

Luki María Tagual Machán

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO.**



Asesor General Metodológico:
M.A. Pablo Ismael Carbajal Estevez.

Universidad Rural de Guatemala.
Facultad de Ingeniería.

Guatemala, junio 2023.

Informe final de graduación.

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO.**



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Luki María Tagual Machán.

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciada en
Ingeniera Civil con Énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, junio 2023.

Informe final de graduación.

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO**



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala.

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, junio 2023.

Esta tesis fue presentada por la autora, previo a obtener el título universitario de Licenciada en Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales.

Prólogo

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con énfasis en construcciones rurales, en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Para que se haya realizado la investigación existen razones muy válidas, entre las que se encuentran: proveer una fuente de información confiable para otros profesionales, estudiantes, o entidades que estén interesados en el tema y que puedan utilizarla para el fin que han propuesto, por ejemplo, una investigación o material de apoyo, similar al tema de esta investigación.

Uno de los objetivos de la presente propuesta es plantear una solución a la problemática ayudado por los conocimientos adquiridos durante el período de estudios en área de obra civil, así mismo mediate la investigación de términos necesarios en el tema abordado.

El propósito fundamental de la presente investigación es reducir pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

Presentación

Este trabajo de graduación a nivel de Licenciatura se presenta con el título “Plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo por inundaciones, como consecuencia principal de faltar un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a la unidad ejecutora de la municipalidad en función de implementar el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en dicho municipio.

Así mismo realizar alianzas con entidades que puedan fortalecer y dotar de conocimientos a los habitantes del sector en cuanto a cómo actuar en si existieran inundaciones en época de invierno, como también poder llevar a cabo un dato estadístico que servirá para verificar el comportamiento de las pérdidas en el sector y como vendrían a aportar estos datos en la eliminación de la problemática.

La actividad investigativa que se realizó ayuda como aporte para buscar la solución para evitar las inundaciones en las viviendas del cantón. De igual manera, se presenta el fortalecimiento de la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general; así como un programa de capacitación sobre riesgos por inundaciones para la población.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 Planteamiento del problema	3
I.2 Hipótesis	4
I.3 Objetivos	4
I.3.1 Objetivo general	4
I.3.2 Objetivo específico.....	5
I.4 Justificación	5
I.5 Metodología	7
I.5.1 Métodos	7
I.5.2 Técnicas	9
II. MARCO TEÓRICO	11
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	89
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
IV.1 Conclusiones	101
IV.2 Recomendaciones.....	102
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Pág.
1.	Habitantes que indican que han tenido pérdidas económicas en época de invierno en sus viviendas.....	90
2.	Habitantes que han observado las calles en mal estado.....	91
3.	Para los habitantes, el tiempo del tránsito vehicular ha sido.....	92
4.	Habitantes que indican que las viviendas han sufrido daño en época de invierno.....	93
5.	Habitantes que indican que han existido accidentes en época de invierno.	94
6.	Integrantes del concejo municipal que dice que existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo.....	95
7.	Integrantes del concejo municipal que indican que destinan presupuesto para la construcción de alcantarillados en el cantón San Pedro y San Pablo.....	96
8.	Integrantes del concejo municipal que indicaron que cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles.....	97
9.	Integrantes del concejo municipal que dicen que han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo.....	98
10.	Integrantes del concejo municipal que dicen que cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo.	99
11.	Integrantes del concejo municipal que dicen que existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.....	100

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No.	Contenido	Pág.
11.	Habitantes que indican que han tenido pérdidas económicas en época de invierno en sus viviendas.....	90
12.	Habitantes que han observado las calles en mal estado.....	91
13.	Para los habitantes, el tiempo del tránsito vehicular ha sido.....	91
14.	Habitantes que indican que las viviendas han sufrido daño en época de invierno.....	93
15.	Habitantes que indican que han existido accidentes en época de invierno.	94
16.	Integrantes del concejo municipal que dice que existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo.....	95
17.	Integrantes del concejo municipal que indican que destinan presupuesto para la construcción de alcantarillados en el cantón San Pedro y San Pablo.....	96
18.	Integrantes del concejo municipal que indicaron que cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles.....	97
19.	Integrantes del concejo municipal que dicen que han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo.....	98
20.	Integrantes del concejo municipal que dicen que cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo.	99
21.	Integrantes del concejo municipal que dicen que existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Pág.
1.	Intensidad de lluvia en el cantón san Pedro y san Pablo.....	13
2.	Pluviómetro, INSIVHUME.....	15
3.	Procesos básicos de escorrentía.....	20
4.	Volumen de escorrentía.....	21
5.	Sistema de alcantarillado pluvial.....	26
6.	Estructuras de captación.	28
7.	Obras de conducción.....	29
8.	Estructuras de conexión y mantenimiento.....	30
9.	Dimensiones mínimas para pozos de visita.....	31
	Diámetros mínimos de los pozos de visita.	31
10.	Estructuras de vertido.....	33
11.	Estructuras de cruce.....	35
12.	Disposición final.....	35

I. INTRODUCCIÓN

El presente informe investigativo y titulado de ingeniería civil en el grado académico de licenciatura, se elaboró para dar solución a la problemática identificada en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, sobre las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del cantón, por lo que fue preciso realizar el estudio del problema mencionado, su causa y su efecto, con la finalidad de proponer el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el lugar.

El contenido consta de dos tomos, el primero se divide en cuatro capítulos que se identifican con números romanos, el segundo tomo de esta investigación presenta la propuesta para la solución de la problemática, y se detallan de la siguiente manera:

Tomo I: capítulo I contiene, introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos, metodología para la formulación y estudio del proyecto. Capítulo II: marco teórico. Capítulo III: la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos. Capítulo IV: conclusiones y recomendaciones, estos capítulos seguidos por el apéndice bibliográfico. Los anexos son: formato dominó, árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos, diagrama del medio de solución, boletas de investigación; efecto y causa, cálculo de la muestra, cálculo del coeficiente de correlación, cálculo de la proyección lineal sin proyecto.

Tomo II: los capítulos de este tomo se conforman de la siguiente manera: el capítulo I es un resumen general del contenido de la propuesta presentada, donde se describen los tres resultados principales que ayudan a la solución de la problemática, el capítulo II comprende las conclusiones y recomendaciones, por último, los anexos que son: el planteamiento de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto general de propuesta presentada.

I.1 Planteamiento del problema.

En los últimos años se han hecho evidentes las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, esto es atribuido a que el sector no existe un sistema de alcantarillado pluvial, esto causa todo que el agua de lluvia que cae en una precipitación, haga que el alcantarillado de aguas negras colapse y provoque inundaciones dentro de las viviendas, además que las calles ya se ven muy afectadas por hundimientos, causando estancamiento de las aguas.

Esto ha causado de que, en cada época de lluvia de cada año, los vecinos se vean afectados tanto por los daños que pueda causar sus viviendas, como también por accidentes automovilísticos y peatonales que se producen a causa de que las calles que se han deteriorado a causa de las fuertes corrientes de agua que van por el sector, esto se reduce a que cada familia tiene un porcentaje de pérdidas económicas que afectan su presupuesto familiar y que no les permita tener una mejor calidad de vida.

Los pobladores del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa viven con el temor constante de ser víctimas de algún percance o inundación en sus viviendas y de esperar colapsos en las tuberías de drenajes, es por ello que se puede observar que algunos de los habitantes que, si cuentan con una mejor economía, han pretendido defender su vivienda de las corrientes de agua, construyendo bordillos, o banquetas más altas que los niveles de sus viviendas para poder protegerlas.

Es por ello que se piensa y por lo que es tema de estudio de este documento, que la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el lugar, es la causa que provoca las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años y es lo que se pretende comprobar luego de la investigación realizada.

I.2 Hipótesis.

Para la presente investigación es necesario plantear una hipótesis causal y una hipótesis interrogativa como punto de partida para conocer el camino a seguir para solucionar la problemática existente.

“Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial”.

¿Es la Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, la causante de las pérdidas económicas en época de invierno, por inundaciones en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años?

I.3 Objetivos.

Para resolver el problema encontrado, se plantea el objetivo general que contiene el resultado que se desea obtener en la investigación, así también el objetivo específico encontrado como la meta parcial a cumplir y a través de éste, lograr el objetivo general.

I.3.1 General.

Reducir pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

I.3.2 Específico.

Evitar inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

I.4 Justificación

El área de estudio fue determinada en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, se determinó este lugar debido a que cada año ocurren inundaciones en las viviendas de los habitantes del cantón, debido a que no existe un sistema de alcantarillado pluvial y habiendo grandes cantidades de agua de lluvia que corren por las calles debido a la ubicación del lugar y a que las calles están en mal estado, provocando estancamiento de aguas de lluvia, y estas van a afectar directamente a las viviendas de los habitantes.

Los factores anteriores han llevado a tener a cada familia, pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas, debido a la falta de un plan para el diseño de un sistema de agua pluvial, que venga a mitigar o eliminar estas pérdidas para los habitantes.

Para tener una idea del impacto que puede tener la problemática investigada, se tuvo la investigación de campo donde un porcentaje de los habitantes indicó que ha sido víctima de pérdidas económicas, se observan las calles en mal estado y según datos obtenidos en campo siempre existen percances vehiculares durante la época de lluvia, hasta el momento no ha habido alguna entidad interesada en resolver la problemática en el sector, por lo que todo el documento se basa en datos recopilados en campo.

Por lo tanto, como una forma de resolver los problemas encontrados en esta investigación, se recomienda implementar el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, el objetivo es reducir pérdidas económicas en un 98%, después de dos años de implementada la propuesta, para el quinto año proyectado (2026), si no se implementa la propuesta, los índices de pérdidas económicas serán el % del porcentaje inicial, dato preocupante que vulnera la economía de los habitantes.

I.5. Metodología

Los métodos y las técnicas que se utilizaron en la investigación de la problemática se detallan a continuación:

I.5.1. Métodos

I.5.1.1. Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis

Los métodos utilizados en lo que se refiere a formulación de hipótesis, fue esencial la utilización del método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, establecidos en el árbol de problemas y objetivos que forman parte del anexo de este trabajo de investigación.

Método deductivo

Para la formulación de la hipótesis fue clave la deducción, que parte de lo general a lo específico, el cual permitió conocer las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, a través de las distintas técnicas que se describen más adelante, después se procedió a formular la hipótesis.

Método analítico

A través de la utilización de este método, fue posible observar e interpretar los datos obtenidos en campo, después de que se presentara la hipótesis, para estudiar la naturaleza, la causa y el efecto de las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos cinco años.

Por este método se logró conocer más sobre el tema de estudio, por lo cual se logró comprender y luego explicar la problemática del lugar, los cuales se plasmaron en el análisis de las gráficas presentadas en el **capítulo III del Tomo I.**

Método marco lógico

Con una comprensión más clara del problema, se realizó la formular de la hipótesis, en la que se utilizó el marco lógico para influir, además de definir el área de trabajo, también permitió encontrar la variable hipotética dependiente y la variable independiente para especificar el tiempo de investigación. El marco lógico también permitió descubrir los objetivos generales y específicos de la investigación y fue a través del mismo que se pudo establecer el nombre del trabajo.

Modelo de investigación dominó y proyectos dominó.

Modelo creado por el Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala; muestra en dos páginas, un cuadro con tres columnas estructuradas de la manera siguiente: Columna del problema (efecto, problema, causa, hipótesis, preguntas que comprueban las variables dependiente e independiente, temas de marco teórico y justificación), columna de propuesta de solución (objetivo general, específico, nombre del trabajo de investigación, resultados y costos) y la columna de propuesta de solución (objetivo general, específico, nombre del trabajo de investigación, resultados y costos) y la columna de la evaluación expost de la propuesta.

En el Modelo de Investigación Dominó se resume el trabajo de investigación; como también, la aplicación de la metodología; éste se detalla en el anexo 1 del tomo I.

I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis

Para comprobar la hipótesis, el método de inducción fue auxiliado por los siguientes métodos: estadístico, análisis y síntesis

Método inductivo

La inducción fue utilizada, para obtener resultados específicos o exclusivos de los problemas identificados, a fin de extraer conclusiones y recomendaciones generales de dichos resultados.

Método sintético

Una vez que se obtuvo la información, la síntesis fue utilizada, para sacar conclusiones y recomendaciones de este trabajo, esto también hizo que la generalidad de la información sea coherente con los resultados de la investigación de campo.

Método estadístico y analítico

Estos permitieron determinar parámetros de las encuestas, los cuales ayudaron a comprobar la hipótesis, en que, las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es alta, debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial.

I.5.2. Técnicas

I.5.2.1. Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis se mencionan enseguida:

Lluvia de ideas

El uso de esta técnica fue esencial para la recopilación de ideas, lo que permitió determinar cuáles son los mayores problemas que afrontan los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.

Observación directa

Esta técnica se utilizó, directamente en el área de impacto del estudio y para este propósito, se observaron las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo, lo cual permite darle un seguimiento a la investigación.

Investigación documental

Esta técnica se utilizó, para determinar si hay documentos similares o documentos relacionados con el problema a estudiar, para evitar la duplicación del trabajo académico, además de obtener las contribuciones de otros investigadores y otras opiniones sobre los temas citados. Los documentos consultados se especifican en el párrafo de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista

Una vez que se formó una comprensión general del problema, se procedió a realizar las entrevistas, una dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo, ésta para comprobar la variable dependiente y la segunda dirigida al Concejo municipal del municipio de San Andrés Itzapa, ésta para comprobar la variable independiente, así mismo éstas sirvieron para obtener información más precisa sobre los problemas encontrados.

Después de realizar las entrevistas, con una comprensión más clara del problema, se utilizó el método deductivo, y a través de las técnicas descritas anteriormente, fue presentada la hipótesis. Para este propósito, se apoyó con el método de marco lógico el cual permitió encontrar las variables dependientes e independientes.

I.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Cálculo del tamaño de la muestra

Para comprobar la variable dependiente se utilizó el cálculo de la muestra al 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa; que fue dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, con un total de 1,587 y un cálculo de muestra de 72 habitantes a encuestar.

Encuestas

Se elaboraron dos tipos de encuesta; la primera fue dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo para comprobar la variable dependiente y la segunda al Concejo Municipal, para la comprobación de la causa.

Censo

Con el objetivo de comprobar la variable independiente de la falta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, se realizó un censo a 9 integrantes del Concejo Municipal, del municipio de San Andrés Itzapa.

Técnica de análisis

El análisis incluyó, la interpretación de los valores absolutos y relativos de los datos tabulados, los que se obtuvieron después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Cálculo del coeficiente de correlación

Al calcular el coeficiente de correlación, proporcionó un indicador estadístico, que en consecuencia permitió conocer la correlación lineal entre dos variables cuantitativas (X, Y), en otras palabras, medir el comportamiento de la curva durante el año de estudio. Según la fórmula establecida por la universidad, el coeficiente de correlación es 0.92.

Proyección de línea recta

Se elaboró la gráfica comparativa con y sin proyecto para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada a futuro, sobre las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

II. MARCO TEÓRICO

Para la investigación del sistema de alcantarillado pluvial del cantón san Pedro y san Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, se desarrolló una teoría que ayuda a fundamentar el proyecto, esto para respaldar el planteamiento del problema, que nos lleva a realizar la investigación.

Dentro de lo que se pudo recabar acerca de que, si ha existido la intención o un proceso para construir un sistema de alcantarillado pluvial en el cantón san Pedro y san Pablo, del municipio de San Andrés Itzapa, no se pudo obtener ninguna información al respecto ya que hasta el momento nadie ha puesto importancia a resolver este tema en el sector mencionado, es por ello que se realiza la investigación teórica, teniendo como fin principal darle un orden adecuado y coherente con respecto a conceptos puntuales que nos ayudan a abordar el tema.

Época de invierno o época de lluvia

Es de total importancia conocer las épocas que se dan dentro del país para tener una idea cercana de cómo se comporta cada una y lo que representa para realizar los proyectos, específicamente de alcantarillados.

Debido a la ubicación tropical del país de Guatemala no es posible que se den con exactitud las cuatro estaciones del año, como se dan en los países situados al norte y al sur del ecuador. Únicamente se dan dos estaciones, a las que se les conoce más como época lluviosa, que se le denomina invierno y la época seca, que se conoce como verano.

Estas épocas son variables en las regiones de todo país, aun así, se sabe que la época seca va de noviembre a abril, y la época de lluvia, de mayo a octubre, tiempo en que se ve mayormente el cambio de temporada (Asociación de amigos del país, 2004).

Variación y tendencias de la precipitación anual.

El promedio de lluvia anual a nivel nacional ha aumentado 52 mm desde 1981 según el análisis realizado. El promedio fue de 1753 mm para el periodo de 1981 al 2000; mientras que para el periodo de 2001 a 2016, el promedio fue de 1805 mm (Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC)., 2019).

Al evaluar la variación de lluvia por localidad, se observa que el 62 % de las estaciones evaluadas tiene un incremento de lluvia para el periodo de evaluación, presentando una variación de entre uno a 43 % respecto al promedio climático de la estación (de 1981 a 2000); mientras que el 28 % de las estaciones presentó una disminución de la lluvia anual, siendo la variación de entre -1 y -30 % respecto al promedio climático de la estación (Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC)., 2019).

Precipitación en San Andrés Itzapa

Un día de lluvia, acumula por lo menos 1 milímetro de agua pluvial o precipitación equivalente a agua. Las posibilidades de días de lluvia en San Andrés Itzapa, tiene variaciones considerables en el transcurso del año. La temporada más mojada *dura* 5.5 meses, *de* 12 de mayo *a* 30 de octubre, con una probabilidad de más del 34 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en San Andrés Itzapa *es* septiembre, con un promedio de *19.1 días* con por lo menos 1 milímetro *de* precipitación (Cedar Lake Ventures, Inc., 2018).

La época de verano o seca *dura* 6.5 meses, del 30 de octubre al 12 de mayo. El mes con menos días mojados en San Andrés Itzapa es febrero, con un promedio de 0.6 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación (Cedar Lake Ventures, Inc., 2018).

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en San

Andrés Itzapa es septiembre, con un promedio de 19.1 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 66 % el 12 de septiembre (Cedar Lake Ventures, Inc., 2018).

Intensidad de Lluvia

Es la cantidad de lluvia que cae sobre un espacio por un determinado tiempo.

Las precipitaciones son causadas por fenómenos atmosféricos (...), se mide por la altura en milímetros de agua caída durante una lluvia, durante un período de tiempo determinado o bien por la intensidad en milímetros por hora durante un aguacero (Carmona, 2013).

Cuando la infiltración del suelo llega a su límite, debido a la intensidad de la lluvia, es cuando produce una escorrentía superficial, una cierta cantidad de agua de lluvia se disipa, y con ello el suelo inicia a erosionarse. Las capas vegetales, árboles y arbustos, son elementos que disminuyen la posibilidad de erosión del suelo ya que estos actúan como interceptadores de las lluvias y las absorben (Gámez Morales, 2010).

La intensidad de lluvia está estrechamente unida a la duración de esta, lo cual nos indica que los chubascos no tienen larga duración, tomando en cuenta que las áreas sobre las que cae la lluvia no son tan grandes, sino únicamente van por sectores (Gámez Morales, 2010).

Para evitar la erosión del suelo causado por las lluvias constantes, es necesario contar con alcantarillados pluviales o cosecha de agua para tener un buen manejo y uso de las lluvias y poder aprovecharlas en lugares en donde se vea la necesidad de utilizarla, cuando éstas ya hayan tenido un tratamiento conveniente, según sea el uso para el que se va utilizar (Gámez Morales, 2010).

El golpe que causan las gotas de lluvia, arruina los componentes superficiales con que cuenta el suelo, origina la suspensión de partículas finas y reduce la proporción del agua que se encuentra en el suelo debido a la escorrentía que produce (Gámez Morales, 2010).

Intensidad de lluvia en el cantón san Pedro y san Pablo.



Fuente: habitante del cantón San Pedro y San Pablo (2022).

Tanto en redes de alcantarillado unitarias como en separativas es imprescindible realizar un estudio previo acerca del caudal de aguas blancas que va a soportar la red. Para ello se hace indispensable conocer la intensidad de la lluvia en el sector, lo que favorece a obtener un dato más exacto en el estudio.

La primera característica a analizar en la intensidad de lluvia es su variación en el tiempo, y estudiar qué intensidad de lluvia hay que contemplar en cada caso. Conviene admitir como válido el caudal de lluvias ordinarias y no el de chubascos extraordinarios y menos el de tormentas máximas, ya que estas no se dan regularmente, aunque conviene aplicar en los casos de grandes poblaciones (Asociación de fabricantes de hormigón armado ATHA, 2009).

Métodos de medición.

Existen métodos de medición de la intensidad de lluvia, los cuales se puede utilizar según la necesidad de obtener datos y se describen a continuación:

Registro continuo y lectura directa.

En este, los cálculos de las precipitaciones se realizan de forma diaria, mensual, anual y se dan en milímetros.

Registro continuo

Se efectúa por medio de pluviógrafos los cuales permiten llevar un registro gráfico y continuo de precipitación por medio de un reloj (Carmona, 2013).

Lectura diaria o directa

Se hace por medio de pluviómetros, los cuales son recipientes calibrados con una rejilla especial mediante la cual se puede conocer la altura de precipitación diaria (Carmona, 2013).

Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 200cm^2 de área de captación y de 60cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica a un vaso medidor instalado dentro del depósito mayor. El área receptora es 10 veces mayor que el área del vaso medidor: efectuar la lectura se vacía el contenido en una probeta graduada y se divide el volumen colectado entre el área receptora del pluviómetro, de esa forma se obtiene la lámina precipitada. (Gómez Morales, 2010)

Pluviógrafo

Registra la precipitación pluvial total. Este instrumento calcula la intensidad de lluvia en milímetros por una unidad de tiempo, más comúnmente por hora. Los más usuales

tienen una forma de cilindro, con un receptor o embudo que está conectado con un sistema de flotadores que producen que la aguja de un sistema de reloj, registre sobre un papel, todos los datos (Gómez Morales, 2,010).

La estructura de registro del papel es; un rango de altura máxima que es de 10 milímetros, cuando la aguja alcanza el borde superior, este regresa al borde inferior y continúa el registro. La grafica resultante en el papel se llama pluviograma. (Gómez Morales, 2,010).

Un pluviograma nos muestra de forma gráfica como se va comportando la intensidad de las lluvias en el tiempo que dura, lo cual nos ayuda a determinar de forma visual la máxima y mínima intensidad de lluvia en el lugar y con el cual logramos tener un historial con los datos obtenidos.

Pluviómetro, INSIVHUME



Fuente: autor, 2,019

Unidades

Cuando se mide la cantidad de lluvia, se toma como referencia la altura que cubre el agua sobre la superficie, aparentemente, de forma horizontal, es decir sin tomar en cuenta la evaporación e infiltración al suelo. La altura de la que se refiere, se mide en milímetros. Si se toma un espacio de 1 metro cuadrado de base y una altura de 1 milímetro, este contiene un volumen de 1 decímetro cúbico que equivale a 1 litro de agua de lluvia (Carmona, 2013).

Determinación de Caudal

El Instituto de Fomento Nacional proporciona una fórmula para determinar el caudal que se obtiene de la escorrentía y con ella tener un dato para el diseño del alcantarillado, a continuación, se detalla, esta se obtiene por medio del método racional:

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad \left(\frac{ltts}{seg} \right)$$

Dónde: Q= Es el caudal en metros cúbicos por segundo

C= Es la relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I= Es la intensidad de lluvia en milímetros por hora

A= Es el área a drenar en hectáreas (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Para un ingeniero o profesional que proyecta una obra de alcantarillados, que se utiliza para defensa contra inundaciones, debe de tener una especial atención en el estudio de la intensidad de lluvia que se da en los lugares de gran tamaño y que duran un tiempo prolongado, horas, incluso días (Carmona, 2013).

Por otro lado, tomando en cuenta que puede también realizar proyectos de alcantarillados pluviales o desagües pluviales debe de poner atención y realizar los

estudios mínimos en los aguaceros que tiene una mayor intensidad y de menor duración, de 5 minutos a 2 horas, es decir, lo necesario para observar el punto más alto de creciente (Carmona, 2013).

La intensidad de lluvia se determinará de acuerdo con las fórmulas para la Ciudad de Guatemala en la forma siguiente:

Zona Atlántica, para tuberías menores de 1.50 mts, de diámetro. (Fórmula para 20 Años)

$$I = \frac{4604.5}{t + 24.2}$$

Zona Atlántica, para tuberías menores de 1.50 mts, de diámetro. (Fórmula para 10 Años)

$$I = \frac{4203.65}{t + 23.2}$$

Zona Pacífica, para tuberías menores de 1.50 mts, de diámetro. (Fórmula para 20 Años)

$$I = \frac{6889.1}{t + 39.5}$$

Zona Pacífica, para tuberías menores de 1.50 mts, de diámetro. (Fórmula para 10 Años)

$$I = \frac{5915.7}{t + 35.8}$$

Donde t es el tiempo de concentración en minutos, y será determinado de la forma siguiente:

En tramos iniciales de acuerdo a la tabla 2.01b

Entre tramos consecutivos de acuerdo con la fórmula:

$$t_2 = t_1 + \frac{L}{60V_1}$$

Donde

t_1 = es el tiempo de concentración en el tramo anterior (minutos)

L es La longitud del tramo anterior en metros

V_1 es la velocidad a sección llena en el tramo anterior (m/s) (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Tiempo de concentración.

Es el lapso de tiempo que toma el recorrido superficial de la precipitación, desde el momento de la primera caída de una gota de agua, en el lugar más lejano de un sistema de alcantarillado o cuenca hidrográfica, hasta el punto de salida considerado.

En alcantarillado pluvial urbano, se considera desde el punto de caída, hasta la entrada al sumidero (Carmona, 2013).

Frecuencia de las precipitaciones.

Al profesional en proyectos de alcantarillados, le importa saber la frecuencia en la que se da la lluvia en el sector, no únicamente el escurrimiento máximo, esto debido a que implica mayores costos y no es conveniente proyectar una obra para una intensidad de lluvia que va darse a cada 50 o 100 años, a menos que sea una obra que contenga grandes colectores y conductos, pues cuando se tiene una mayor intensidad de lluvia, será menor la frecuencia (Carmona, 2013).

Infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería. Los caudales por cada kilómetro de

tubería que contribuya al tramo se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar así, en litros por segundo (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático

Tuberías de cemento: $q_i = 0.025 * \text{diámetro en pulgadas}$

Tuberías de PVC: $q_i = 0.01 * \text{diámetro en pulgadas}$

Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático

Tuberías de cemento: $q_i = 0.15 * \text{diámetro en pulgadas}$

Tuberías de PVC: $q_i = 0.02 * \text{diámetro en pulgadas}$

(Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Escorrentía

Es la parte de la precipitación que se manifiesta más tarde como corrientes de superficie. Cuando en un cauce el caudal no es afectado por desviaciones, regulaciones, o cualquier otra forma de intervención del hombre entonces la escorrentía es numéricamente igual al caudal. Este caudal, que podemos llamar natural, puede ser alimentado por la escorrentía superficial y/o por la escorrentía de aguas subterráneas (INSIVUMEH, s.f.).

Uno de los motivos por el cual es necesario un alcantarillado pluvial en un sector es debido a la escorrentía, ya que esta se muestra como una corriente que va superficialmente sobre las avenidas y que va causando desgaste al suelo, en este momento la escorrentía es igual al caudal y va de forma natural.

Existen tres tipos de escorrentía o escurrimiento, que se detallan a continuación:

Escurrimiento superficial o flujo superficial:

Es la corriente de precipitación superficial de un área de suelo, que no tiene un cauce determinado, por lo que va de un lugar a otro. El escurrimiento superficial, va por la superficie del suelo hacia los cauces de masas de agua, durante y luego de que cae la precipitación (Gámez Morales, 2,010).

Es el flujo de agua sobre la superficie del terreno sin un cauce definido, que corre en todas direcciones. y está determinado por las propiedades hidro físicas de los suelos (Gámez Morales, 2,010).

Este tipo de escorrentía es el que comúnmente se puede observar en las calles y avenidas de las ciudades o provincias luego de una lluvia fuerte y que busca desembocar en un riachuelo o masas de agua más grande.

Escurrimiento subsuperficial o flujo subsuperficial:

El escurrimiento subsuperficial es parte del agua de lluvia, que no pasa rápidamente al nivel freático, y que vuelve como un creciente a través de los canales de corrientes, está agua corre paralelo a la superficie del suelo. Su curso es más tardado que el que ocurre en la superficie, debido a esto ocupa más tiempo en incorporare al cauce (Gámez Morales, 2,010).

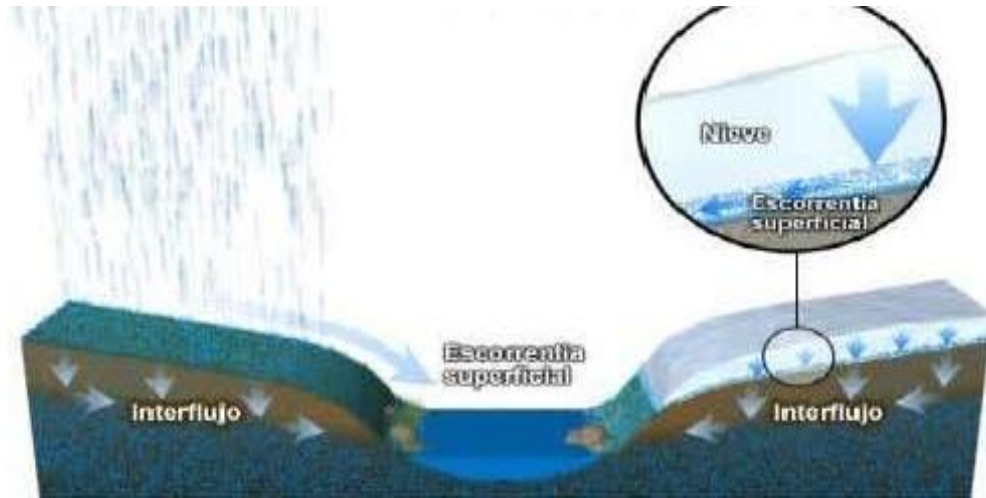
La cantidad de escurrimiento subsuperficial depende de las condiciones geológicas de la zona, las que pueden obligar al flujo a que aflore antes de llegar al cauce y seguir por la superficie del terreno o bien a que se agregue al escurrimiento subterráneo (Gámez Morales, 2,010).

El escurrimiento subterráneo o flujo subterráneo:

Es la precipitación que logra infiltrarse hasta llegar al nivel friático y se desplaza por este camino hasta enriquecer las corrientes superficiales, su flujo más lento en

comparación de los dos escurrimientos mencionados anteriormente (Gámez Morales, 2,010).

Procesos básicos de escorrentía.



Fuente: Hidrología superficial, Nuyeli Ruiz

Coefficiente de Escorrentía:

Se determinará de acuerdo con las curvas de escorrentía.

El porcentaje de impermeabilidad se determinará de acuerdo con la siguiente formula

$$C = \frac{c.a.}{a}$$

Donde

c.a. es: la suma de los productos de las áreas parciales multiplicado por su correspondiente valor de impermeabilidad relativa.

Para el propósito de determinar el porcentaje de impermeabilidad, se dividirán las zonas a drenar en diferentes distritos, en los que cada uno de ellos tenga aproximadamente la misma densidad de área construida, calles pavimentadas, parques, jardines, etc. (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Volumen de escorrentía

Se le denomina volumen de escorrentía a la cantidad de agua que corre a lo largo de un espacio de suelo mientras dura una precipitación y después de que ocurre (INSIVUMEH, s.f.).

Volumen de escorrentía.



Fuente: autor, octubre 2021

Clima

Cuando se habla de clima se refiere al grupo de condiciones meteorológicas de un lugar, es decir cambios de temperatura, vientos, presiones, lluvias, humedad, entre otros, y que caracterizan a un lugar por periodos largos (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Es importante para realizar algún proyecto de alcantarillado pluvial determinar las condiciones meteorológicas o clima de un lugar, esto para tomar datos confiables que nos ayudarán a diseñar mejor el sistema, ya que nos basamos en datos ordenados y

estadísticos de la región que nos ayudará a tener un dato a largo plazo según el período de diseño al cual queremos optar (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Para ello se recomienda asistirse de fuentes confiables como lo es el INSIVUMEH quien nos indica lo siguiente:

Se obtendrán los siguientes datos concretos sobre el clima según registros que existan en el INSIVUMEH. Tomados en la estación más cercana:

Estaciones

Precipitación Pluvial

Vientos

Nubosidad

Temperaturas máximas, mínima y media

Humedad relativa

Evaporación y transpiración (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Aguas pluviales

Las aguas de lluvia o pluviales, son consecuencia de una precipitación, de descende sobre la superficie del suelo y que tienen un alto volumen por lo que el suelo no logra absorber en su totalidad, estas aguas se encuentran presentes en áreas urbanas y rurales, y se filtran sobre los edificios, estacionamientos, viviendas calles, avenidas y otras superficies. En los sectores donde existe una red de alcantarillado pluvial, las aguas de lluvia van a caer en él, para tener un flujo ordenado y que no tenga consecuencia en las calles (iAgua Conocimiento, SL).

Dentro del término de aguas pluviales quedan comprendidas no solamente las originales de las precipitaciones que caen directamente sobre las aguas urbanizadas que conforman la población sino también aquellas que se precipiten sobre otras áreas,

pero discurran a través de la ciudad, bien sea por los cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie (Victor Molina, 2012).

Las aguas pluviales tienen distinto origen, podemos mencionar las que son de carreteras, de calles, las que caen sobre el techo de las viviendas, de ahí se parte para determinar si aún pueden darles algún tratamiento y aprovechar el agua, ya que con esto se contribuye a la protección del medio ambiente. Si se cuenta con un método para su tratamiento, con estas aguas se puede dotar a algún sector de una comunidad que no cuenta con el servicio de agua potable en sus viviendas, de no ser así, se debe buscar un lugar para su desfogue, donde no cause daño alguno a la población y cause erosión al suelo.

Alcantarillado Pluvial

Un alcantarillado pluvial en la actualidad es de suma importancia, ya que con este sistema se pueden desalojar aguas de lluvia que corren sobre las carreteras, calles y avenidas de una población, hasta su disposición final, para evitar que provoquen daños en las viviendas, negocios, industrias de los habitantes.

Estas aguas cada vez causan mayores estragos, una causa, es debido al cambio climático que ha provocado la prolongación y aumento de las precipitaciones, otro de los problemas es que, debido al incremento de las urbanizaciones, las áreas verdes en donde la lluvia acumulada puede drenar, se reducen, provocando así inundaciones. Es por ello que la implementación de estos sistemas se va siendo cada vez más necesario.

Actualmente, las redes de alcantarillado urbanos como rurales se sustentan principalmente en:

Evitar inundaciones.

Reducir riesgos para la salud.

Reducir el impacto en el medio receptor.

Disminuir el impacto ambiental.

Protección de estructuras.

Aprovechamiento de aguas pluviales con fines agrícolas y pecuarios (Alonzo, 2020).

Importancia de los sistemas de alcantarillado

Una población genera aguas negras y la lluvia, aguas pluviales, según la ingeniería sanitaria. Si se realizan laboratorios a estas aguas para su estudio se verá su composición, donde se encuentran sólidos orgánicos disueltos y suspendidos los cuales tienen un proceso de descomposición. En los mismos se encuentran cuerpos vivos como las bacterias y otros microorganismos cuyos movimientos importantes originan el proceso de putrefacción (Segura, 2001).

Las redes de alcantarillados solucionan de forma efectiva el inconveniente de las aguas unificadas, ya que pueden separar las aguas negras de las pluviales para su respectivo tratamiento, esto por medio de los conductos que son en su mayoría profundos y que se encargan de recolectar y transportar las aguas de una forma rápida y conveniente hasta su disposición final (Segura, 2001).

Cuando se habla de disposición final debe de ser un lugar adecuado y soportado para que las aguas sean puestas a un proceso adecuado de tratamiento (Segura, 2001).

El tratamiento de las aguas residuales generalmente consiste en la oxidación de la materia biodegradable y tiene como propósito lograr su estabilización, para quitarles el poder nocivo que conllevan y poder disponer de ellas en forma segura, sin que causen peligros ni riesgos a la salud humana en caso de ser reutilizadas (Segura, 2001).

Comúnmente una población se ve afectada por dos necesidades básicas cuando se habla de alcantarillados: el primero es la eliminación de las aguas negras o servidas

que produce la población como también las que se producen en una planta industrial o comercial y la eliminación de las aguas producidas por las lluvias (Segura, 2001).

Comúnmente las aguas negras son las que se producen de manera más rápida de acuerdo al crecimiento de la población y a sus actividades socioeconómicas; debido a esto, la falta de tratamiento produce enfermedades gastrointestinales y la salud de la población es afectada, así como también el medio ambiente, de acuerdo a esto se ve la necesidad de que las aguas sean tratadas antes de ser puestas en los ríos, lagos, cualquier otro manto acuífero, o masas de agua, para no contaminarlas, de la misma manera que deben ser tratadas si se utilizan para la agricultura, cosecha de flores y alguna otra actividad (Segura, 2001).

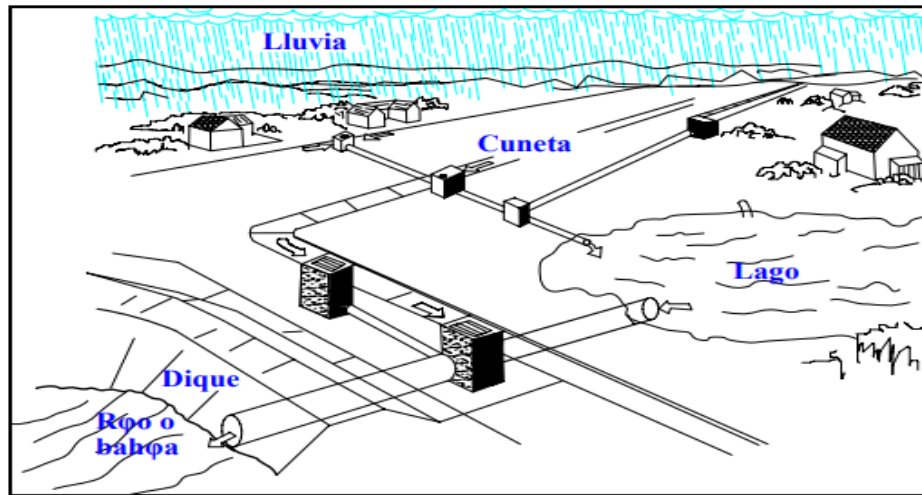
Si se trata de aguas pluviales, estas son temporales y su frecuencia e intensidad dependen de la moderación de las lluvias que caen en la localidad mientras caen las lluvias (Segura, 2001). Estas pueden ser tratadas de distinta manera y su proceso de purificación es de menor tiempo.

Sin embargo, en todos los casos pueden dirigirse mediante interceptores hacia lugares y usos más racionales sin pasarlas a través de costosas instalaciones de tratamiento.

La combinación de aguas negras y pluviales encarece las obras necesarias para su manejo y desalojo en una localidad; dificulta los procesos de tratamiento y, en general, impide el uso adecuado y eficaz de los recursos disponibles (Segura, 2001).

Por esto, desde el punto de vista social, económico y técnico, es recomendable atender los problemas de saneamiento y drenaje de una localidad por medio de Sistemas Separados de Aguas Negras. Este método permite un manejo más racional de los costos involucrados, además de otorgar mayor prioridad a la salud y a la protección del medio ambiente (Segura, 2001).

Sistema de alcantarillado pluvial.



Fuente: ASCE, 1992

Tipos de alcantarillados.

Existen tipos de alcantarillados de acuerdo a su forma o uso los cuales se describen a continuación:

Alcantarillado Pluvial Particular.

Se considera como un alcantarillado que se encuentra en un área privada, tales como, una vivienda, un edificio o finca, y para lo cual los propietarios de estos lugares se han tomado la tarea de crear sus propios sistemas para captar y conducir las aguas pluviales que se generan dentro sus propiedades e infiltrarlas o reutilizarlas a su conveniencia, por medio de alguna red de tuberías, canales o pozos dentro de sus límites, de acuerdo a las necesidades y especificaciones del proyecto (Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA., 2014).

Alcantarillado Pluvial General Particular

Este alcantarillado es la red que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales,

centros comerciales, industriales, deportivos, de servicios, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración, retención y/o detención, así como de algún conducto como canal o tubería dentro de los límites de la propiedad y de acuerdo a las condiciones particulares del proyecto (Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA., 2014).

Alcantarillado Pluvial Municipal

Es el alcantarillado que la municipalidad se encarga de construir para conducir las aguas pluviales que fluyen sobre la superficie del suelo de una ciudad, o zona, estas se colocan en estructuras que las infiltra, las retiene o detienen, y las conducen por medio de canales, pozos y/o tuberías, hasta llevarlos a los cuerpos de aguas naturales cercanos al lugar (Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA., 2014).

Sistema de Alcantarillado Existente

En poblaciones que cuentan con un sistema de alcantarillado se determinará: el tipo de sistema existente (sanitario, combinado, etc.) localización de las tuberías, pozos de visita, tragantes y demás estructuras; diámetros, longitudes y cotas invert de las tuberías; puntos de descarga y condiciones de los mismos; estado general del sistema existente. Verificar el funcionamiento e investigar si ha habido problemas (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado

Estructuras de captación.

Son las estructuras que se encargan de juntar las aguas que corren sobre un área de suelo y las trasladan por toda la red de conductos. Son diseñadas a cierta distancia, en las calles, para lograr frenar el flujo exterior que transita, especialmente don se

interceptan las calles, que es donde hay mayor concentración de volúmenes de aguas pluviales, así como también en los puntos bajos del terreno, que es donde también se dan las mayores concentraciones de agua (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Por ejemplo, los tragantes y conexiones domiciliarias. Están constituidas por una caja que funciona como desarenador donde se depositan las materias pesadas que arrastra el agua y por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua de la superficie del terreno al sistema de la red de conducción mediante una tubería de concreto a la que se le denomina albañal pluvial. La coladera o tragantes evitan el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Estructuras de captación.



Fuente: INFOM, 2021

Obras de conducción

Son las obras que se encargan de trasladar las aguas que se son recogidas por las estructuras de captación hasta el lugar de su disposición final. Existe una división de estas obras que van de acuerdo a la importancia que tienen dentro del sistema o también según el material del que fue diseñado (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Los colectores o conductos son los que ocupan la mayor parte de la red de alcantarillado por su tamaño y por que son los que le dan vida al sistema. Su función principal es la de trasladar las aguas acumuladas en los colectores de manera continua, hasta el punto final o desembocadura. Dentro de los principales colectores se mencionan, las tuberías fabricadas de distinto material y los canales o cunetas (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Obras de conducción.



Fuente: INFOM, 2,021

Estructuras de conexión y mantenimiento.

Son estructuras subterráneas construidas hasta el nivel del suelo o pavimento, donde se les coloca una tapa. Su forma es cilíndrica en la parte inferior y tronco cónico en la parte superior, y son lo suficientemente amplias como para que un hombre baje a ellas y realice maniobras en su interior, ya sea para mantenimiento o inspección de los conductos (Comisión Nacional del Agua, 2019).

El piso es una plataforma con canales que encauzan la corriente de una tubería a otra, y una escalera marina que permite el descenso y ascenso en el interior (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Dentro de los elementos que podemos mencionar en este grupo están; los pozos de visita o cajas de visita, los tragantes y los pozos de absorción y canaletas. En estas estructuras se logra realizar de forma fácil el mantenimiento y la limpieza de los conductos del alcantarillado y también permiten la respiración y ventilación de los mismos (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Es importante agregar a los sistemas de alcantarillados estos elementos para que evitar que estos se tapen y que su mantenimiento no sea complicado y eleven los costos de reparación (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Se recomienda que los pozos de visitas o tragantes se ubiquen al inicio de la red de alcantarillado, en los lugares donde las tuberías tengan una reducción o ampliación de diámetro, donde cambié de dirección o cambie la pendiente, y en situaciones donde se requiera la conexión con otras redes o colectores (Comisión Nacional del Agua, 2019).

La recomendación es debido a que en estos puntos las aguas toman velocidades, caudales y volúmenes diferentes por lo que es necesario contar con estas estructuras para poder reducir el riesgo de fallas dentro de los canales o tuberías y que no estropeen el curso del alcantarillado.

Por regla los pozos de visita o tragantes en una sola tubería no se colocan a intervalos mayores de 125 a 175 m dependiendo de los diámetros de las tuberías a unir. (...) Además, en el tema referente al diseño de redes se señala cuando se debe instalar cada uno de ellos (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Los pozos de visita usuales se fabrican con ladrillo y concreto. También existen pozos de visita prefabricados de concreto reforzado, fibrocemento y de polietileno (Comisión Nacional del Agua, 2019).

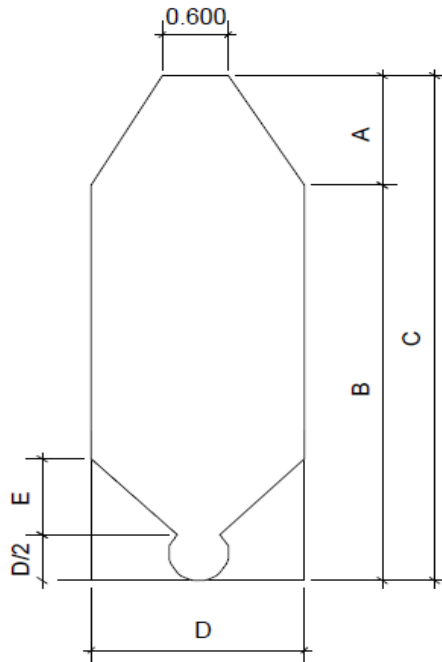
Estructuras de conexión y mantenimiento.



Fuente: INFOM, 2,021

A continuación se representan las dimensiones mínimas de los pozos de visita según EMPAGUA.

DIMENSIONES MINIMAS PARA POZOS DE VISITA



Fuente: INFOM

Diámetro en Pulgadas	A	B	C	D	E
12	1.500	0.310	1.805	1.500	0.090
16	1.500	0.410	1.905	1.500	0.082
18	1.500	0.460	1.957	1.500	0.078
20	1.500	0.510	2.008	1.500	0.074
24	1.500	0.610	2.525	1.500	0.067
30	1.915	0.762	2.672	1.750	0.074
36	2.330	0.914	3.245	2.000	0.081
40	2.330	1.010	3.347	2.000	0.074
42	2.747	1.066	3.813	2.250	0.089

Fuente: INFOM 2001

DIAMETROS MINIMOS DE LOS POZOS DE VISITA

Diámetros tubería Efluyente Mayor		Diámetro Mínimo del Pozo (Mts)
10"	0.250	1.500
12"	0.300	1.500
14"	0.350	1.500
16"	0.400	1.500
18"	0.450	1.500
20"	0.500	1.500
22"	0.550	1.750
24"	0.600	1.750
26"	0.650	1.750
28"	0.700	1.750
30"	0.750	1.750
36"	0.900	2.000
40"	1.000	2.000
50"	1.250	2.250
60"	1.500	2.500
En diámetros mayores		Diámetros tubería efluyente mayor 1.00

Fuente: INFOM

Pozos de absorción.

También llamado pozo de percolación, su conformación implica una excavación comúnmente cilíndrica y con fondos variables, dependiendo de la necesidad y del

diseño donde se toman los datos de la escorrentía, volumen, caudales, infiltración y otros de las precipitaciones, su estructura es una cámara de paredes porosas o agujeradas y en el fondo una base de piedra que sirven para que las aguas negras o pluviales previamente separadas de sedimentos, se filtren lentamente al suelo e incorporarse a un acuífero, cuando estas no son aprovechadas o no tendrán un tratamiento posterior.

La función de los pozos es ayudar y prevenir el estancamiento de agua en el periodo lluvioso y evitar las inundaciones.

Estructuras de vertido.

Estas estructuras son las obras finales de los alcantarillados y son las que se encargan de garantizar que la descarga de las aguas sea fluida a una corriente receptora. Estas obras pueden ser de conductos cerrados o abiertos y de las dos formas cumplen con el trabajo de verter las aguas a la corriente receptora (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Estructura de vertido en conducto cerrado.

Cuando la conducción por el emisor de una red de alcantarillado es entubada y se requiere verter las aguas a una corriente receptora que posea cierta velocidad y dirección, se utiliza una estructura que encauce la descarga directa a la corriente receptora y proteja al emisor de deslaves y taponamientos.

Este tipo de estructuras de descarga se construyen con mampostería y su trazo puede ser normal a la corriente o esviajado (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Estructura de vertido en canal a cielo abierto

En este caso, la estructura de descarga consiste en un canal a cielo abierto hecho con base en un zampeado de mampostería, cuyo ancho se incrementa gradualmente hasta

la corriente receptora. De esta forma se evita la socavación del terreno natural y se permite que la velocidad disminuya (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Disipadores de energía

Los disipadores de energía hidráulica son especialmente diseñados para crear altas pérdidas de energía hidráulica en los flujos de agua que van a alta velocidad. Se utilizan especialmente para hacer que la velocidad del flujo vaya de estado supercrítico a estado subcrítico, decir que tenga una pérdida considerable de energía para evitar el socavamiento de la base receptora.

Las pérdidas de energía son ocasionadas por choque contra una pantalla vertical en disipadores de impacto, por caídas consecutivas en canales escalonados o por la formación de un resalto hidráulico en disipadores de tanque (Paredes, 2013).

Uno de los aspectos que generalmente merece especial atención en el diseño de obras hidráulicas de montaña es la disipación de energía cinética que adquiere un chorro líquido por el incremento de la velocidad de flujo. Esta situación se presenta en vertederos de excedencias, estructuras de caídas, desfogue de fondo, bocatomas, salidas de alcantarillas, etc (Paredes, 2013).

Los disipadores de energía disminuyen el poder destructivo que tiene un flujo de agua sobre el suelo, sobre el lecho de un río o también sobre las mismas obras de conducción lo cual daña y pone en peligro la solidez de todo el sistema de alcantarillado.

Existen puntos importantes a mencionar para determinar que tipo de disipador de energía hidráulica, cumple con la necesidad:

Energía del flujo.

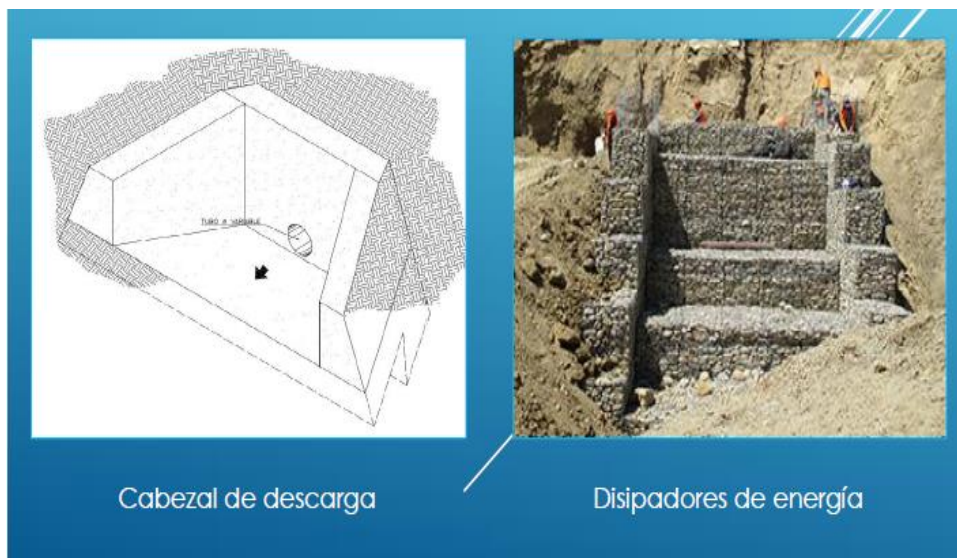
Costos de construcción y mantenimiento del disipador.

Condiciones del cauce aguas abajo.

Ubicación de otras estructuras hidráulicas.

Efectos colaterales al proyecto (flora y fauna, otros proyectos, poblaciones cercanas, etc.) debido a erosión en otros sectores (Varillas, 2014).

Estructuras de vertido.



Fuente: INFOM, 2,021

Obras complementarias

Las obras o estructuras complementarias en una red de alcantarillado son estructuras que no siempre forman parte de una red, pero que permiten un funcionamiento adecuado de la misma. Entre ellas se encuentran las plantas de bombeo, vertedores, sifones invertidos, cruces elevados, alcantarillas pluviales y puentes (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Estas estructuras son secundarias al momento del diseño del alcantarillado, se incluyen siempre y cuando el sistema lo demande ya que estos significan el aumento del costo total del proyecto, estas obras son integradas por ejemplo si el terreno no cuenta con la inclinación adecuada para que el agua fluya de manera natural y necesite

de un equipo de bombeo para poder elevar la presión y trasladar las aguas por medio de las tuberías (Comisión Nacional del Agua, 2019).

A continuación, se detallan más estas obras complementarias para su mayor comprensión:

Una estación de bombeo

Una estación de bombeo comúnmente se encuentra en una excavación en el suelo un tanque, donde las aguas son recibidas por un sistema de alcantarillas que a su vez son retiradas por un equipo de bombeo, que su función es elevar las aguas a cierta altura para vencer los desniveles y seguir su curso hasta el vertido final (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Vertedores

Un vertedor es una estructura hidráulica que tiene como función la derivación hacia otro cauce del agua que rebasa la capacidad de una estructura de conducción o de almacenamiento. Su uso en los sistemas de alcantarillado se combina con otras estructuras tales como canales o cajas de conexión, y es propiamente lo que se denomina como una estructura de control (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Estructuras de cruce

Una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre obstáculos que de otra forma impedirían la construcción de una red de alcantarillado (Comisión Nacional del Agua, 2019).

Por ejemplo, una estructura metálica aérea sobre alguna carretera, o sobre un túnel, sobre la cual descansa la tubería, estos llamados también pasos aéreos y que no interrumpen el paso vehicular ni peatonal dependiendo el lugar en donde los construyan.

Estructuras de cruce.



Fuente: INFOM, 2,021

Disposición final

Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de alcantarillado. En la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir y degradar los contaminantes del agua. En este sentido, se cuenta con la tecnología y los conocimientos necesarios para determinar el grado en que una corriente puede degradar los contaminantes e incluso, se puede determinar el número, espaciamiento y magnitud de las descargas que es capaz de soportar (Comisión Nacional del Agua, 2019).

La ventaja con las aguas pluviales es que al momento de disponer de ellas no requieren mayor tratamiento si son vertidas en el cauce de un río o si se quiere utilizar para riego en la agricultura, a diferencia de que si se quiere utilizar para consumo humano, estas deben llevar un proceso adecuado para no atentar en contra de la salud de los habitantes del lugar, ya que en el ambiente se encuentran partículas contaminantes, en este caso se recomienda realizar una planta de tratamiento para estas aguas ya que con este proceso el peligro de infecciones se reduce.

Disposición final



Fuente: INFOM, 2,021

Características de la Cuenca Receptora de la Descarga

Se recolectará la siguiente información con relación a las características de la cuenca receptora de la descarga del sistema que se proyecta construir:

- Nombre de la corriente de agua o cuerpo que recibirá la descarga.
- Poblaciones situadas aguas abajo del punto de descarga y su distancia aproximada del mismo (Instituto de Fomento Municipal, 2001).
- Usos de la corriente, aguas abajo y aguas arriba del punto de descarga.
- Si la descarga ha de efectuarse en un lago, deben obtenerse datos sobre la dirección de los vientos predominantes, niveles máximos y mínimos; así mismo, debe efectuarse un levantamiento batimétrico de una amplia zona alrededor del punto de descarga (Instituto de Fomento Municipal, 2001).
- Debe obtenerse datos de las características del agua que permitan determinar el grado de tratamiento que se necesitará.
- Si la descarga es en el mar, se debe determinar niveles máximos y mínimos de la marea; vientos y corrientes predominantes; debiéndose obtener información batimétrica de una amplia zona alrededor del punto de descarga.

- g) Usos de los terrenos si la disposición se hará sobre superficies con vegetación, sea permanente o estacional (Instituto de Fomento Municipal, 2001).
- h) Procedimiento constructivo

Para la edificación de un sistema de alcantarillado pluvial se han separado ocho etapas, que se refieren a continuación.

Trazo y excavación de cepas.

Mediante un levantamiento topográfico se deben trazar los ejes donde se pretende colocar el alcantarillado, la información obtenida debe estar ya plasmada en un plano formal, para lograr controlar en campo la alineación y la profundidad de donde se estarán colocando los conductos (Cruz Rangel, 2017).

Una vez teniendo el trazo del eje del emisor, se procederá a realizar en el caso de que se tenga, el corte y demolición de pavimentos, adoquín y/o empedrado. Se entenderá por demolición de pavimentos, al conjunto de operaciones que deberá realizar el constructor para cortar, romper y remover los pavimentos, previamente a la excavación de cepas (Cruz Rangel, 2017).

(...) Las dimensiones de las excavaciones que formarán las cepas variarán en función del diámetro de las tuberías que quedarán alojadas en ellas como señale el proyecto o la especificación del mismo. Serán lo suficientemente anchas para facilitar los trabajos alrededor del tubo y con la profundidad necesaria para formar un colchón de relleno y dar protección al tubo contra cargas pesadas y tránsito de vehículos (Cruz Rangel, 2017).

Las superficies de las excavaciones deberán ser afinadas en tal forma que cualquier punto de ellas no sobresalga más de lo que indique el proyecto. El fondo de la excavación deberá afinarse minuciosamente para que la tubería que se instale sobre el

mismo, quede a la profundidad y con la pendiente señalada en el proyecto (...) (Cruz Rangel, 2017).

Conformación de cunetas y cárcamos de bombeo

Una vez terminada la excavación en su máxima profundidad, se procederá a construir las cunetas, las cuales se realizarán en el fondo de la excavación y a todo el perímetro de las paredes de la misma, a las cuales se les proporcionará el bombeo adecuado para canalizar el agua hacia los cárcamos; una vez construidas las cunetas, el espacio interno de las mismas se rellenará con arena gruesa a grava limpia de finos para formar un dren permeable por el cual circule al agua hasta los cárcamos (Cruz Rangel, 2017).

Los cárcamos serán sobre excavaciones en el fondo de la misma excavación, en el cual se introducirá la bomba auto sumergible, sus dimensiones dependerán de la bomba que se utilice, pero en términos generales, podrán ser de 0.80 m de largo por 0.80 m de ancho y 0.60 m de profundidad (por debajo del fondo de la excavación) (Cruz Rangel, 2017).

Cabe hacer la aclaración de los niveles de agua superficial pueden fluctuar a presentarse a mayores profundidades en épocas de estiaje, por lo que, si los trabajos de construcción se realizan fuera de la época de lluvias, es probable que no se use o se requiera en menor medida el operar el sistema de bombeo (Cruz Rangel, 2017).

Fabricación de la cama de arena

Una vez que se ha controlado el agua en el interior de la excavación, se procederá a construir la plantilla o cama de arena, con el fin de facilitar el acomodo de la tubería y generar una superficie tal que la carga transferida por el tubo al suelo de cimentación sea uniforme; la cama deberá de conformarse con arenas finas a medias bien graduadas (SW) en estado suelto (...), quedando inmersa la tubería dentro de la cama

de arena un ancho cuando menos igual al 60 % de su diámetro exterior (Cruz Rangel, 2017).

Colocación de la tubería.

La colocación, instalación, juntas, accesorios, tipo y diámetro del tubo, así como las especificaciones de construcción y la resistencia de los materiales a utilizar, serán los que se especifican en los planos ejecutivos del proyecto. Las tuberías de concreto, accesorios, dispositivos y mecanismos de diversa índole que deba suministrar el constructor para la instalación, deberán ser de las características señaladas en el proyecto, de primera calidad, nuevos y sometidos a previa inspección y aprobación de la supervisión antes de su instalación, ya sea en fábrica o en el lugar de su utilización (Cruz Rangel, 2017).

El traslado de las tuberías a utilizar debe ser con especial cuidado ya que, si se coloca una tubería rota, lo más probable es que en un corto tiempo empiecen a surgir asentamientos en el suelo y el sistema empiece a dañarse por no tener una base compacta y las probabilidades de saturación de agua en el suelo sea más alta (Cruz Rangel, 2017).

Construcción de pozos de absorción, tragantes y/o cajas de visita.

La construcción de estos elementos tiene por objetivo unir las líneas de los conductos, y recibir el agua que estos transportan para reducir la velocidad de las aguas, sirven también para la respectiva limpieza y mantenimiento de la red de alcantarillado (Cruz Rangel, 2017).

En el caso de los pozos de absorción su objetivo es filtrar el agua al suelo, tiene una profundidad alta para poder absorber la mayor cantidad de agua superficial y depende del caudal de agua con el que se va diseñar, cuenta con paredes porosas o con agujeros que permiten el paso del agua lentamente al terreno natural, además de una capa

gruesa en el fondo de grava o piedra para ayudar a que se disperse el flujo del agua (Cruz Rangel, 2017).

Construcción de acostillamiento

El acostillamiento de la tubería, es el apisonado que se efectúa a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo el cuadrante inferior, y se efectuará hasta la mitad del diámetro del tubo y el resto del mismo (Cruz Rangel, 2017).

Una vez colocada la tubería del emisor, se procederá a construir en el espacio entre el tubo y las paredes de la excavación el acostillamiento para confinar a la tubería; este se construirá con material de banco, el cual deberá ser una arena limosa de baja plasticidad (SM) o un limo de baja plasticidad con arenas finas (ML) “tepetates”, con un límite líquido no mayor de 50 % y un límite plástico no mayor del 6 %; este se colocara encapas de 20 cm. de espesor, compactándolo al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel de la clave del tubo (Cruz Rangel, 2017).

Conformación del suelo de relleno

Sobre el lomo del tubo se colocará el suelo de relleno, para lo cual se podrá utilizar el suelo producto de la excavación, el cual se colocará en capas de 25 cm. como máximo, compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno. El espesor del suelo de relleno sobre el lomo del tubo no deberá ser menor a los 90 cm (Cruz Rangel, 2017).

En la reposición de pavimento empedrado o adoquinado se procurará utilizar el material producto de la ruptura que no haya sufrido daños, todo el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que el del original, debiendo quedar al

mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por la que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas tengan el grado de compactación especificado y/o lo que marque el proyecto (Cruz Rangel, 2017).

Cruzamientos especiales

Por medio de un control topográfico se realizará la ubicación y el trazo de la lumbrera conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación según los niveles de profundidad que marcan en el proyecto ejecutivo (Cruz Rangel, 2017).

La lumbrera para hincado de la tubería se construirá utilizando tablestacado a base de perfil AZ, troquelando mediante vigueta o colocando ademes en las paredes que rebasen la inclinación del “talud” con una relación de 0.25:1.00 (horizontal-vertical) (Cruz Rangel, 2017).

Acarreos de materiales.

Se le llama acarreo de materiales a la acción de transportar los materiales constructivos a utilizar en obra, desde su lugar origen hasta la zona de la obra, según el contrato, esos realizados de acuerdo a lo indicado en proyecto; se entiende, los lugares como bancos de préstamo, bodegas y depósito de materiales (Cruz Rangel, 2017).

Se considera material de acarreo al producto de despalmes y excavaciones para desplantar, alojar o que formen parte de las estructuras. El de bancos de préstamo para formar bordos o terraplenes. Productos para la construcción de camino y carreteras (Cruz Rangel, 2017).

Para el relleno de zanjas y excavaciones. Extracción de agregados en bancos de explotación. Formación de bancos de almacenamiento de materiales o depósitos para desperdicio de éstos (Cruz Rangel, 2017).

Operación y mantenimiento.

La operación en los sistemas de alcantarillados, debe de ser eficiente y efectiva, contar con una política es necesario, y esta, debe estar acorde con el diseño del alcantarillado, para que su funcionamiento sea óptimo y evite daños tanto a la red como también a los usuarios (Cruz Rangel, 2017).

Describir las maniobras de operación, medidas de conservación y limpieza y las acciones para una operación eficiente de un sistema de alcantarillado, las cuales deben ser de manera enunciativa y no limitativa, pudiéndose adaptar a las condiciones que prevalezcan en la comunidad o zona de proyecto o los que considere convenientes el Organismo o Comité encargado del sistema de alcantarillado (Cruz Rangel, 2017).

Para estos trabajos es necesario contar con un plan y cronograma de actividades para que se logre llevar a cabo en tiempo y espacio.

Maniobras de operación.

Dentro de las políticas de operación de la red deben estar contemplados programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como maniobras de compuertas y bombeos en determinados sitios y horarios, esto con el propósito de lograr que el sistema funcione de manera óptima. Los programas tienen por objeto mantener en buenas condiciones a todas las tuberías y todas las estructuras que conforman el sistema (Cruz Rangel, 2017).

Las tuberías deben ser colocadas de acuerdo al resultado de cálculos, para que trabajen a superficie libre, sin embargo, existe la posibilidad de que cuando se presenten lluvias muy fuertes y sobrepase la capacidad, estas trabajen a presión y la consecuencia será, que se produzcan inundaciones en el sector, debido esto se recomienda contar con las medidas necesarias para disminuir los riesgos o daños a los sistemas (Cruz Rangel, 2017).

Medidas de conservación y limpieza.

Los sistemas de alcantarillados deben tener un programa de limpieza preventivo y correctivo, el fin de estos es que los sistemas tengan un funcionamiento óptimo y se eviten anomalías las épocas lluviosas. Se debe tener claro que estos mantenimientos ayudan a prolongar la vida útil de los alcantarillados. Se deben realizar en el tiempo de verano o época seca cuando no reciben mayor cantidad de agua y esto permita tener el tiempo necesario para realizar la limpieza más fácilmente y detectar los daños (Cruz Rangel, 2017).

En este periodo es de esperarse que se tenga la presencia de sedimentos en el sistema debido a velocidades son bajas y no es posible que ellos sean arrastrados (Cruz Rangel, 2017).

Por esto es necesario hacer actividades de limpieza en el sistema, para lo cual se requiere de equipo apropiado para llevar a cabo esta actividad, ya que existen tanto conducciones a cielo abierto como cerrada, estas últimas son la mayoría. Para la limpieza de las conducciones cerradas deberán emplear equipos para arrastrar las sustancias sedimentadas (Cruz Rangel, 2017).

Una forma de hacerlo es remansando el agua dentro de la alcantarilla y después liberándola de manera súbita, esto se logra colocando una compuerta en un extremo de la alcantarilla y al liberar el volumen remansado, éste arrastrará el material sedimentado hacia aguas abajo, esta onda de agua se recomienda se presente en longitudes de tuberías no mayores a 200 m (Cruz Rangel, 2017).

Otro sistema de limpieza es el que utiliza inyección de agua a presión (750 kg/cm²), que es introducida a través de una manguera en cuyo extremo lleva una tobera, estas llevan en su parte posterior y en forma de anillo una serie de orificios con cierto grado de inclinación (35 ° y 45 °) para poder ir lanzando el agua y a la vez poder ir

avanzando. Este sistema se utiliza en conductos con diámetro interior mayor de 23 mm (Cruz Rangel, 2017).

Conservación y reparación del sistema.

Es complejo determinar lineamientos que indiquen cuando se deben realizar reparaciones en un sistema, estos pueden ser muy simples como cambiar una tapadera de pozo, hasta la reconstrucción de un tramo grande de la alcantarilla, en esta, el daño que recibe, pudo haber sido por un sismo, o haber recibido una presión que sobrepasa su límite (Cruz Rangel, 2017).

Para hacer la reparación de las tuberías rotas, es necesario levantar el pavimento para sustituir los tramos dañados, en el caso en que sólo se tengan agrietamientos, estos pueden ser reparados utilizando equipo especial que inyecte concreto o alguna resina en la zona dañada (Cruz Rangel, 2017).

Es necesario contar con las herramientas y materiales adecuados para lograr tener una reparación optima, de larga duración y evitar el incremento de costos por reparaciones mal realizadas.

Problemas más importantes en la operación de un sistema.

Cualquier sistema de alcantarillado presenta problemas en su operación, los cuales se deben a diferentes factores atribuibles al propio sistema, como son corrosión, erosión, sedimentación, etc., así como las causas externas, como son roturas, asentamientos, sobrecargas, etc. Entre los más representativos, pueden citarse los que se mencionan a continuación (Cruz Rangel, 2017).

Problemas imputables a la red.

Corrosión en los elementos metálicos dentro de la red como son, los equipos de bombeo, compuertas, peldaños de los pozos de registro, etc. La falla de estos últimos

son la causa de accidentes graves para el personal que hace labores de inspección (Cruz Rangel, 2017).

Insuficiencia de la capacidad del colector o del alcantarillado.

El hacer trabajar una tubería a presión, que no fue diseñada para ello, provoca fugas de agua hacia el exterior. A veces llegan a provocar que las tapas salten de los registros, generando un serio problema (Cruz Rangel, 2017).

Igualmente, los conductos al trabajar con carga, pueden producir la rotura de bóvedas y dar origen a la formación de socavones bajo el pavimento.

Los cierres hidráulicos originados en cambios de sección con disposición errónea, así como en la intersección de dos alcantarillas. Estos cierres generan sobreelevaciones de agua, aguas arriba y llegan a producir inundaciones.

Erosiones en tramos porque el flujo lleva una excesiva velocidad del agua producida por el empleo de una pendiente inadecuada (Cruz Rangel, 2017).

Sedimentaciones importantes, que obligan a realizar limpiezas más periódicas, esto es debido por el empleo de pendientes muy bajas.

Pérdida de agua por usar juntas inadecuadas.

Filtración de agua exterior a través de juntas inadecuadas. (Cruz Rangel, 2017)

Causas externas.

- a) Rotura de los conductos por la penetración de raíces.
- b) Rotura de los conductos por sobrecargas excesivas, mala colocación del conducto o paso de maquinaria o equipo pesado sobre ellas.

- c) Asentamientos provocados por otras construcciones próximas.
- d) Por pilotajes o roturas producidas por excavaciones para otro tipo de obras.
- e) Utilización de pozos de registro como vertedores de residuos sólidos, generándose con ello obstrucciones y sedimentaciones, disminuyendo la capacidad de los conductos (Cruz Rangel, 2017).

- f) Acción sobre los colectores de otros servicios integrados en el subsuelo, como son, abastecimiento de agua potable, gas electricidad, teléfono, etc., que muchas veces llegan a cruzar los colectores, disminuyendo su sección real.
- g) La interferencia de los colectores con tuberías de gas o cables de alta tensión, constituyen un serio problema para el personal de inspección de la red de saneamiento, habiendo sido ello origen de importantes accidentes. Ataque exterior hacia la tubería por agresividad del terreno o existencia de corrientes (Cruz Rangel, 2017).

- h) Ataque interior hacia los conductos por vertido de ácidos, gases, productos corrosivos o diferentes elementos que por reacción se transforman en sustancias corrosivas a los conductos. Debe presentarse atención a las descargas de las industrias químicas, fotográficas, de recubrimiento metálico, garajes, estaciones de servicio, etc.
- i) Conexiones defectuosas de las acometidas, que muchas veces obstruyen la red municipal, disminuyendo la capacidad y por lo tanto impiden el desarrollo satisfactorio de un mantenimiento normal. (Cruz Rangel, 2017)

Acciones preventivas.

La solución a los problemas descritos anteriormente, está en la adopción de acciones preventivas que ayudan a contrarrestar los inconvenientes en las redes, como las siguientes:

- a) Control de construcción.
- b) Control de vertidos o descargas.

Seguridad personal.

El control de los vertidos quedará garantizado con la implantación y un cumplimiento adecuado de un reglamento de ellos, que facilitará la operación de la red, la seguridad del personal, la garantía del funcionamiento correcto de la depuradora final y la garantía de que se limpiará y se dará mantenimiento a toda la red. El problema de los vertidos industriales es muy grave, teniendo en cuenta sus efectos sobre el personal y considerando, por otro lado, que se trata de personal experimentado, no fácil de sustituir (Cruz Rangel, 2017).

La seguridad y comodidad del personal para realizar su trabajo, es imprescindible en todo proyecto y funcionamiento de una red. No puede admitirse que el personal vaya sin el equipo adecuado para su trabajo (Cruz Rangel, 2017).

Renovación de redes.

Otra de las operaciones consiste en el mantenimiento preventivo, en la renovación de la red o en la reconstrucción parcial. El revestimiento interior de las tuberías por diferentes tipos de material a fin de construir parte de las tuberías, es una alternativa viable (Cruz Rangel, 2017).

Estudios Topográficos en la construcción de alcantarillados pluviales

Para los estudios topográficos de un sistema de alcantarillado deben ser necesario identificar las facetas del proceso y tomar en cuenta los factores determinados para que el levantamiento se realice correctamente. El levantamiento topográfico deberá comenzar con una definición de una poligonal principal, de esta forma se enumerarán de forma continuada los deltas para que no se repitan. En este inicio del proceso, se

recopilarán los detalles suficientes para realizar de forma exacta el dibujo de la planta (Global Mediterranea y Global Geomática , 1995).

Hay que considerar el diámetro mínimo que se ha de aplicar en los alcantarillados, el tamaño final dependerá de la pendiente, del caudal y/o de la velocidad de las aguas.

Por otro lado, se debe definir la altimetría, en este momento del levantamiento topográfico se medirá la distancia entre cualquier punto y la intersección de una superficie de nivel, con la vertical de esos puntos. Se determinará las elevaciones y pendientes existentes. La planimetría es otro de los factores de importancia, ya que determinará la localización de la red de alcantarillado en las calles, así como la ubicación de los pozos (Global Mediterranea y Global Geomática , 1995).

Se realizarán estudios de población para un funcionamiento eficiente de la red de alcantarillado, para determinar la vida útil y los materiales a utilizar. El paso del tiempo, posibles daños, el desgaste... Son elementos a tener en cuenta.

Tras los puntos clave mencionados anteriormente, se debe diseñar la red de alcantarillado, en el que se tomará en cuenta el cálculo de los caudales, las secciones pendientes, la red de recolección de aguas negras y el tratamiento que se llevará a cabo (Global Mediterranea y Global Geomática , 1995).

Los métodos que se van a aplicar en el levantamiento topográfico de una red de alcantarillado son a través de:

- a) Línea probable de desagüe, es decir, se realizará una poligonal taquimétrica con lecturas angulares.
- b) Lugares de desagüe, la poligonal taquimétrica.

Secciones transversales: en la que se realizará el levantamiento topográfico por medios taquimétricos (Global Mediterranea y Global Geomática , 1995).

Al tratarse de un proyecto de ingeniería u obra civil, en donde se incluye una carretera, líneas eléctricas, hasta un diseño de alcantarillado pluvial, (...) es necesario que se realice una representación clara y bien definida del área en donde se tiene pensado realizar el proyecto. Sobre la representación, el equipo encargado de realizar la obra, proyectará las obras a realizar y efectuará los cálculos y valorará los costes y la viabilidad del estudio (Martín, 2014).

Cada proyecto de ingeniería se apoya en un trabajo topográfico, que puede tener dos fases:

En la primera fase se tiene el levantamiento topográfico del lugar donde se realizará el proyecto, aquí obtenemos las medidas necesarias de interés y las características físicas, geológicas y geográficas, con ellas se obtendrá un plano topográfico detallado del proyecto (Martín, 2014).

En la segunda fase se realiza el replanteo, este trabajo consiste en el marcaje y señalización de los puntos sobre el terreno, donde se utilizan los datos obtenidos durante el levantamiento topográfico y por el medio de cual se desarrolla la construcción del alcantarillado (Martín, 2014).

La Topografía es competencia de distintos organismos del Estado, pero también de empresas y organismos privados, ya que cualquier proyecto supone, en general, la elaboración de nuevos planos topográficos, a escalas grandes y suficientemente detallados. Estos planos pueden ser elaborados por la misma empresa u organismo que acomete el proyecto, si dispone del personal y los equipos adecuados, o por otras empresas u organismos especializados (Martín, 2014).

Los levantamientos topográficos deben de realizarlos un profesional para que la información sea verídica y no afecte posteriormente el curso del proyecto.

Levantamientos Topográficos

Levantamiento de poblaciones:

En los levantamientos topográficos de la población se debe tener en cuenta el área edificada y de desarrollo futuro, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas edificadas o no, edificios, alineación municipal, ubicación de éstos, carreteras, cementerios, todos los pavimentos anotando su clase y estado, parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Tanto en los levantamientos topográficos de la población como en los correspondientes a las líneas de descarga, se tendrán en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Parte del levantamiento topográfico consiste en determina la población de estudio, que es un tema importante al momento de diseñar el alcantarillado, así mismo conocer las calles, los accesos, lugares importantes de la comunidad y accidentes geográficos, para que no se tomen rutas erróneas y luego se vea la necesidad de realizar nuevos levantamientos topográficos.

Métodos para efectuar los levantamientos:

Los levantamientos se harán por métodos Aero fotogramétricos con control terrestre o totalmente por métodos topográficos con tránsito y nivel. En el levantamiento de ciudades cuyo número de habitantes estimado a 20 años sea superior a 100,000 se establecerán redes de triangulación, siguiendo las especificaciones que al respecto fije el Instituto Geográfico Nacional (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

No serán aceptables los levantamientos taquimétricos, a excepción para algunos

detalles secundarios, pero que deben nivelarse con aparatos de precisión. Dentro del área urbana actual, debe instalarse como mínimo, una referencia de tránsito por cada 5 hectáreas, en puntos que aseguren su permanencia inalterada (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Levantamiento fuera del Perímetro Urbano

En los levantamientos situados fuera del actual perímetro urbano, se instalarán referencias de tránsito en mojones de concreto que tengan incrustadas una señal metálica. Estos mojones deben penetrar por lo menos 0.80 metros dentro del terreno, debiendo estar cuidadosamente referenciados a obras estables que se encuentren a su alrededor (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Su número será de tres por cada kilómetro. Los sitios destinados a obras de tratamiento, descargas o cualquier obra accesoría al sistema de recolección, deberán quedar referenciados por medio de tres mojones como mínimo, pero es indispensable dejar una marca en el lugar para en que en futuros trabajos se tenga indicado el lugar (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Nivelación:

La nivelación debe ser con instrumentos y métodos que permitan una precisión de 1 cm por kilómetro o menor. Se efectuará sobre el eje de las calles, tomando elevaciones en:

- a) En todos los cruces de calles.
- b) A distancia no mayores de 20 metros.
- c) En los puntos en que haya cambio de pendiente del terreno.
- d) En todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- e) En las alturas máximas y mínimas del agua en el caudal o cuerpo de agua en el que se proyecte efectuar la descarga. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Marcas de Nivelación

Las marcas de nivelación (Bench Marks) deben colocarse con anterioridad a los trabajos de nivelación y en tal forma que se asegure completamente su conservación.

Deben quedar referenciadas a las del Instituto Geográfico Nacional y a obras estables; y distribuidas en tal forma que su número sea de una por cada tres hectáreas como mínimo, tanto en la zona urbana actual, como en la de desarrollo futuro. Las marcas de nivelación serán señales perdurables accesibles y cuya identificación no ofrezca lugar a dudas (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Pueden estar constituidas por señales metálicas empotradas en la mampostería de los edificios o incrustadas en las calles o en las aceras, colocándolas dentro de una pequeña caja de inspección a suficiente profundidad del piso, o dentro de mojonos de concreto o formando parte integral de las referencias de tránsito (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Los trabajos de topografía deben contar con marcaciones en el lugar del levantamiento, para que se sepa cuál es el área a trabajar y los puntos puedan ser estables sin peligro de ser retiradas y colocadas en un lugar donde no haya tránsito continuo para no ser dañadas. Se recomienda que pueda ser de material duradero, por ejemplo, de concreto o metálicas y ancladas al suelo para su permanencia (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Detalles:

Los detalles topográficos se tomarán a modo de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno ya sea, en las calles, zonas sub-urbanas y de desarrollo futuro, patios, solares, en donde existe cambios de pendiente, zanjas, etc. Especial cuidado deberá tenerse en tomar niveles de aquellos terrenos con

construcciones en los que la cota de piso sea inferior a la cota de la rasante de la calle del frente (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Libretas de Campo:

Los datos de todo el levantamiento topográfico deberán quedar claramente consignados en libretas de campo, las cuales estarán libres de borrones, manchas, etc. Es indispensable que se acompañen los croquis o esquemas correspondientes, los cuales deberán ser ejecutados en el campo y a medida que avanza el trabajo, en una misma libreta solo se anotarán datos referentes a localidades de un mismo municipio (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

La importancia de tener una libreta topográfica radica en que se tenga una constancia de los datos obtenidos y que al momento de tener una duda de un punto se tenga una referencia y no se deba regresar al lugar y esto incurra en el proceso de trabajo de gabinete.

Errores Admisibles.

Los errores de cierre admisibles serán los siguientes:

- a) Error angular: $E_a = (n) 0.5$ Siendo: E_a : Error angular permisible en minutos: n = Número de estaciones del polígono.
- b) Error Lineal: $E_l = 0.003 L$ Siendo: E_l : Error Lineal de cierre del polígono en metros.
 L - Longitud total de los lados del polígono.
- c) Error de nivelación: $E_n = 24 (L) 0.5$ Siendo: E_n = Error de cierre de la nivelación en milímetros. L = Longitud total nivelada en kilómetros (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Concepto de replanteo

Es la materialización en el espacio, de forma adecuada e inequívoca, de los puntos básicos obtenidos en el levantamiento topográfico, que definen gráficamente un

proyecto. Definimos proyecto como el conjunto de documentos escritos, numéricos y gráficos, que se utilizan para la construcción de una obra de ingeniería. Estos puntos básicos son los mínimos necesarios para definir el elemento a replantear. A su vez, este elemento puede estar compuesto por determinadas figuras geométricas que quedarán definidas por estos puntos básicos (Villena, 1996).

Es la operación inversa del levantamiento. Mientras en el levantamiento tomamos datos del terreno para confeccionar o dibujar un plano, en el replanteo tomamos datos del plano para situarlos sobre el terreno o espacio situado en el suelo. Podemos decir que la finalidad de un replanteo es emplazar sobre el terreno aquellos elementos a construir y controlarlos hasta su terminación y que nos lleva a realizar o definir un proyecto. Recordemos también que en topografía se entiende por replanteo a los trabajos necesarios para reponer un punto que ya estuvo situado en el terreno (Villena, 1996).

Relación entre topografía y replanteo

Para realizar cualquier replanteo en ingeniería, es necesario aplicar técnicas propias de la topografía debido que de aquí se toma la información necesaria. Desde los trabajos más sencillos hasta los más complejos necesitan de la topografía y de sus medios. De este modo podemos analizar la relación entre topografía y replanteo al separarla en dos apartados: los instrumentos a emplear y las observaciones topográficas a realizar (Villena, 1996).

Se debe tener en cuenta que la base de un replanteo es el levantamiento topográfico obtenido con anterioridad, por medio de este se debe realizar el marcaje en el terreno donde se pretende realizar el proyecto, es por ello que el trabajo de gabinete debe haberse realizado con especial cuidado para que conforme vaya avanzando el proyecto este tenga las inclinaciones y cotas correspondientes y no existan desfases en ningún punto (Villena, 1996).

Mecánica de Suelos

Con frecuencia se debe enterrar bajo un terraplén de elevado de ferrocarril o carretera, debido al rápido crecimiento de la industria de tuberías y a la construcción de importantes carreteras, ha aumentado grandemente el número de instalaciones, de tuberías enterradas. Estas tuberías suelen ser de una chapa delgada de metal o plástico, denominados, tuberías flexibles, o de una pared gruesa de concreto armado, denominadas, tuberías rígidas (Whitman, 2012).

Existen pocos casos en que las tuberías de alcantarillados enterradas se hayan roto por aplastamiento bajo las cargas exteriores aplicadas. La mayor parte de roturas producidas en estas tuberías han estado asociadas con:

- a) Ejecución defectuosa.
- b) Cargas de construcciones superiores a las del proyecto
- c) Flexión de la tubería pos asentamientos de la cimentación o hundimiento (Whitman, 2012).

Ante los excelentes datos de comportamiento de miles de tuberías enterradas, la conclusión obligada es que los métodos de proyecto que se utilizan habitualmente producen instalaciones con un amplio margen de seguridad. Sin embargo, se ha publicado escasa información referente a la seguridad real de estas instalaciones y a su grado de sobredimensionamiento, lo que ha podido ocasionar un gran despilfarro de dinero (Whitman, 2012).

Previo a realizar un sistema de alcantarillado es de suma importancia conocer qué tipo de suelo tiene el área donde se pretende realizar un proyecto, ya que comúnmente las tuberías se encuentran enterradas a una cierta distancia de la base, y si no se le da el tratamiento adecuado al suelo, los conductos o tuberías pueden sufrir roturas y

complicar el curso del sistema de alcantarillado. Y esto vendría a afectar el costo final del proyecto o el sobredimensionamiento del mismo.

Estudios geotécnicos.

Características del Subsuelo.

Las características del subsuelo serán definidas por medio de excavaciones en las que se determinará a la vez el Nivel-Estático del agua subterránea cuando sea necesario. De estas excavaciones se presentarán secciones que describan la constitución del terreno hasta la profundidad necesaria para la cimentación de las tuberías (y estructuras). Si existen paredones de cortes de carreteras u otras obras indicar las características visibles (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Obtener las características del suelo debe ser uno de los puntos importantes para la colocación del alcantarillado, por medio de este resultado obtendremos el nivel freático del agua subterránea, lo cual nos indica hasta qué punto se puede excavar y que los acuíferos bajo suelo no sean motivo de que la red de alcantarillado falle en determinado momento.

El sitio de construcción y el subsuelo deberán ser evaluados tomando en cuenta los riesgos asociados, tales como; ruptura o fallamiento por corte del suelo, asentamientos causados por compresibilidad del suelo en condiciones estáticas, inestabilidad de taludes, asentamientos causados por cargas dinámicas y asentamientos o deformaciones permanentes causados por licuación o licuefacción (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Los estudios geotécnicos se realizan para conocer las condiciones del terreno y del subsuelo y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan efectuar un análisis y diseño estructural adecuado. Estos estudios también incluirán las medidas de

mitigación para los riesgos identificados (...) (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Los estudios del suelo tienen como objetivo dar a conocer las condiciones de suelo, de esta información, se puede saber si el suelo tiene la capacidad portante y que no vaya a fallar debido a la presión que le ejerzan los conductos o elementos del sistema. Evitando de esta manera que exista un peligro para la población del sector, si se obtiene un porcentaje alto de amenaza se debe tratar el suelo hasta aumentar su resistencia a la presión.

Los estudios geotécnicos deben ser requeridos previos al período de diseño y están orientados principalmente hacia el conocimiento del tipo de sitio y de las características de las unidades geotécnicas que conforman el subsuelo y su estructura (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Los estudios geotécnicos requieren comprender las condiciones del entorno (estabilidad general), evaluando la existencia de amenazas naturales que puedan afectar al proyecto. De existir estas amenazas, se deben delimitar, cuantificar y hacer las recomendaciones para mitigar el riesgo. Se debe definir el área y la profundidad de influencia de las cargas de la obra sobre el terreno, lo que servirá para planificar las actividades mínimas de exploración (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Los estudios de suelo son importantes dentro de la planificación de un proyecto de alcantarillado, ya que este da a conocer las características del suelo donde se pretende colocar la red, y permite que el proyectista sepa si el suelo es óptimo para soportar las cargas que suponen las redes de tuberías, así mismo el material de la tubería para no afectar el soporte del suelo.

Visita al sitio o reconocimiento preliminar.

Es obligatorio realizar una visita al sitio en la que se verifiquen las condiciones superficiales generales del mismo y su entorno, para determinar el tipo de estudio a realizar (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

El trabajo de campo es indispensable para poder obtener los datos sobre el terreno, por lo cual no se puede saltar este paso tan importante.

Para un Estudio Geotécnico (...) se deben realizar como mínimo las siguientes actividades:

- a) Actividades de Campo
- b) Reconocimiento del terreno
- c) Análisis del tipo de construcción

(Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

La visita de campo de un profesional debe de realizar para que este de su recordación en cuanto al tipo de estudio que se requiere realizar y no incurrir en estudios que no nos favorecen.

Prospección.

La prospección del terreno podrá llevarse a cabo mediante calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración o métodos geofísicos.

En los reconocimientos el profesional geotecnista deberá seleccionar entre sondeos, calicatas, o ambos según su criterio (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

En el marco de la presente norma no se pueden utilizar exclusivamente métodos geofísicos para caracterizar el terreno, debiendo siempre contrastarse sus resultados

con los sondeos mecánicos y/o calicatas (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

En general, se podrán aplicar las técnicas geofísicas para la caracterización geotécnica y geológica, con el objeto de complementar datos, mejorar su correlación, acometer el estudio de grandes superficies y determinar los cambios laterales de facies, no siendo aconsejable en cascos urbanos consolidados (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Ensayos de campo.

Son ensayos que se ejecutan directamente sobre el terreno natural y que proporcionan datos correctos y que pueden correlacionarse con la resistencia y deformabilidad de una unidad geotécnica a una determinada profundidad. Los más usuales son los siguientes:

- a) Ensayo de penetración dinámica (SPT),
- b) Ensayo de penetración con cono estático (CPT),
- c) Ensayo de veleta (Vane Test),
- d) Ensayo presiométrico (PMT),
- e) Ensayo de carga con placa (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

En el caso de suelos con un porcentaje apreciable de grava gruesa, cantos y bolos y cuando la importancia del edificio lo justifique, se puede determinar con levantamientos de geofísica el espesor de la capa y se pueden contrastar los valores de resistencia SPT con los valores de velocidad de transmisión de las ondas de corte S obtenidas mediante ensayos de tipo “cross-hole”, “down-hole” o “Multichannel Analysis Surface Wave, MASW” (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto, en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Los ensayos de suelo se realizan por medio de un muestreo recogido en campo, en el momento en que se realizan las tomas de muestras o estudios en campo, se debe tomar en cuenta que el suelo debe estar en su estado natural, sin saturación de agua, no mezclado con otro material y libre de partículas contaminantes, porque se verá alterado el resultado y no se obtendrán los datos correctos, así mismo el distanciamiento entre calicatas no deben estar muy cercanas, ya que ocurre que el mismo sector hay varios tipos de suelo.

Actividades de Gabinete y Laboratorio

De todas las muestras obtenidas en calicatas o sondeos se hará una descripción detallando aquellos aspectos que no son objeto de ensayo, como el color, textura, estructura, olor, litología de las gravas o trozos de roca, presencia de escombros o materiales artificiales, etc., así como eventuales defectos en la calidad de la muestra (...) (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

El número de determinaciones del valor de un parámetro de una unidad geotécnica investigada será el adecuado para que éste sea fiable. Para una superficie de estudio de hasta 2,000 m², en cada unidad de importancia geotécnica se considera orientativo el número de determinaciones (...) (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES, 2018).

Casi todos los problemas de suelos, son en alto grado, estáticamente indeterminados. Aún es importante el hecho de que los depósitos de suelo naturales, presentan cinco características que originan complicaciones:

- a) Un suelo no posee una relación lineal o única de esfuerzo-deformación.
- b) El comportamiento del suelo depende de la presión, tiempo y el método físico.
- c) El suelo es diferente, en cada lugar.
- d) En casi todos los casos la masa de suelo que interviene en un problema, está bajo la superficie y no puede observarse en su totalidad, si no que se debe estudiar a partir de las pequeñas muestras obtenidas en puntos localizados.
- e) La mayoría de los suelos son muy susceptibles a alterarse, debido a las tomas de muestras, por lo que el comportamiento medido en pruebas de laboratorio puede ser diferente del suelo in situ.

Estos factores se combinan para hacer que cada problema de suelo sea particular, y para todos los efectos prácticos, imposible de una solución exacta.

La mecánica de suelos puede proporcionar soluciones para un modelo matemático. Debido a la naturaleza y diversidad de suelos y a las condiciones de contorno o frontera desconocida, puede ser que el modelo matemático no representa el problema real. Al avanzar la construcción y, a medida que se adquiere más información, las propiedades del suelo y las condiciones de contorno se puede rectificar, modificando adecuadamente la solución del problema (Whitman, 2012).

Materiales de construcción utilizados en alcantarillado.

Actualmente los materiales más comunes utilizados en un alcantarillado son las tuberías y que han existido desde años atrás. Conforme el paso de los años la tecnología avanza lo cual ha permitido obtener métodos más sofisticados, para mejorar la estructura de las tuberías y que vayan evolucionando conforme lo

demandan los proyectistas. Debido a esto se encuentran variedad de tuberías con diferente material y que los encontramos bajo suelo, realizando trabajo.

Algunos materiales de las líneas de alcantarillado utilizados en el siglo XIX eran ladrillos, cemento y madera. Ahora, las tuberías de plástico también son muy populares como el PVC. Cada uno tiene sus necesidades de mantenimiento, características y una vida útil diferente (INLOC Robotics S.L., 2013).

Consideraciones sobre los materiales de las tuberías de alcantarillado.

Al momento de elegir el tipo de tubería o conductos a utilizar en el diseño del alcantarillado, se debe tomar en cuenta algunos elementos importantes. Algunos de ellos pueden ser, la corrosión, el costo, flexibilidad, requisitos de seguridad, la temperatura del lugar y las condiciones geológicas a las que va estar sometida. Algunas características clave del material de la tubería de alcantarillado son el factor de socavación, la resistencia a la corrosión (tanto interna como externa), la hermeticidad a las fugas y las características hidráulicas (INLOC Robotics S.L., 2013).

Cada fabricante de tuberías, deben de seguir y cumplir con los requisitos y estándares para los materiales de fabricación, otorgadas por los entes reguladores, donde se especifican las características y detalles, tales como las cargas, diámetros y espesores de pared, sabe mencionar que estos lineamientos varían según el material de construcción de las tuberías (INLOC Robotics S.L., 2013).

La característica común de los materiales de tubería de alcantarillado.

Existen otros materiales para las tuberías de alcantarillados, y en cada uno de ellos cuenta con un beneficio si se utiliza en el lugar adecuado, lo que cada uno tiene en común es que necesitan tener el mantenimiento adecuado y las inspecciones obligatorias para avalar su buen funcionamiento (INLOC Robotics S.L., 2013).

Tipos de tubería según material.

Tubería de hierro dúctil.

Este tipo de material para tuberías de alcantarillado es una consecuencia de la industria de tuberías de hierro fundido. Las mejoras en la industria metalúrgica agregaron la capacidad de deformar ligeramente la tubería sin agrietarla. Este material de línea de alcantarillado se convirtió rápidamente en el material estándar para servicio de alta presión para diversos usos (gas, agua, etc.). Además, este material tiene alta resistencia al impacto, alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la tracción y ductilidad, y resistencia a la corrosión. (Guerrero, 2014)

Para tubería metálica:

- a) Hierro fundido
- b) Hierro dúctil
- c) Acero (Guerrero, 2014)

Otros Para tubería no metálica:

- a) Cerámica
- b) Concreto simple
- c) Concreto armado reforzado
- d) Fibrocemento
- e) Poli cloruro de vinilo (PVC)
- f) Polietileno (PE)
- g) Termoplástica
- h) Polietileno de alta densidad
- i) Plástica termo-estable
- j) Fibra de vidrio (resina termo-estable reforzada) RTR
- k) Mortero plástico reforzado RPM (Guerrero, 2014).

Tuberías no metálicas

Tuberías Cerámicas

Son químicamente inertes.

A través de los años la arcilla natural ha sido convenientemente tratada para la fabricación de los mismos, lográndose una calidad buena, no solo para resistir los ataques químicos corrosivos de las aguas domésticas e industriales sino también para los aspectos estructurales requeridos en su instalación. Poseen una buena resistencia a la abrasión (Guerrero, 2014).

Las tuberías de arcilla son lisas, con bajo coeficiente de fricción, impermeable y poco atacable por ácidos. Se deben controlar y comprobar debido a su fragilidad, permeabilidad por fisuras y la dificultad de ejecución de sus juntas.

Los accesorios disponibles como yees y tees deben ser usadas para unir alcantarillas domésticas a alcantarillas públicas y deben ser instaladas en la alcantarilla cuando ésta es construida. Los extremos abiertos de las conexiones no usadas pueden ser cerrados con tapones o mortero hasta que se necesiten (Guerrero, 2014).

Las principales características más importantes de los tubos cerámicos son:

- a) Resistencia al ataque de compuestos orgánicos como ser ácidos, sales y bases con excepción del ácido fluorhídrico y sus compuestos.
- b) Resistencia a la agresión de compuestos orgánicos y agentes biológicos destructores.
- c) Bajo coeficiente de dilatación térmica ($K=5.10^{-6} \text{ m}^{\circ}\text{C}$).
- d) Estanqueidad inferior a 0.03 en 15 minutos
- e) Estanqueidad inferior a 0.03 en 15 minutos
- f) Buena resistencia mecánica (Guerrero, 2014).

Tuberías de concreto

Los tubos pueden ser de concreto simple o de concreto armado.

Tubos de concreto armado o reforzado.

Los tubos deben llevar armaduras de refuerzo solamente cuando se trata de grandes diámetros. En los tubos de concreto armado, la unión que generalmente se practica es de tipo espiga campana, pudiendo ser la junta rígida o elástica (Guerrero, 2014).

Ventajas del uso de tuberías de concreto

- a) Bajo coeficiente de rugosidad. ($n = 0.013$)
- b) Pueden ser fabricados para una amplia gama de resistencias, variando únicamente el espesor de las paredes.
- c) Tienen la posibilidad de ser fabricados en el mismo lugar de las obras. (Guerrero, 2014)

Tubería de hormigón

Hay dos tipos de tuberías de hormigón para alcantarillado: PCCP y RCP. La tubería cilíndrica de hormigón pretensado (PCCP) se utiliza para tuberías de fuerza y su construcción puede ser de cilindro empotrado (EC) o de cilindro revestido (LC).

La tubería de concreto reforzado (RCP) se usa principalmente para líneas de gravedad. Este material es ideal para instalaciones de sistemas de tuberías duraderas (INLOC Robotics S.L., 2013).

Algunas características notables de este material de tubería de alcantarillado son:

- a) Fuerza: Esta es una de las tuberías de drenaje más fuertes disponibles.
- b) No inflamable: las tuberías de hormigón no se queman.
- c) Consideraciones ambientales.

Por su larga vida y, en algunos casos, el uso de materiales naturales/reciclados para su fabricación, es muy amigable con el medio ambiente. (INLOC Robotics S.L., 2013)

Tuberías de fibrocemento

Son elaborados a partir de una mezcla íntima y homogénea de fibras y cemento portland o portland puzolánico, exenta de materia orgánica, con o sin adición de sílice y agua. Su empleo en las redes de alcantarillado se justifica cuando se plantean exigencias de alta flexibilidad e impermeabilidad de juntas. Se producen hasta de 90 cm, con juntas de espiga y campana (Guerrero, 2014).

Para las juntas se emplean anillos o piezas especiales de goma o en su caso, se coloca una cuerda alquitranada en 1/3 de la junta, mastic plástico en el otro tercio y en el tercio final se coloca un mortero de cemento en proporción 1 de cemento por 2 de arena (Guerrero, 2014).

Tuberías de asbesto cemento o fibra cemento.

Esta tubería se utilizó mayormente en años anteriores en las redes de acueducto, pues se fabrican en gran variedad de diámetros. En la actualidad han sido reemplazados por el PVC y otros materiales (Guerrero, 2014).

Tubería de plástico.

La tubería de plástico está hecha de plástico termoplástico o termoestable. Este material tiende a ser resistente al ataque de ácidos, compuestos orgánicos y químicos.

Los plásticos termoestables son rígidos después de su fabricación y no se pueden reformar. A menudo se fabrican de acuerdo con los requisitos específicos del comprador y pueden incluir revestimientos de diferentes composiciones para usos químicos específicos (INLOC Robotics S.L., 2013).

Los termoplásticos pueden cambiar de forma cuando se calientan. Los plásticos comunes utilizados en la fabricación de tuberías incluyen polivinilo (PVC) y polietileno (PE). La tubería de PVC es el material de tubería de plástico más utilizado porque es fuerte, liviano y algo flexible (INLOC Robotics S.L., 2013).

Tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC)

Gran aceptación para redes de alcantarillado, solamente en diámetros pequeños de 6” y 8” ya que para diámetros mayores el costo es muy alto, produciéndose, por lo tanto, deferencias económicas muy significativas. (Guerrero, 2014)

- a) Los tubos de PVC se fabrican por extrusión.
- b) El PVC puro se suministra a las industrias transformadoras en forma de un polvo blanco.
- c) Son ligeras.
- d) Inertes a las aguas agresivas y a la corrosión de las tierras.
- e) No existe peligro de obstrucción en los tubos como resultado de la formación de residuos y óxidos. En consecuencia, podemos decir que la sección útil de los tubos permanece prácticamente invariable.
- f) Superficie interior de los tubos puede considerarse como “hidráulicamente lisa”.
- g) Los roedores y las termitas no atacan a los tubos de PVC rígido.
- h) Excelente comportamiento a las sobrepresiones momentáneas, tales como el golpe de ariete.
- i) Mejor comportamiento que los tubos tradicionales bajo los efectos de la helada (Guerrero, 2014).

Sistema Novafort

El Sistema Novafort, formado por tubos de doble pared estructurada anularmente en exterior y lisa en interior, conexiones métricas de pared sólida y pozos de visita de materiales plásticos, ha sido creado para utilizarse en sistemas de alcantarillado

hermético ya sea sanitario, pluvial o combinado. La unión a los tradicionales pozos de visita de tabique y mezcla de cemento-arena se realiza con mangas de empotramiento (AMANCO, 2015).

En general su uso se extiende a cualquier sistema de tubería que transportes fluidos a superficie libre (como canal), por ejemplo: en conducciones de agua para riego entre otros mecanismos (AMANCO, 2015).

Características generales del Sistema Novafort.

- a) La superficie lisa de sus paredes internas permite una mayor capacidad hidráulica con relación a otros materiales y tecnologías. Su coeficiente de Manning es de 0.009 lo que también disminuye significativamente la aparición de incrustaciones y tuberculización (AMANCO, 2015).
- b) Buena resistencia al impacto, que permite que el tubo no se dañe durante el transporte, almacenamiento o instalación.
- c) Gran resistencia química ante los efluentes, la acción del suelo circundante y una total inercia química al sulfuro de hidrógeno activo.
- d) Resistencia a la corrosión química y electroquímica, por estar fabricado con material inerte y no conductor. (AMANCO, 2015)
- e) Resistencia a la abrasión gracias a la lisura de sus paredes internas que disminuye considerablemente el desgaste generado por los sólidos en suspensión contenidos en los fluidos transportados.
- f) Las uniones con anillo de hule que posee hacen posible que el sistema tenga mayor flexibilidad y, por ende, un buen comportamiento ante asentamientos diferenciales a los que está sometido, movimientos telúricos y contracciones o dilataciones por cambios de temperatura u otros factores externos (AMANCO, 2015).

Criterios de diseño

El análisis y la investigación de las características del flujo hidráulico han permitido que los sistemas de alcantarillado construidos con tuberías plásticas, puedan ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de Manning (AMANCO, 2015).

La relativa pequeña concentración de sólidos (600 ppm), usualmente presente en las aguas negras y de tormenta, no es suficiente para hacer que el comportamiento hidráulico difiera al de agua limpia, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza (AMANCO, 2015).

En general, para simplificar el diseño de sistemas de alcantarillado, es aceptable asumir condiciones constantes de flujo, aunque la mayoría de los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionan con caudales sumamente variables. Cuando se diseña permitiendo que la altura del flujo en el conducto varíe, se considera como flujo a superficie libre (AMANCO, 2015).

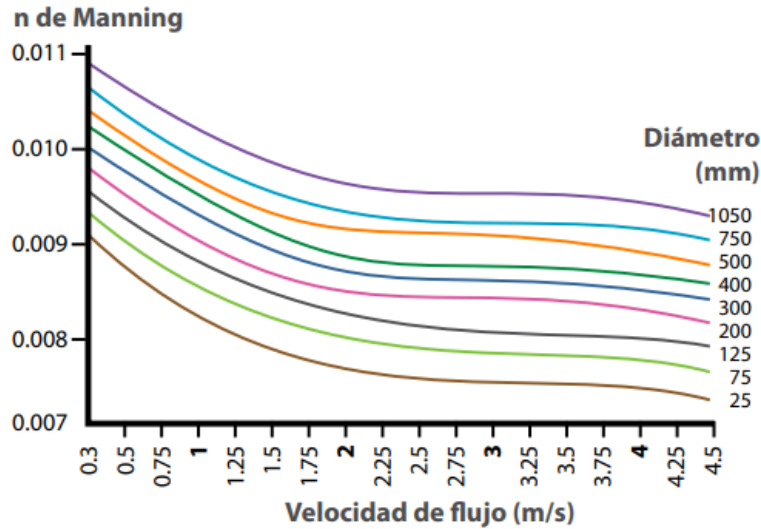
Coefficiente de rugosidad

El valor de n ha sido determinado experimentalmente para los materiales más comunes usados en sistemas de alcantarillado.

Su valor puede ser tan bajo como 0.007 en pruebas de laboratorio para tuberías plásticas y utilizando agua limpia, o tan alto como 0.025 en tuberías de acero corrugado bajo condiciones menos favorables.

En la gráfica de variación de la “ n ” de Manning en tuberías de pvc, se presentan los resultados obtenidos por el Ing. Fadi Z. Kamand, miembro de la Asociación Americana de Ingenieros Civiles ASCE, referente a la variación de la n de Manning con respecto a la velocidad del flujo y al diámetro de la tubería de PVC. Para NOVAFORT y NOVALOC se recomienda un valor de $n = 0.009$ (AMANCO, 2015).

GRÁFICA 5.1 VARIACIÓN DE LA “n” DE MANNING EN TUBERÍAS DE PVC



Fuente: AMANCO, 2,015

En Guatemala se cuenta con un ente regulador de normas de construcción llamado, Asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica, los cuales han realizado un listado de requerimientos según los estudios realizados dentro del país, para lograr que las estructuras y obra de ingeniería civil, cumplan y resistan la actividad sísmica y otras cargas que soportan del ambiente, dentro de los cuales incluyen las normas ASTM, NTG y ACI para los diferentes materiales ocupados en la construcción como por ejemplo, los cementos, arenas, pedrín, tuberías, y cerámicos.

Normas para construcción de alcantarillado pluvial.

Es recomendable conocer sobre estas normas para poder sustentar el uso de un material determinado en la construcción de una obra de alcantarillado pluvial.

Cuando se piensa en la construcción de proyectos hidráulicos, tales como obras de agua potable, alcantarillados, infraestructura, y en este caso, alcantarillado pluvial,

existen normas leyes y requisitos que cumplir, esto para garantizar que el proyecto o la obra, cumpla con los estándares de calidad determinadas por los entes reguladores, tenga la calidad necesaria y al mismo tiempo que se hayan utilizado los recursos económicos y fondos, al cual fueron destinados. Se enlistan a continuación las leyes que aplican en este tipo de obra civil.

Ámbito legal e institucional

Constitución política de la República de Guatemala.

La Constitución Política de la República de Guatemala establece en el Artículo 253 que a los municipios les corresponde atender los servicios públicos locales, entre los que se encuentran los servicios de agua potable y saneamiento (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

En todos los municipios del país se tiene un alcalde y su concejo municipal que tiene la obligación de atender las necesidades básicas de la población, en este caso según indica el ministerio de salud los servicios de agua para consumo y alcantarillados, esto lo podemos encontrar en la Constitución política de la república.

Artículo 253.- Autonomía Municipal. Los municipios de la República de Guatemala, son instituciones autónomas. Entre otras funciones les corresponde: a. Elegir a sus propias autoridades; b. Obtener y disponer de sus recursos; y c. Atender los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción y el cumplimiento de sus fines propios. Para los efectos correspondientes emitirán las ordenanzas y reglamentos respectivos (Constitución Política de la República Guatemala, 1993).

La Constitución Política de la República es clara en el Artículo 253, donde indica que la municipalidad de cada municipio, por medio del alcalde y su corporación es la responsable de proporcionar a sus habitantes los servicios básicos para tener una

buena calidad de vida, de ordenar su territorio de manera que la población viva de una forma digna y es su obligación cumplir con lo que dicta este artículo, es por ello que la unidad ejecutora debe de llevar a cabo los proyectos de servicios básicos en cada comunidad que lo solicita, aprobado por el concejo municipal.

Código municipal.

El Código Municipal, Decreto N° 12-2002, y su Reforma, Decreto N° 56-2002, ambos del Congreso de la República, también expresa claramente en su Capítulo 1 del Título V, al referirse a las competencias municipales, que éstas “podrán cumplirse por un municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios”, indicando que la primera de ellas es la de:

a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final (Contraloría General de cuentas, 2.002).

Así mismo la obligación de las municipalidades de otorgar los servicios a sus habitantes lo menciona la Contraloría General de Cuentas, en el Código municipal, en donde menciona más detalladamente cada uno de los sectores que debe abarcar para satisfacer las necesidades de los habitantes del municipio, entre ellos área de salud, servicios básicos, limpieza, ordenamiento territorial, tratamiento de desechos sólidos.

Ley del Ministerio de Ambientes y Recursos Naturales -MARN-

También en este apartado se menciona al Ministerio de Ambientes y Recursos Naturales, que cuenta con una sola función, la de controlar, formular y ejecuta leyes que preserven los recursos naturales de los municipios del país.

El MARN, fue creado por medio del Decreto No. 90-2000 del Congreso de la República, correspondiéndole formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

"Artículo 29. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación le corresponde atender los asuntos concernientes al régimen jurídico que rige la producción agrícola, pecuaria e hidrobiológica, esta última en lo que le atañe, así como aquellas que tienen por objeto mejorar las condiciones alimenticias de la población, la sanidad agropecuaria y el desarrollo productivo nacional. Para ello tiene a su cargo las siguientes funciones:

a) Formular y ejecutar participativamente la política de desarrollo agropecuario, de los recursos hidrobiológicos, estos últimos en lo que le atañe, y en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales diseñar la política para el manejo del recurso pesquero del país, de conformidad con la ley (Congreso de la República de Guatemala, 2,000).

Reglamento Orgánico Interno de SEGEPLAN

Para el apoyo de las entidades ejecutoras de proyectos, se creó la Secretaría de General de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN- que se encarga de regir y coordinar la planificación y sustentación de los proyectos de inversión pública, apoya económicamente a las municipalidades para que sus proyectos se lleven a cabo, y acompaña en cada fase del proyecto a las entes ejecutoras para que se lleve un orden adecuado tanto en sus fases de ejecución con el inversión que supone cada una.

Fortalece con su acompañamiento y busca apoyo de otras instituciones si el proyecto lo requiere. A continuación, se mencionan algunas de sus atribuciones:

El Reglamento Orgánico Interno de SEGEPLAN, Acuerdo Gubernativo número 271-2010, establece que esta institución es el órgano de planificación del Estado y de apoyo a las atribuciones de la Presidencia de la República, cuyas funciones se encuentran determinadas en la Ley del Organismo Ejecutivo. Entre otras funciones, SEGEPLAN coordina la formulación de la política pública, planificación, programación e inversión pública.

Por otro lado, prioriza, gestiona, negocia, administra y contrata, por delegación de la autoridad competente, la cooperación financiera no reembolsable proveniente de organismos internacionales y gobiernos extranjeros que le sea otorgada al país para la realización de proyectos de interés común (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

Artículo 5. Secretaría. La Secretaría tiene las atribuciones establecidas por la ley y tendrá bajo su competencia:

- a) Velar por el cumplimiento del ordenamiento jurídico en los diversos asuntos de su competencia.
- b) Coadyuvar a la formulación de las políticas generales del Gobierno y los planes y programas de desarrollo, en coherencia con el presupuesto.
- c) Coordinar los esfuerzos de los órganos de la administración pública, en la gestión de la política general del Gobierno, respetando, en todo caso, la autonomía de los gobiernos municipales.
- d) Coordinar la formulación de la política pública, planificación, programación e inversión pública y velar por la implementación de los sistemas propios de la materia (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia., 2010).

- e) Velar por la efectiva ejecución de las acciones técnicas que en el marco de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, corresponde a la SEGEPLAN.
- f) Participar en la formulación del Presupuesto General de Ingresos y Egresos del Estado, en lo relativo a programas y proyectos financiados o cofinanciados con recursos provenientes de la cooperación internacional no reembolsable.
- g) Formular las políticas y programas de cooperación internacional en consulta con los organismos del sector público para conocimiento y aprobación del presidente de la República.
- h) Coordinar la armonización y alineación de la cooperación internacional.
- i) Priorizar, gestionar, negociar, administrar y contratar, por delegación de la autoridad competente, la cooperación financiera no reembolsable proveniente de organismos internacionales y gobiernos extranjeros que le sea otorgada al país para la realización de proyectos de interés común (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia., 2010).
- j) Proponer proyectos de acuerdos, reglamentos, dictámenes, informes y demás disposiciones relacionadas con el ramo bajo su responsabilidad, para consideración del presidente de la República y otras instituciones públicas.
- k) Dirigir y coordinar la labor de las dependencias de la SEGEPLAN, así como administrar los recursos humanos, físicos y financieros, velando por la eficiencia y la eficacia en el empleo de los mismos, dictando además las disposiciones pertinentes.
- l) Proponer la creación, fusión, reestructuración o supresión de las dependencias de la institución, para optimizar las atribuciones de éstas; y, en consecuencia, disponer la creación, supresión, reasignación de cargos y puestos según las necesidades de la institución.

- m) Aprobar los manuales y demás disposiciones legales internas, que se destinen al funcionamiento de la institución.
- n) Crear las delegaciones territoriales, departamentos, unidades o cualquier otra dependencia que sea necesaria para el buen funcionamiento de la institución. Cumplir las demás funciones inherentes a la naturaleza de sus actividades (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia., 2010).

Ley de consejos de desarrollos urbanos y rurales.

Existe una ley de consejos de desarrollos, donde los indica que los Consejos Comunitario de Desarrollo -COCODE- tienen la facultad de promover dentro de sus comunidades el desarrollo, mediante la organización y formulación de propuestas de programas y proyectos, los cuales se pueden llevar a cabo mediante la solicitud de asignación de presupuesto de parte la municipalidad. Los COCODES son elegidos por los integrantes de la comunidad a la que pertenecen, tomando en cuenta sus valores y principios para llevar a cabo estas actividades.

La ley de los consejos de desarrollo urbano y rural, Decreto número 11-2002, del Congreso de la República, establece el Sistema de Consejos de Desarrollo, que tiene como objetivo organizar y coordinar la administración pública mediante la formulación de políticas de desarrollo, planes y programas presupuestarios y el impulso de la coordinación interinstitucional, pública y privada (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

En esta ley se indica que el Sistema de Consejos de Desarrollo es el medio principal de participación de la población maya, xinca y garífuna y la no indígena, en la gestión pública para llevar a cabo el proceso de planificación democrática del desarrollo, tomando en cuenta principios de unidad nacional, multiétnica, pluricultural y multilingüe de la nación guatemalteca (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

Decreto 1132, creación del INFOM

Mediante el decreto número 1132 del Congreso de la República, se creó al INFOM para promover el progreso de los municipios, dándoles asistencia técnica y financiera a las municipalidades en la realización de programas básicos de obras y servicios públicos, en la explotación racional de los bienes y empresas municipales, en la organización de la hacienda y administración municipal y, en general, en el desarrollo de la economía de los municipios. Esta asistencia técnica y financiera incluye lo concerniente a los servicios de agua potable y saneamiento (Ministerio de salud pública y asistencia social., 2013).

Reglamentos generales para el diseño de alcantarillas y drenajes según INFOM

Siendo el INFOM una entidad del estado que promueve el desarrollo de las comunidades, nos dicta un listado de lineamientos a tomar en cuenta al momento de realizar un proyecto, en este nos indica los pasos a seguir y los factores que nos ayudan a diseñar un sistema, ya sea de agua potable o de alcantarillados, tanto de aguas negras y como pluviales, que en este reglamento lo denominan como alcantarillado de tormenta.

Capítulo 1

1. Investigaciones preliminares

1.1 Aspectos Generales

Para la elaboración de un proyecto de alcantarillado, se harán como mínimo las investigaciones preliminares que se describen en el presente capítulo.

Las investigaciones deben ser realizadas por personal calificado el cual será responsable por la exactitud de los datos recolectados. Sin embargo, el ingeniero encargado de la elaboración del proyecto, supervisará la forma en que el trabajo se esté efectuando en cada una de sus etapas a fin de que toda la información sea

recolectada a su completa satisfacción. De todas las investigaciones que se efectúen, se solicitará un informe en el que se resuma el propósito, los resultados, observaciones y recomendaciones si fueran necesarias. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Según indicaciones del Instituto de Fomento Municipal INFOM, toda obra de alcantarillado debe ser realizada por un profesional, quien es el responsable de principio a fin, del proceso de construcción del alcantarillado, para que este se realice con precisión, y en el tiempo estipulado, se debe contar con un documento donde se tenga plasmado el fin del proyecto y las herramientas necesarias para poder llevarlo a cabo.

1.2 Ubicación

Se determinará la ubicación geográfica y política de la población, así como todas sus vías de comunicación con sus respectivas distancias a los centros de mayor importancia.

Será localizada en un plano 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), incorporando fotocopia del área que sea definida y/o determinada en el diseño (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Es importante realizar un plano donde se ubiquen los puntos importantes del lugar donde se quiere realizar el proyecto, esto con la finalidad de que esté definida el área y no haya complicación al momento de llevado a cabo el proyecto, un plano del proyecto facilita su desarrollo.

1.4 Características de la Población

- a) Se recolectarán datos sobre:
- b) Número de habitantes actuales y según el último y anteriores Censos Poblacionales.
- c) Número de viviendas.

- d) Actividades principales de la población y medios de ingreso más importantes.
- e) Costumbres especiales de los habitantes.
- f) Industrias existentes; características y volumen de sus aguas servidas.
- g) Instituciones: hospitales, oficinas gubernamentales, cuarteles, etc. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Condiciones Sanitarias

Se investigarán las condiciones sanitarias generales de la localidad de la siguiente manera:

- a) Sistemas de abastecimiento de agua.
- b) Disposición de excretas.
- c) Sistema de recolección y disposición de basuras.
- d) Tipo y condiciones de la vivienda.
- e) Cualquier otro aspecto relacionado con las condiciones sanitarias de la población (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Características de la Cuenca Receptora de la Descarga

- a) Se recolectará la siguiente información con relación a las características de la cuenca receptora de la descarga del sistema que se proyecta construir:
- b) Nombre de la corriente de agua o cuerpo que recibirá la descarga.
- c) Poblaciones situadas aguas abajo del punto de descarga y su distancia aproximada del mismo. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)
- d) Usos de la corriente, aguas abajo y aguas arriba del punto de descarga.
- e) Si la descarga ha de efectuarse en un lago, deben obtenerse datos sobre la dirección de los vientos predominantes, niveles máximos y mínimos; así mismo, debe efectuarse un levantamiento batimétrico de una amplia zona alrededor del punto de descarga. Debe obtenerse datos de las características del agua que

permitan determinar el grado de tratamiento que se necesitará (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

- f) Si la descarga es en el mar, se debe determinar niveles máximos y mínimos de la marea; vientos y corrientes predominantes; debiéndose obtener información batimétrica de una amplia zona alrededor del punto de descarga.
- g) Usos de los terrenos si la disposición se hará sobre superficies con vegetación, sea permanente o estacional. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Capítulo 2

Diseño

Tipo de Sistema a utilizar

En aquellas poblaciones o zonas de las mismas, que exista un sistema combinado en donde las viviendas existentes tengan una salida única para las aguas servidas y las de lluvia, se hará un estudio de la posibilidad de modificarlo para un sistema separativo. (...). Cuando el uso del sistema combinado sea indispensable, se diseñarán si fuera posible, las obras accesorias que permitan desviar los excesos al curso de agua más cercano durante los períodos de lluvia (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Los sistemas se diseñarán como sistemas por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos. Sin embargo, en los casos en que sea indispensable que el sistema tenga en parte un sistema de bombeo se diseñarán los colectores como sistemas por gravedad con conductos parcialmente llenos hasta la fosa de succión del equipo de bombeo. La línea de descarga del equipo de bombeo se diseñará como conducto a presión (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Periodo de Diseño.

Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su

función durante el período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

Estimación de la Población Tributaria.

En sistemas sanitarios combinados, la población que tributarán caudales en el sistema al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los siguientes métodos:

- a) Incremento geométrico.
- b) Incremento aritmético.
- c) Incremento o porcentaje decreciente.
- d) Proyección gráfica " a ojo". (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Para hacer la selección de método a utilizar, el ingeniero proyectista deberá hacer estimaciones utilizando por lo menos dos de los métodos citados en el numeral anterior, trazando los resultados en papel para gráficos e indicando cuál de los métodos fue el adoptado.

En la descripción del proyecto deben indicarse suficientes razones que justifiquen la adopción del método seleccionado para estimar la población del diseño (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Las fuentes básicas de información serán los censos de población realizados por la Dirección General de Estadística; sin embargo, el ingeniero proyectista reforzará sus estimaciones relacionando el número de habitantes con actividades de las cuales exista información, tales como población escolar, censos de viviendas, estadísticas de consumo, encuestas sanitarias, etc. Se deberá determinar la cobertura del área que se haya utilizado en los censos, comparándolo con el dato que proporcione el censo de edificios actuales (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Estimación de las Áreas Tributarias Las áreas tributarias al sistema de alcantarillado serán estimadas de acuerdo con lo siguiente:

- a) La localidad estudiada, será considerada como área Total, que incluyen las áreas adyacentes y que sean tributarias al sistema por razones topográficas, demográficas y urbanísticas.
- b) Deben tenerse en cuenta para el diseño, al fijar la capacidad y profundidad de los colectores, áreas de futura expansión que puedan llegar a ser tributarias al sistema (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Puntos de Descarga

En la selección de los puntos de descarga se tomará en cuenta, que, con dichas obras, no debe ocasionarse problemas de carácter sanitario a las localidades situadas aguas abajo, deben protegerse los usos presentes y futuros del cuerpo receptor por lo que todas las descargas deberán tener tratamiento como se especifica adelante. Excepto, para condiciones que no lo permitan, se deberá escoger un solo punto donde existan condiciones para la construcción de una planta de tratamiento. En el proyecto debe indicarse lo siguiente con relación a la descarga:

- a) Nombre y descripción del elemento, la corriente o cuerpo de agua que recibirá la descarga.
- b) Descripción de sus condiciones, usos actuales y que se puede esperar para un futuro.
- c) Caudales, niveles mínimos y de crecida máxima en los casos de cuerpos de agua.
- d) En caso de existir otras posibles alternativas para la descarga, hacer una justificación de la solución adoptada (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Obras Accesorias

Pozos de Visita

Se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- a) En cambios de diámetro.
 - b) En cambios de pendiente.
 - c) En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24".
 - d) En las intersecciones de tuberías colectoras.
 - e) En los extremos superiores ramales iniciales.
 - f) A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24" (Instituto de Fomento Municipal, 2001).
 - g) A distancias no mayores de 300 m en diámetros superiores a 24".
- 2.13.2 La diferencia entre las cotas invert de la tubería que entra y la cota invert de la tubería, que sale de un pozo de visita será como mínimo la carga de velocidad en el tubo de salida ($h_v = V^2 / (2g)$). Se exceptúa el caso cuando el tubo de entrada y el de salida son del mismo diámetro y están en línea recta, en cuyo caso las tuberías se instalan según la pendiente (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Los fondos de los pozos deberán tener canales para dirigir los caudales hacia el tubo de salida (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Sistemas de drenajes de tormenta, (Pluvial)

Área a Drenar

Se determinará sumando el área de los lotes que son tributarios al ramal en estudio

Ramales Principales

Diseño de secciones y pendientes: se efectuará haciendo uso de las fórmulas siguientes:

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

Donde:

Q: Es el gasto en metros cúbicos por segundo

A: Es el área de la sección de la corriente en metros cuadrados

V: Es la velocidad en metros por segundo

R: Es el radio hidráulico en metros

S: es el coeficiente de rugosidad

(Instituto de Fomento Municipal, 2001)

La velocidad a sección llena no podrá ser menor de 0.75 mts/seg, ni mayor de 3 mts/seg

La tubería sea de un diámetro mínimo de 0.40 mts (16") y nunca podrá estar colocada a una menor profundidad que en la tabla 2.02c; además deberá permitir que el punto más alejado de los lotes que son tributarios a ella, pueda ser drenados por medio de una tubería que partiendo de dicho punto tenga una pendiente mínima de 2%. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

No se harán cambios de pendientes ni de dirección entre pozos de visita en tuberías menores de 1.00 mt de diámetro. En las intersecciones de tuberías, la cota de la corona de los tubos entrantes deberá ser mayor o igual a la de la corona del tubo saliente y éste no será nunca de un diámetro menor al de aquellos. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Ramales Secundarios

El diseño se redirá de acuerdo con las secciones 202-a v 202-b.

La tubería será de un diámetro mínimo de 0.20 mts. (8") y no podrá tener una pendiente menor del 2% ni mayor del 6%- el eje de esta tubería formará con el eje de la principal un ángulo no menor de 30° ni mayor de /5o y se situará de manera tal que el sentido de las corrientes sea el mismo.

La profundidad de la tubería en la caja de conexión domiciliar será tal que permita que el punto más alejado del lote tributario a ella, pueda ser drenado por medio de una tubería que, partiendo de dicho punto, tenga una pendiente mínima del 2%.

La conexión con el ramal principal se hará directamente y en la parte superior de él y de acuerdo con los modelos del apéndice. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

La caja de conexión con el drenaje domiciliar estará formada por un tramo de tubería de 0-40 mts. de diámetro (16"), colocado verticalmente y de acuerdo con los modelos del apéndice.

* $Q_{infiltración} = 0.10 \text{ Its/seg/ha}$

* $Q_{conexiones y.} = 100 \text{ Its/hab/día}$

En cada lote se deberá dejar construido por lo menos un ramal secundario, el cual podrá ser usado únicamente por dicho lote: en aquellos lotes grandes susceptibles de ser fraccionado^ en varios de menor tamaño se deberá dejar un ramal secundario cada 10 mts. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Proyecto

El proyecto completo de un sistema de alcantarillado constará de las siguientes partes:
Memoria e informe técnico.

La memoria descriptiva e informe técnico del proyecto contendrá lo siguiente:

- a) Lista de planos.
- b) Planos
- c) Lista de materiales
- d) Cómputo métrico y presupuesto.

Memoria e Informe Técnico.

La memoria descriptiva e informe técnico del proyecto contendrá lo siguiente:

- a) Breve descripción de los datos geográficos, políticos, económicos y sociales de la población.
- b) Condiciones sanitarias actuales.
- c) Causas que justifican la necesidad de construir el proyecto en referencia; y resultados que se esperan lograr.

- d) Breve descripción de la obra proyectada.
- e) Bases de diseño adoptadas.
- f) Descripción de las condiciones de la descarga y razones para el tratamiento seleccionado.
- g) Breve descripción del sistema de tratamiento diseñado.
- h) Plan de trabajo propuesto por el proyectista, indicando el orden que se debe seguir al acometer la construcción y si fuere el caso, distribución de la ejecución en dos o más etapas (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Lista de Planos

Se incluirá una lista de los planos que formen parte del proyecto, identificando el número del plano y el nombre según lo que se indique en el cuadro de identificación en el plano. (Instituto de Fomento Municipal, 2001)

Planos

El proyecto contendrá un juego de planos con las siguientes dimensiones 85 cm. de largo por 60 cm. de ancho con un margen de 1 cm en sus bordes superior, inferior y derecho; y de 3cm en su borde izquierdo.

En la esquina inferior derecha tendrán un cuadro de 16 cm por 9 cm el que contendrá la información siguiente:

- a) Identificación del INFOM

- b) Población de que se trata
- c) Departamento a que pertenece
- d) Descripción del contenido del plano
- e) Personal responsable de su diseño
- f) Dibujo
- g) Revisión
- h) Aprobación
- i) Escalas
- j) Fechas
- k) Número de hoja (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

El proyecto completo contendrá los siguientes planos:

- a) Plano de localización de la población en la república.
- b) Fotocopia de la parte trascendente del plano 1:50,000 del IGN en la que esté la población a cubrir, con dibujo del sistema de descarga y punto de tratamiento.
- c) Plano topográfico de la población con curvas de nivel a cada metro. En este plano deben aparecer las estaciones de tránsito con su respectivo número de identificación y cota. Asimismo, deben indicarse todas las marcas de nivelación (bench marks) con su respectivo número de identificación y en cuadro aparte, la descripción de las mismas (Instituto de Fomento Municipal, 2001).
- d) Plano de densidad de población en que cada vivienda esté representada por un rectángulo y todos los otros edificios e instalaciones con su respectivo rótulo de identificación. Si existe sistema de desagües, puede usarse este plano para mostrar lo existente, o bien puede indicarse en el plano de diseño lo existente.
- e) Plano de planta general del sistema de alcantarillado planeado, dibujado a la misma escala que los planos topográficos y densidad de población. Este plano a su vez, servirá como índice de los planos parciales, representando por una línea

punteada la parte que abarca cada una de ellos (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

- f) Planos parciales de planta-perfil en los cuales se dibujarán a una escala ampliada las diferentes partes en que se haya dividido el plano general. Las escalas horizontal y vertical seleccionadas serán tales, que permitan representar con toda claridad la información necesaria para la construcción del sistema. Los perfiles correspondientes a cada uno de los tramos de la planta, deben aparecer siempre completos y en la misma hoja.
- g) Planos de la planta de tratamiento diseñada.
- h) Planos de detalles con todas las obras accesorias y estructuras especiales.

Cuantificación y Presupuesto.

El presupuesto será elaborado basándose en el cómputo métrico de materiales y mano de obra a emplear en construcción del sistema. Para las diferentes partes de que constará la obra, se presupuestará por separado y en forma detallada como sigue:

- a) Materiales
- b) Mano de obra
- c) Transporte
- d) Administración
- e) Imprevistos (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

Además del presupuesto detallado, se elaborará un resumen que contenga los costos totales presupuestados de cada uno de los renglones anteriores y, además:

Costo total del proyecto.

Costó de cada una de las etapas que se propone para la ejecución de trabajos (Instituto de Fomento Municipal, 2001).

III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La investigación se realizó en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada: “Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial”; la información para el planteamiento se obtuvo de dos tipos de poblaciones las cuales son:

Para comprobar la variable dependiente (Y) o el efecto, se tomó de referencia el total de 1,587 habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, se procedió a realizar el análisis del cálculo de la muestra de población finita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y 9.5% de error de muestreo, el resultado según la ecuación utilizada, se determinó la muestra de 72 habitantes del lugar.

El segundo tipo de población se utilizó para comprobar la variable independiente (X) o la causa, se realizó un censo ya la población es menor a 35 y que fue dirigido al concejo municipal, con un total de 9 integrantes.

A continuación, se presentan los cuadros y gráficas tabulados luego de ser obtenidas en el trabajo de campo realizada por la investigadora; las que se clasifican de la manera siguiente: Del cuadro 1 al 5 y grafica del 1 al 5, se refiere a la comprobación de la variable dependiente (Y); del cuadro 6 al 11 y grafica 6 a 11, para comprobar la variable independiente (X).

Se hace la observación que con el cuadro y gráfica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con la gráfica 6 se comprueba la variable independiente, contenidas en la hipótesis de trabajo formulada.

Cuadros y gráficas que comprueban la variable dependiente (Y) o efecto.

Cuadro 1

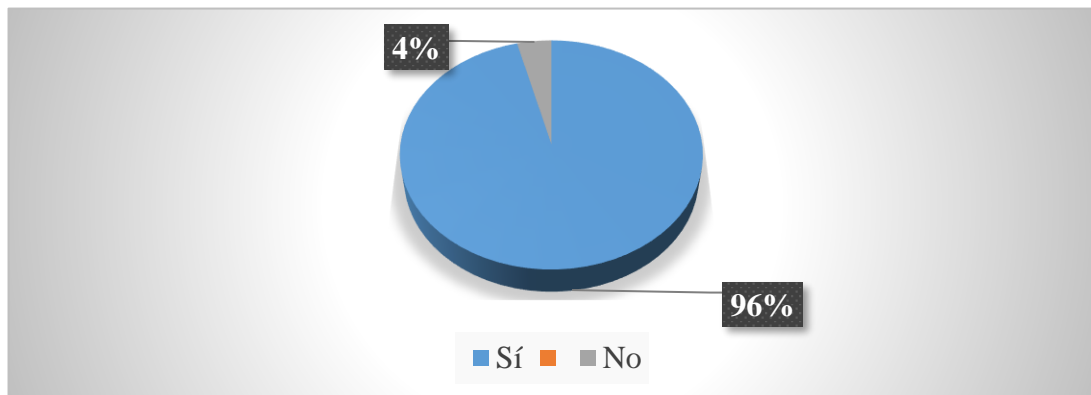
Habitantes que indican que han tenido pérdidas económicas en época de invierno en sus viviendas.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	67	93
No	5	7
TOTALES	72	100

Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Gráfica 1

Habitantes que indican que han tenido pérdidas económicas en época de invierno en sus viviendas.



Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Análisis: Según el cuadro y gráfica anteriores se observa que casi la totalidad de los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de san Andrés Itzapa, que fueron encuestados, afirman que tuvieron pérdidas económicas en época de invierno, con esto apoya para comprobar la variable dependiente o efecto de la hipótesis planeada.

Cuadro 2

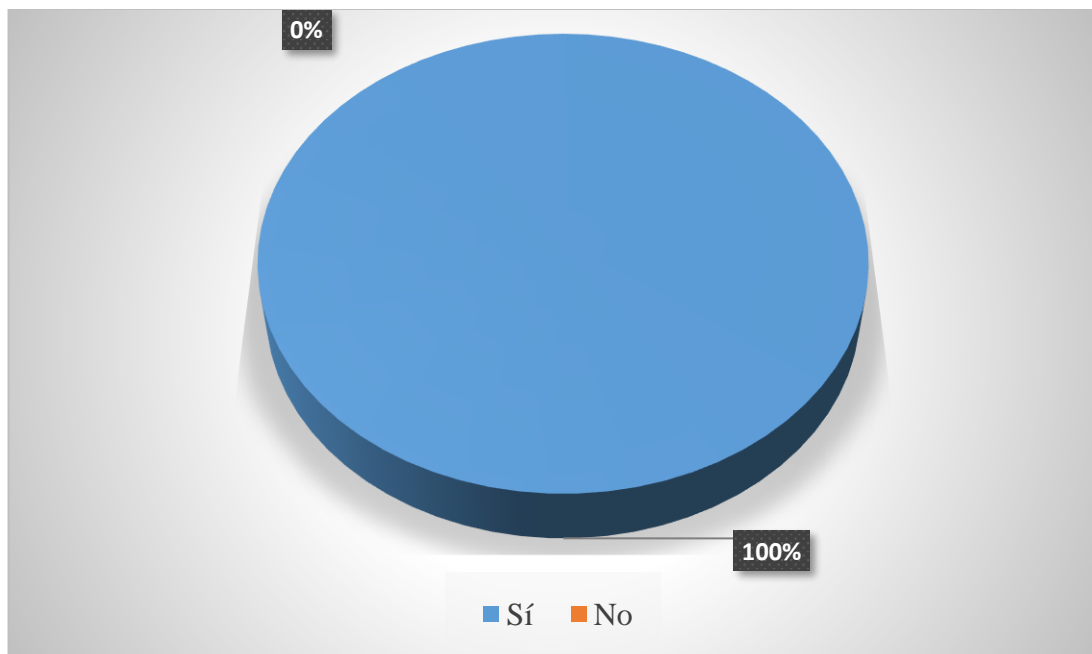
Habitantes que han observado las calles en mal estado.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	72	100
No	0	0
TOTALES	72	100

Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Gráfica 2

Habitantes que han observado las calles en mal estado.



Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Análisis: Se observa en la gráfica y cuadro anterior que la totalidad de los habitantes encuestados, afirman que ven las calles del cantón en mal estado, este es un motivo por el cual existen pérdidas económicas para los habitantes, con esto se ayuda a comprobar el efecto de la hipótesis planteada para la problemática.

Cuadro 3

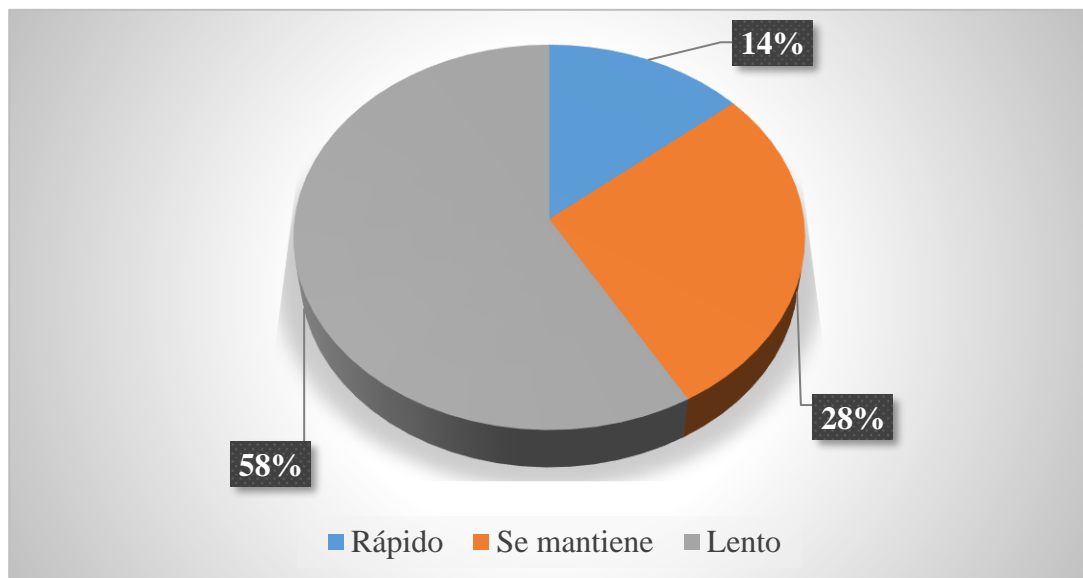
Para los habitantes, el tiempo del tránsito vehicular ha sido:

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)	Valor relativo acumulado (%)
Rápido	10	14	14
Se mantiene	20	28	42
Lento	42	58	100
TOTALES	72	100	100

Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Gráfica 3

Para los habitantes, el tiempo del tránsito vehicular ha sido:



Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Análisis: Según la anterior información, más de la mitad de los habitantes encuestados, dice que el tiempo en el tránsito vehicular en las calles del cantón, en el tiempo de lluvia es lento, por lo que con esto se apoya para comprobar la variable dependiente o efecto.

Cuadro 4

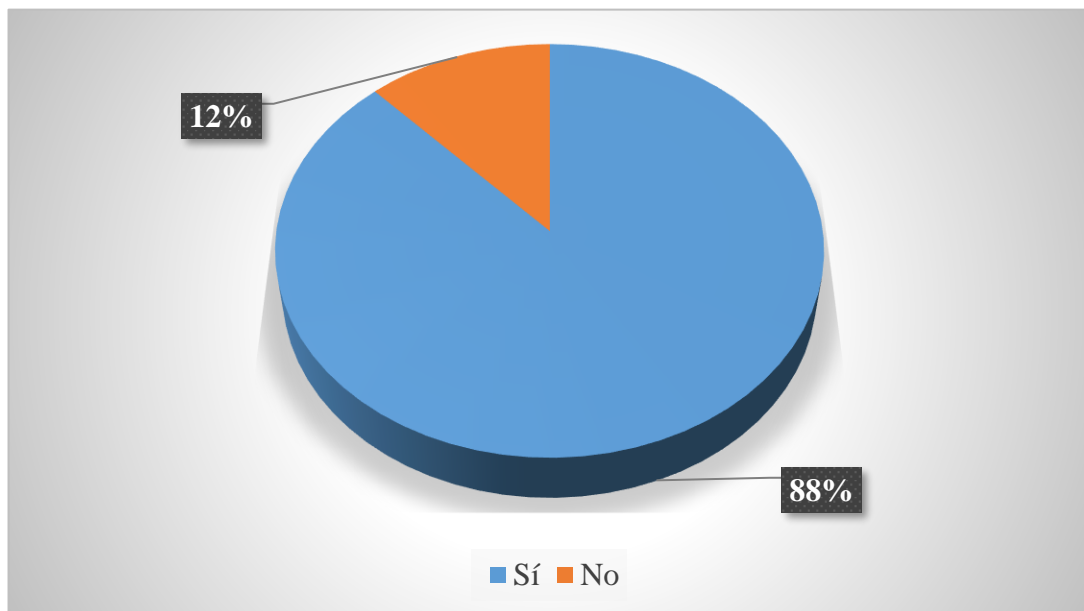
Habitantes que indican que las viviendas han sufrido daño en época de invierno.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	63	88
No	9	12
TOTALES	72	100

Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Gráfica 4

Habitantes que indican que las viviendas han sufrido daño en época de invierno.



Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Análisis: Se observa en el cuadro y gráfica anteriores, que más de la mitad de los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de san Andrés Itzapa, que fueron encuestados, afirman que las viviendas en el cantón mencionado anteriormente, si tienen daños en época de invierno, por lo que con esto se ayuda a comprobar el efecto de la problemática planteada.

Cuadro 5

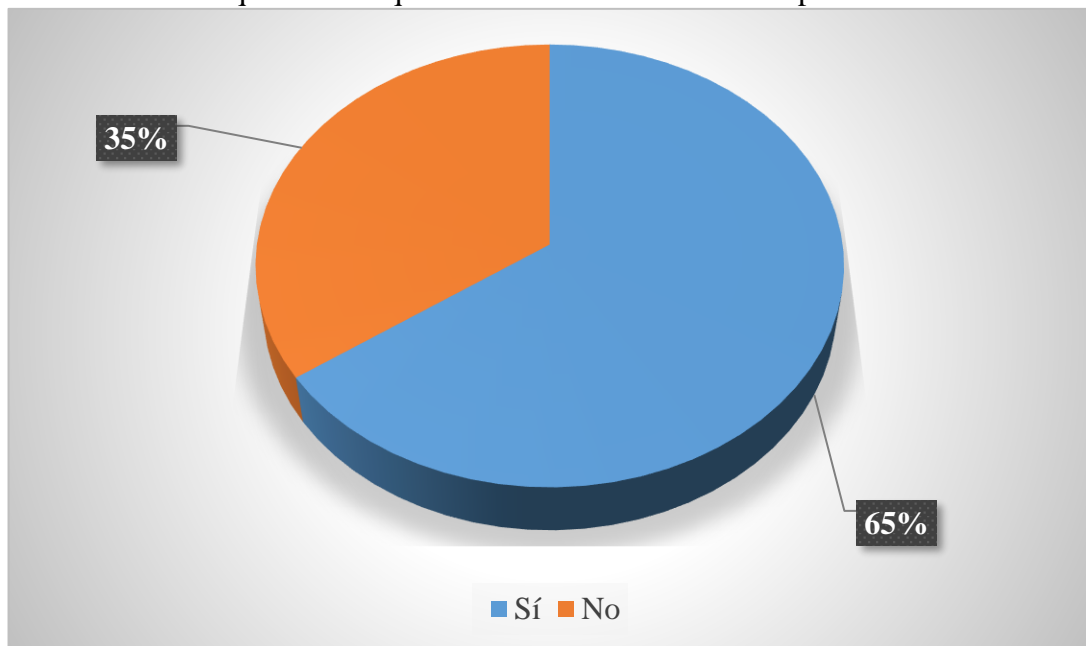
Habitantes que indican que han existido accidentes en época de invierno.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	47	65
No	25	35
TOTALES	72	100

Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Gráfica 5

Habitantes que indican que han existido accidentes en época de invierno.



Fuente: encuesta dirigida a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, noviembre 2022.

Análisis: Como se indica en el cuadro y gráfica anteriores, que un poco más de la mitad de los habitantes encuestados, afirman que han existido accidentes en época de invierno en el cantón mencionado, con esta información se sustenta la variable dependiente o efecto de la hipótesis planteada.

Cuadros y gráficas que comprueban la variable independiente (X) o causa.

Cuadro 6

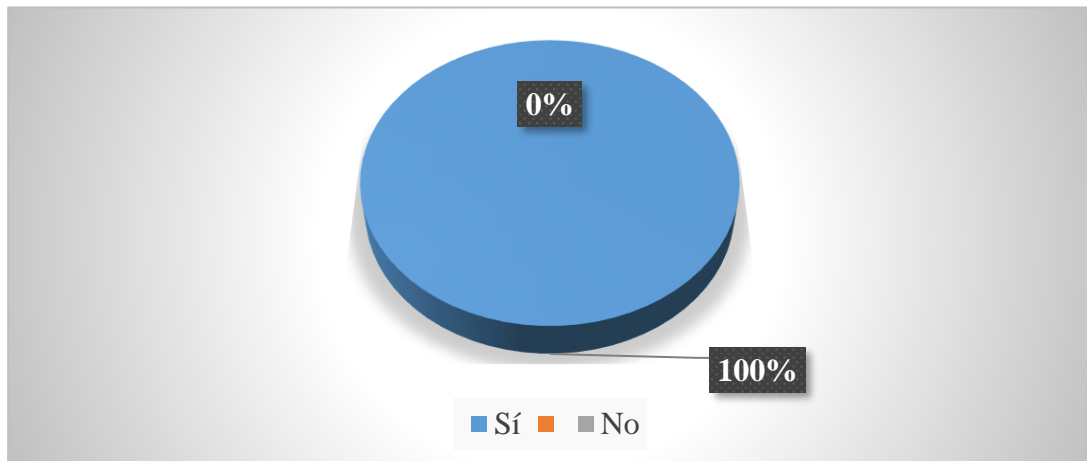
Integrantes del concejo municipal que dice que existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	9	100
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 6

Integrantes del concejo municipal que dice que existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: En la información anterior indica que la totalidad de los miembros del concejo municipal del municipio de San Andrés Itzapa que fue encuestado, afirma la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo, con esto se ayuda a comprobar la variable independiente de la hipótesis planteada.

Cuadro 7

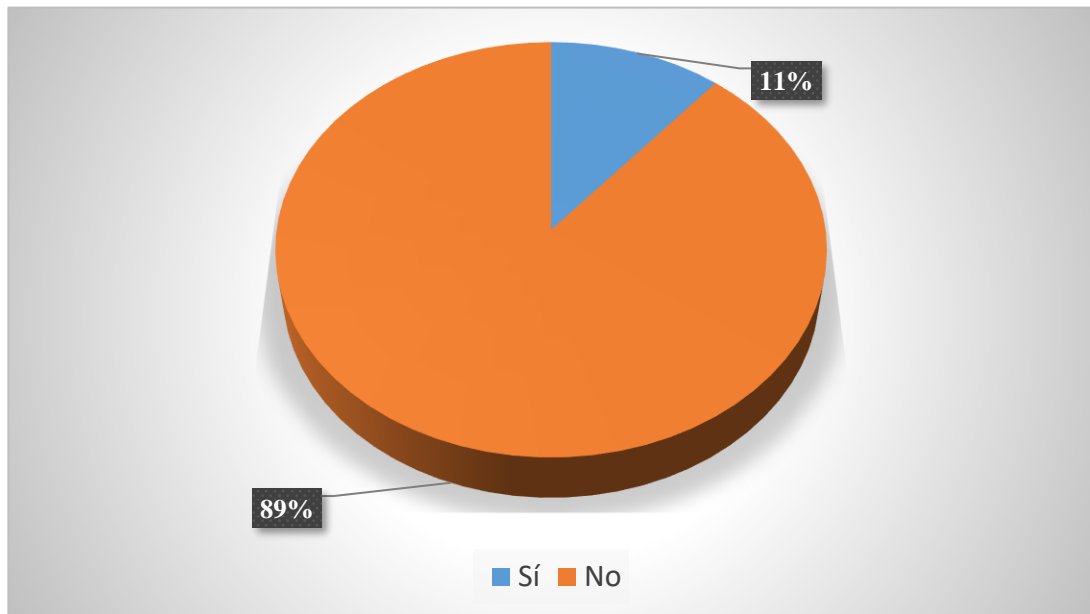
Integrantes del concejo municipal que indican que destinan presupuesto para la construcción de alcantarillados en el cantón San Pedro y San Pablo.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	1	11
No	8	89
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 7

Integrantes del concejo municipal que indican que destinan presupuesto para la construcción de alcantarillados en el cantón San Pedro y San Pablo.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: Según el cuadro y gráfica anteriores se observa que casi la totalidad de los miembros del concejo municipal que fueron encuestado, niegan que destinan presupuesto para la construcción de alcantarillado en el cantón San Pedro y San Pablo, con esto se soporta la causa de la problemática.

Cuadro 8

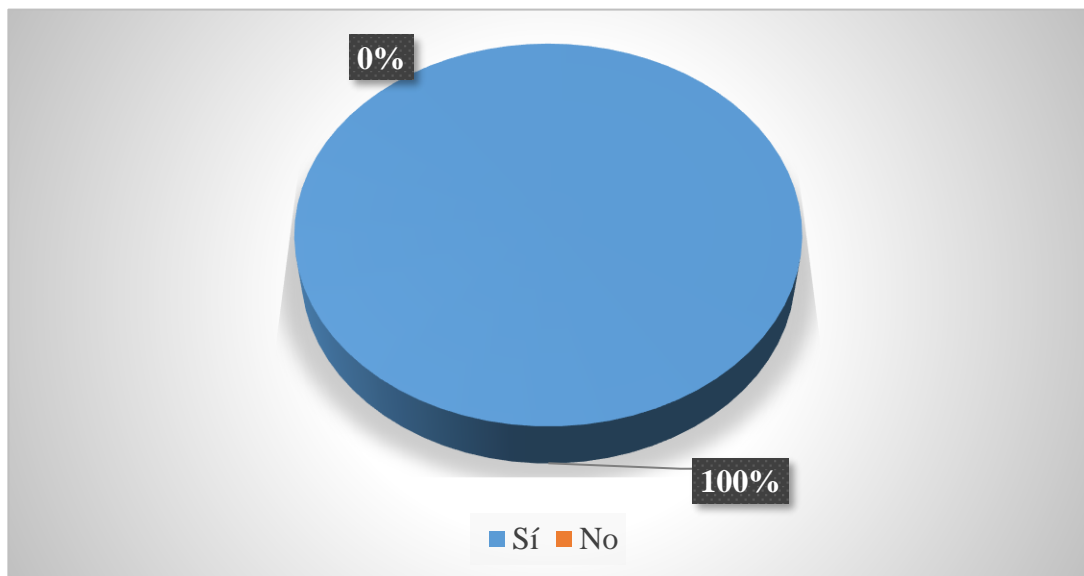
Integrantes del concejo municipal que indicaron que cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	9	100
No	0	0
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 8

Integrantes del concejo municipal que indicaron que cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: La totalidad de los miembros del concejo municipal del municipio de San Andrés Itzapa, afirman que cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles, pero no cuentan con equipo para realizar los proyectos, con esto se apoya para comprobar la variable independiente de la hipótesis planteada.

Cuadro 9

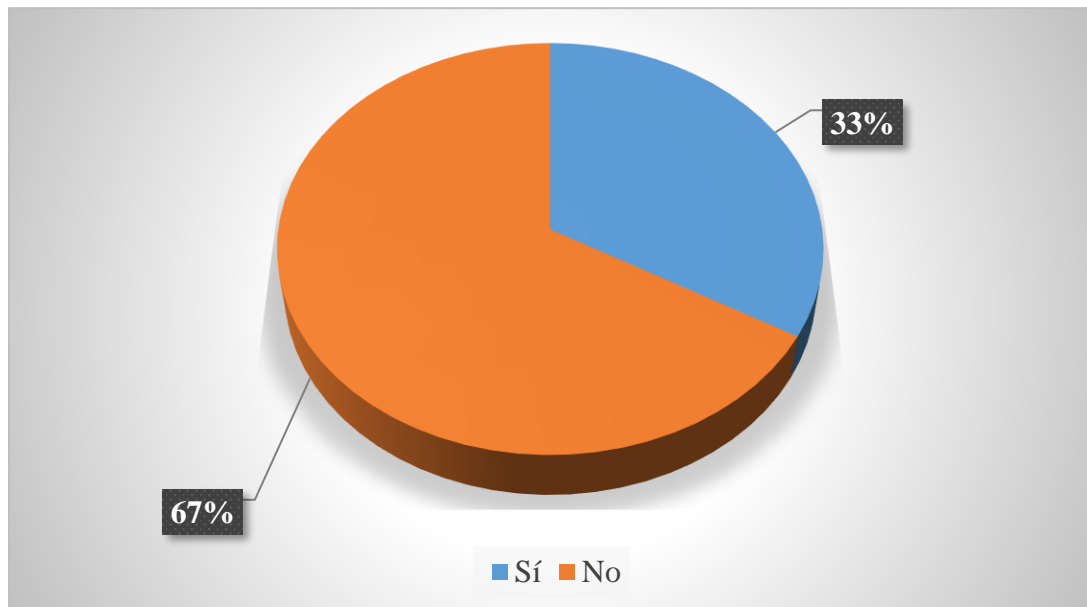
Integrantes del concejo municipal que dicen que han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	3	33
No	6	67
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 9

Integrantes del concejo municipal que dicen que han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: Se puede observar que un poco más de la totalidad de los miembros del concejo municipal, niegan que han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio, con esta información se sustenta la variable independiente o causa.

Cuadro 10

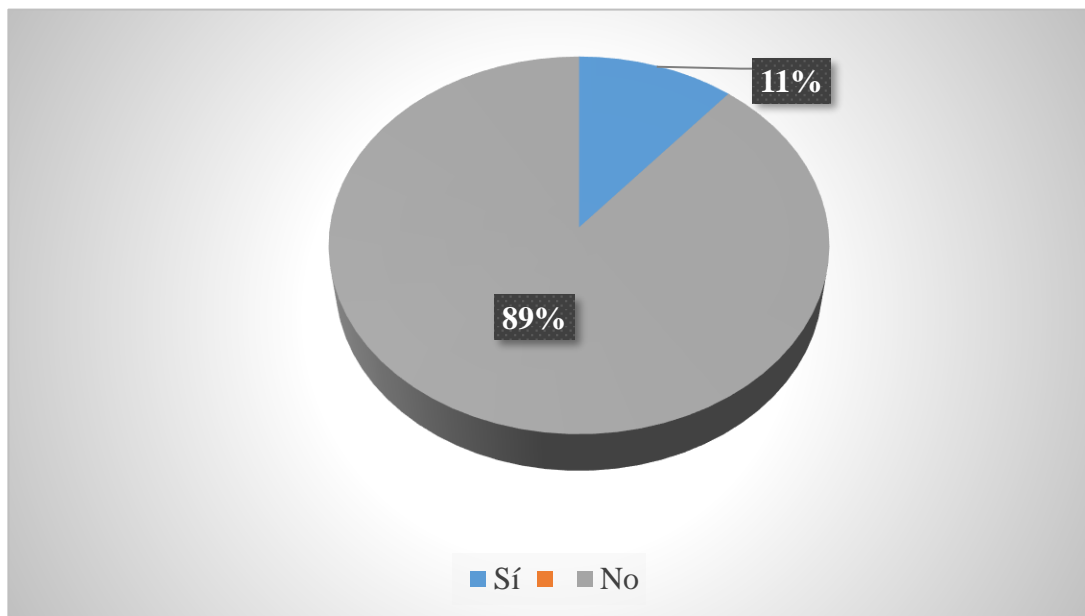
Integrantes del concejo municipal que dicen que cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	1	11
No	8	89
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 10

Integrantes del concejo municipal que dicen que cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: En el cuadro y gráfica anteriores se puede observar que casi la totalidad de los miembros del concejo municipal, niegan que cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo, con estos datos se ayuda para comprobar la causa de la problemática.

Cuadro 11

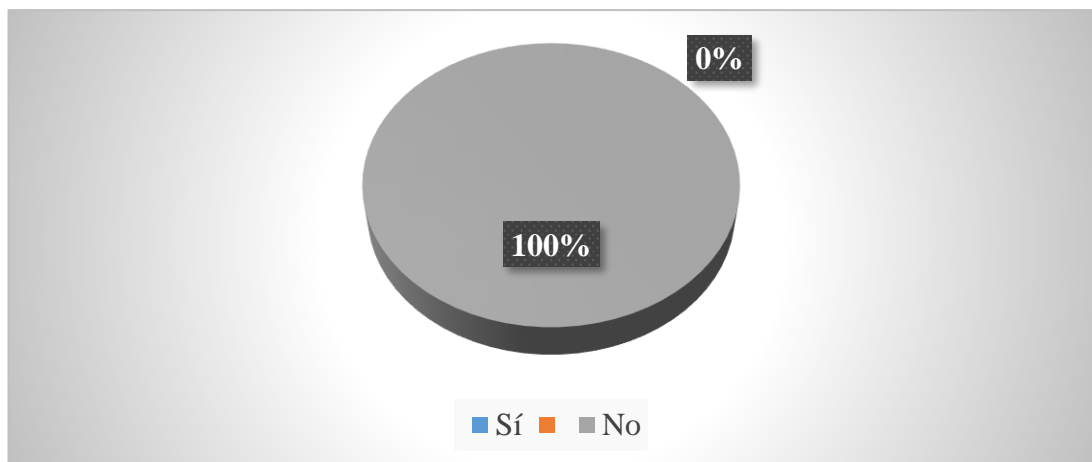
Integrantes del concejo municipal que dicen que existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	9	100
TOTALES	9	100

Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Gráfica 11

Integrantes del concejo municipal que dicen que existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.



Fuente: censo realizado a los integrantes del concejo municipal, noviembre 2022.

Análisis: Según la información del cuadro y gráfica anterior, la totalidad de los miembros del concejo municipal, niegan que existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes, con esto se ayuda a comprobar la variable independiente de la hipótesis planteada.

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones se redactan mediante el análisis de los datos obtenidos de las encuestas realizadas.

IV. 1 Conclusiones

1. Se comprueba la hipótesis planteada “Las pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial” mediante un nivel de confianza del 90% y 9.5% de error de muestreo para la variable dependiente (efecto) así como también un nivel de confianza de 100% y 0% de error de muestreo para la variable independiente (causa).
2. Se han tenido pérdidas económicas en las viviendas de los habitantes en época de invierno, durante los últimos 5 años, lo cual ha afectado su presupuesto familiar.
3. Los habitantes han observado las calles del cantón San Pedro y San Pablo, en mal estado, y cada vez se deterioran más en cada invierno del año ya que esto provoca hundimientos por colapso de alcantarillado de aguas negras y empozamiento de agua de lluvia.
4. El tiempo del tránsito vehicular ha sido lento en el cantón, mientras dura la precipitación, ya que el caudal de agua de lluvia aumenta y no permite la visibilidad del conductor, haciendo que transite de forma lenta para evitar incidentes.
5. Las viviendas del cantón han sufrido daño en su estructura durante la época de invierno, ya que el caudal de lluvia aumenta en las calles y provoca que las

inundaciones en las viviendas, así como también el colapso de sus sistemas de drenajes de aguas servidas.

6. Durante la época de invierno aumentan los accidentes automovilísticos como peatonales, esto debido a que algunos conductores no toman precauciones al transitar las calles del cantón y para las personas que van caminando por las calles se les complican, ya que las correntadas de agua abarcan las aceras.
7. No se ha invertido en la implementación de un sistema de alcantarillado pluvial para el cantón San Pedro y San Pablo, para mejorar la calidad de vida de los habitantes.
8. El sistema de alcantarillado de aguas negras, según indican los habitantes ha sido utilizado para transportar aguas de lluvias lo que contribuye al colapso de la red de alcantarillado y al hundimiento, sumado a que este ya tiene caducado el periodo de diseño al que fue proyectado y no se le realiza ningún tipo de mantenimiento.
9. El número de habitantes ha incrementado en el cantón San Pedro y San Pablo en los últimos años, lo cual genera la necesidad de que los sistemas de alcantarillados deban ser construidos adecuadamente y de forma separada.

IV.2 Recomendaciones.

1. Implementar la propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

2. Destinar un presupuesto para la construcción del sistema de alcantarillado pluvial propuesto, para evitar las inundaciones en el cantón, San Pedro y San Pablo.
3. Capacitar al personal destinado para construir obras civiles, en el tema de sistemas de alcantarillados pluviales.
4. Evaluar los daños que se han dado en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo, para analizar las necesidades posteriores a la implementación del sistema de alcantarillado pluvial
5. Iniciar con el registro de datos estadísticos de las inundaciones en el cantón, para determinar con mayor exactitud cómo va el comportamiento de estos, durante los años y como va a ser luego de implementar el plan.
6. Buscar alianzas con instituciones competentes que brinden capacitaciones sobre riesgos en época de invierno, para los habitantes como para las instituciones competentes del municipio, para que cada uno sepa cómo afrontar los riesgos y que acciones tomar en su momento.
7. Realizar charlas de concientización para los habitantes del uso adecuado de los sistemas de alcantarillado.
8. Dar el mantenimiento adecuado a la red de alcantarillado de aguas negras existente para que esté no siga contribuyendo a que sigan existiendo inundaciones en las viviendas.
9. Ejecutar el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

BIBLIOGRAFÍA.

1. INLOC Robotics S.L. (2013). Acerca de nosotros: INLOC Robotics S.L. Obtenido de INLOC Robotics S.L. Web site.: <https://inlocrobotics.com//es/materiales-de-tuberia-de-alcantarillado>
2. Alonzo, J. S. (2020). Aplicación de la topografía en el desarrollo de los proyectos de alcantarillados rurales. Bogotá DC: Universidad distrital Francisco José de Caldas, Facultad del medio ambiente y recursos naturales.
3. AMANCO. (30 de Julio de 2015). fdocuments. Obtenido de fdocuments web site: <https://fdocuments.es/document/manual-tecnico-novafort.html>
4. Asociación de amigos del país. (2004). Diccionario histórico bibliográfico. Fundación para la Cultura y el Desarrollo, 2004.
5. Asociación de fabricantes de hormigón armado ATHA. (2 de noviembre de 2009). atha. Obtenido de <https://www.atha.es/index.php/publicaciones>: http://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/manual_calculo_atha.pdf
6. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. (2018). Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 2.1 Estudios Geotecnicos.
7. Carmona, R. P. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
8. Cedar Lake Ventures, Inc. (25 de mayo de 2018). weatherspark. Obtenido de weatherspark: <https://es.weatherspark.com>

9. Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento:. México: Biblioteca Digital de MAPAS.
10. Congreso de la República de Guatemala. (11 de diciembre de 2,000). guatemala.justia.com. Obtenido de guatemala.justia.com, Web Site: <https://docs.costa-rica.justia.com/nacionales/leyes/decreto-no-90-2000-nov-30-2000.pdf>
11. Constitución Política de la Reública Guatemala. (Noviembre de 17 de 1993). www.cijc.org. Obtenido de www.cijc.org: <https://www.cijc.org/es/NuestrasConstituciones/GUATEMALA-Constitucion.pdf>
12. Contraloría General de cuentas. (02 de Abril de 2.002). <https://www.contraloria.gob.gt/>. Obtenido de <https://www.contraloria.gob.gt/>: <https://www.contraloria.gob.gt/wp-content/uploads/2018/02/12-CODIGO-MUNICIPAL.pdf>
13. Cruz Rangel, I. R. (2017). Proyecto ejecutivo de un colector combinado en la zona nororiente del Estado de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.
14. Gámez Morales, W. R. (2,010). Texto básico de hdrología. Masagua: Editronic, S.A.
15. Global Mediterranea y Global Geomática . (1995). Global Mediterranea, Global Geomática . Obtenido de Global Mediterranea, Global Geomática : <https://www.globalmediterranea.es/>

16. Guerrero, J. A. (19 de Agosto de 2014). Materiales de construcción utilizados en alcantarillado. Guatemala, Guatemala.
17. iAgua Conocimiento, SL. (s.f.). Aguas pluviales. C/ Príncipe de Vergara, 132 Planta 9, 28002, Madrid, España. Obtenido de <https://www.iagua.es/>.
18. INSIVUMEH. (s.f.). INSIVUMEH. Obtenido de Insivumeh web site: <http://insivumeh.gob.gt/glosario-hidrologico>
19. Instituto de Fomento Municipal. (13 de Noviembre de 2009). Normas Generales para el diseño de alcantarillado. Guatemala, Guatemala.
20. Martín, A. G. (2014). Topografía. Cartagena: Universidad Politécnica d Cartagena.
21. Ministerio de salud pública y asistencia social. (2013). Política nacional del sector de agua potable y saneamiento. . Guatemala: Ministerio de salud pública y asistencia social.
22. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. (22 de septiembre de 2010). Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. Obtenido de Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia, Web Site: http://www.segeplan.gob.gt/downloads/reglamento_organico_interno.pdf
23. Segura, A. S. (2001). Proyecto de sistema de alcantarillados. Mexico DF: Instituto Politécnico Nacional.
24. Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). (2019). Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en

Guatemala. Castellanos, E.; Paiz-Estévez,. Ciudad de Guatemala: Universitaria UVG.

25. Sistema Intermunicipal de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado, SIAPA. (febrero de 2014). SIAPA. Obtenido de SIAPA web site: https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_pluvial.pdf
26. Victor Molina, V. H. (31 de julio de 2012). slideshare. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net//orbirtel/caracteristicas-generales-de-los-sistemas-de-alcantarillado>
27. Villena, I. d. (1996). Topografía de obras. Barcelona: Edicions UPC.
28. Whitman, T. W. (2012). Mecánica de Suelos. . México : Limusa.
29. Paredes, S. C. (2013). Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía hidráulica. Sangolquí.
30. Varillas, D. I. (2014). Investigación de la disipación de energía en el modelo hidráulico del proyecto alo piura.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de investigación y proyectos dominó.

f-30-07-2019-01

Modelo de investigación y proyectos: Dominó

No. De Dominó: 01-998-001-21

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Luki María Tagual Machán
Carné: 13-024-0038

Para: Programa de Graduación de la
Universidad Rural de Guatemala

Fecha: 11/04/2023

Problema	Propuesta	Evaluación
1) Efecto o variable dependiente Pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años.	4) Objetivo general Reducir pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general Indicadores: Al segundo año se reducen las pérdidas económicas en un 98% en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.
2) Problema central Inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	5) Objetivo específico Evitar inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	Verificadores: Entrevistas, monitoreo e informes. Cooperantes y Supuestos: Mejora las condiciones de vida de los habitantes.
3) Causa principal o variable independiente Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	6) Nombre Propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en El Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico Indicadores: En el primer año se han implementado el 95% de las actividades del plan. Verificadores: Supervisión, monitoreos constantes, fotografías, imágenes y videos.
7) Hipótesis “Las pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial.” ¿Es la Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, la causante de las pérdidas económicas en época de invierno, por	12) Resultados o productos ✓ Se tiene fortalecida la Unidad Ejecutora ✓ Se dispone de propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	Cooperantes y Supuestos: Existen alianzas interinstitucionales.

<p>inundaciones en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años?</p>	<p>✓ Se posee un programa de capacitación sobre riesgos por inundaciones para la población.</p>	
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto ¿Existe pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años? Sí __ No __ Boleta de investigación dirigida a la población económicamente activa del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.</p>	<p>13) Ajuste de costos y tiempo Optativo para Licenciaturas</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal ¿Existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango? Sí __ No __ Boleta censal dirigida al concejo municipal de San Andrés Itzapa.</p>	<p>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Utilizar la tabla de contenidos por orden para elaborar el trabajo de investigación (https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2020/01/tabla-de-contenidos-por-orden.pdf) — Utilizar forma y estilo de Universidad Rural de Guatemala. — Redactar en tercera persona. — Puede utilizar la biblioteca virtual que está en la página de la Universidad. — Puede utilizar el modelo para elaborar la metodología que está en la página de la Universidad. — Investigar 75 páginas de MARCO TEÓRICO. — En el anexo 1 del tomo II, desarrollar ocho (8) actividades por cada resultado. 	
<p>10) Temas del Marco Teórico Época de invierno, aguas pluviales, construcción de alcantarillados pluviales, topografía y construcción de alcantarillados pluviales, mecánica de suelos, materiales de construcción de alcantarillados pluviales, normas para construcción de alcantarillados pluviales.</p>		
<p>11) Justificación: El investigador debe de evidenciar con proyección estadística y matemática: Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; así mismo la importancia de implementar la propuesta.</p>		

Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

2.1 Árbol de problemas.

Tópico:

Efecto o consecuencia general
(Variable dependiente)

Pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años.

Problema central o clave
(Causa intermedia)

Inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Causa Principal
(Variable independiente)

Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Hipótesis:

“Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial”.

¿Es la Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, la causante de las pérdidas económicas en época de invierno, por inundaciones en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años?

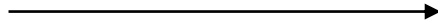
2.2 Árbol de objetivos

Fin u objetivo general



Reducir pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Objetivo específico



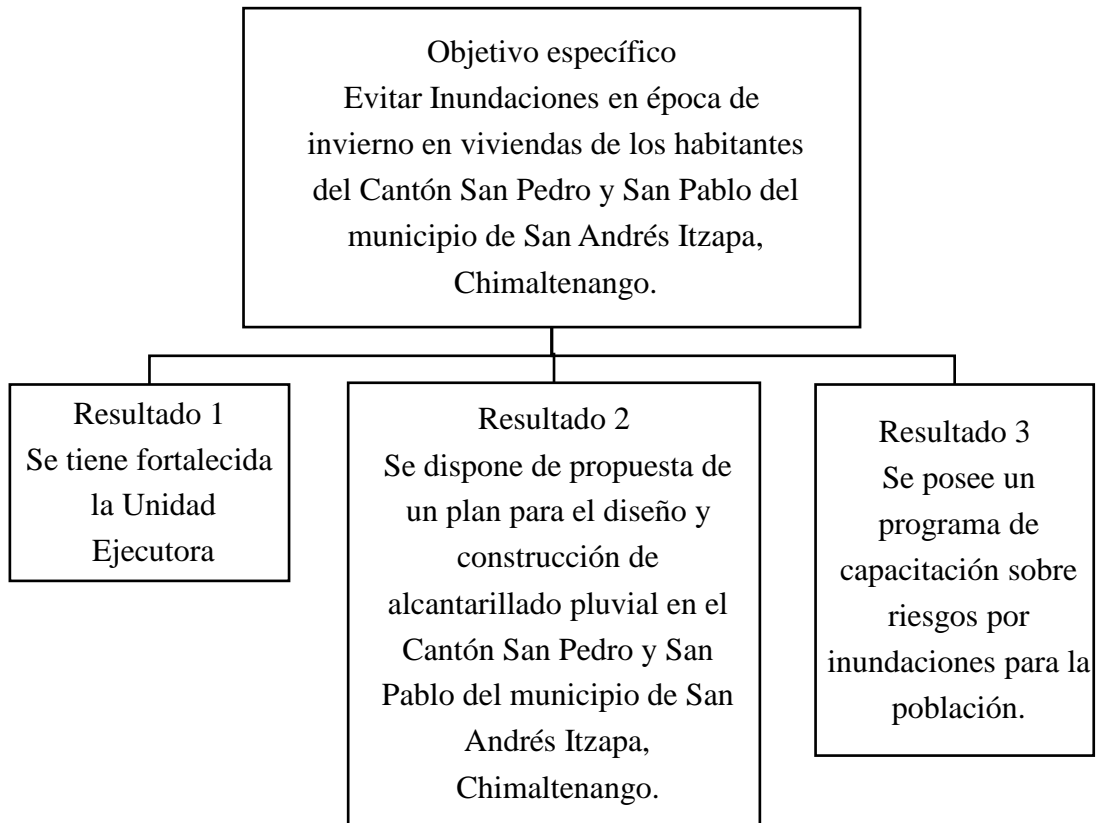
Evitar Inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Medio



Propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en El Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Anexo 3. Diagrama del medio para solucionar la problemática.



Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general (Y).

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: Pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años.

Esta boleta censal está dirigida a la población económicamente activa del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Existe pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años?

Sí _____ No _____

2. ¿Observa las calles en mal estado?

Sí _____ No _____

3. ¿Cómo es el tiempo en el tránsito vehicular?

3.1. Rápido ____

3.2. Se mantiene ____

3.3 Lento ____

4. ¿Las viviendas han sufrido daño en época de invierno?

Sí _____ No _____

5. ¿Ha habido accidentes en época de invierno?

Sí _____ No _____

Anexo 5. Boleta de investigación para comprobación de la causa (X).

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Esta boleta censal está dirigida al concejo municipal de San Andrés Itzapa.

1. ¿Existe un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango?
Sí _____ No _____

2. ¿Destinan presupuesto para la construcción de alcantarillados en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa?
Sí _____ No _____

3. ¿Cuentan con personal capacitado para la construcción de obras civiles?
Sí _____ No _____

4. ¿Han evaluado los daños en época de invierno en el cantón San Pedro y San Pablo?
Sí _____ No _____

5. ¿Cuentan con registros estadísticos de las inundaciones en el cantón San Pedro y San Pablo?

Sí _____ No _____

6. ¿Existen alianzas institucionales para brindar capacitaciones sobre riesgos en época de invierno a los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo?

Sí _____ No _____

Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de muestra.

A continuación, se describe el anexo metodológico para calcular la población investigada. No se realizó cálculo de la muestra para determinar la población de la variable independiente “X” debido a que la población de dicha variable es de 9 integrantes que conforman el concejo municipal, en este sentido, para la comprobación de la causa se realizó un censo dado que la población que representó esta variable es menor a 35. Dicha población es para determinar la validez de la misma: Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

El cálculo de la muestra se realiza para la variable dependiente (Y), con el 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa.

Este cálculo se realizó a la población económicamente activa del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

La fórmula utilizada para el cálculo de la muestra con los parámetros arriba indicados es la siguiente:

N= Población que habita en el sector

Z= Media normalizada

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

d= Error de muestreo

n= Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

N =	1,587
Z =	1.645
Z ² =	2.706025
p =	0.5
q =	0.5
d =	0.095
d ² =	0.009025
NZ ² pq =	1073.6154
Nd ² =	14.322675
Z ² pq =	0.6765063
Nd ² + Z ² pq =	14.999181
n =	71.578268

Se aclara que se utiliza la máxima varianza (p=0.5 y q=0.5), debido a que no existen investigaciones previas a la problemática que se estudia.

El tamaño de la muestra es de 72.

Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Este coeficiente es un indicador estadístico que nos indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables. En este caso el coeficiente de correlación es igual a 0.92 lo que indica que el comportamiento de estas variables obedece a la ecuación de la línea recta; cuya fórmula simplificada es la siguiente: $y = a+bx$.

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$.

A continuación, se presentan los cálculos y fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

Cálculo de coeficiente de correlación

Año	X	Y	XY	X ²	Y ²
	(# de Años)	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2018	1	287360.00	287360.00	1	82575769600.00
2019	2	447750.00	895500.00	4	200480062500.00
2020	3	619580.00	1858740.00	9	383879376400.00
2021	4	635240.00	2540960.00	16	403529857600.00
2022	5	651480.00	3257400.00	25	424426190400.00
Totales	15	2641410.00	8839960.00	55	1494891256500.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	8839960
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	1494891256500.00
$\sum Y=$	2641410
$n\sum XY=$	44199800
$\sum X*\sum Y=$	39621150
Numerador=	4578650
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	7474456282500.00
$(\sum Y)^2=$	6977046788100.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	4.97409E+11
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	24870474720000.00
Denominador:	4987030.65
r=	0.92

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis: Con el cálculo anterior se comprueba que las variables descritas, están debidamente correlacionadas, se valida la problemática planteada y debido a que el $r = 0.92$, está dentro del rango permitido se procede a realizar la proyección mediante la línea recta.

Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección lineal

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal del fenómeno estudiado.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a una serie histórica dada, la que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como un comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente: $y=a+bx$.

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de $+ - 0.80$ a $+ - 1$; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

Proyección lineal

$$y = a + bx$$

Año	X	Y	XY	X ²	Y ²
	(Años)	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2018	1	287360	287360	1	82575769600.00
2019	2	447750	895500	4	200480062500.00
2020	3	619580	1858740	9	383879376400.00
2021	4	635240	2540960	16	403529857600.00
2022	5	651480	3257400	25	424426190400.00
Totales	15	2641410	8839960	55	1494891256500.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	8839960
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	1494891256500.00
$\sum Y=$	2641410
$n\sum XY=$	44199800
$\sum X * \sum Y=$	39621150
Numerador de b:	4578650
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	91573
Numerador de a:	
$\sum Y=$	2641410
$b * \sum X =$	1373595
Numerador de a:	1267815
a=	253563

Formulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Situación sin propuesta

X	Año	y = a + bx
No. De año		Pérdidas económicas en Q por inundaciones
6	2023	803001
7	2024	894574
8	2025	986147
9	2026	1077720
10	2027	1169293

Porcentajes propuestos para la situación con propuesta

Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Pérdidas económicas en Q por inundaciones
	2022			
	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2023	803001.00	0%	0	803001.00
Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Pérdidas económicas en Q por inundaciones
	2023			
	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2024	803001.00	95%	762851	40150.1
Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Pérdidas económicas en Q por inundaciones
	2024			
	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2025	40150.05	10%	4015	36135.0

Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Pérdidas económicas en Q por inundaciones
	2025			
	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2026	36135.05	0%	0	36135.0
Año a proyectar	Año anterior	% propuesto	Porcentaje expresado en unidades	Pérdidas económicas en Q por inundaciones
	2026			
	Pérdidas económicas en Q por inundaciones			
2027	36135.05	0%	0	36135.0

Situación comparativa Sin Proyecto y Con Proyecto

Los gráficos siguientes comparan el supuesto de la situación sin proyecto y proyecto, se evidencia que, sin intervención del alcantarillado, podría incrementar las pérdidas económicas, sin embargo, con la implementación de la misma se considera que se reducirían las pérdidas.

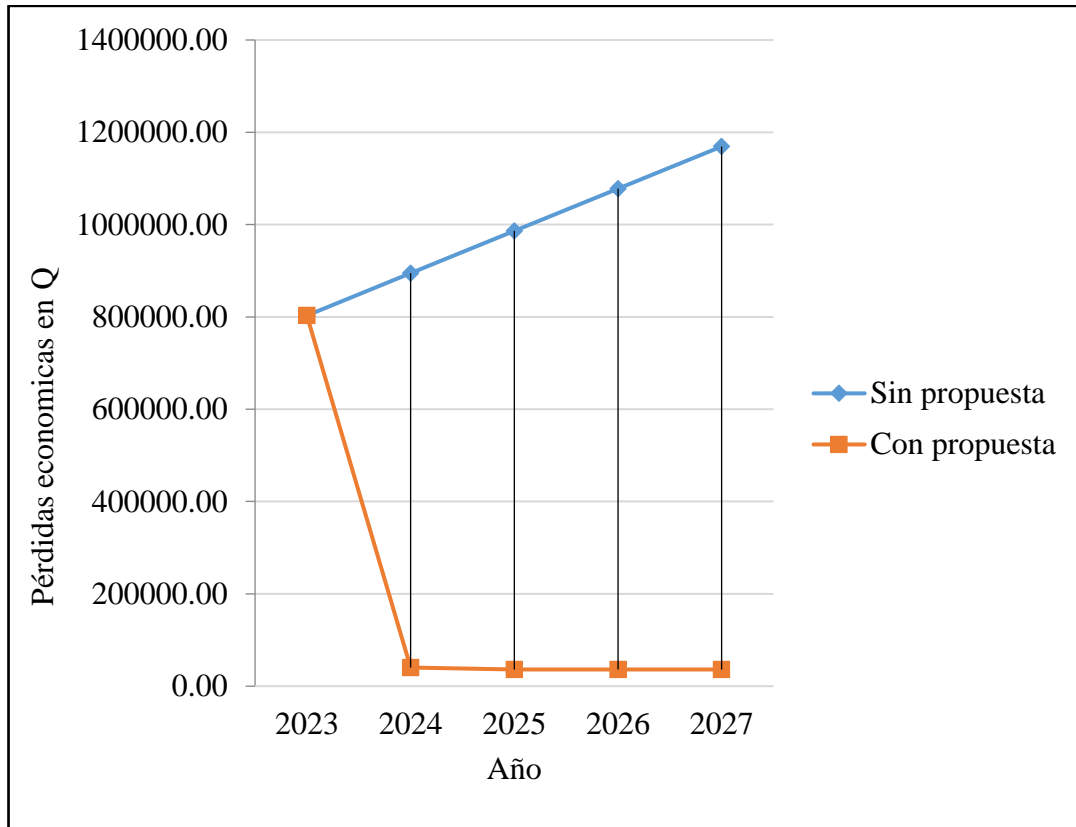
Cuadro comparativo de la situación sin y con propuesta

Año	Pérdidas económicas en Q por inundaciones		Diferencial
	Sin propuesta	Con propuesta	
2023	803001.00	803001.00	0.00
2024	894574.00	40150.05	854423.95
2025	986147.00	36135.05	950011.96
2026	1077720.00	36135.05	1041584.96
2027	1169293.00	36135.05	1133157.96
Sumatoria	4930735.00	951556.19	3979178.82

Fuente: entrevistas, datos del censo poblacional y habitación del 2002, Encuesta nacional de empleo e ingresos, INE, 2004, CEPAL, con base en cifras oficiales y estimaciones de la misión.

Gráfica X

Pérdidas económicas en Q por inundaciones, con y sin proyecto.



Fuente: entrevistas, datos del censo poblacional y habitación del 2002, Encuesta nacional de empleo e ingresos, INE, 2004, CEPAL, con base en cifras oficiales y estimaciones de la misión.

Análisis:

En los datos y gráfica presentados anteriores se evidencia que, si existen pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango en los últimos cinco años, lo cual es un indicador de que realmente existe la necesidad de realizar el proyecto de un diseño de alcantarillado pluvial en el cantón, si se ejecuta el proyecto se contribuye para disminuir considerablemente las pérdidas económicas para la población económicamente activa de este lugar y esto contribuye para aumentar la calidad de vida de la población del cantón.

Luki María Tagual Machán

TOMO II

PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO



Asesor General Metodológico:
M.A. Pablo Ismael Carbajal Estevez.

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, junio 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Luki María Tagual Machán

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciada en
Ingeniera Civil con Énfasis en Construcciones Rurales

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, junio 2023

Informe final de graduación

PROPUESTA DE UN PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO
DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, junio 2023

Esta tesis fue presentada por la autora, previo a obtener el título universitario de Licenciada en Ingeniería Civil con Énfasis en Construcciones Rurales.

Prólogo

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó una propuesta sobre “Plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.”.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil con énfasis en construcciones rurales, en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Para que se haya realizado la investigación existen razones muy válidas, entre las que se encuentran: proveer una fuente de información confiable para otros profesionales, estudiantes, o entidades que estén interesados en el tema y que puedan utilizarla para el fin que han propuesto, por ejemplo, una investigación o material de apoyo, similar al tema de esta investigación.

Uno de los objetivos de la presente propuesta es plantear una solución a la problemática ayudado por los conocimientos adquiridos durante el período de estudios en área de obra civil, así mismo mediate la investigación de términos necesarios en el tema abordado.

El propósito fundamental de la presente investigación es reducir pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado.

Presentación

Este trabajo de graduación a nivel de Licenciatura se presenta con el título “Plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango”. Éste hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo por inundaciones, como consecuencia principal de faltar un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón.

Como medio para solucionar la problemática se propuso establecer estrategias que orienten y guíen correctamente a la unidad ejecutora de la municipalidad en función de implementar el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en dicho municipio.

Así mismo realizar alianzas con entidades que puedan fortalecer y dotar de conocimientos a los habitantes del sector en cuanto a cómo actuar en si existieran inundaciones en época de invierno, como también poder llevar a cabo un dato estadístico que servirá para verificar el comportamiento de las pérdidas en el sector y como vendrían a aportar estos datos en la eliminación de la problemática.

La actividad investigativa que se realizó ayuda como aporte para buscar la solución para evitar las inundaciones en las viviendas del cantón. De igual manera, se presenta el fortalecimiento de la unidad ejecutora, a la que corresponde la materialización y evolución de la propuesta en general; así como un programa de capacitación sobre riesgos por inundaciones para la población.

ÍNDICE GENERAL

No.	Contenido	Pagina.
	I. RESUMEN	1
	II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
	ANEXOS	

I. RESUMEN

El siguiente informe contiene el resumen de la investigación que se encuentra indicada en el Tomo I de este documento, aquí se encuentran las definiciones de la base metodológica que se utilizó para identificar la problemática, planteamiento de la hipótesis y los objetivos, para resolver la situación que afecta actualmente al Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, con respecto a las inundaciones que ocurren en las viviendas en época de lluvia y que causa pérdidas económicas en las familias en los últimos cinco años.

Se plantea una solución a la problemática con un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial. Como planteamiento del problema tenemos que en los últimos años se han hecho evidentes las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Esto es atribuido a que el sector no existe un sistema de alcantarillado pluvial, lo que causa que el agua de lluvia que cae en una precipitación, haga que el alcantarillado de aguas negras que existe, colapse y provoque inundaciones dentro de las viviendas, además de que las calles ya se ven muy afectadas por hundimientos y socavamientos, causando estancamiento de las aguas y encharcamientos.

Con estos datos, se determinó, que cada época de lluvia de cada año, los vecinos se vean afectados tanto por los daños que pueda causar sus viviendas, como también por accidentes automovilísticos y peatonales que se producen, porque las calles están en mal estado a causa de las fuertes corrientes superficiales de agua que va por el sector luego de las lluvias, esto impacta a que cada familia de la población tenga un porcentaje de pérdidas económicas que afectan su presupuesto familiar y que no les permita tener una mejor calidad de vida.

Es por ello que pobladores del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa viven con el temor constante de ser víctimas de algún percance o inundación en sus viviendas y de esperar colapsos en las tuberías de drenajes, es por ello que se puede observar que algunos de los habitantes que, si cuentan con una mejor economía, han pretendido defender su vivienda de las corrientes de agua, construyendo bordillos, o banquetas más altas que los niveles de sus viviendas para poder protegerlas.

Es por ello que se piensa y por lo que es tema de estudio de este documento, que la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el lugar, es la causa que provoca las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años y es lo que se pretende comprobar luego de la investigación realizada.

También para la presente investigación es necesario plantear una hipótesis causal y una hipótesis interrogativa, como punto de partida para conocer el camino a seguir para solucionar la problemática existente y estas se dan a conocer enseguida:

“Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial”.

¿Es la Inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, la causante de las pérdidas económicas en época de invierno, por inundaciones en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años?

Como objetivos se tienen:

Objetivo general: Reducir pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Objetivo específico: Evitar inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Justificación: El área de estudio fue determinada en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, se determinó este lugar debido a que cada año ocurren inundaciones en las viviendas de los habitantes del cantón, debido a que no existe un sistema de alcantarillado pluvial y habiendo grandes cantidades de agua de lluvia que corren por las calles debido a la ubicación del lugar y a que las calles están en mal estado, provocando estancamiento de aguas de lluvia, y estas van a afectar directamente a las viviendas de los habitantes.

Los factores anteriores han llevado a tener a cada familia, pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas, debido a la falta de un plan para el diseño de un sistema de agua pluvial, que venga a mitigar o eliminar estas pérdidas para los habitantes.

Para tener una idea del impacto que puede tener la problemática investigada, se tuvo la investigación de campo donde un porcentaje de los habitantes indicó que ha sido víctima de pérdidas económicas, se observan las calles en mal estado y según datos obtenidos en campo siempre existen percances vehiculares durante la época de lluvia, hasta el momento no ha habido alguna entidad interesada en resolver la problemática en el sector, por lo que todo el documento se basa en datos recopilados en campo.

Por lo tanto, como una forma de resolver los problemas encontrados en esta investigación, se recomienda implementar el plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, el objetivo es reducir pérdidas económicas en un 98%, después de dos años de implementada la propuesta, para el quinto año proyectado (2026), si no se implementa la propuesta, los índices de pérdidas económicas serán el % del porcentaje inicial, dato preocupante que vulnera la economía de los habitantes.

Metodología

Los métodos y las técnicas que se utilizaron en la investigación de la problemática se detallan a continuación:

Métodos

Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis

Los métodos utilizados en lo que se refiere a formulación de hipótesis, fue esencial la utilización del método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, establecidos en el árbol de problemas y objetivos que forman parte del anexo de este trabajo de investigación.

Método deductivo: Para la formulación de la hipótesis fue clave la deducción, que parte de lo general a lo específico, el cual permitió conocer Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, a través de las distintas técnicas que se describen más adelante, después se procedió a formular la hipótesis.

Método analítico: A través de este método, fue posible observar e interpretar los datos obtenidos después de que se presentara la hipótesis, para estudiar la naturaleza, la causa y el efecto de las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de

los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en últimos cinco años.

Por este método se logró conocer más sobre el tema de estudio, por lo cual se logró comprender y luego explicar la problemática del lugar, los cuales se plasmaron en el análisis de las gráficas presentadas en el capítulo III del Tomo I.

Método marco lógico: Con una comprensión más clara del problema, se realizó la formular de la hipótesis, en la que se utilizó el marco lógico para influir, además de definir el área de trabajo, también permitió encontrar la variable hipotética dependiente y la variable independiente para especificar el tiempo de investigación. El marco lógico también permitió descubrir los objetivos generales y específicos de la investigación y fue a través del mismo que se pudo establecer el nombre del trabajo.

Modelo de investigación dominó y proyectos dominó

Modelo creado por el Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala; muestra en dos páginas, un cuadro con tres columnas estructuradas de la manera siguiente:

Columna del problema (efecto, problema, causa, hipótesis, preguntas que comprueban las variables dependiente e independiente, temas de marco teórico y justificación), columna de propuesta de solución (objetivo general, específico, nombre del trabajo de investigación, resultados y costos) y la columna de propuesta de solución (objetivo general, específico, nombre del trabajo de investigación, resultados y costos) y la columna de la evaluación expost de la propuesta.

En el Modelo de Investigación Dominó se resume el trabajo de investigación; como también, la aplicación de la metodología; éste se detalla en el anexo 1 del tomo I.

Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis.

Para comprobar la hipótesis, el método de inducción fue auxiliado por los siguientes métodos: estadístico, análisis y síntesis

Método inductivo: La inducción fue utilizada, para obtener resultados específicos o exclusivos de los problemas identificados, a fin de extraer conclusiones y recomendaciones generales de dichos resultados.

Método estadístico y analítico: Estos permitieron determinar parámetros de las encuestas, los cuales ayudaron a comprobar la hipótesis, en que, Las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es alta, debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial.

Método sintético: Una vez que se obtuvo la información, la síntesis fue utilizada, para sacar conclusiones y recomendaciones de este trabajo, esto también hizo que la generalidad de la información sea coherente con los resultados de la investigación de campo.

Técnicas

Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis

Lluvia de ideas: El uso de esta técnica fue esencial para la recopilación de ideas, lo que permitió determinar cuáles son los mayores problemas que afrontan los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.

Observación directa: Esta técnica se utilizó, directamente en el área de impacto del

estudio y para este propósito, se observaron las pérdidas económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo.

Investigación documental: Esta técnica se utilizó, para determinar si hay documentos similares o documentos relacionados con el problema a estudiar, para evitar la duplicación del trabajo académico, además de obtener las contribuciones de otros investigadores y otras opiniones sobre los temas citados. Los documentos consultados se especifican en el párrafo de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista: Una vez que se formó una comprensión general del problema, se procedió a entrevistar a la población económicamente activa del cantón San Pedro y San Pablo y a el Concejo municipal del municipio de San Andrés Itzapa, esto con la finalidad de obtener información más precisa y verídica sobre los problemas encontrados.

Después de realizar las entrevistas, con una comprensión más clara del problema, se utilizó el método deductivo, y a través de las técnicas descritas anteriormente, fue presentada la hipótesis de la problemática. Para este propósito, se apoyó con el método de marco lógico el cual permitió encontrar las variables dependientes e independientes.

Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis

Cálculo del tamaño de la muestra: Para comprobar la variable dependiente se utilizó el cálculo de la muestra al 90% del nivel de confianza y el 9.5% de error de muestreo, por el método aleatorio de población finita cualitativa; que fue dirigida a los los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, con un total de 1,587 y un cálculo de muestra de 72 habitantes a encuestar.

Encuestas: Se elaboraron dos tipos de encuesta para la investigación de campo; la primera fue dirigida a la población económicamente activa del cantón San Pedro y San Pablo para comprobar la variable dependiente o efecto y la segunda al Concejo Municipal, para la comprobación de a variable independiente o causa.

Censo: Con el objetivo de comprobar la variable independiente de la falta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, se realizó un censo a 9 integrantes del Concejo Municipal, del municipio de San Andrés Itzapa.

Técnica de análisis: el análisis incluyó, la interpretación de los valores absolutos y relativos de los datos tabulados, los que se obtuvieron después de la aplicación de las boletas de investigación, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada para la problemática.

Cálculo del coeficiente de correlación: al calcular el coeficiente de correlación, proporcionó un indicador estadístico, que en consecuencia permitió conocer la correlación lineal entre dos variables cuantitativas, donde “Y”, es la variable dependiente o efecto y corresponde a las pérdidas económicas en las viviendas y “X” es la variable independiente o causa que indica la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial, en otras palabras, medir el comportamiento de la curva durante el año de estudio.

Para esto se utilizó la fórmula establecida por la universidad que se encuentra en el anexo 7 del Tomo I de este documento para obtener este resultado, el coeficiente de correlación es 0.92.

Proyección de línea recta: se elaboró la gráfica comparativa con y sin proyecto para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada a futuro, sobre las pérdidas

económicas en época de invierno en las viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Para completar la investigación se tiene los anexos del presente Tomo, que van desde el Anexo 1 hasta el Anexo 6, los cuales se detallan a continuación:

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática: es la solución para poder reducir las pérdidas económicas en los habitantes del cantón San Pedro y San Pablo, se presenta la propuesta de los resultados adquiridos del objetivo específico, en el cual se presenta en el diagrama del objetivo específico y sus resultados.

Anexo 2. Matriz de la Estructura Lógica: este es un instrumento que se utiliza para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta, luego de desarrollarla, en donde se evalúan los resultados con sus actividades definidas, (Evaluación Ex Post).

Anexo 3. Ajuste de tiempos y costos: se utiliza para llevar el control acerca de los tiempos que se ha determinado para las actividades que llevará el proceso de construcción del proyecto, los costos que implican realizar cada tarea y cumplir cada una según la planificación.

Anexo 4. Plan de trabajo: es un cronograma realizado para llevar un orden más detallado en cuanto a fechas calendario, del proceso de construcción del proyecto, esto ayuda a que el proyecto vaya realizándose según lo previsto en cuanto a los objetivos propuestos y con ello se coloca tiempo justo a cada actividad propuesta desde el principio hasta el fin del proyecto.

Anexo 5. Presupuesto: en este anexo se detalla el costo de cada una de las tareas a realizar en el proceso constructivo, aquí se conoce el costo de la mano de obra y

materiales que se utilizará en el proyecto, es prácticamente el plan de operaciones versus el recurso económico con el que se cuenta para realizar el proyecto.

Anexo 6. Planos del Proyecto: los planos de la obra se incluyen con el propósito de tener plasmado el proyecto en papel para luego ejecutarlo, fue necesario realizar los cálculos donde se determinaron los diámetros de tuberías, alturas de pozos, rejillas, canaletas y cada uno de sus elementos, ya que con ello se logra obtener un proyecto óptimo para los habitantes del cantón.

Para la evaluación de la PROPUESTA DE PLAN PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL CANTÓN SAN PEDRO Y SAN PABLO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO; se tomará como base la matriz de la estructura lógica (anexo 2 del tomo II), esta se establece de la siguiente manera:

Para el objetivo general se tiene el indicador siguiente: al segundo año se reducen las pérdidas económicas en un 98%, esto se verificará por medio de entrevistas, monitoreo e informes, realizados a los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, los cooperantes y supuestos que se quieren alcanzar con esta propuesta es mejorar las condiciones de vida de los habitantes del cantón.

Para el objetivo específico se determinó como indicadores lo siguientes: que para el primer año se ha implementado el 95% de las actividades del plan presentado, este indicador se verificará por medio de supervisión del proyecto, monitoreos constantes, fotografías, imágenes y videos, como cooperantes y supuestos se tiene la existencia de alianzas interinstitucionales es decir se trabaja de la mano con otras entidades competentes, lo que será un complemento para lograr el objetivo.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusión

Se comprueba la hipótesis planteada “Las pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, en los últimos 5 años; por inundaciones, es debido a la inexistencia de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial” mediante un nivel de confianza del 90% y 9.5% de error de muestreo para la variable dependiente (efecto) así como también un nivel de confianza de 100% y 0% de error de muestreo para la variable independiente (causa).

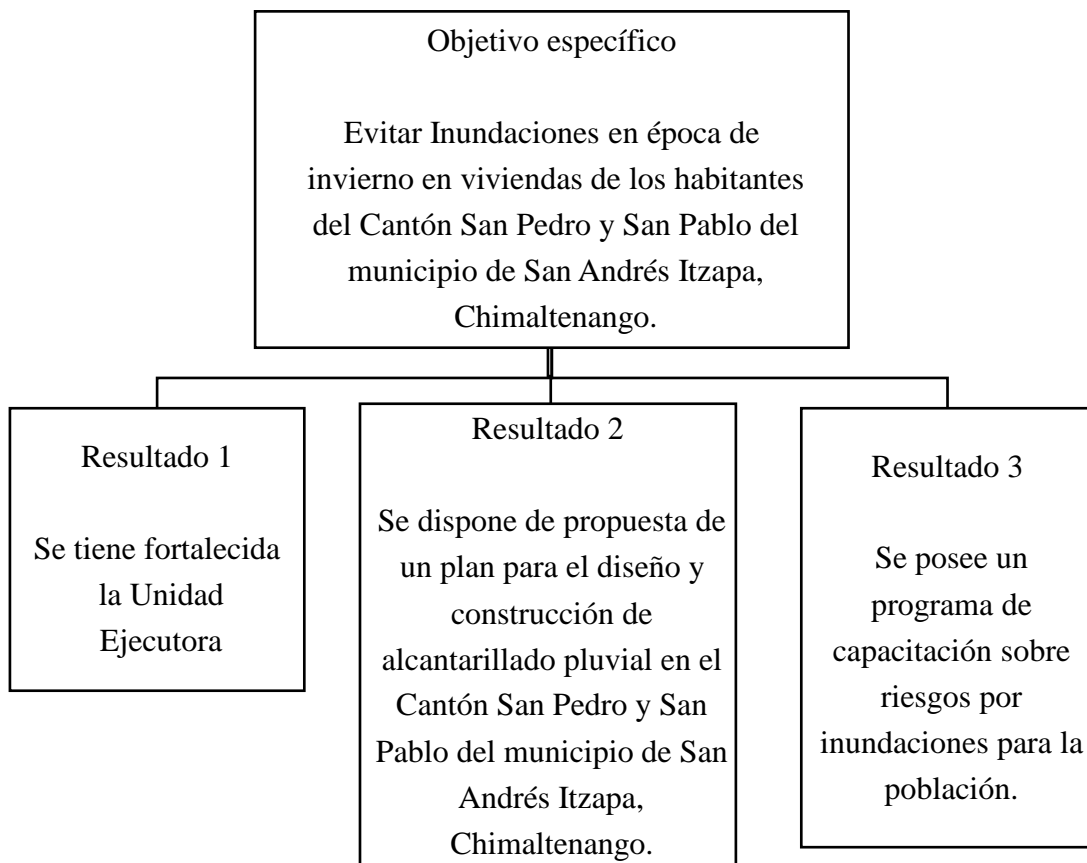
Recomendación.

Implementar la propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática.

La propuesta de implementar un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, es una solución probable para erradicar el problema de inundaciones en el sector, ya que no existe un sistema para evacuar las aguas pluviales, con esto se lograría conducir de manera eficiente dichas aguas hasta su disposición final, para lo cual se presentan los resultados provenientes del objetivo específico, que se presenta en el árbol de objetivos.



Resultado 1

Se tiene fortalecida la Unidad Ejecutora

Actividades.

Actividad 1. Formación de la Unidad ejecutora.

Se capacitará a cada integrante de la unidad ejecutora para mejorar sus capacidades, habilidades y conocimientos, para llevar a cabo el proyecto, alcanzando así la competitividad del capital humano y que sean capaz de realizar actividades para gestión de proyecto de desarrollo sostenible.

La unidad ejecutora estará conformada por un ingeniero hidrosanitario, un supervisor, una secretaria, un dibujante, un maestro de obras, cuatro albañiles y cuatro ayudantes, estos serán los responsables de llevar a cabo los trabajos administrativos y la ejecución y dirección del proyecto como tal.

Se capacitará al ingeniero hidrosanitario, supervisor, secretaria y dibujante, por medio de SEGEPLAN para el uso de herramientas informáticas de entidades de gobierno, al ingeniero hidrosanitario, supervisor y dibujante se les reforzarán los conocimientos por medio de cursos sobre el proyectos hidrosanitarios y topografía, al personal de campo, es decir, maestro de obras, albañiles y ayudantes, los capacitará el ingeniero hidrosanitario, para abordar temas sobre el tipo de proyectos a realizar y así dejar claras las forma de trabajo.

Actividad 2. Conformación de comité de desarrollo.

Se conformará un comité de desarrollo con los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo, que, en conjunto con la Unidad ejecutora desarrollaran el proyecto, esto por medio de una convocatoria previa y luego elegidos por los asistentes en mutuo

acuerdo, para mejorar la organización y la gestión necesaria, así como también la toma de decisiones relacionadas con la formalización, el financiamiento, ejecución y el posterior mantenimiento del proyecto, integrar a los interesados es de importancia para que sean portavoz de los avances y necesidades que se presenten antes durante y después de realizar el proyecto.

Actividad 3. Contratación por servicios profesionales de un ingeniero hidráulico.

Para la evaluación y revisión del diseño del alcantarillado pluvial, previo a ser ejecutado, será necesaria la contratación por servicios de un ingeniero hidráulico, para evaluar el alcance del diseño, el control del impacto ambiental, certificar el funcionamiento, así como también verificar el tratamiento y evacuación de efluentes si es necesario con planta de tratamiento ya que las aguas del alcantarillado serán evacuadas en una quiebra profunda según diseño. Teniendo la dirección del profesional se realizará las acciones preventiva y correctiva en el momento preciso.

El perfil del profesional se detalla a continuación:

- a) Profesional de maestría hidráulica.
- b) Capaz de aplicar diferentes técnicas y herramientas relacionadas a proyectos hidráulicos.
- c) Que pueda proporcionar asistencia técnica en la redacción de estudios hidrológicos y obra hidráulica.
- d) Que sepa el diseño, elaboración y ejecución de proyectos de obra hidráulica (presas, canales, depósitos, pozos de absorción, disipadores de energía, etc.).
- e) Que logre determinar los parámetros de diseño, aplicar modelos de cálculo, modelar las redes y detecta limitaciones.
- f) Analizar la seguridad en instalaciones de pozos de absorción y disipadores de energía a través de inspecciones, seguridad estructural, revisión hidráulica, zonificación territorial, delimitación de zonas inundables, etc.

g) Realizar análisis de riesgos.

h) Identificar y medir escenarios no deseables y determina las posibles causas y consecuencias de los mismos.

Actividad 4. Realizar Presupuesto.

Realizar un presupuesto integrado por los costos de cada una de las actividades del proyecto, materiales y mano de obra, contrataciones área administrativa y operativa de campo, es decir gastos directos e indirectos.

Los renglones que contiene el presupuesto se detallan a continuación:

Renglón 1: trazos preliminares, contratación por servicios de un topógrafo, herramientas, materiales, costos administrativos.

Renglón 2: Levantado de adoquín, pago de mano de obra, herramientas y costos indirectos.

Renglón 3: Excavación de pozos, canaletas y tragante, se incluye maquinaria, herramientas, materiales, costos indirectos.

Renglón 4: Extracción de ripio: consta de, pago de maquinaria para extracción, pago de mano de obra, herramientas, materiales y gastos administrativos.

Renglón 5: Construcción de pozos de absorción de altura, 13 metros, donde incluye, la mano de obra, por levantado de ladrillo, construcción de tapaderas, instalación de tuberías y material, también se incluyen los costos indirectos por estos trabajos.

Renglón 6: Construcción de tragantes, para esto se presupuestaron la mano de obra y materiales para levantado, acabados, refuerzos y construcción de tapaderas, incluyen los costos indirectos.

Renglón 7: Canaletas y rejillas; para estos trabajos se presupuestaron la mano de obra y materiales para levantado, acabados, rejilla, desfogues, tubería, se incluyen los costos administrativos.

Renglón 8: En este renglón se incluye el relleno y compactación, costos por maquinaria, mano de obra y costos administrativos.

Renglón 9: Disipador de energía hidráulica, en es te renglón se detallan todos los trabajos a realizar para la construcción de ese disipador, cimiento, caídas, colocación de tuberías, tragante, materiales y costos indirectos.

Los recursos financieros para ejecutar el proyecto, se obtendrán mediante la gestión de la Unidad ejecutora juntamente con el Comité, se realizará la gestión en entidades de gobierno, entidades privadas, ONG'S y parte del presupuesto destinado para obras civiles que recibe la municipalidad mensualmente, así mismo en coordinación con el comité se solicitarán jornales de mano de obra a los habitantes.

El presupuesto realizado para este proyecto, se encuentra en el anexo 5 de este Tomo II.

Actividad 5. Remodelar espacio para la Unidad Ejecutora y compra de equipo de cómputo.

Ampliación del espacio, dígase oficina existente para la Unidad Ejecutora, actualmente el espacio con el que cuenta es pequeño para el número de colaboradores que se pretende tener, con ello se logrará acomodar al personal de la unidad. El nuevo equipo de cómputo para las áreas involucradas será de mayor capacidad de procesamiento, con la finalidad de que los datos e información sean trabajados de manera más eficiente y sistematizada.

Se prevé con esto, que la unidad ejecutora alcance la productividad deseada y no se vea afectada por problemas en los equipos. El personal debe estar altamente calificado, para que el equipo sea utilizado de manera adecuada y los inconvenientes puedan ser resueltos en el tiempo preciso.

Actividad 6. Contratación de topógrafo.

Se contratará por destajo, el servicio de una empresa que se dedica a la topografía, para realizar los levantamientos correspondientes y mantenerlos durante el período que dure el proyecto, para que se realicen los trazos en el momento que se necesite y así evitar el atraso de la ejecución, esto con la finalidad de no aumentar los costos del proyecto, por la compra de equipo topográfico y capacitación del personal en el uso de equipo y levantamientos topográficos.

Resultado 2

Se dispone de propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

Actividades.

Actividad 1. Estudios hidrológicos.

Se realizarán los estudios hidrológicos para determinar desde la lluvia más leve hasta la más fuerte, que se da en el sector durante una precipitación en el sector y durante un evento hidrológico de gran magnitud, por ejemplo, un huracán, tormenta o una depresión tropical, de manera que se puede predecir la repercusión del agua en mayores masas en el lugar, eso ayudará a tomar mejores decisiones al momento de planear, diseñar y ejecutar el proyecto de alcantarillado pluvial, los datos obtenidos

serán más preciso y por ende la gestión de las aguas se hará de una mejor manera.

Actividad 2. Levantamientos topográficos. Se realizarán los levantamientos topográficos siguientes: poligonal, altimetría y planimetría, la primera para determinar la forma exacta del lugar donde se construirá el Sistema de alcantarillado, en altimetría obtendremos distancias entre los puntos y determinaremos los niveles, elevaciones y pendientes existentes, con la planimetría determinaremos por donde es el mejor lugar para la colocación de las tuberías en las calles en donde alcance la pendiente deseada, también por medio de esta se determinará la ubicación de los tragantes, canaletas y pozos de absorción, y otros puntos importantes del sistema.

Actividad 3. Trabajo de gabinete.

Procesamiento de información o trabajo de gabinete: los datos obtenidos en campo serán interpretados y procesados por el personal capacitado de la Unidad Ejecutora para realizar los trazos y obtener la memoria de cálculo y los planos topográficos, para ello se apoyarán con el programas CAD, se elaboran también planos especiales apoyados con el programa QGIS, estos planos serán de utilidad para indicar por donde pararán las tuberías, juntamente con toda la información importante del sistema, tales como: tuberías, pozos de absorción, tragantes, canaletas, conectores.

Actividad 4. Estudios de suelos.

Se realizará el estudio de suelos del lugar donde se construirá el sistema de alcantarillado pluvial, este es de suma importancia ya que por medio de los resultados se determinará la naturaleza y propiedades del suelo existente y si es apto y estable, para soportar las cargas que implicará el nuevo sistema, esto para evitar asentamientos, rupturas de las tuberías, hundimientos en calle, dependerá de los resultados si posteriormente se realizarán pruebas de estabilización del suelo en laboratorio para lograr el soporte requerido para la obra.

Actividad 5. Diseño de alcantarillado pluvial.

El diseño del sistema de alcantarillado pluvial como tal será revisado por el ingeniero hidráulico contratado, este diseño ya fue realizado por el autor, sin embargo, es necesario tener el aval del hidrosanitario para poder llevar a cabo el proyecto según las especificaciones indicadas en planos, si existiera la posibilidad de algún cambio, se le girará la orden al dibujante de la unidad ejecutora para que realice la actualización.

Para esta actividad se realizó el diseño y planos del proyecto que se encuentran en el apartado de otros anexos de este Tomo II.

Actividad 6. Presentación del diseño y presupuesto del sistema de alcantarillado pluvial.

Se presentará a las entidades correspondientes: al Concejo municipal, y a las entidades correspondientes para que puedan aprobar y destinar un presupuesto para este proyecto y que se cuente con la asesoría técnica de su equipo, también al comité conformado por los habitantes y a los habitantes del cantón, en una reunión, para determinar el aporte que darán para la obra, específicamente se les solicitarán jornales de mano de obra por familia. Así mismo la presentación de cronograma de actividades del proyecto, donde se determinarán los tiempos y fechas en que se realizará cada actividad, fecha inicial y fecha final.

Este plan, costos y cronograma de actividades se puede ver detalladamente en el anexo 3 del tomo II de este documento.

Actividad 7. Reuniones semanales.

Se implementarán reuniones semanales en donde estarán presentes: Comité de desarrollo, Unidad Ejecutora, representantes de cada entidad que aporte al proyecto,

para verificar los avances que se van teniendo en la obra, si existieran cambios en el diseño, informe financiero, mano de obra, entre otros temas que sean necesarios, se elaborarán informes escritos y digitales para que la información sea la misma para todos los involucrados.

Resultado 3

Se posee un programa de capacitación sobre riesgos por inundaciones para la población.

Actividades.

Actividad 1. Alianzas con instituciones.

Se procurará tener alianzas con otras instituciones tanto de gobierno como privada, que puedan apoyar de forma económica como por medio de formación técnica, para lograr así que el alcantarillado sea llevado a cabo en su totalidad y cumpla con los requisitos, las instituciones con las que se procurarán alianzas son, INFOM, SEGEPLAN, MARN, CONRED E INSIVUME.

Las alianzas con la CONRED e INSIVHUME, será aprovechada para tener orientación de como accionar ante los desastres y capacitar a los habitantes del sector en donde se realizará el alcantarillado, se incluirán en la alianza a grupos sociales como COCODES, instituciones no gubernamentales, sector privado, escuelas, colegios, iglesias, entre otros, área deportiva y cultural, Policía Nacional Civil, Bomberos voluntarios y municipales, centro de salud, entre otros, se formarán lazos de comunicación para la orientación en la conformación de comité que se encargará de activar un plan de emergencia, ante los posibles desastres.

Actividad 2. Creación de programa de capacitación.

Dentro del programa de capacitación, se distinguirán área teórica y práctica, se iniciará con la teoría, en esta área se incluyen temas de, como accionar ante los desastres, algunos temas a abordar serán: gestión de riesgos y desastres, evaluación de riesgo, escenarios de riesgos, mitigación de riesgos, actores sociales, planificación para gestión de riesgos, reducción de riesgos existentes, respuesta oportuna en caso de desastre, temas de liderazgo dentro de los escenarios de riesgo.

Actividad 3. Investigación de fenómenos dentro del municipio.

Investigación sobre de los fenómenos potencialmente peligrosos ocurridos en la población, esto se realizará de forma grupal y con la dirección del experto, para obtener información verídica. Se distinguirán los eventos específicamente hidrológicos y atmosféricos, tales como lluvias intensas, tempestades, huracanes, lluvias con granizo, inundaciones, derrumbes también se identificarán las épocas con mayor probabilidad de amenaza, así como el realizar una línea de tiempo, para saber el comportamiento de los eventos, la cantidad y el tipo que se hayan ocurrido durante los últimos 5 años dentro del municipio.

Actividad 4. Elaboración de mapa de riesgos y amenazas.

Se realiza un mapa de riesgos y amenazas del cantón, aquí se presentarán las características del sector y la información de riesgo, peligros y la vulnerabilidad que existen, y los recursos con que cuenta la comunidad para hacerle frente a los fenómenos que puedan ocurrir, principalmente las causadas por las lluvias intensas, inundaciones, huracanes entre otras. Esto se logrará realizar con información recopilada con los habitantes, quienes por vivir en el sector cuentan con los datos y ubicación más certeras de los lugares de mayor riesgo.

Se capacitará sobre el uso de información georreferenciada o sistemas de información

geográfica, para que esto sea como apoyo para identificar más fácilmente las condiciones del lugar con relación a riesgos de desastre.

Actividad 5. Realizar simulacros.

Para obtener una respuesta más eficaz ante los posibles desastres, se realizarán ejercicios de simulación y simulacros, esto con la finalidad de evaluar los conocimientos teóricos aprendidos, ajustar y actualizar si fuera necesario algún proceso, su capacidad de accionar ante un desastre real, será también un ejercicio de para identificar sus capacidades, la toma de decisión, trabajo en equipo y la coordinación que deben de tener entre cada una de las instituciones involucradas en el tema, antes, durante y después de que ocurra una emergencia o desastre.

Actividad 6. Caracterización de albergues y centros de acopio.

Se tendrán un plan anexo en donde se identificarán los lugares a utilizar como albergues y centros de acopio, durante una emergencia de desastre, para que al momento de activarse la alerta sea más fácil la conformación de cada uno, estos serán utilizados por las personas más vulnerables, las que se encuentren en condición de calle, se dotarán de alimentos, camas, equipo de higiene personal, ropa y calzado para todas las edades, estas deben de tener energía eléctrica, sanitarios y duchas.

Actividad 7. Trasmisión de información pública.

Se trasmitirá la información por medio de la oficina de Información Pública Municipal, estos se encargarán de trasmitir información oportuna antes durante y después de cualquier evento o riesgo de desastre, utilizando a los medios de comunicación local, también mediante la comunicación personal y entrega de información escrita, con la finalidad de sensibilizar y educar a los habitantes y que puedan irse involucrando en el tema, deben de tener la capacidad de hablar con fluidez el español y Kaqchikel que es el segundo idioma del lugar.

Anexo 2. Matriz de la Estructura Lógica.

Componentes del plan	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general Reducir pérdidas económicas en época de invierno de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	Al segundo año se reducen las pérdidas económicas en un 98% en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	Entrevistas, monitoreo e informes.	Mejora las condiciones de vida de los habitantes.
Objetivo específico Evitar inundaciones en época de invierno en viviendas de los habitantes del Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.	En el primer año se han implementado el 95% de las actividades del plan.	Supervisión, monitoreos constantes, fotografías, imágenes y videos.	Existen alianzas interinstitucionales.
Resultado 1 Se tiene fortalecida			

la Unidad Ejecutora			
<p>Resultado 2</p> <p>Se dispone de propuesta de un plan para el diseño y construcción de alcantarillado pluvial en el Cantón San Pedro y San Pablo del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.</p>			
<p>Resultado 3</p> <p>Se posee un programa de capacitación sobre riesgos por inundaciones para la población.</p>			

Anexo 3. Ajuste de tiempos y costos.

Alcantarillado pluvial, cantón san Pedro y san Pablo									
Ajuste de costos y tiempos									
Renglón	Nombre del renglón	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Subtotal	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1	Trazo preliminar	1	global	Q 22,574.78	Q 22,574.78				
2	Levantado de adoquinamiento	1	global	Q 15,385.50	Q 15,385.50				
3	Excavación para pozos, canaletas y tragante	1	global	Q 57,863.81	Q 57,863.81				
4	Extracción de Ripio	1	global	Q 10,588.50	Q 10,588.50				
5	Pozo de absorción 13 m de altura	1	global	Q 123,969.06	Q 123,969.06				
6	Tragante	1	global	Q 30,358.76	Q 30,358.76				
7	Canaleta y rejilla	1	global	Q 100,981.11	Q 100,981.11				
8	Relleno y Compactación	1	global	Q 6,983.44	Q 6,983.44				
9	Discipador de energía	1	global	Q 103,413.38	Q 103,413.38				
SUBTOTAL					Q472,118.34	25%	20%	25%	30%
						Q 118,029.58	Q 94,423.67	Q 118,029.58	Q 141,635.50
TOTAL					Q472,118.34				

Anexo 4. Plan de trabajo.

Anexo 5. Presupuesto.

Renglón 1					
Trazo preliminar					
No.1	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
Mano de obra					
	Topógrafo	15	día	Q 500.00	Q 7,500.00
	Cadenero	15	día	Q 300.00	Q 4,500.00
	Ayudante	15	día	Q 200.00	Q 3,000.00
Herramienta					
	Plomada	1.00	unidad	Q 35.00	Q 35.00
	Machete	1.00	unidad	Q 65.00	Q 65.00
	Cinta métrica	1.00	unidad	Q 150.00	Q 150.00
	Pincel	1.00	unidad	Q 5.50	Q 5.50
	Nivel	1.00	unidad	Q 25.00	Q 25.00
	Martillo	1.00	unidad	Q 55.00	Q 55.00
Materiales					
	Libreta	1.00	unidad	Q 15.00	Q 15.00
	Pincel	1.00	unidad	Q 6.25	Q 6.25
	Pintura	1.00	unidad	Q 25.00	Q 25.00
	Lápiz	1.00	unidad	Q 2.00	Q 2.00
	Clavo	1.00	libra	Q 7.00	Q 7.00
	Tiner	1.00	galón	Q 45.00	Q 45.00
Subtotal					Q15,435.75
∑ Costos Directos					Q 15,435.75
Costos indirecto					
Supervision 7%					Q 1,080.50
Administración 10%					Q 1,543.58
Fianzas 4%					Q 617.43
Imprevistos 4%					Q 617.43
∑ Costos Indirectos					Q 3,858.94
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 19,294.69
Impuestos 17%					Q 3,280.10
Total/ml					Q 22,574.78

Renglón No.2					
Levantado de adoquín					
No.2	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
Mano de obra					
	Operario	336	m ²	Q 20.00	Q 6,720.00
	Ayudante	336	m ²	Q 10.00	Q 3,360.00
Herramienta					
	Carreta	1	unidad	Q 250.00	Q 250.00
	Pala	1	unidad	Q 60.00	Q 60.00
	Piocha	1	unidad	Q 90.00	Q 90.00
	Cinzel	1	unidad	Q 40.00	Q 40.00
Subtotal					Q 10,520.00
Σ Costo directo					Q10,520.00
Costos indirectos					
	Supervision 7%			Q 736.40	
	Administracion 10%			Q 1,052.00	
	Fianzas 4%			Q 420.80	
	Imprevistos 4%			Q 420.80	
Σ Costo directo					Q 2,630.00
Σ Costos Directos + Σ Costos Indirectos					Q13,150.00
Impuestos 17%					Q 2,235.50
Total/ml					Q15,385.50

Renglón No.3					
Excavación para pozos, canaletas y tragante					
No.3	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
	EXCAVACIÓN				
	Equipo				
	Maquinaria	150	hrs	Q 250.00	Q 37,500.00
	Herramienta				
	Carreta	1	unidad	Q 250.00	Q 250.00
	Nivel	1	unidad	Q 75.00	Q 75.00
	Cerrucho	1	unidad	Q 45.00	Q 45.00
	Plomada	1	unidad	Q 90.00	Q 90.00
	Cinta metrica	1	unidad	Q 150.00	Q 150.00
	Pala	1	unidad	Q 60.00	Q 60.00
	Almadana	1	unidad	Q 90.00	Q 90.00
	Piocha	1	unidad	Q 90.00	Q 90.00
	Azadón	1	unidad	Q 75.00	Q 75.00
	Cinzel	1	unidad	Q 40.00	Q 40.00
	Materiales				
	Hilo	1	global	Q 15.00	Q 15.00
	Diesel	30	galón	Q 35.00	Q 1,050.00
	Cal	1	global	Q 35.00	Q 35.00
	Subtotal				Q 39,565.00
	ΣCosto directo				Q 39,565.00
	Costos indirectos				
	Supervision 7%			Q 2,769.55	
	Administracion 10%			Q 3,956.50	
	Fianzas 4%			Q 1,582.60	
	Imprevistos 4%			Q 1,582.60	
	ΣCosto directo				Q 9,891.25
	Σ Costos Directos + Σ Costos Indirectos				Q 49,456.25
	Impuestos 17%				Q 8,407.56
				Total /m3	Q 57,863.81

Renglón No.4					
Extracción de Ripio					
Línea de Evacuación					
No.4	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
EXTRACCIÓN					
Equipo					
	Camión doble eje	20	viaje	Q 300.00	Q 6,000.00
MANO DE OBRA					
	Maestro de obra	20	viajes	Q 25.00	Q 500.00
	Ayudante	20	viajes	Q 25.00	Q 500.00
HERRAMIENTA					
	Carreta	1	ml	Q 50.00	Q 50.00
	Pala	1	ml	Q 50.00	Q 50.00
MATERIALES					
	Diesel	4	galones	Q 35.00	Q 140.00
Subtotal					Q 7,240.00
∑Costo directo					Q 7,240.00
Costos indirectos					
	Supervision 7%			Q 506.80	
	Administracion 10%			Q 724.00	
	Fianzas 4%			Q 289.60	
	Imprevistos 4%			Q 289.60	
∑Costo directo					Q 1,810.00
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 9,050.00
Impuestos 17%					Q 1,538.50
Total /m3					Q10,588.50

Renglón No. 5					
Pozo de absorción 13 m de altura					
No.5	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
Mano de obra					
	Maestro de obra	7	global	Q 4,500.00	Q 31,500.00
	Ayudante	7	global	Q 3,000.00	Q 21,000.00
Levantado ladrillo					
Material para levantado					
	Madera	21.000	unidad	Q 20.00	Q 420.00
	Alambre de amarre	7.000	lib	Q 7.00	Q 49.00
	Clavo	7.000	lib	Q 6.50	Q 45.50
	Ladrillo tayuyo	1,200.000	u	Q 4.00	Q 4,800.00
	Cemento	14.000	saco	Q 82.00	Q 1,148.00
	Arena de rio	3.500	m3	Q 170.00	Q 595.00
Tapadera					
Material para tapadera D 0.61m, Esp. 0.1					
	Hierro. No. 3	2.000	varilla	Q 45.00	Q 90.00
	Cemento	1.000	saco	Q 85.00	Q 85.00
	Arena de rio	0.250	m3	Q 175.00	Q 43.75
	Piedrín 1/2	0.025	m3	Q 240.00	Q 6.00
	Madera	4.000	unidad	Q 20.00	Q 80.00
	Alambre	1.000	lib	Q 6.50	Q 6.50
	Clavo	1.000	lib	Q 6.50	Q 6.50
Tubería de concreto					
Material					
	Tubo de concreto D.12"	7.000	UNIDAD	Q 200.00	Q 1,400.00
	Tubo de concreto perforado de D. 24", 1.20	76.000	UNIDAD	Q 400.00	Q 30,400.00
Filtro de piedrín					
Material					
	Piedrín 3/4	250.000	m3	Q 240.00	Q 60,000.00
Subtotal					Q 99,175.25
∑ Costo directo					Q 99,175.25
Costos indirectos					
	Supervision 7%				Q 6,942.27
	Administracion 10%				Q 9,917.53
	Fianzas 4%				Q 3,967.01
	Imprevistos 4%				Q 3,967.01
∑ Costo directo					Q 24,793.81
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 123,969.06
Costos indirectos					
	Supervision 7%				Q 8,677.83
	Administracion 10%				Q 12,396.91
	Fianzas 4%				Q 4,958.76
	Imprevistos 4%				Q 4,958.76
∑ Costo directo					Q 30,992.27
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 154,961.33
Impuestos 17%					Q 26,343.43
Total /m3					Q 181,304.75

REGLÓN No. 6					
Tragante					
No.6	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
	Mano de obra				
	Maestro de obra	7	global	Q 3,000.00	Q 21,000.00
	Ayudante	7	global	Q 1,900.00	Q 13,300.00
	Piso 0.10m de espesor				
	Material del piso para 1.02 m2				
	Cemento	15.000	saco	Q 82.00	Q 1,230.00
	Arena de rio	0.500	m3	Q 170.00	Q 85.00
	Piedrin	0.500	m3	Q 240.00	Q 120.00
	Hierro No. 3	8.000	varilla	Q 45.00	Q 360.00
	Alambre	3.000	lb	Q 6.50	Q 19.50
	Levantado de pared				
	Material para levantado				
	Madera	21.000	unidad	Q 20.00	Q 420.00
	Alambre de amarre	25.000	lib	Q 5.90	Q 147.50
	Clavo	25.000	lib	Q 5.90	Q 147.50
	Ladrillo tayuyo	1,850.000	u	Q 4.00	Q 7,400.00
	Cemento	8.000	saco	Q 82.00	Q 656.00
	Hierro 3/8"	13.000	varilla	Q 45.00	Q 585.00
	Piedrín	1.000	m3	Q 240.00	Q 240.00
	Arena de rio	1.000	m3	Q 170.00	Q 170.00
	Eslabones				
	Material para eslabones				
	Hierro 1/4"	8.000	varilla	Q 30.00	Q 240.00
	Tapadera				
	Material para tapadera 1.02x1.02 m, Esp. 0.1				
	Hierro 13/8"	28.000	varillas	Q 45.00	Q 1,260.00
	Cemento	8.000	saco	Q 82.00	Q 656.00
	Arena de rio	1.000	m3	Q 170.00	Q 170.00
	Piedrin	1.000	m3	Q 240.00	Q 240.00
	Madera	20.000	Pt	Q 20.00	Q 400.00
	Alambre	20.000	lib	Q 6.50	Q 130.00
	Clavo	10.000	lib	Q 6.50	Q 65.00

Acabados					
Material para acabados 1m2					
Cemento	15	saco	Q	82.00	Q 1,230.00
Arena de rio	1	m3	Q	170.00	Q 170.00
Madera	20	Pt	Q	20.00	Q 400.00
Clavo	5	lib	Q	6.50	Q 32.50
Alambre de amarre	5	lib	Q	6.50	Q 32.50
Escaleras					
Material					
Hierro 1/2	3	varilla	Q	52.00	Q 156.00
Subtotal					Q 16,606.50
∑ Costo directo					Q16,606.50
Costos indirectos					
Supervision 7%					Q 1,162.46
Administracion 10%					Q 1,660.65
Fianzas 4%					Q 664.26
Imprevistos 4%					Q 664.26
∑ Costo directo					Q 4,151.63
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q20,758.13
Costos indirectos					
Supervision 7%					Q 1,453.07
Administracion 10%					Q 2,075.81
Fianzas 4%					Q 830.33
Imprevistos 4%					Q 830.33
∑ Costo directo					Q 5,189.53
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q25,947.66
Impuestos 17%					Q 4,411.10
Total /m3					Q30,358.76

Renglón No. 7					
Canaleta y rejilla					
No.7	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
Mano de obra					
	Maestro de obra	7	global	Q 1,500.00	Q 10,500.00
	Ayudante	7	global	Q 1,000.00	Q 7,000.00
Paredes 0.10m de espesor					
Material del piso para 1.02 m2					
	Cemento	160.000	saco	Q 82.00	Q 13,120.00
	Arena de rio	10.000	m3	Q 170.00	Q 1,700.00
	Piedrin	10.000	m3	Q 240.00	Q 2,400.00
	Malla electrosoldada 6/6	14.000	plancha	Q 350.00	Q 4,900.00
	Alambre	50.000	lb	Q 6.50	Q 325.00
Rejilla					
Material para rejilla 0.4*1					
	Rejilla prefabricada	105.000	unidad	Q 300.00	Q 31,500.00
Desfogue					
Material para acabados 1m2					
	Cemento	15	saco	Q 82.00	Q 1,230.00
	Arena de rio	1	m3	Q 170.00	Q 170.00
	Madera	20	Pt	Q 20.00	Q 400.00
	Clavo	5	lib	Q 6.50	Q 32.50
	Alambre de amarre	5	lib	Q 6.50	Q 32.50
Salida de canaleta					
Material					
	Hierro 3/8	7	varilla	Q 45.00	Q 315.00
	Cemento	7.000	saco	Q 82.00	Q 574.00
	Arena de rio	0.500	m3	Q 170.00	Q 85.00
	Piedrin	0.500	m3	Q 240.00	Q 120.00
Subtotal					Q 74,404.00
∑Costo directo					Q 74,404.00
Costos indirectos					
	Supervision 7%			Q 5,208.28	
	Administracion 10%			Q 744.04	
	Fianzas 4%			Q 2,976.16	
	Imprevistos 4%			Q 2,976.16	
∑Costo directo					Q 11,904.64
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 86,308.64
Impuestos 17%					Q 14,672.47
Total /m3					Q 100,981.11

Renglón No. 8					
Relleno y Compactación					
Linea de Evacuación					
No.8	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal
Relleno					
Equipo					
	Maquinaria (bailarina)	30	hrs	Q 150.00	Q 4,500.00
Mano de obra					
	Operario	30	hrs	Q 20.00	Q 600.00
	Ayudante	30	hrs	Q 10.00	Q 300.00
Materiales					
	Gasolina	25	gal	Q 35.00	Q 875.00
Subtotal					Q 6,275.00
∑Costo directo					Q 6,275.00
Costos indirectos					
	Supervision 7%			Q 439.25	
	Administracion 10%			Q 627.50	
	Fianzas 4%			Q 251.00	
	Imprevistos 4%			Q 251.00	
	Utilidades 0%			Q -	
∑Costo directo					Q 1,568.75
∑ Costos Directos + ∑ Costos Indirectos					Q 7,843.75
Impuestos 17%					Q 1,333.44
Total/ ml					Q 9,177.19

Renglón No.9						
Disipador de energía						
No.9	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo u	Subtotal	
Colocación de concreto ciclopeo						
Mano de obra						
	Albañil	15	m3	Q 800.00	Q	12,000.00
	Ayudante	15	m3	Q 400.00	Q	6,000.00
Materiales						
	Cemento	120.000	saco	Q 82.00	Q	9,840.00
	Arena de rio	9.000	m3	Q 17.00	Q	153.00
	Piedra 2"	9.000	m3	Q 300.00	Q	2,700.00
	Madera	25.000	unidad	Q 25.00	Q	625.00
	Alambre	25.000	lib	Q 25.00	Q	625.00
	Clavo	5.000	lib	Q 25.00	Q	125.00
Tragante						
Mano de obra						
	Albañil	2	global	Q 2,000.00	Q	4,000.00
	Ayudante	2	global	Q 1,200.00	Q	2,400.00
Materiales						
	Hierro 3/8"	36.000	varilla	Q 45.00	Q	1,620.00
	Cemento	30.000	saco	Q 82.00	Q	2,460.00
	Arena de rio	2.000	m3	Q 17.00	Q	34.00
	Piedrin	2.000	m3	Q 220.00	Q	440.00
	Madera	25.000	unidad	Q 8.00	Q	200.00
	Alambre	25.000	lib	Q 6.50	Q	162.50
	Clavo	5.000	lib	Q 6.50	Q	32.50
	Tubo de concreto 32"	2.00	unidad	Q 400.00	Q	800.00
	Lazo	5.00	global	Q 50.00	Q	250.00
Disipador						
Mano de obra						
	Albañil	2	global	Q 5,000.00	Q	10,000.00
	Ayudante	2	global	Q 3,500.00	Q	7,000.00
Materiales						
	Malla electrosoldada 6/6	10.000	Plancha	Q 350.00	Q	3,500.00
	Cemento	50.000	saco	Q 82.00	Q	4,100.00
	Arena de rio	4.000	m3	Q 17.00	Q	68.00
	Piedrin	4.000	m3	Q 220.00	Q	880.00
	Madera	25.000	UNIDAD	Q 20.00	Q	500.00
	Alambre	25.000	lib	Q 6.50	Q	162.50
	Clavo	5.000	lib	Q 6.50	Q	32.50
Subtotal					Q	70,710.00
Σ Costo directo						
Costos indirectos						
	Supervision 7%				Q	4,949.70
	Administracion 10%				Q	7,071.00
	Fianzas 4%				Q	2,828.40
	Imprevistos 4%				Q	2,828.40
Σ Costo directo					Q	17,677.50
Σ Costos Directos + Σ Costos Indirectos					Q	88,387.50
Impuestos 17%					Q	15,025.88
					Total/ ml	Q 103,413.38

	Alcantarillado pluvial				
	Costo total de tramo				
Renglón	NOMBRE DEL REGLÓN	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Subtotal
1	Trazo preliminar	1	global	Q 22,574.78	Q 22,574.78
2	Levantado de adoquín	1	global	Q 15,385.50	Q 15,385.50
3	Excavación para pozos, canaletas y tragante	1	global	Q 57,863.81	Q 57,863.81
4	Extracción de Ripio	1	global	Q 10,588.50	Q 10,588.50
5	Pozo de absorción 13 m de altura	1	global	Q 123,969.06	Q 123,969.06
6	Tragante	1	global	Q 30,358.76	Q 30,358.76
7	Canaleta y rejilla	1	global	Q 100,981.11	Q 100,981.11
8	Relleno y Compactación	1	global	Q 9,177.19	Q 9,177.19
9	Disipador de energía	1	global	Q 103,413.38	Q 103,413.38
	SUBTOTAL				Q 474,312.09
	TOTAL				Q 474,312.09

Otros anexos.

Cuadro 1 Características de las estaciones meteorológicas usadas en el análisis. A = años de registro y T = No. de tormentas.

No.	CODIGO	NOMBRE	CUENCA	DEPTO.	MUNICIPIO	ELEV	LATITUD	LONGITUD	REGISTRO	A	T
1	01.01.08	COBAN	CAHABON	Alta Verapaz	Cobán	1329	152803	902423	1989-2002	9	67
2	02.06.04	SAN JERONIMO	SALINAS	Baja Verapaz	S. Jeronimo	1020	150340	901405	1989-2001	8	40
3	03.01.01	ALAMEDA ICTA	MOTAGUA	Chimaltenango	Chimaltenango	1793	143936	904910	1995-2002	8	61
4	04.04.02	ESQUIPULAS	OLOPA	Chiquimula	Esquipulas	1000	143332	892031	1990-2001	10	63
5	05.01.14	SABANA GRANDE	ACHIGUATE	Escuintla	Escuintla	740	142203	904802	1990-2002	8	72
6	05.08.01	PUERTO SAN JOSE	MARIA LINDA	Escuintla	S. Jose	2	135504	904910	1973-2002	10	39
7	05.10.08	CAMANTULUL	COYOLATE	Escuintla	Sta. Lucia Cotz.	280	141928	910327	1973-2002	11	65
8	06.01.00	INSIVUMEH	MARIA LINDA	Guatemala	Guatemala	1502	143511	903158	1940-2002	44	98
9	07.01.03	HUEHUETENANGO	SELEGUA	Huehuetenango	Huehuetenango	1902	151928	912805	1986-2002	13	58
10	08.01.04	PUERTO BARRIOS	MOTAGUA	Izabal	Puerto Barrios	15	154416	883530	1994-2002	8	68
11	09.01.02	POTRERO CARRILLO	MOTAGUA	Jalapa	Jalapa	1800	144550	895600	1990-2002	13	75
12	09.03.03	LA CEIBITA PHC	OSTUA-GUIJA	Jalapa	Monjas	961	142907	895310	1990-2001	12	77
13	10.03.01	ASUNCION MITA	OSTUA-GUIJA	Jutiapa	Asuncion Mita	478	142000	894200	1990-2001	12	67
14	10.11.02	MONTUFAR	PAZ	Jutiapa	Moyuta	10	134819	900811	1989-2002	11	86
15	11.01.05	FLORES	S.PEDRO	Petén	Flores	115	165544	895329	1999-2002	4	45
16	11.11.02	EL PORVENIR	PASION	Petén	Sayaxche	125	163129	902822	1981-1989	8	98
17	12.03.01	MORAZAN	MOTAGUA	Progreso	Morazán	360	145574	900907	1990-2001	12	67
18	13.14.03	LABOR OVALLE	SAMALA	Quezaltenango	Olintepeque	2400	145212	913109	1955-2002	35	98
19	15.01.01	RETALHULEU	OCOSITO	Retalhuleu	Retalhuleu	239	143207	914040	1984-2002	15	84
20	18.01.04	LOS ESCLAVOS	LOS ESCLAVOS	Santa Rosa	Cuilapa	737	141510	901642	1990-2002	13	90
21	19.19.04	SANTIAGO ATITLAN	ATITLAN	Sololá	Santiago Atitlán	1592	143756	911353	1993-2002	9	64
22	22.03.02	LA FRAGUA	GRANDE DE ZACAPA	Zacapa	Estanzuela	210	145751	893504	1990-2002	10	62
23	22.06.02	LA UNION	MOTAGUA	Zacapa	La Unión	1100	145800	891739	1991-2001	11	94

Cuadro 2 Parámetros **A**, **B** y **n** de las ecuaciones de la forma de la Ec. 1 obtenidas en los análisis.
 Tr=período de retorno (años). R2=coeficiente de determinación (-).

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
COBÁN								
A	1,302	2,770	46,840	39,560	39,060	38,020	36,470	35,420
B	1	16	45	45	45	45	45	45
n	0.868	0.968	1.43	1.385	1.381	1.374	1.362	1.353
R2	0.997	0.989	0.996	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
SAN JERÓNIMO								
A	2,040	930	1,510	1,285	1,273	1,265	1,250	1,243
B	2	6	8	7	7	7	7	7
n	0.7	0.717	0.79	0.747	0.742	0.739	0.733	0.729
R2	0.997	0.996	0.991	0.991	0.991	0.99	0.99	0.99
ALAMEDA ICTA								
A	21,810	105,300	639,800	319,800	311,660	302,850	290,500	283,480
B	3	45	70	65	65	65	65	65
n	1.45	1.701	1.954	1.819	1.812	1.805	1.794	1.787
R2	0.995	0.983	0.987	0.985	0.985	0.985	0.984	0.984

Tabla 1. Coeficiente de escurrimiento para diferentes tipos de pavimento

Tipo de pavimento	Suelo compactado	Concreto	Bloque de concreto no rectangular	Bloque rectangular de piedra	Bloque hueco
Fecha	03/06/98	28/10/98	29/07/98	13/10/98	27/01/99
Hora de inicio	14:06	15:15	15:20	11:20	10:08
Intensidad (mm/h)	112	110	116	110	110
Lluvia total (mm)	18.66	18.33	19.33	18.33	18.33
Escurrimiento total (mm)	12.32	17.45	15.00	10.99	0.5
Coeficiente de escurrimiento	0.66	0.95	0.78	0.60	0.03
Humedad inicial del suelo (cm ³ /cm ³)	32.81	32.73	32.71	32.72	32.24

Fuente: Araújo *et al.* (2000)

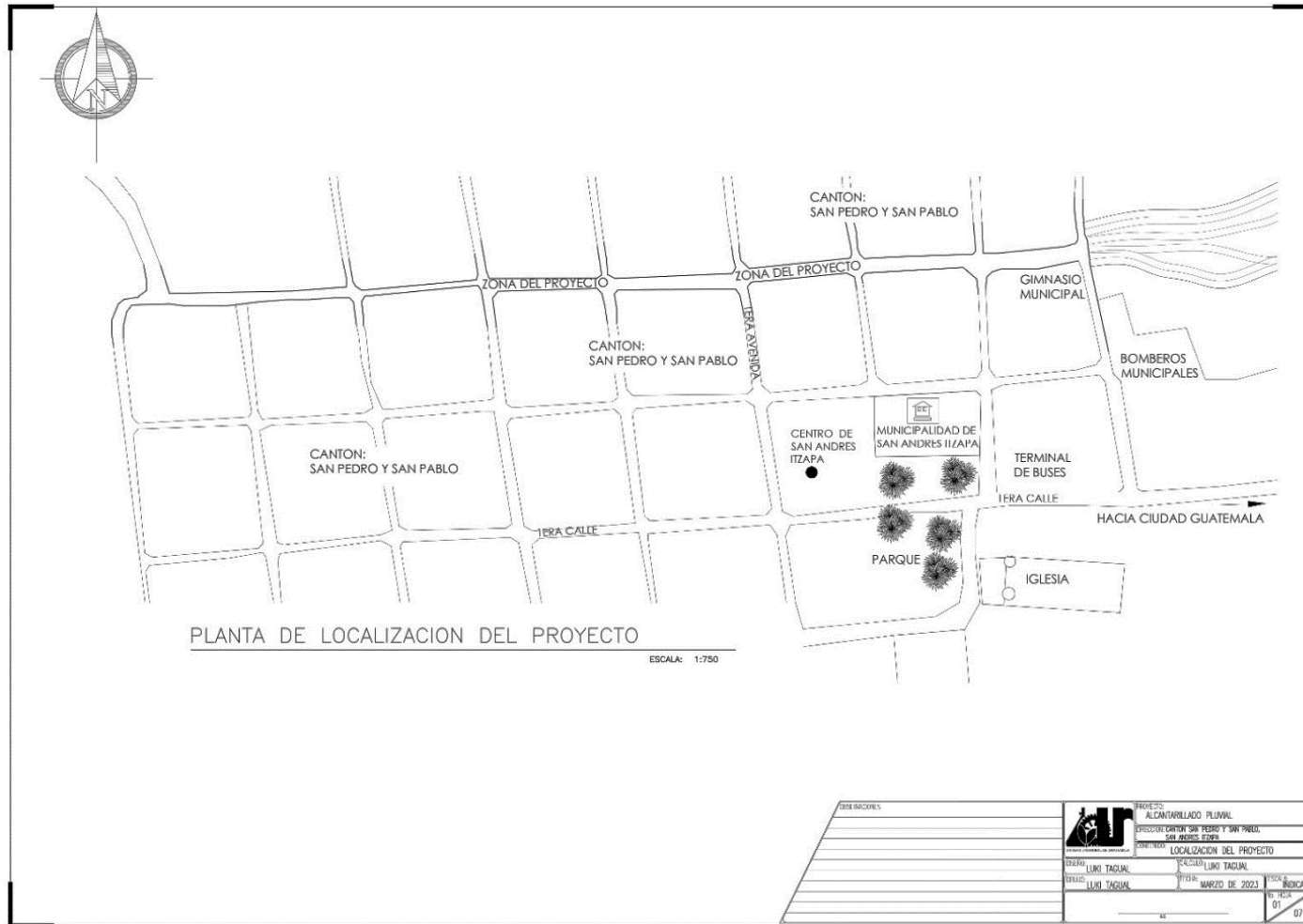
DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL							
ECUACION EMPIRICA							
Valores alcantarillado pluvial							
CAUDAL DIRECTAMENTE PROPORCIONAL							
Terminos:							
Q=C.i.A	Q=caudal(L/s)		C=COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (ADIMENSIONAL)				
Referencia parametros de curvas IDF para la republica de Guatemala							
	$i = \frac{K * Tr^m}{(D+B)^n}$	B, n, K y m = parámetros adimensionales I = intensidad de precipitación en milímetros por hora, Tr=frecuencia o período de retorno en años y D= duración en minutos.					
Ecuación IDF Estación climática Alameda ICTA, No. 9, municipio de Chimaltenango							
	$i = \frac{1640 * Tr^{0.189}}{(D+16.74)^{0.930}}$						
Referencia alameda ICTA							
	Intensidad=	1869.55617	96.977725	mm/h			
		19.2782019					

Tipo de superficie:								
Coeficiente de permeabilidad pavimento asfaltico y superficies de concreto								
0.66	0.95							
TC= Tiempo de concentracion								
k=0.0195.(L ³ /H) ^{0.385}								
0.0195								
0.385			Ha.					
Area=	2798.5291	m ²	0.27985291					
cota de entrada		118						
cota de salida		97.262						
H=		20.738						
Longitud (L)		467						
Tc	7.347513005	minutos						

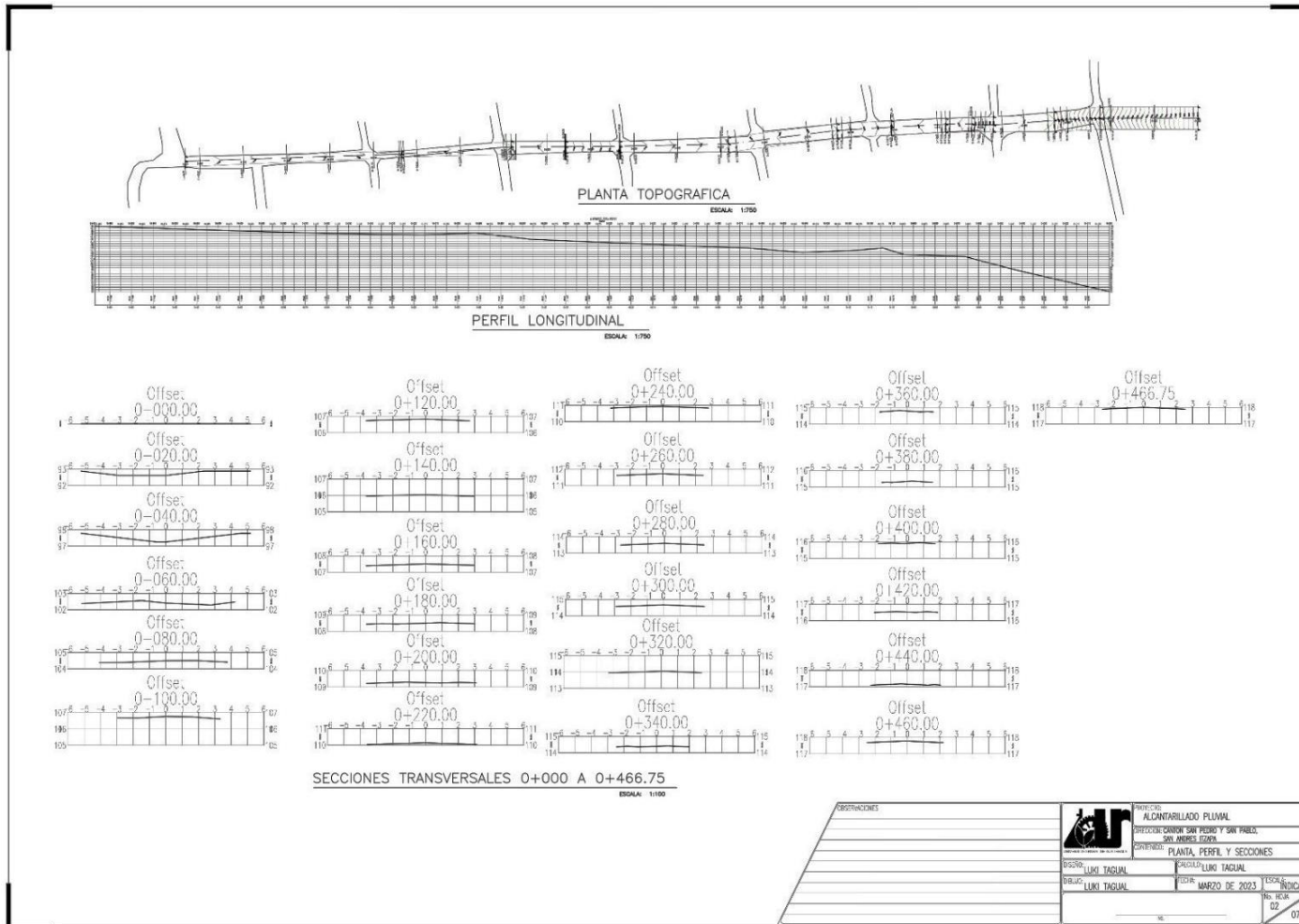
Probabilidad de lluvia al año en Guatemala							
enero a mayo		mayo a octubre		lluvias			
2		12		14			
probabilidades de lluvias intensas							
mayo a octubre				4			
probabilidades de huracanes							
mayo a octubre				1			
				19			
Periodo asumido de retorno en años				2			
Concentracion de poblacion				96.9777251		lts.S/Ha.	
	Coeficiene depermeabilidad máximo	Concentración de poblacion	Ha.				
Qmax	0.95	96.97772515	0.27985291	25.7825	litros por segundo		
Tomando como referencia el caudal maximo en				38.7859627		segundos se llena 1m ³	
							0.03878596
Capacidad en volumen de captacion por canaleta				0.80m ³			
Capacidad en volumen de captacion por tragante				0.45m ³			
Diametro minimo para alcantarillado pluvial				0.25 m		y que cumpla con la Norma COGUANOR NTG 41072	
Velocidades Mínimas y Máximas							
La velocidad mínima será de:Para PVC ≥ 0.40 m/segPara Concreto ≥ 0.60 m/seg							
La velocidad máxima será :Para PVC ≤ 5.0 m/segPara Concreto ≤ 3.0 m/seg							
se considera construir un dissipador de energia en el punto de descarga para evitar erosion del suelo							

Disipador y Diametro de tuberías								
V=d/t								
V=	63.55892119	mts/min						
V=	1.059315353	mts/s						
Flujo								
Q=	0.038785963	m ³ /s						
Area=	$\pi * r^2$							
A=flujo/v	0.03661418	m ²						
diametro considerado según resultados						0.032429354		
tubo de 8"	donde su area es de 0.03242							
		0.2032						
		0.3048						

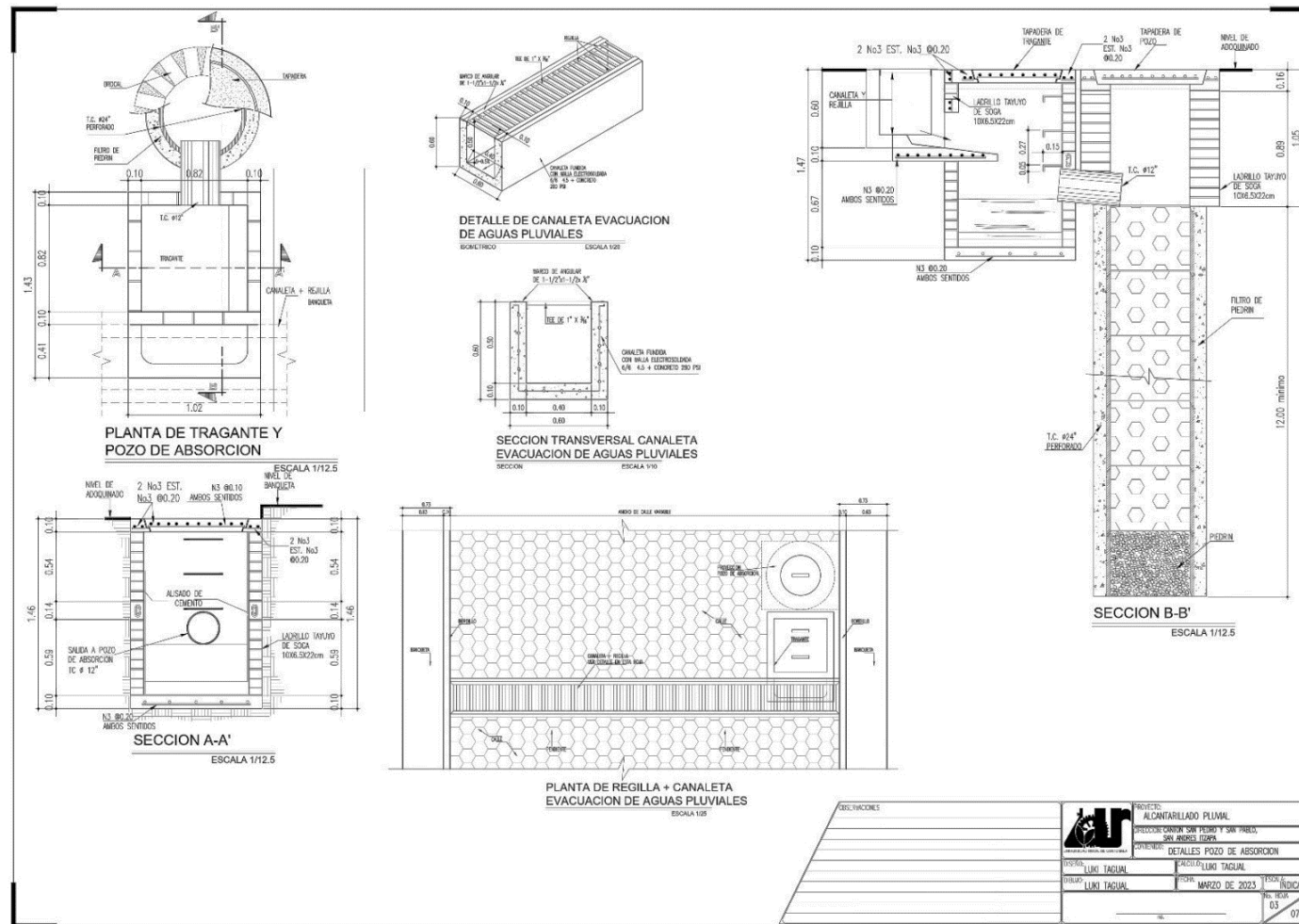
Planta de localización del proyecto.



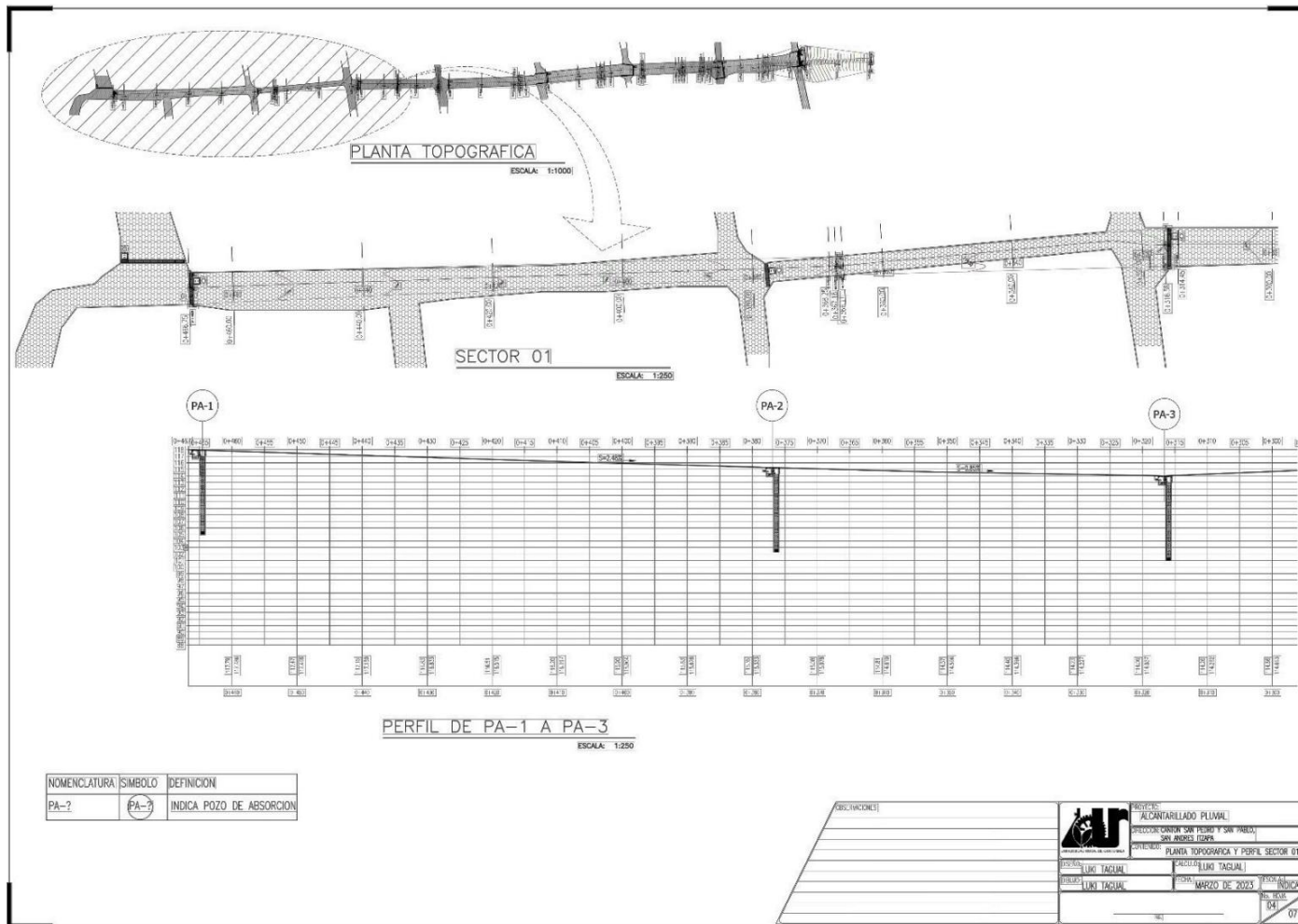
Planta topográfica, perfil longitudinal y secciones transversales.



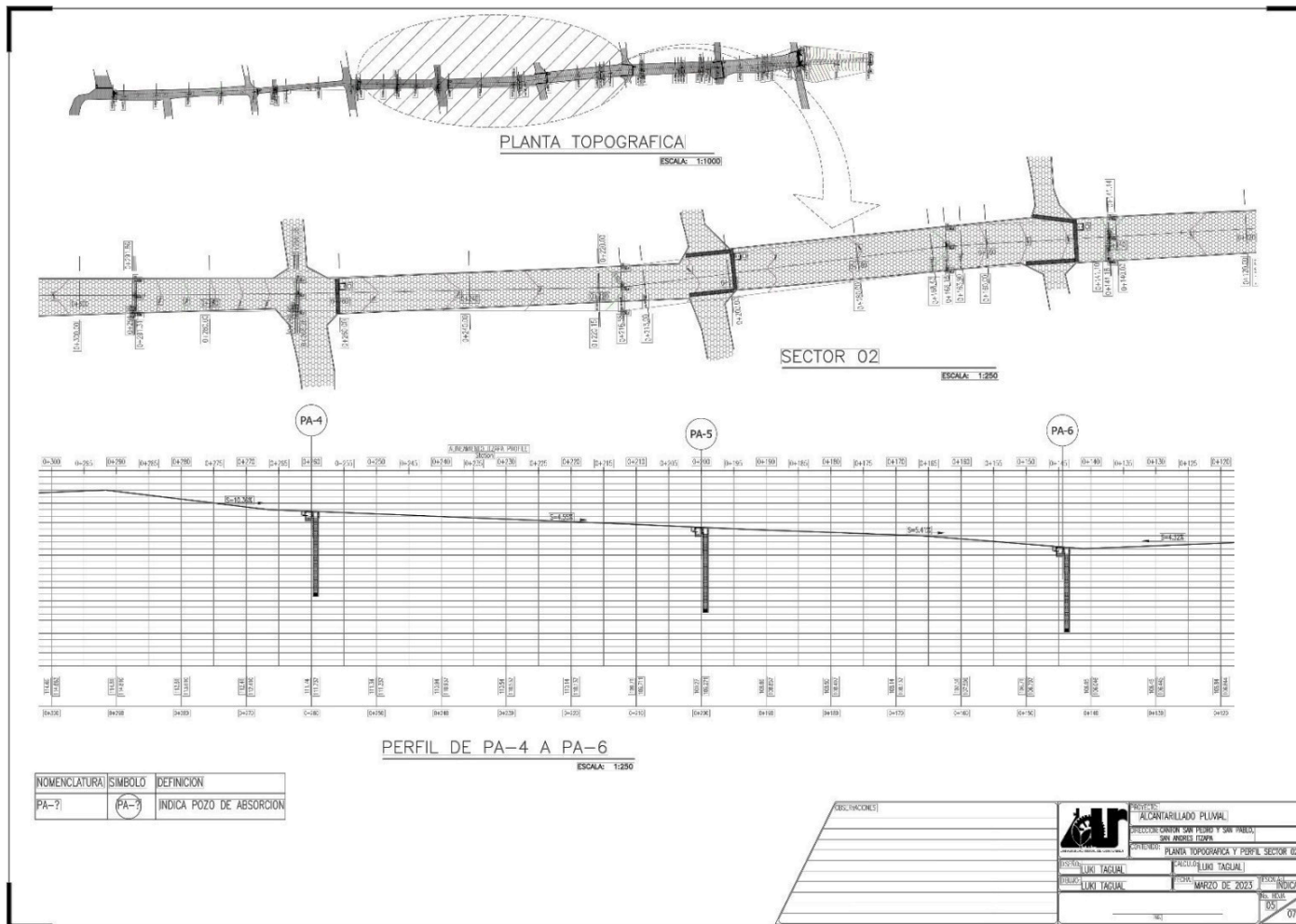
Plantas, secciones y elevaciones de canaleta y regilla, tragante y pozo de absorción



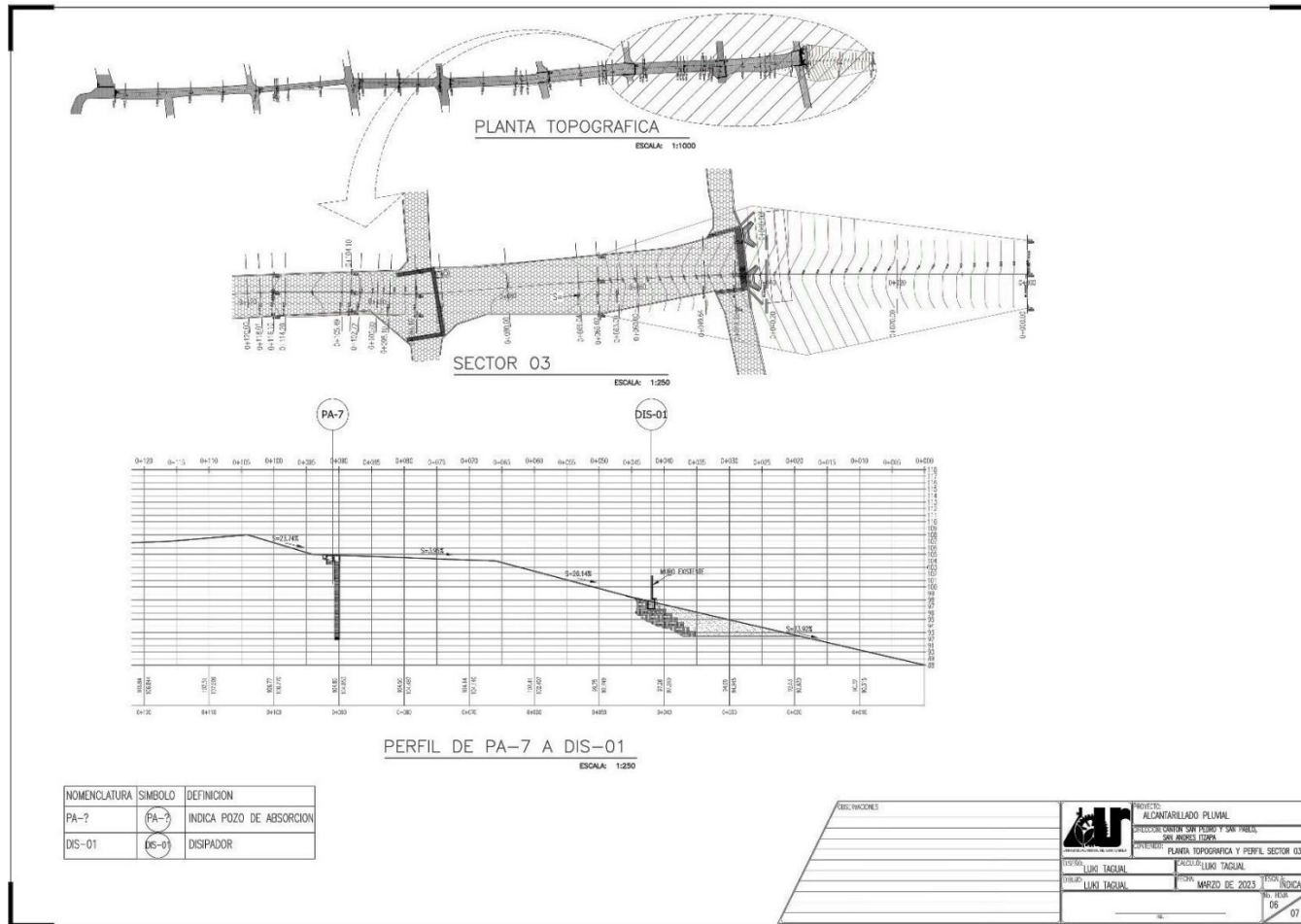
Planta topográfica, perfil sector 1, pozos del 1 al 3.



Planta topográfica, perfil sector 2, pozos del 4 al 6.



Planta topográfica, perfil sector 3, pozos 7 al dissipador de energía hidráulica.



Planta topográfica, perfil sector 3, pozos 7 al dissipador de energía hidráulica, detalle de canaleta y regilla y detalle de tragante y sección de dissipador de energía hidráulica.

