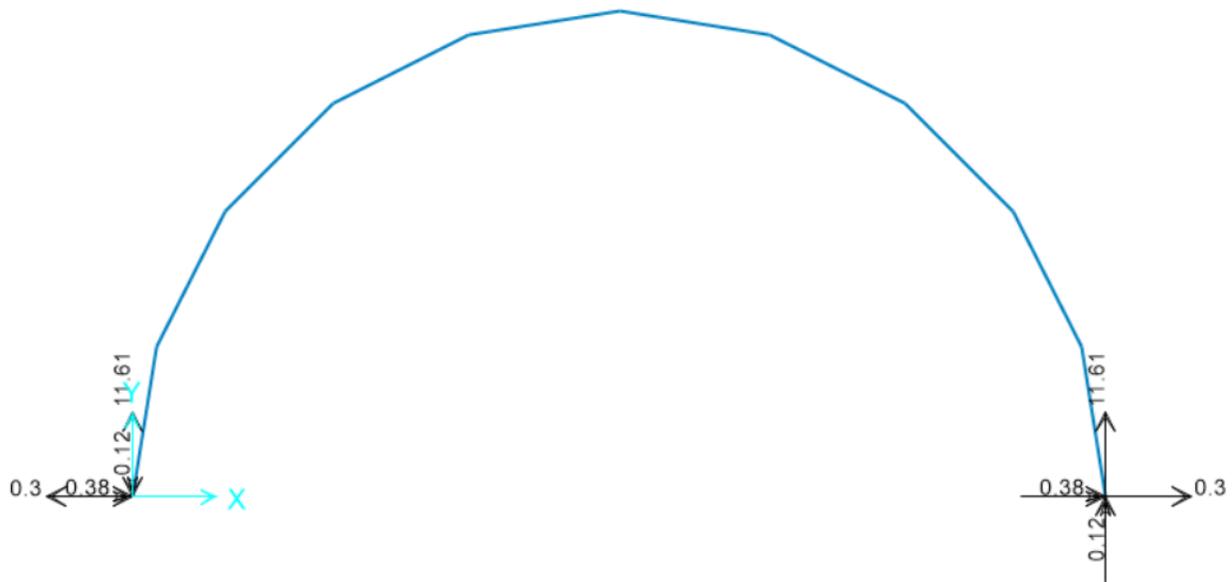


Ilustración 35 Pozo sanitario PS B 17

Fuente: SAP 2000

Teniendo todos estos datos, se procede a la verificación estructural del pozo en donde se tiene que $\phi V_c = \phi \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100$

$$\phi V_c = 0.53 \times 0.53 \sqrt{280} \times 10 \times 100 = 4700$$

Se tiene que el cortante multiplicado por el factor de amplificación que establece el CSCR-10 es de $0.3 \times 1.6 = 0.480 \times 1000 = 480$; por lo tanto, se podría decir que $\frac{4700}{480} = 9.79$; por lo que se está utilizando solo el 9.79% de la capacidad del sistema.

Luego se procede al cálculo del momento máximo.

$$a = \frac{As \times Fy}{0.85 \times 280 \times 100}$$

$$a = \frac{5 \times 0.71 \times 4200}{0.85 \times 280 \times 100} = 0.63$$

Se tiene que $\phi Mn = 0.9 \times 5 \times 0.71 \times 4200(10 - 0.63) = \frac{125\,736}{100\,000} = \frac{1.25t}{m^2}$; por lo tanto, se tiene que $0.4 \times 1.6 = 0.64 \frac{t}{m^2} < \frac{1.25t}{m^2}$; en consecuencia, cumple con 1#3@20 cm

Si se hace la relación $\frac{0.64t/m^2}{1.25t/m^2} = 0.512 = 50\%$; esto quiere decir que la capacidad soportante de sistema tiene su máxima capacidad a un 50% de la profundidad, por lo que se podría profundizar hasta los 10 metros el pozo y aún cumpliría su capacidad y a los 12 metros se encontraría aproximadamente su capacidad máxima.

6.3. SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE ESTUDIO

6.3.1. Propuesta de solución

La finalidad de este proyecto final de graduación es dar solución al problema existente en el barrio Villa Ligia ubicado en el cantón de Pérez Zeledón, para lo cual se considera que el saneamiento en la zona es prácticamente inexistente. Cabe destacar que nunca se ha iniciado un proyecto de esta magnitud en la zona, por lo que se tuvo que realizar todos los estudios necesarios para la realización del diseño para que contemple un adecuado alcantarillado, de acuerdo con la necesidad y posteriormente tomar en consideración el presupuesto para la realización del proyecto.

Inicialmente se interviene la superficie para lograr entender cuál iba a ser el área de estudio en donde se pudo realizar un levantamiento de superficie y posteriormente alineamientos para la creación de los perfiles longitudinales por donde iba a pasar el nuevo alcantarillado sanitario.

Se realiza una propuesta inicial de diámetros de las tuberías y pendientes que iban a ser utilizadas en la red de alcantarillado para cada tramo de estudio, que posteriormente se verificaron en el diseño mediante la hoja de cálculo programada por el ingeniero Calixto Pacheco en donde se toma en cuenta lo establecido en la norma de diseño del AyA más actual.

En el diseño de la red de alcantarillado sanitario, se toma en consideración el cumplimiento de la velocidad máxima de 5m/s, la fuerza tractiva mayor a 0.10kg/m², el caudal mínimo que puede tener la red de 1.5 lps; datos con los cuales se puede tomar la decisión de qué diámetro de alcantarillado usar y así lograr el diseño óptimo. También se toma en consideración el cumplimiento geométrico que establece que la red de tuberías debe estar situada a un mínimo de 1.2 metros por debajo de la rasante de la carretera para evitar daños. Asimismo, se tomó en cuenta las profundidades de los pozos sanitarios, puesto que, de los 66 pozos, solo 4 necesitan un análisis estructural, pues su profundidad sobrepasa los 5 metros de profundidad, cálculo que se realiza mediante el software SAP 2000.

Por último, se determinó el costo promedio de la obra en donde se toma en consideración cada aspecto para la realización de esta, desde los trabajos preliminares como lo es la excavación de la zona de trabajo en donde va a ir ubicado cada pozo sanitario y la red de tubería, hasta la colocación de la tubería con su respectiva mano de obra y posteriormente sellado de la carretera con pavimento. Todos estos datos se pueden revisar en la hoja de Excel llamada "Presupuesto Alcantarillado Sanitario Pérez Zeledón Mauricio Sánchez Montero".

A continuación, se presentará un resumen del presupuesto para la realización de la obra.

Presupuesto Alcantarillado Sanitario

Ubicación: Villa Ligia Perez Zeldon

En el presupuesto se establecen los parámetros de cargas sociales, acarreos, imprevistos, utilidad y administración

LISTA DE ACTIVIDADES POR UNIDAD DE CONSTRUCCION						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL	Total de la actividad
Tubo PVC de 200 mm(8") 0.20 m	m	675	Un	€ 178 723.00	€ 120 638 025.00	€ 166 505 070.49
Tubo PVC de 250 mm(10") 0.25 m	m	0	Un	€ 249 659.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 300 mm(12") 0.30 m	m	0	Un	€ 327 258.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 350 mm(15") 0.375 m	m	0	Un	€ 431 824.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 400 mm(16") 0.40 m	m	0	Un	€ 526 543.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 450 mm(18") 0.45 m	m	0	Un	€ 621 263.00	€ -	€ -
Pozos pluviales	Un	1	Un	€ 65 775 334.79	€ 65 775 334.79	€ 65 775 334.79
Sistema Bombeo colector C	Un	0	Un	€ -	€ -	€ -
Sistema Bombeo colector A	Un	0	Un	€ -	€ -	€ -
Tubos prevista domiciliarias	Un	76	Un	€ 64 610.00	€ 4 931 896.67	€ 6 719 017.50
Silletas para previstas	Un	458	Un	€ 103 804.00	€ 47 542 232.00	€ 63 855 216.15
Excavacion Pozos y tubería	Global	1	Global	€ 56 650 000.00	€ 56 650 000.00	€ 56 650 000.00
Pavimentos	Global	1	Global	€ 80 014 873.10	€ 80 014 873.10	€ 80 014 873.10
						Total
						€ 439 519 512.03

Ilustración 36 Presupuesto

Fuente: El autor 2020

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Para el desarrollo del proyecto se descartaron diferentes metodologías que se tenían previstas en el inicio y se recurrió a otra metodología. Todo esto en la obtención de la superficie para la conceptualización del área de estudio y todo lo que él requería, por lo que se llevó a cabo todos los estudios preliminares para la obtención de la superficie necesaria para el desarrollo del proyecto mediante el programa Civil3D satisfactoriamente y posteriormente proceder al diseño de la red sanitaria mediante el programa Excel, cumpliendo lo establecido en la norma técnica para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial vigente del AyA.

Se establecieron con satisfacción los parámetros requeridos para el diseño, tales como la cantidad de población que impactara el proyecto, dato que se obtuvo del último censo realizado en el país por el INEC y, tomando en consideración el inexistente alcantarillado sanitario en la zona, se realizó un mapeo con la propuesta de diseño que posteriormente se comprobó mediante la hoja de cálculo del ingeniero Calixto Pacheco.

Se realizó la propuesta de material PVC como un convenio con la municipalidad, ya que constructivamente facilita el proceso debido a la cantidad de previstas domiciliarles que lleva el proyecto. También se establece una propuesta de diámetro para el alcantarillado sanitario que posteriormente se verifica mediante la hoja de Excel programada por el ingeniero Calixto Pacheco en donde se toman en consideración todos los parámetros requeridos por la norma técnica para diseño y construcción de sistema de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial 2017.

Se diseñaron los planos constructivos, según los establecido en la norma técnica para diseño y construcción de sistema de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial 2017, en donde se puede apreciar la ubicación de los pozos, diámetro de las tuberías por utilizar a lo largo de la red de alcantarillado sanitario, pendientes en los tramos de estudio y materiales utilizados; todo esto tomando en cuenta

las características requeridas, tanto geométricas, como mecánicas y se concluye que se está cumpliendo con lo requerido.

Se llevó a cabo la realización del presupuesto detallado en donde se establecen los diferentes parámetros que debe contener el proyecto para que se haga realidad. En este se toman en cuenta los materiales que se van a utilizar, la fabricación de los pozos sanitarios, trabajos preliminares como la excavación por donde va a pasar la red de alcantarillado y la excavación de los pozos sanitarios. Se puede observar que la inversión del 54% aproximadamente de la obra, se da en la compra y colocación del tubo PVC utilizado en el proyecto, siendo el pavimento, pozos sanitarios y excavación, entre otros, los demás rubros que conforman la totalidad del porcentaje faltante en ese orden citado.

7.2. Recomendaciones

Se propone como recomendación la creación de la planta de tratamiento de aguas residuales contiguo al actual proyecto efectuado, específicamente en la zona de la cual es propietaria la Municipalidad de Pérez Zeledón, ya que la planta de oxidación con la que cuenta el cantón, se encuentra obsoleta hace ya varios años y no da abasto para futuros proyectos de saneamiento.

Se recomienda un correcto mantenimiento de las tuberías que formaran parte de la red sanitaria, mediante mantenimientos programados con el fin de que el mantenimiento de la red sanitaria sea preventivo y no correctivo y evitar daños económicos más grandes y también evitar que cambie las condiciones establecidas inicialmente en el diseño.

Se recomienda al ente encargado o a la institución encargada de la construcción del alcantarillado sanitario, en este caso la Municipalidad de Pérez Zeledón, que se tome en consideración la creación de un sistema de bombeo en la zona de la Escuela de Villa Ligia, puesto que las condiciones topográficas no permiten la conducción de las aguas sanitarias por gravedad.

Se recomienda en el momento de ejecución del proyecto, tomar en consideración los cambios que pueda sufrir el presupuesto debido al paso del tiempo, por lo que se puede elevar el costo en los materiales.

Se recomienda en el momento de ejecución del proyecto, verificar que se esté utilizando los parámetros establecidas en la norma técnica para diseño y construcción de sistema de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del AyA en su versión más actual, ya que puede sufrir algunos cambios.

Se propone como recomendación la realización de un estudio de suelo para encontrar la caracterización del suelo de la zona de estudio, en caso de que se necesiten este tipo de datos en alguna zona del proyecto por ejecutar.

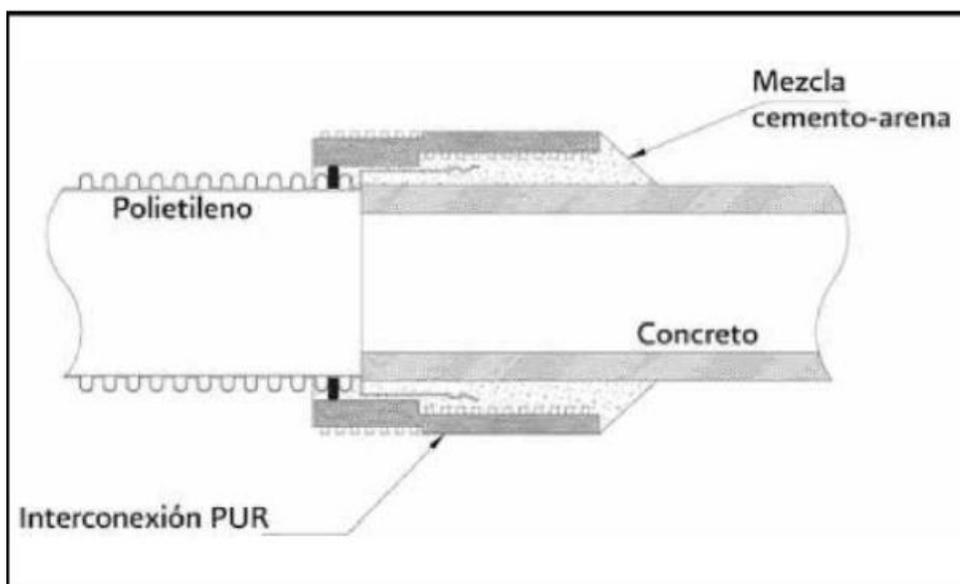
Se propone como recomendación la utilización de la geología de la hoja San Isidro, Costa Rica para la toma de decisiones respecto a la excavación de la zona de estudio y así lograr entender mejor cuál es el suelo con el que se está trabajando.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agua, M. d. (2007). *Manual de operacion y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en areas rurales*. La Paz Bolivia: ABBASE LTDA.
- Ávila, L. (24 de Julio de 2019). Por que Costa Rica tiene baja cobertura de alcantarillado sanitario . *El Financiero* , pág. 1.
- AyA. (2017). *Norma tecnica para diseño y construccion de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvia*. San Jose Costa Rica.
- Calvo, M. S. (2012). *Manual de las aguas residuales industriales*. Madrid España: McGrawHill.
- ENAHO. (2012). San Jose Costa Rica .
- Fallas, F. R. (2012). *Gestión de las excretas y aguas residuales en Costa Rica*. San Jose Costa Rica.
- INEC. (2016). San Jose Costa Rica .
- Salud-AyA, M.-M. d. (2016). *Política nacional de saneamiento de aguas residuales*. San Jose Costa Rica .
- SIAPA. (2014). *Lineamientos tecnicos para factibilidades*. Mexico .

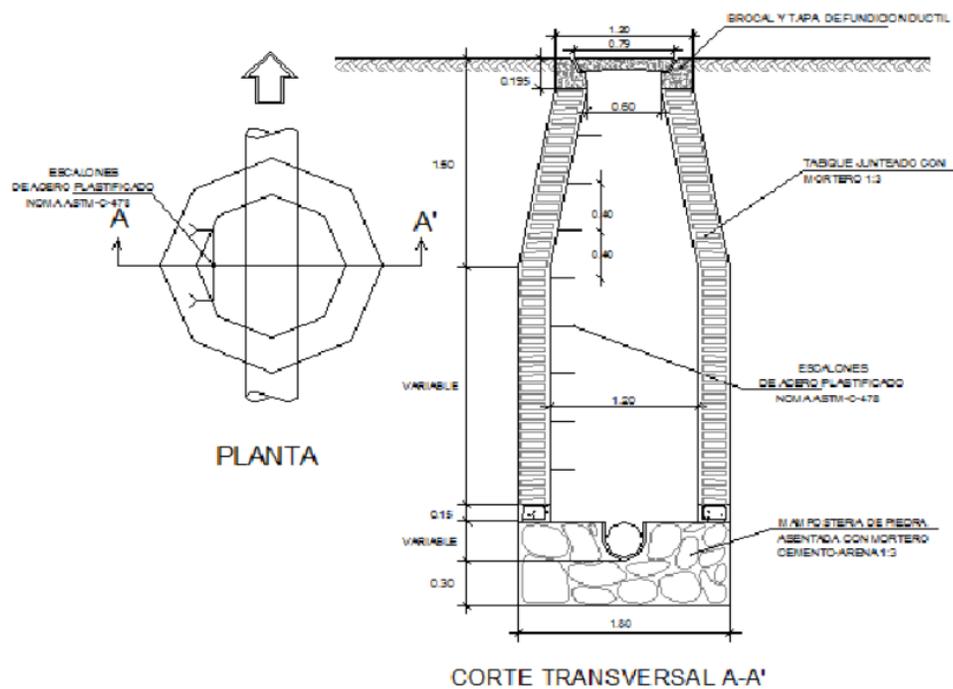
9. ANEXO 1 DETALLES ESTRUCTURALES

Conexión de concreto



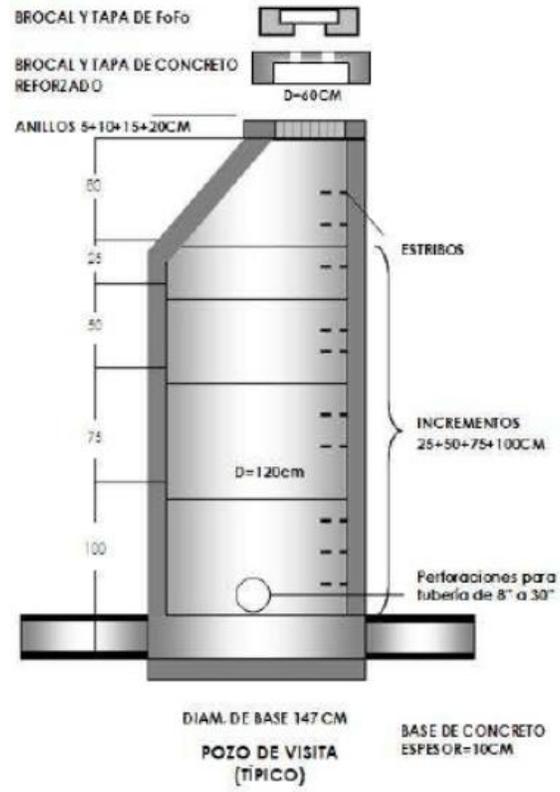
(SIAPA, 2014)

Pozo vista común



(SIAPA, 2014)

Pozos prefabricados de concreto



(SIAPA, 2014)

10. ANEXO 2 DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO (CONTENIDO MÍNIMO DE INFORMACIÓN) Y PRESUPUESTO.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados										Diseño de Alcantarillado Sanitario			Fecha:	01/08/2020		Proyecto:	Proyecto Uno		
Parámetros:		Población:			3.4 hab/UH			Dotación agua potable:			300 l.p.d			Factor de Retorno (FR) =		0.80		Aguas de infiltración de lluvia (Q)	
Línea (Colector o Ramal)	Perfil Básico					Proyecto					Caudales en los tramos								
	Tramo					Unidades Habitacionales en el Tramo	Área Tributaria del Tramo	Densidad Calculada en el Tramo	Población de diseño en el Tramo (Sin Plan Regulador)	Caudal promedio diario neto de agua potable	Caudal promedio de agua residual ordinaria	Aguas residuales especiales o caudal promedio de agua residual especial	Contribuciones externas	Aguas de infiltración de lluvia	Caudal promedio de aguas residuales	Caudal mínimo	Caudal máximo		
	De Pozo	A Pozo		L	SR													N°	A
	Nombre	Elevación de Entrada	Nombre	Elevación de Salida	m	%	UH	Ha	UH/Ha	hab/Ha	hab	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	l.p.s	
Ejemplo N° 3 Sin Plan Regulador																			
PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1 COLECTOR A																			
A	PS A 8	705.64	PS A 9	702.04	81.82	4.40%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.02	0.09	0.19	0.22
												Subtotal Acumulado =		0.02	0.09	0.19	0.22		
PERFIL EJE DE VIA TERCIARIA 1																			
A	PS A 1	706.63	PS A 2	706.47	10.27	1.56%	2	0.300	7	23	7	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04
												Subtotal Acumulado =		0.00	0.02	0.04	0.04		
A	PS A 2	706	PS A 3	704.12	60.30	3.12%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.02	0.08	0.15	0.18
												Subtotal Acumulado =		0.02	0.09	0.19	0.22		
A	PS A 3	703.43	PS A 4	702.72	18.70	3.80%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	0.17
												Subtotal Acumulado =		0.02	0.17	0.33	0.39		
A	PS A 4	702.50	PS A 5	699.92	94.09	2.74%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.02	0.08	0.16	0.19
												Subtotal Acumulado =		0.05	0.25	0.49	0.58		
A	PS A 5	699.90	PS A 6	698.68	50.09	2.44%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.01	0.08	0.15	0.18
												Subtotal Acumulado =		0.06	0.32	0.64	0.75		
A	PS A 6	698.66	PS A 7	698.50	32.70	0.49%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.01	0.08	0.14	0.17
												Subtotal Acumulado =		0.07	0.40	0.78	0.92		
A	PS A 7	698.50	PS A 9	698.44	10.97	0.55%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14	0.17
												Subtotal Acumulado =		0.07	0.47	0.92	1.09		
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 9	698.44	PS A 13	698.15	29.50	0.98%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.21
												Subtotal Acumulado =		0.09	0.57	1.29	1.53		
A	PS A 13	696.68	PS A 14	696.38	37.97	0.79%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.21
												Subtotal Acumulado =		0.10	0.66	1.47	1.74		
A	PS A 14	696.38	PS A 15	696.15	29.00	0.79%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.16	0.19
												Subtotal Acumulado =		0.11	0.75	1.63	1.93		
PERFIL EJE DE VIA TERCIARIA 2																			
A	PS A 10	700.38	PS A 11	699.23	96.10	1.20%	11	0.300	37	125	37	0.13	0.10	0.00	0.00	0.02	0.10	0.21	0.25
												Subtotal Acumulado =		0.02	0.10	0.21	0.25		
A	PS A 11	699.23	PS A 12	698.54	46.27	1.49%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.11
												Subtotal Acumulado =		0.04	0.15	0.31	0.36		
A	PS A 12	698.54	PS A 15	696.73	44.19	4.10%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.11
												Subtotal Acumulado =		0.05	0.20	0.40	0.48		
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 15	696.15	PS A 16	695.94	20.20	1.04%	13	0.300	43	147	44	0.15	0.12	0.00	0.00	0.01	0.12	0.23	0.27
												Subtotal Acumulado =		0.15	0.94	2.26	2.67		
A	PS A 16	695.94	PS A 17	695.15	92.73	0.85%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.02	0.09	0.18	0.21
												Subtotal Acumulado =		0.18	1.03	2.43	2.88		
A	PS A 17	693.98	PS A 21	693.03	48.23	1.97%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.17	0.20
												Subtotal Acumulado =		0.19	1.11	2.60	3.08		
A	PS A 21	693.03	PS A 22	692.57	56.97	0.81%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.17	0.20
												Subtotal Acumulado =		0.20	1.20	2.77	3.28		
PERFIL EJE DE VIA TERCIARIA 3																			
A	PS A 18	701.33	PS A 19	700	24.18	5.50%	3	0.300	10	34	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.07
												Subtotal Acumulado =		0.01	0.03	0.06	0.07		
A	PS A 19	700.08	PS A 20	698.63	25.30	5.73%	3	0.300	10	34	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.07
												Subtotal Acumulado =		0.01	0.06	0.11	0.13		
A	PS A 20	698.63	PS A 22	696.07	42.73	5.99%	3	0.300	10	34	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.07
												Subtotal Acumulado =		0.02	0.09	0.18	0.21		
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 22	692.57	PS A 25	691.73	104.88	0.80%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.03	0.14	0.28	0.33
												Subtotal Acumulado =		0.23	1.28	3.22	3.81		

PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 4																			
A	PS A 23	697.78	PS A 24	695.12	51.27	5.19%	6	0.300	20	68	20	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.11	0.14
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.06	0.11	0.14
A	PS A 24	695.12	PS A 25	692.48	42.98	6.14%	6	0.300	20	68	20	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.11	0.13
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.11	0.23	0.27
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 25	691.73	PS A 28	688.26	98.95	3.51%	12	0.300	40	136	41	0.14	0.11	0.00	0.00	0.02	0.11	0.23	0.27
														Subtotal Acumulado =		0.25	1.40	3.68	4.35
PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 5																			
A	PS A 26	691.02	PS A 27	689.48	50.55	3.05%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.01	0.08	0.15	0.18
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.08	0.15	0.18
A	PS A 27	689.48	PS A 28	688.26	45.48	2.68%	8	0.300	27	91	27	0.09	0.08	0.00	0.00	0.01	0.08	0.15	0.17
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.15	0.30	0.35
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 28	687.37	PS A 31	686.89	97.42	0.49%	16	0.300	53	181	54	0.19	0.15	0.00	0.00	0.02	0.15	0.30	0.35
														Subtotal Acumulado =		0.27	1.55	4.27	5.05
PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 6																			
A	PS A 29	687.98	PS A 30	687.44	53.96	1.00%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.22
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.09	0.18	0.22
A	PS A 30	687.4	PS A 31	687.19	41.12	0.51%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.21
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.19	0.36	0.43
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 31	686.59	PS A 33	686.39	98.18	0.20%	16	0.300	53	181	54	0.19	0.15	0.00	0.00	0.02	0.15	0.30	0.35
														Subtotal Acumulado =		0.30	1.74	4.93	5.84
PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 7																			
A	PS A 32	687.9	PS A 33	687.4	97.84	0.51%	14	0.300	47	159	48	0.17	0.13	0.00	0.00	0.02	0.13	0.26	0.31
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.13	0.26	0.31
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 1																			
A	PS A 33	685.81	PS A 34	685.7	47.56	0.23%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.22
														Subtotal Acumulado =		0.32	1.87	5.38	6.36
A	PS A 34	685.43	PS B 5	685.91	49.55	-0.97%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.18	0.22
														Subtotal Acumulado =		0.33	1.96	5.74	6.79
FIN DEL COLECTOR A																			

PERFIL EJE DE VIA PRIMARIA COLECTOR B																			
B	PS B 1	701.63	PS B 2	697.85	91.15	4.15%	12	0.300	40	136	41	0.14	0.11	0.00	0.00	0.02	0.11	0.23	0.27
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.11	0.23	0.27
B	PS B 2	697.87	PS B 3	690.47	97.00	7.63%	11	0.300	37	125	37	0.13	0.10	0.00	0.00	0.02	0.10	0.21	0.25
														Subtotal Acumulado =		0.05	0.22	0.44	0.52
B	PS B 3	688.56	PS B 4	687.39	99.40	1.18%	13	0.300	43	147	44	0.15	0.12	0.00	0.00	0.02	0.12	0.25	0.29
														Subtotal Acumulado =		0.07	0.34	0.68	0.81
B	PS B 4	687.03	PS B 5	686.35	96.78	0.70%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.28	0.33
														Subtotal Acumulado =		0.10	0.48	0.96	1.14
UNION COLECTOR A CON COLECTOR B																			
A,B	PS A 34	684.56	PS B 5	685.99	48.35	-2.96%	14	0.300	47	159	48	0.17	0.13	0.00	0.00	0.01	0.13	0.25	0.30
														Subtotal Acumulado =		0.43	2.45	6.70	7.93
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA PRIMARIA																			
B	PS B 5	685.07	PS B 9	684.87	99.60	0.20%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.28	0.33
														Subtotal Acumulado =		0.45	2.59	6.98	8.26
PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 8																			
B	PS B 6	690.01	PS B 7	689.39	26.16	2.37%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	0.09	0.11
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.05	0.09	0.11
B	PS B 7	688.25	PS B 8	687.68	66.33	0.86%	3	0.300	10	34	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.03	0.07	0.08
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.08	0.16	0.19
B	PS B 8	687.68	PS B 9	686.92	87.54	0.87%	3	0.300	10	34	10	0.04	0.03	0.00	0.00	0.02	0.03	0.07	0.08
														Subtotal Acumulado =		0.05	0.10	0.23	0.27
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA PRIMARIA																			
B	PS B 9	684.27	PS B 12	684.66	107.66	-0.36%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.03	0.09	0.20	0.23
														Subtotal Acumulado =		0.50	2.69	7.41	8.76
B	PS B 12	683.41	PS B 13	683.37	11.01	0.36%	10	0.300	33	113	34	0.12	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.17	0.21
														Subtotal Acumulado =		0.50	2.79	7.59	8.97
PERFIL EJE DE VIA TERCARIA 11																			
B	PS B 10	689.97	PS B 11	689.28	19.67	3.51%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09	0.11
														Subtotal Acumulado =		0.00	0.05	0.09	0.11
B	PS B 11	689.23	PS B 13	687.54	59.04	2.86%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.01	0.05	0.10	0.12
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.09	0.19	0.22

CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA PRIMARIA																			
B	PS B 13	683.32	PS B 14	682.54	51.58	1.51%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.17	0.20
														Subtotal Acumulado =		0.52	2.88	7.77	9.19
B	PS B 14	682.54	PS B 15	681.76	39.30	1.98%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.16	0.19
														Subtotal Acumulado =		0.53	2.97	7.94	9.39
B	PS B 15	681.76	PS B 16	685.9	46.55	-8.89%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.01	0.09	0.16	0.20
														Subtotal Acumulado =		0.54	3.05	8.10	9.58
B	PS B 16	685.90	PS B 17	687.37	16.33	-9.00%	9	0.300	30	102	31	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.09	0.16	0.19
														Subtotal Acumulado =		0.55	3.14	8.26	9.77
FIN COLECTOR B																			

Fuente: El autor 2020

PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIO 2 COLECTOR C																			
C	P S C 1	695.74	P S C 2	695.19	36.64	1.50%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.01	0.14	0.26	0.32
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.14	0.26	0.32
C	P S C 2	694.89	P S C 3	691.86	105.80	2.86%	21	0.300	70	238	71	0.25	0.20	0.00	0.00	0.03	0.20	0.38	0.45
														Subtotal Acumulado =		0.04	0.34	0.65	0.77
C	P S C 3	690.60	P S C 4	687.95	94.24	2.81%	12	0.300	40	136	41	0.14	0.11	0.00	0.00	0.02	0.11	0.23	0.27
														Subtotal Acumulado =		0.06	0.45	0.88	1.04
C	P S C 4	687.95	P S C 5	685.92	66.91	3.03%	12	0.300	40	136	41	0.14	0.11	0.00	0.00	0.02	0.11	0.22	0.26
														Subtotal Acumulado =		0.08	0.57	1.10	1.30
C	P S C 5	684.68	P S C 8	684.45	39.90	0.58%	2	0.300	7	23	7	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05
														Subtotal Acumulado =		0.09	0.59	1.14	1.35
PERFIL EJE DE VIA TERCIAIA 9																			
C	P S C 6	688.48	P S C 7	687.81	27.90	2.40%	6	0.300	20	68	20	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.11	0.13
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.06	0.11	0.13
C	P S C 7	687.82	P S C 8	685.98	23.44	7.85%	6	0.300	20	68	20	0.07	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.11	0.13
														Subtotal Acumulado =		0.01	0.11	0.22	0.26
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 2																			
C	P S C 8	684.45	P S C 9	684.3	76.80	0.20%	16	0.300	53	181	54	0.19	0.15	0.00	0.00	0.02	0.15	0.29	0.35
														Subtotal Acumulado =		0.10	0.70	1.65	1.95
C	P S C 9	683.84	P S C 10	683.8	96.44	0.04%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.28	0.33
														Subtotal Acumulado =		0.12	0.84	1.93	2.28
C	P S C 10	683.07	P S C 11	683.13	53.70	-0.11%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.01	0.14	0.27	0.32
														Subtotal Acumulado =		0.14	0.98	2.20	2.60
C	P S C 11	684.78	P S C 15	684.65	50.60	0.26%	7	0.300	23	79	24	0.08	0.07	0.00	0.00	0.01	0.07	0.13	0.16
														Subtotal Acumulado =		0.15	1.05	2.33	2.76
PERFIL EJE DE VIA TERCIAIA 10																			
C	P S C 12	688.59	P S C 13	687.29	78.82	1.65%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.27	0.33
														Subtotal Acumulado =		0.02	0.14	0.27	0.33
C	P S C 13	687.29	P S C 14	686.43	77.34	1.11%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.27	0.33
														Subtotal Acumulado =		0.04	0.28	0.55	0.65
C	P S C 14	686.43	P S C 15	685.71	71.52	1.01%	15	0.300	50	170	51	0.18	0.14	0.00	0.00	0.02	0.14	0.27	0.32
														Subtotal Acumulado =		0.06	0.43	0.82	0.97
CONTINUACION PERFIL EJE DE VIA SECUNDARIA 2																			
C	P S C 15	682.23	P S B 17	687.37	69.14	-7.43%	5	0.300	17	57	17	0.06	0.05	0.00	0.00	0.02	0.05	0.10	0.12
														Subtotal Acumulado =		0.21	1.47	3.25	3.85
FIN DEL COLECTOR C																			

Fuente: El autor 2020

Presupuesto Alcantarillado Sanitario

Ubicación: Villa Ligeia Perez Zeldon

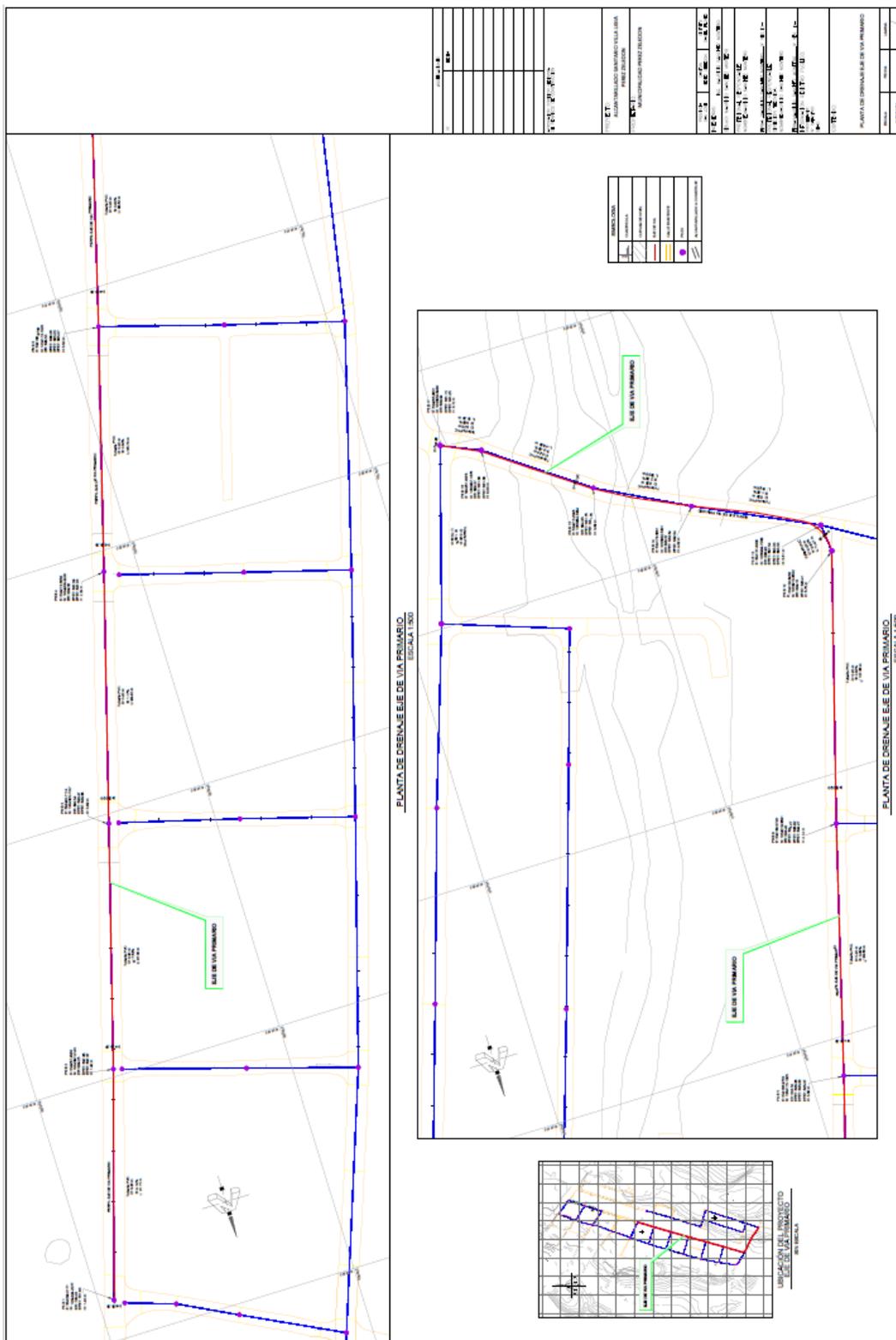
En el presupuesto se establecen los parámetros de cargas sociales, acarreo, imprevisos, utilidad y administración

LISTA DE ACTIVIDADES POR UNIDAD DE CONSTRUCCION

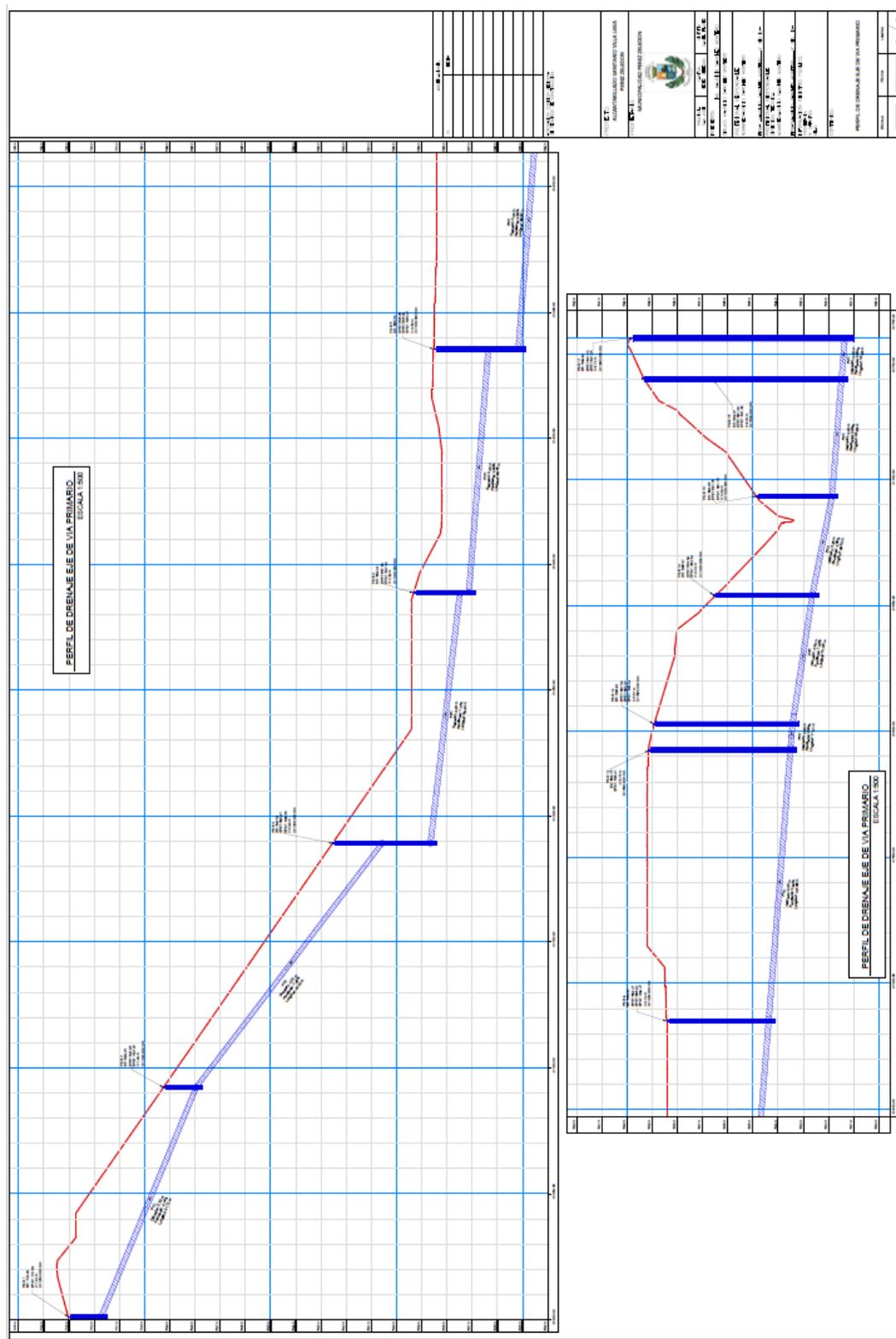
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL	Total de la actividad
Tubo PVC de 200 mm(8") 0.20 m	m	675	Un	€ 178 723.00	€ 120 638 025.00	€ 166 505 070.49
Tubo PVC de 250 mm(10") 0.25 m	m	0	Un	€ 249 659.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 300 mm(12") 0.30 m	m	0	Un	€ 327 258.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 350 mm(15") 0.375 m	m	0	Un	€ 431 824.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 400 mm(16") 0.40 m	m	0	Un	€ 526 543.00	€ -	€ -
Tubo PVC de 450 mm(18") 0.45 m	m	0	Un	€ 621 263.00	€ -	€ -
Pozos pluviales	Un	1	Un	€ 65 775 334.79	€ 65 775 334.79	€ 65 775 334.79
Sistema Bombeo colector C	Un	0	Un	€ -	€ -	€ -
Sistema Bombeo colector A	Un	0	Un	€ -	€ -	€ -
Tubos prevista domiciliarios	Un	76	Un	€ 64 610.00	€ 4 931 896.67	€ 6 719 017.50
Silletas para previstas	Un	458	Un	€ 103 804.00	€ 47 542 232.00	€ 63 855 216.15
Excavacion Pozos y tubería	Global	1	Global	€ 56 650 000.00	€ 56 650 000.00	€ 56 650 000.00
Pavimentos	Global	1	Global	€ 80 014 873.10	€ 80 014 873.10	€ 80 014 873.10
Total						€ 439 519 512.03

Fuente: El autor 2020

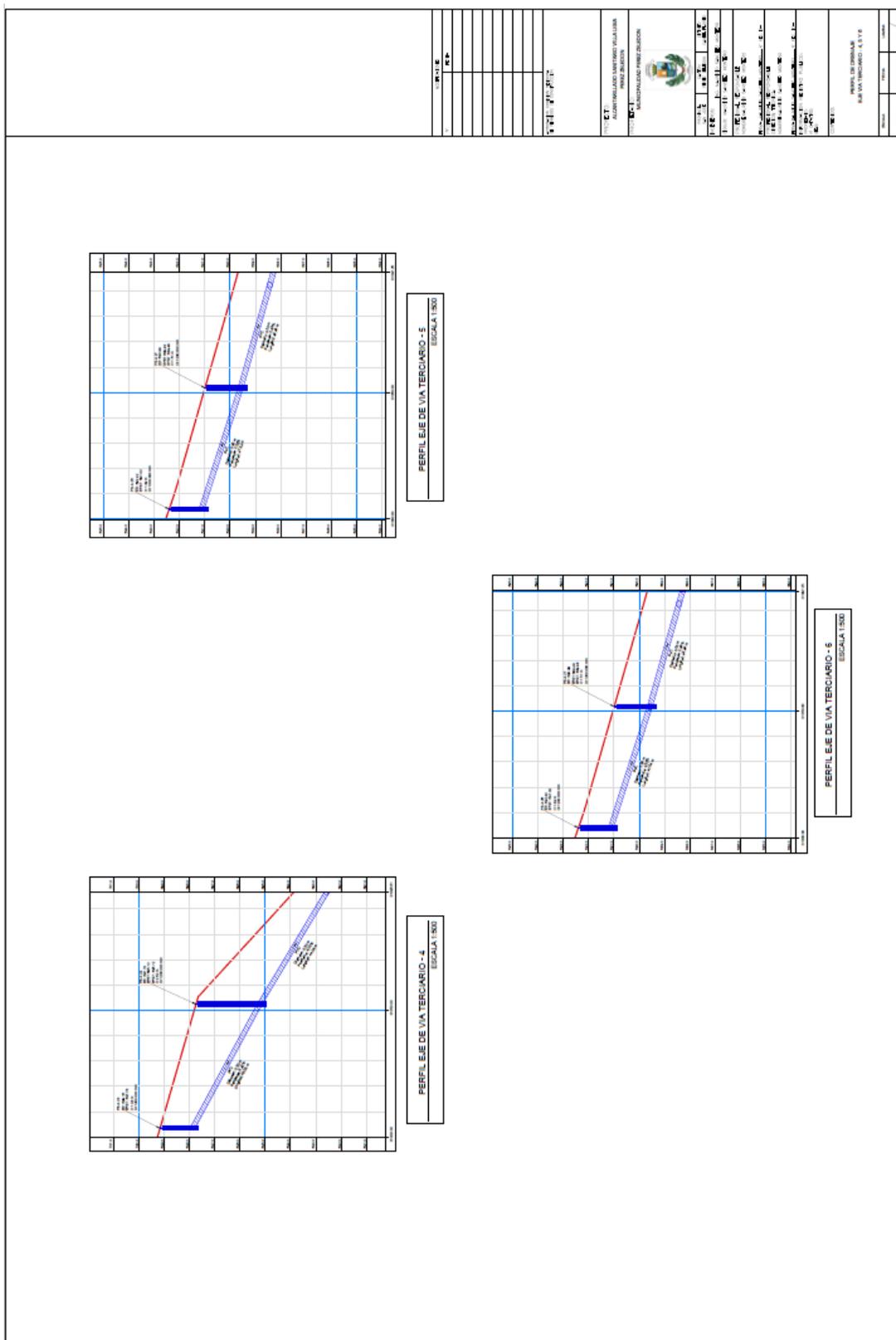
PLANTA DRENAJE EJE PRIMARIO



PERFIL DRENAJE EJE PRIMARIO



PERFIL DRENAJE EJE TERCIARIO-4-5 Y 6

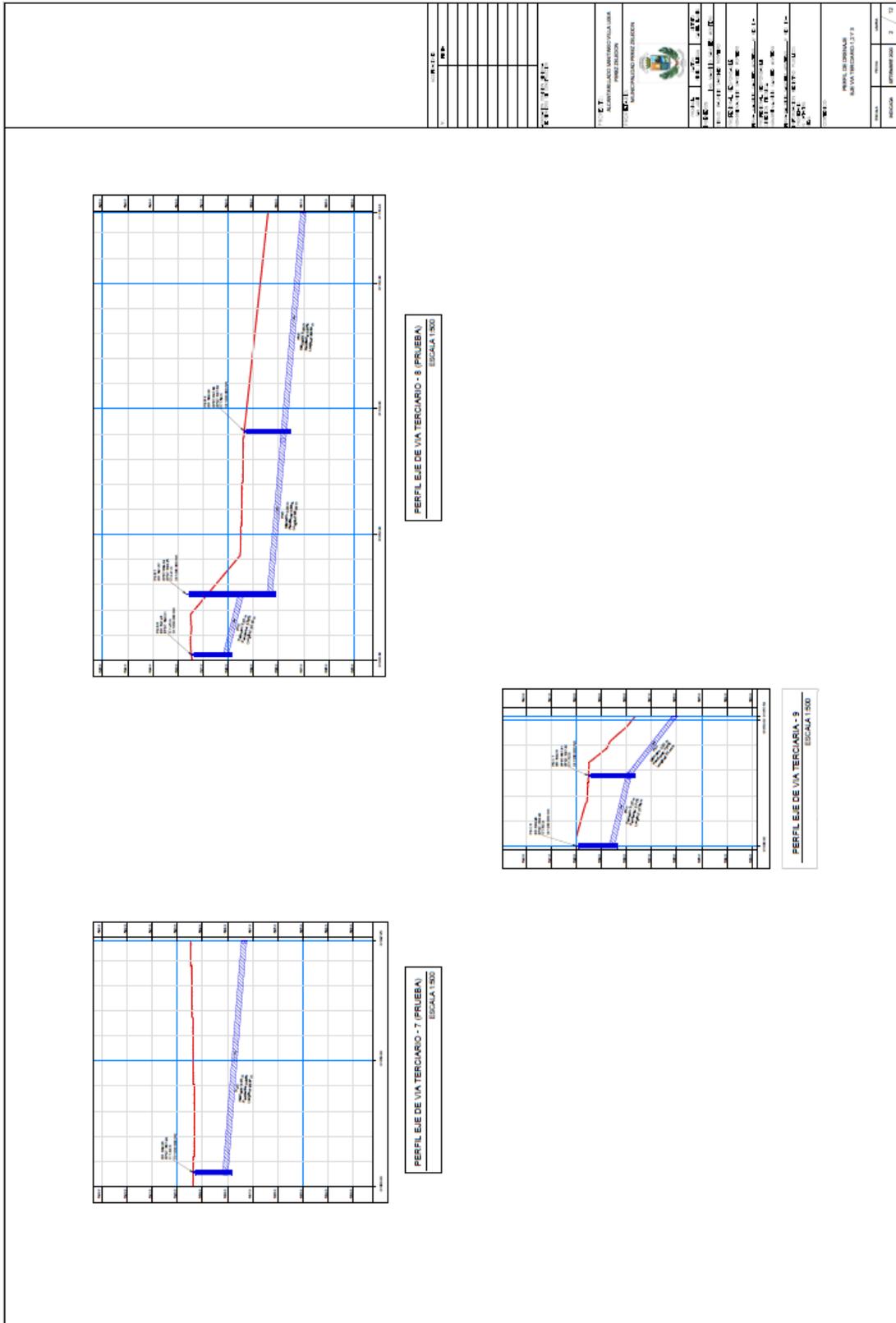


PROYECTO	PERFIL DE VIA TERCIARIO - 4, 5 Y 6
FECHA	
ESTADO	
PROYECTANTE	
REVISOR	
APROBADO	
PROYECTO	PERFIL DE VIA TERCIARIO - 4, 5 Y 6
FECHA	
ESTADO	
PROYECTANTE	
REVISOR	
APROBADO	
PROYECTO	PERFIL DE VIA TERCIARIO - 4, 5 Y 6
FECHA	
ESTADO	
PROYECTANTE	
REVISOR	
APROBADO	



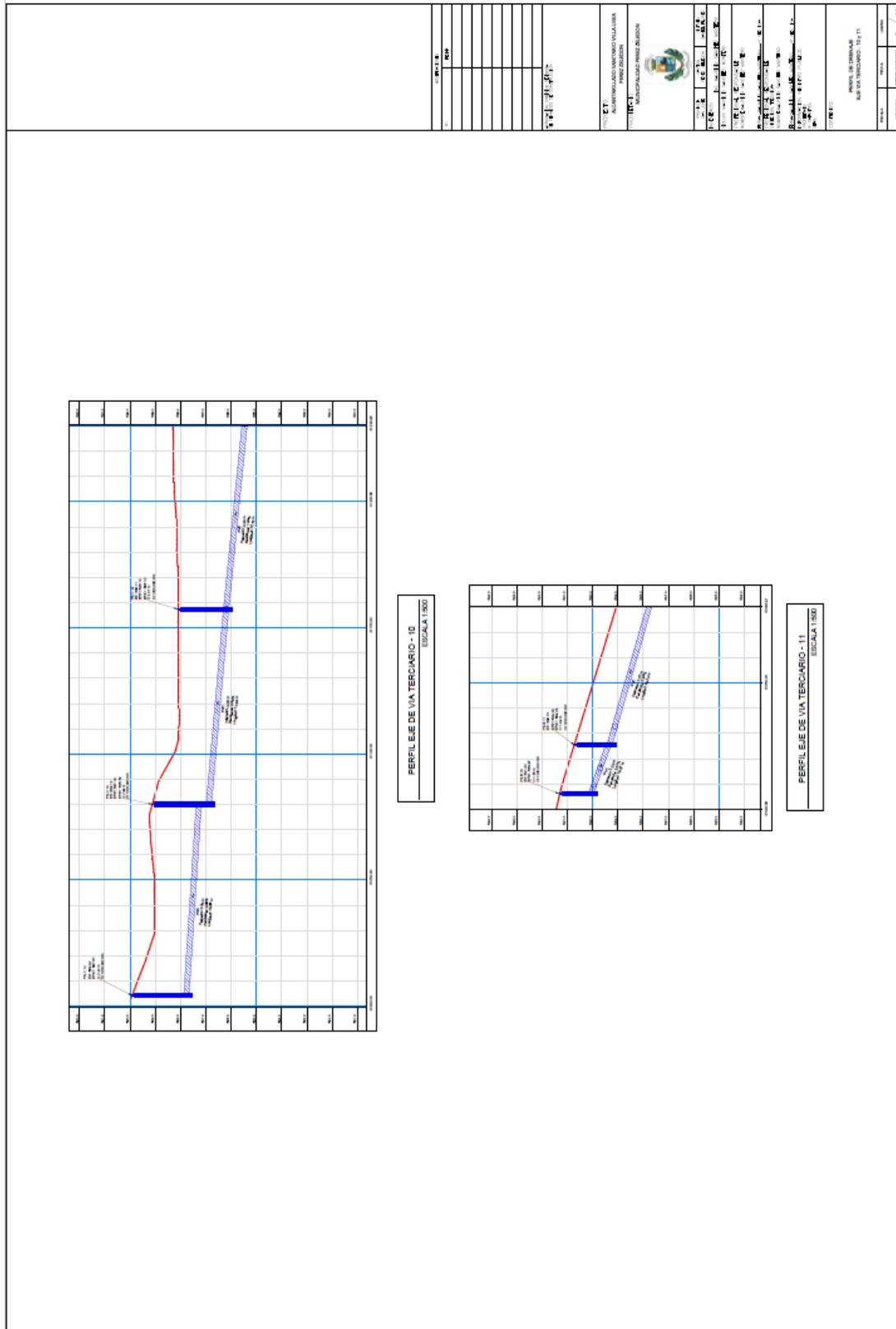
SECRETARÍA DE PLANEACIÓN
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE TRANSPORTES
SECRETARÍA DE VIVIENDA Y SERVICIOS BÁSICOS
SECRETARÍA DE ECONOMÍA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD
SECRETARÍA DE CULTURA
SECRETARÍA DE DEPORTE
SECRETARÍA DE TURISMO
SECRETARÍA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AMBIENTE
SECRETARÍA DE ENERGÍA
SECRETARÍA DE FOMENTO
SECRETARÍA DE JUSTICIA
SECRETARÍA DE TRABAJO
SECRETARÍA DE VIVIENDA Y SERVICIOS BÁSICOS
SECRETARÍA DE ECONOMÍA
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD
SECRETARÍA DE CULTURA
SECRETARÍA DE DEPORTE
SECRETARÍA DE TURISMO
SECRETARÍA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AMBIENTE
SECRETARÍA DE ENERGÍA
SECRETARÍA DE FOMENTO
SECRETARÍA DE JUSTICIA
SECRETARÍA DE TRABAJO

PERFIL DRENAJE EJE TERCIARIO-7-8 Y 9



R.U.C.	
R.P.	
R.F.	
R.C.	
R.E.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	
R.W.	
R.X.	
R.Y.	
R.Z.	
R.A.	
R.B.	
R.C.	
R.D.	
R.E.	
R.F.	
R.G.	
R.H.	
R.I.	
R.J.	
R.K.	
R.L.	
R.M.	
R.N.	
R.O.	
R.P.	
R.Q.	
R.R.	
R.S.	
R.T.	
R.U.	
R.V.	

PERFIL DRENAJE EJE TERCIARIO-10-11



12. GLOSARIO

Captación: Equipamiento e infraestructura necesarios para obtener el agua de una fuente de abastecimiento superficial o también subterránea.

Conexión: Unión de un sistema de abastecimiento de agua o de saneamiento.

Periodo de diseño: Tiempo para el cual está el diseño, el sistema y sus componentes.

Presión nominal: Presión máxima que se encuentra sometida una tubería en su interior.

Presión máxima de trabajo: Valor máximo de presión de agua que soporta un tubo y que es capaz de soportar continuamente.

Prevista: Sección de tubería que se instala, según lo requerido desde la red de distribución y hasta el punto de conexión.

Desarrollo urbanístico: Proyecto de infraestructura con fines urbanos.

Red terciaria: Se refiere a la red que se encuentra en la vía pública y esta se conecta a la red privada; todo esto mediante una prevista.

Servidumbre de paso: Derecho de instalación de una tubería de agua o de alcantarillado de aguas negras.

Sifón sanitario: Conducto subterráneo encargado de transportar las aguas sanitarias hasta la red terciaria.