

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL,
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASCO
URBANO DEL MUNICIPIO DE COMASAGUA,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

PRESENTADO POR:

**KENNY MAYENSI MELGAR MERCADO
NELSON EDGARDO ZAMORA HERNÁNDEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO(A) CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

ING. ANÍBAL RODOLFO ORTIZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO(A) CIVIL

Título :

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL,
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CASCO
URBANO DEL MUNICIPIO DE COMASAGUA,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD**

Presentado por :

**KENNY MAYENSI MELGAR MERCADO
NELSON EDGARDO ZAMORA HERNÁNDEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSC. ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN

San Salvador, mayo de 2021

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

MSC. ING. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN

Agradecimientos.

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como es el desarrollo de una tesis es inevitable que asalte un muy humano egocentrismo que lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte propio. Sin embargo, el análisis objetivo nos ha mostrado inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que de manera desinteresada nos brindaron su apoyo para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello es para nosotros un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellos, expresándoles nuestros agradecimientos:

A la Universidad de El Salvador, a través de la Escuela de Ingeniería Civil por aprobar desde el inicio el tema de la presente investigación.

A la empresa Servicios Integrados de Ingeniería Civil, en especial al Ing. José Gómez por su valiosa colaboración en la obtención de información topográfica del municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.

A nuestro asesor, MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón, por la orientación, paciencia y estar siempre dispuestos a ayudarnos en todo momento.

A nuestros amigos, familiares y todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente de manera desinteresada al desarrollo de este trabajo de graduación.

Dedicatoria.

Primeramente, quiero agradecer a Dios por siempre acompañarme en cada paso de mi vida, por permitirme culminar mis estudios universitarios dándome la sabiduría y firmeza en los momentos que sentí que no lo lograría por estar en cada momento que lo necesite y demostrarme día con día que con la ayuda de Él los sueños se pueden llegar a hacer realidad.

También quiero dedicarle este logro a mi madre María Zoila Mercado que siempre me ha apoyado y agradecerle por todos los sacrificios y esfuerzos que hizo para que mi hermana y yo tuviéramos una profesión. Asimismo, quiero agradecerle enormemente a mi hermana Nathaly Melgar que yo la considero como un ángel en mi vida que me ayudo a que este sueño se convirtiera en el de ella también por siempre creer en mí y transmitirme fe que este día llegaría, este triunfo es de ellas también.

Además, quiero agradecerle a mi hijo Nathan Henríquez que es el motor de mi vida que, con su amor, alegrías me da fuerzas para seguir luchando por mis sueños. A la vez quiero agradecerle a su papá Marvin Henríquez que ha estado brindándome su comprensión y apoyo en parte de este sueño.

Al mismo tiempo quiero agradecerle a mis abuelos y tíos especialmente a mis tíos Hildes Mercado y Álvaro Mercado (Q.E.P.D) que me apoyaron cuando lo necesite a que esta meta se hiciera realidad.

También quiero agradecerle a tantos amigos que han estado conmigo en este largo trayecto algunos desde el comienzo y los que se fueron sumando, sé que no puedo mencionarlos a todos pero entre ellos están: Cesar Hidalgo, Gracia Guzmán, Laura Cuellar, Jhosse Rodríguez, Fabiola Landaverde, José Luis Jiménez, Kevin Rodríguez, Jacqueline Reina, William Albarakat, Kevin Rosa, Mary Alas, Karla Claros, Jeovanny Alvarado y los que formaron parte y no los mencione gracias por haberme ayudado y haber estado en los momentos difíciles y alegres de mi vida en la universidad.

Por último, quiero agradecerle a Edgardo Zamora quien además de ser mi compañero de trabajo de grado lo considero un gran amigo, gracias por apoyarme y por confiar en mi para compartir este último escalón dentro de la Universidad.

Kenny Mayensi Melgar Mercado.

Dedicatoria.

Quiero agradecer infinitamente a Dios Todopoderoso, por brindarme fuerza, paciencia y ayudarme a perseverar y esforzarme en cada momento que ha sido difícil y complicado, y, también, estar siempre ahí en los momentos que han sido de alegría a lo largo de mi carrera universitaria. Por ayudarme a salir adelante y no desistir de este sueño con el que he vivido toda mi vida.

Agradecer a mis padres, Julia y Armando Zamora, y mi hermano, Gerardo Zamora, por ser pilares fundamentales en mi diario vivir, por su amor, comprensión y fe en mí apoyándome a llegar a este punto de mi vida que pensé que no llegaría.

A mis abuelos, Gloria y Julio Hernández, por sus oraciones, ánimos y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Sin olvidar tampoco a mi abuela Dora de Reyes y el descanso eterno de mi difunto abuelo Eugenio Reyes. Y a mí demás familia que ha estado al pendiente de mí.

Darle gracias mis amigos que a lo largo de los años y avanzando en mi carrera fui conociendo entre tantas materias y en las asociaciones de estudiantes y que fueron apoyo en momentos buenos, malos y difíciles, Rodrigo Rivas, Luis Valladares, Hassel Ventura, Ligia Palma, Stephanie Hernández, Eleazar Urbina, Guillermo Fuentes, Jonathan Zuniga, Gerardo Menjívar, Kelvin Ramírez, Vladimir Quinteros, Oscar Merino, Jorge Villalobos, Karla Velásquez, Julio Samayoa,

Oscar Galán, Miguel Anzora, Gerson Flores, Margarita Miranda, Francisco Amaya, José Leiva, Astrid y Maura Arévalo y Guillermo Melara.

A quién fue mi mejor amiga, que me dio los mejores años de mi vida, tomó mi mano y ha sido fundamental en mi alma y corazón, quien me dio muchísimo apoyo, amistad, risas, regaños, sueños y amor. Le deseo toda la felicidad en su vida.

Y sin olvidar a mi amiga y compañera de trabajo de grado, Mayensi Melgar, por acompañarme y apoyarme, gracias por estar en este último tramo de esta larga aventura dentro de la Universidad de El Salvador.

Nelson Edgardo Zamora Hernández.

Índice General.

Contenido:

Agradecimientos.....	v
Dedicatoria.	vi
Dedicatoria.	viii
i. Índice de Tablas.....	xviii
ii. Índice de Ilustraciones.....	xxvii
iii. Índice de Diagramas.	xxxvi
iv. Siglas y Acrónimos.....	xxxvii
Introducción.....	xxxviii
CAPÍTULO I.....	1
Generalidades.....	2
Antecedentes y Planteamiento del Problema.	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.	4
Objetivo General y Específicos.....	7
1.3. General:	7
1.4. Específicos:.....	7

Alcances y Limitaciones.	8
1.5. Alcances:.....	8
1.6. Limitaciones.	9
1.7. Justificación.....	10
CAPÍTULO II.....	12
Descripción del área urbana del municipio de Comasagua.	13
Características del municipio de Comasagua.....	16
2.1. Historia del municipio.	16
2.2. Características Geográficas.	19
2.3. Descripción de la Zona de Estudio.....	25
2.4. Condiciones Socioeconómicas.	28
2.5. Características Demográficas.	31
2.6. Recursos Hídricos del Municipio.	40
2.7. Organizaciones de Salud y Asistencia Social.	43
2.8. Organizaciones Religiosas.....	46
2.9. Administración del Municipio.....	47
2.10. Sistema Educativo del Municipio.....	53
2.11. Topografía.....	56
2.12. Condiciones climatológicas.....	57

2.13. Tipos y Usos de Suelos.....	63
2.14. Datos Poblacionales del Municipio.....	64
CAPÍTULO III.....	67
Fundamentos Teóricos sobre El Sistema de Alcantarillado Sanitario, Drenaje de Aguas Lluvias Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales.....	68
3.1. Alcantarillado Sanitario.	68
3.1.1. Descripción e Importancia del Alcantarillado.....	69
3.1.2. Tipos de Sistemas de Alcantarillado Sanitario.	70
3.1.3. Elementos del Alcantarillado Sanitario y Obras Accesorias.	72
3.1.4. Metodología de Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario.....	81
3.2. Alcantarillado Pluvial.....	90
3.2.1. Procedimiento del Diseño.	93
3.2.2. Trazo de la Red de Alcantarillado Pluvial.....	109
3.2.3. Componentes del Sistema de Aguas Lluvias.	114
3.2.4. Consideraciones de Velocidades y Pendientes.	124
3.2.5. Normas Técnicas para Proyectos de Alcantarillado Pluvial.	124
3.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	130
3.3.1. Aguas Residuales.	130
3.3.2. Tratamiento de las Aguas Negras.....	139

3.3.3. Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales.....	144
3.3.4. Marco Normativo Aplicable a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	154
CAPÍTULO IV.....	156
Diseño y Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario.	157
4.1. Criterios Empleados en el Diseño de Alcantarillado Sanitario por Gravedad para la Ciudad de Comasagua.....	157
4.2. Caudal de Diseño.	158
4.2.1. Caudal Máximo Horario.....	158
4.2.2. Cálculos Hidráulicos por Tramos de Tuberías.	159
4.3. Diseño y Disposición de la Red.	170
4.4. Diseño de Colectores.....	170
4.5. Descarga de Aguas Residuales.....	177
4.6. Alternativas para los Sectores Inaccesibles al Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	177
4.6.1. Letrina Abonera Seca Familiar con Ventilación.....	178
4.6.2. Fosa Séptica Prefabricada.	187
4.6.3. Letrina Solar.	191

4.6.4. Alternativa de Mayor Conveniencia Según Zona Inaccesible al Alcantarillado Sanitario en el Área Urbana de Comasagua.	199
4.7. Planos y Detalles de Alcantarillado Sanitario.....	199
CAPÍTULO V.....	238
Diseño y Especificaciones Técnicas de la Red de Aguas Lluvias. Situación Actual del Alcantarillado de Aguas Lluvias en el Municipio de Comasagua.	239
5.1. Situación Actual del Alcantarillado de Aguas Lluvias en el Municipio de Comasagua.	239
5.2. Determinación de la Tormenta de Diseño.....	247
5.3. Configuración del Proyecto.....	262
5.4. Dibujo de los Objetos.....	305
5.5. Introducción de Propiedades a los Objetos.	312
5.6. Especificaciones Técnicas para los Sistemas de Alcantarillado Pluvial y Sanitario.....	336
5.6.1. Instalaciones Provisionales.	336
5.6.2. Trazos y Nivelación.....	338
5.6.3. Excavación y Compactación.	340
5.6.4. Concreto.....	344
5.6.5. Acero de Refuerzo.	356

5.6.6. Red de Tubería.	359
5.6.7. Remoción y Reparación de Adoquinados.	365
5.6.8. Remoción y Reparación de Empedrados.	368
5.6.9. Mampostería de Piedra.	368
5.6.10. Remoción y Reparación de Asfalto.	369
5.6.11. Prueba Hidráulica.	369
5.7. Planos y Detalles de Alcantarillado Pluvial.	370
CAPÍTULO VI.	403
Diseño y Especificaciones Técnicas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	404
6.1 Características del Lugar.	404
6.2. Cálculo del Caudal y Caracterización del Agua Residual.	406
6.2.1 Caracterización de Agua Residual.	407
6.2.2. Parámetros de Diseño y Características del Efluente.	408
6.3. Alternativas de Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	412
6.3.1. Alternativa de Tratamiento N° 1.	412
6.3.2. Alternativa de Tratamiento N° 2.	472

6.4. Especificaciones Técnicas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	490
6.4.1. Obras Preliminares.....	491
6.4.2. Limpieza, Chapeo y Destronque.....	492
6.4.3. Trazo y Nivelación.....	493
6.4.4. Excavación y Relleno.....	493
6.4.5. Suelo-Cemento.....	495
6.4.6. Concreto Estructural.....	496
6.4.7. Reparación de Defectos del Colado.....	503
6.4.8. Albañilería y Acabados.....	504
6.4.9. Mampostería de Bloques de Concreto.....	505
6.4.10. Mampostería de Ladrillo de Barro.....	507
6.4.11. Acabados de Paredes.....	507
6.4.12. Estructuras Metálicas.....	508
6.4.13. Instalación de Tuberías.....	509
6.5. Planos y Detalles de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. .	510
Capitulo VII.....	521
Conclusiones.....	522

7.1. Conclusiones de los Sistemas de Drenaje de Aguas Negras y Drenaje de Aguas Lluvias.	522
7.2. Conclusiones del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.....	523
Recomendaciones.....	524
7.3. Recomendaciones para los Sistema de Drenaje de Aguas Negras y Drenaje de Aguas Lluvias.	524
7.4. Recomendaciones para Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.	525
Referencias Bibliográficas.....	526

i. Índice de Tablas.

Contenido:

Tabla 2.4.1. Producción agrícola del municipio de Comasagua. Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.	30
Tabla 2.4.2. Producción ganadera del municipio de Comasagua. Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.	30
Tabla 2.4.3. Producción avícola del municipio de Comasagua Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.	31
Tabla 2.5.1. Porcentaje de Hogares por Servicio Básico Comasagua año 2009. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.	32
Tabla 2.7.1 Centros de Salud y su personal médico, de enfermería y promotores de salud, según micro región, tipo de Unidad Comunitaria de Salud Familiar (USCF) y área geográfica. Fuente Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, año 2016	45
Tabla 2.9.1a. División administrativa del municipio de Comasagua. Fuente Monografía del Depto. De La Libertad.	49
Tabla 2.9.1b. División administrativa del municipio de Comasagua. Fuente Monografía del Depto. De La Libertad.	50
Tabla 2.10.1. Indicadores socio-económicos del municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2009.	54
Tabla 2.14.1. Población por sexo y zona urbana o rural. Fuente Censo de Dirección General de Estadísticas y Censos, año 2007.	65
Tabla 3.1.1. Tabla sobre clasificación del pH en fluidos. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía	74
Tabla 3.1.2. Factores para capacidad de tuberías. Fuente ANDA.	84

Tabla 3.1.3. Tabla de características hidráulicas, según la sección transversal. Fuente Guión de clases #3 de Hidráulica.	85
Tabla 3.2.1. Fórmulas para el cálculo de caudal de escorrentía. Fuente: http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/	99
Tabla 3.2.2. Coeficientes de escorrentía según el tipo de área drenada. Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Comisión Nacional del Agua, México, edición 2007).	103
Tabla 3.2.3. Clasificación de la precipitación según la intensidad. Fuente: Manual de uso de términos meteorológicos. Edición 2015.	105
Tabla 3.2.4. Clasificación de la precipitación según la regularidad. Fuente: Manual de uso de términos meteorológicos. Edición 2015.	105
Tabla 3.2.6. Pendientes máximas permitida de colectores de aguas lluvias según diámetro. Fuente: Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).	128
Tabla 3.3.1. Olores característicos del agua, de acuerdo con su origen. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.	135
Tabla 3.3.2. Clasificación de los procesos individuales con respecto a su función metabólica. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	142
Tabla 4.2.1. Tabla de consumos a utilizar según el tipo de inmueble. Fuente: Normas Técnicas y Reglamento de ANDA.	160
Tabla 4.2.2a. Cálculo de caudales de tramos. Fuente: Grupo de investigación.	168
Tabla 4.2.2b. Cálculo de caudales de tramos. Fuente: Grupo de investigación.	169

Tabla 5.1.1. Pendiente máxima para diferentes diámetros de alcantarilla. Fuente: VMVDU, 2006.	242
Tabla 5.1.2. Valores del coeficiente de escorrentía en función de la zona a drenar. Fuente: Manual de Hidráulica, Azevedo J.M & Acosta G., Harper & Row Latinoamericana, México, 1981.....	245
Tabla 5.1.3. Determinación del valor de C_p para la Calle Alex Martínez frente del Centro Escolar Estados Unidos de América. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.....	245
Tabla 5.1.4. Determinación del valor de C_p para la Calle Alex Martínez ubicación del Centro Escolar Estados Unidos de América. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.	246
Tabla 5.1.5. Determinación del valor de C_p para la Parte superior de la intersección entre la Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.....	246
Tabla 5.1.6. Determinación del valor de C_p para la Final de Calle Daniel Hernández. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.....	246
Tabla 5.1.7. Determinación del valor de C_p para la Continuación entre Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez, también Calle Santa Elisa y Calle Francisco Quiteño. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación	247
Tabla 5.2.1. Valores de Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.	248
Tabla 5.2.2. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.	258
Tabla 5.2.3. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación	259
Tabla 5.2.4. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación	260

Tabla 5.2.5. Hietograma de precipitación duración 120 min, periodo de retorno 5 años – estación Santa Tecla. Fuente Grupo de Investigación.....	261
Tabla 5.3.1. Diferentes secciones transversales de conductos disponibles en SWMM. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	270
Tabla 5.3.2. Comandos de Menú Archivo. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	272
Tabla 5.3.3. Comandos de menú Edición. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	273
Tabla 5.3.4. Comandos de menú Ver. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	274
Tabla 5.3.5. Comandos de menú Proyectos. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	275
Tabla 5.3.6. Comandos de menú Informe. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	275
Tabla 5.3.7. Comandos de menú Ventana. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	276
Tabla 5.3.8. Comandos de menú Ayuda. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	277
Tabla 5.3.9. Coeficiente n de Manning para Escorrentía Superficial. Fuente: Manual del programa SWMM.....	290
Tabla 5.3.10. Definiciones de Tipo de Suelos según el NRCS. Fuente: Manual de usuario SWMM.	296
Tabla 5.3.11. Número de Curva para escorrentía (CN) según el SCS. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	298
Tabla 5.5.1 (1). Características de la Cuenca. Fuente: Grupo de Investigación.....	318
Tabla 5.5.1 (2). Características de la Cuenca. Fuente: Grupo de Investigación.....	319
Tabla 5.5.2 (1). Valores de Cotas de Fondo y Profundidad. Fuente: Grupo de Investigación..	320
Tabla 5.5.2 (2). Valores de Cotas de Fondo y Profundidad. Fuente: Grupo de Investigación..	321
Tabla 5.5.3. Características del Nudos de Vertido. Fuente: Grupo de Investigación.....	322
Tabla 5.5.4 (1). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.....	322
Tabla 5.5.4 (2). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.....	323
Tabla 5.5.4 (3). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.....	324
Tabla 5.5.4 (4). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.....	325

Tabla 5.5.5 (1). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	328
Tabla 5.5.5 (2). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	329
Tabla 5.5.5 (3). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	330
Tabla 5.5.5 (4). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	331
Tabla 5.5.5 (5). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	331
Tabla 5.5.6 (1). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	332
Tabla 5.5.6 (2). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	333
Tabla 5.5.6 (3). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	334
Tabla 5.5.6 (4). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.	335
Tabla 5.6.1. Proporciones volumétricas para mortero.	353
Tabla 5.6.2. Granulometría Para Colchón de Arena en Adoquinado. Fuente: Especificaciones técnicas de adoquinado	365
Tabla 5.6.3. Granulometría para material a usar en Juntas. Fuente: Especificaciones técnicas de adoquinado	366
Tabla 6.2.1. Parámetros máximos permitidos en el efluente del sistema para aguas residuales domésticas.	408

Tabla 6.2.2: Tabla comparativa entre la infraestructura de los municipios de Comasagua y Atiquizaya. Fuente: elaborado por equipo de trabajo de graduación.	410
Tabla 6.2.3. Valores de parámetros para estudio de efluente en estado crudo. Fuente: trabajo de graduación, Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de Atiquizaya, Universidad de El Salvador, 2000.	411
Tabla 6.3.1. Comparación de Normas Internacionales. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.	414
Tabla 6.3.2. Parámetros de diseño para las rejillas. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.	417
Tabla 6.3.3. Factor de forma para rejillas. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996. .	418
Tabla 6.3.4. Espaciamiento entre rejillas. Fuente: Adaptación de Azevedo Netto y Hess (1973).	418
Tabla 6.3.5. Parámetros recomendados para el diseño de desarenadores. Trabajo de graduación, Manual para el Diseño de Unidades de Tipo Biológico en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas en El Salvador, Universidad de El Salvador.	422
Tabla 6.3.6. Tiempo de retención según caudales. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.	427
Tabla 6.3.7. Límites de aplicación, medidores Parshall con descarga libre. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, Página 474, 1ª Edición, 1976).	429
Tabla 6.3.8 (1). Dimensiones típicas de medidores Parshall (cm). Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).	430
Tabla 6.3.8 (2). Dimensiones para garganta. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).....	430
Tabla 6.3.9. Valores del exponente n y el coeficiente K. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, Página 476).	432

Tabla 6.3.10. Parámetros de diseño para cámaras de sedimentación de un Tanque Imhoff. Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.	438
Tabla 6.3.11. Factor de capacidad relativa de acuerdo a la temperatura. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.	445
Tabla 6.3.12. Parámetros de diseño para cámaras de digestión de un Tanque Imhoff. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	445
Tabla 6.3.13. Valores de las constantes empíricas “a” y “b”. Fuente: Adaptado de Crites & Tchobanoglous, página. 304.....	450
Tabla 6.3.14. Características de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	452
Tabla 6.3.15. Valores recomendados para diseño de sedimentadores Fuente: Metcalf & Eddy.	460
Tabla 6.3.16. Cantidad normal de lodo producido por distintos procesos de tratamiento. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	462
Tabla 6.3.17. Interpolación de temperaturas para diferentes periodos de digestión. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	465
Tabla 6.3.18. Comparación de parámetros para el diseño de Sistemas de Fosa Séptica. Fuente: Manual para diseño de unidades de tipo Biológico y en planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en El Salvador.....	470

Tabla 6.3.19. Valores de las constantes empíricas “a” y “b”. Fuente: Adaptado de Crites & Tchobanoglous, página 304.....	476
Tabla 6.3.20. Concentraciones obtenidas. Fuente: Grupo de Investigación.....	477
Tabla 6.3.21. Interpolación de temperaturas para diferentes periodos de digestión. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	486
Tabla 6.4.1. Clasificación de proporciones de mortero según el uso. Fuente: Especificaciones ASTM C-150	505
Tabla 6.4.2. Ancho de excavación a partir de diámetros de tuberías. Fuente: Normas técnicas de ANDA	510

Índice de Gráficos.

Contenido:

Gráfico 2.5.1. Tipo de servicios sanitarios de los hogares, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.....	33
Gráfico 2.5.2. Tratamiento de aguas residuales, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.....	34
Gráfico 2.5.3. Tratamiento de eliminación de la basura, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.....	36
Gráfico 2.5.4. Abastecimiento de agua de la vivienda, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.....	38
Gráfico 2.5.5. Tipos de alumbrado en la vivienda, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.....	39
Gráfico 5.2.1a) Curvas Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.	249
Gráfico 5.2.1b) Curva IDF creada por grupo de investigación para una frecuencia de 5 años estación Santa Tecla. Fuente: grupo de investigación.	249
Gráfico 5.2.2. Curvas Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.	252
Gráfico 5.2.3. Tormenta de diseño para periodo de retorno de 5 años, duración de lluvia 120 minutos – Estación Santa Tecla. Fuente SNET.	261
Gráfico 6.3.1. Nomograma de pérdida de carga en función del caudal para medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).	435

ii. Índice de Ilustraciones.

Contenido:

Imagen i. Ubicación geográfica del municipio de Comasagua, Departamento de La Libertad, El Salvador. Fuente QGIS, año 2012.....	13
Imagen ii. Municipios del departamento de La Libertad, El Salvador. Fuente QGIS, año 2019.	14
Imagen iii. Letrero a la entrada del municipio de Comasagua. Fuente El Blog, año 2015.....	15
Imagen 2.1.1. Parroquia San Mateo Apóstol. Fuente El Diario de Hoy, año 2016.	16
Imagen 2.1.2. Fotografía de intersección de Calle Francisco Quiteño y Ave. Monterrosa, Comasagua. Fuente La Prensa Gráfica, año 2000.	17
Imagen 2.1.3. Finca Santa Marta, Comasagua. Fuente Booking.com, año 2018.....	18
Imagen 2.2.1. Mapa de Comasagua junto con los municipios aledaños. Fuente QGIS, año 2019.	19
Imagen 2.2.2. Mapa de ubicación del municipio de Comasagua respecto del Área Metropolitana de San Salvador, accediendo desde Santa Tecla, departamento de La Libertad. Fuente Google Maps, año 2019.	20
Imagen 2.2.3. Mapa de ubicación de trazo de ruta LIB-05W hacia el municipio de Comasagua desde Centro Comercial Las Palmas sobre la Carretera al Puerto de La Libertad. Fuente Google Maps, año 2019.	20
Imagen 2.2.4. Captura de imagen mostrando parte del municipio de Comasagua y la ruta LIB-05W. Fuente Google Maps, año 2019.	21
Imagen 2.2.5. Fotografía del casco urbano del municipio de Comasagua, donde se muestra alguna de sus calles principales. Fuente Google Maps, año 2019.	22
Imagen 2.2.6. Cascada El Chinchal, Comasagua. Fuente WordPress.com, año 2014.....	24
Imagen 2.2.7. Peñón de Comasagua. Fuente El Salvador Magazine, año 2010.....	25

Imagen 2.3.1. Cuencas hidrográficas de El Salvador; área de las cuencas del municipio de Comasagua en marcadas en el recuadro amarillo. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), año 2012.	27
Imagen 2.4.1. Siembra de maíz, Comasagua. Fuente Wikipedia, año 2019.	28
Imagen 2.4.2. Restaurante y Café El Mirador de La Giralda, municipio de Comasagua. Fuente El Diario de Hoy, año 2018.	29
Imagen 2.6.1. Mapa de ríos que atraviesan el municipio de Comasagua. Fuente QGIS, año 2019.	42
Imagen 2.6.2. Sub cuencas del municipio de Comasagua. Fuente Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, año 2012.....	43
Imagen 2.7.1. Unidad Comunitaria de Salud Familiar Intermedia (UCSFI) de Comasagua. Fuente Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, año 2017.	44
Imagen 2.8.1. Fotografía de Parroquia San Mateo Apóstol, Comasagua. Fuente La Prensa Gráfica, año 2018.....	47
Imagen 2.9.1. Mapa de ubicación de cantones del municipio de Comasagua. Fuente QGIS, año 2019.	48
Imagen 2.9.2. Alcaldía Municipal de Comasagua. Fuente Mi Pueblo y Su Gente, año 2012.....	51
Imagen 2.10.1. Centro Escolar Estados Unidos de América, municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2009.....	55
Imagen 2.12.1a. Precipitación acumulada del mes de mayo del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.	58
Imagen 2.12.1b. Precipitación acumulada del mes de junio del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.	59
Imagen 2.12.1c. Precipitación acumulada del mes de julio del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.	60

Imagen 2.12.1d. Precipitación acumulada del mes de agosto del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.	61
Imagen 2.12.2. Fotografía sobre uno de los cerros del Municipio de Comasagua, mostrando el clima que se presenta en buena parte del año. Fuente TripAdvisor, año 2019.	62
Imagen 2.13.1. Tipo de Suelos que están presentes en el Municipio de Comasagua. Fuente Shape de QGIS, año 2019.	64
Imagen 3.1.1. Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía	76
Imagen 3.1.2. Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía	77
Imagen 3.1.3. Vista de perfil de un pozo de visita. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía.	78
Imagen 3.2.1 Ejemplo de áreas tributarias. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	109
Imagen 3.2.2. Modelo Perpendicular. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	111
Imagen 3.2.3. Modelo Radial. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	112
Imagen 3.2.4. Modelo de Interceptores. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	113
Imagen 3.2.5. Modelo de Abanico. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	114
Imagen 3.2.6. Sección transversal de cunetas Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.	115

Imagen 3.2.7. Detalle del tragante Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.....	117
Imagen 3.2.8. Tipos de tragantes. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.....	118
Tabla 3.2.5. Diámetros de los pozos de visita. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.	120
Imagen 3.2.9. Alcantarillas pluviales. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.....	122
Imagen 3.2.10. Detalle típico de cabezal. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.....	123
Imagen 3.2.11. Detalle de Disipador de Energía. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.	123
Imagen 3.3.1. Trampa de Grasas y aceites. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	146
Imagen 3.3.2. Rejas, canales y desarenadores. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.	147
Imagen 3.3.3. Sedimentador tipo Dortmund. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.	149
Imagen 3.3.4. Laguna de estabilización. Santa Fe de la Laguna, Quiroga, Michoacán. Fuente: RIVAS s.f.....	150
Imagen 3.3.5. Tratamiento terciario eliminación de nutrientes. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas	

residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.	152
Imagen 3.3.6. Lecho de Secado de Lodos. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.	153
Imagen 4.2.1. Número de Tramo, Pozo de Inicio y Final, Diámetro de Colector y Factor de Seguridad según ANDA. Fuente: Grupo de investigación.....	161
Imagen 4.2.2. Número de Lotes por tramo, Locales comerciales, Restaurantes, Escuelas, Clínicas médicas, Mercados, Iglesias y Oficinas. Fuente: Grupo de investigación.	161
Imagen 4.2.3. Área de Influencia. Fuente: Grupo de investigación.....	162
Imagen 4.2.4. Ejemplo de plano topográfico y red de colectores de una población. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES	163
Imagen 4.2.5. Caudales domésticos o provenientes de lotes, locales comerciales, restaurantes, escuelas, clínicas médicas, mercados, iglesias y oficinas. Fuente: Grupo de investigación. ...	163
Imagen 4.2.6. Columna de Caudal de infiltracion. Fuente: Grupo de investigación.....	166
Imagen 4.2.7. Columna de Caudal de tramo de tubería. Fuente: Grupo de investigación.	167
Imagen 4.2.8. Columna de Caudal acumulado por los diferentes tramos de tuberías. Fuente: Grupo de investigación.	167
Imagen 4.4.1. Ventana de cálculo de tirante normal para secciones circulares, Software Hcanales. Fuente: Grupo de investigación.	172
Imagen 4.4.2. Datos obtenidos de software Hcanales. Fuente: Grupo de investigación.	175
Imagen 4.6.1. Detalle de una Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	180

Imagen 4.6.2. Plano de Planta de Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.....	181
Imagen 4.6.3. Detalle típico de Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	185
Imagen 4.6.4. Isométrico de Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	186
Imagen 4.6.5. Tanque séptico AMANCO Wavin. Fuente AMANCO.	188
Imagen 4.6.6. Sistema Drenaje para drenaje de tanques sépticos. Fuente AMANCO.....	190
Imagen 4.6.7. Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	191
Imagen 4.6.8. Forma de utilizar el azadón para mover las heces en descomposición dentro de la cámara solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.	192
Imagen 4.6.9. Plano de planta de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.	193
Imagen 4.6.10. Vista de la cámara solar de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	193
Imagen 4.6.11. Plano de vista frontal de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.	194
Imagen 4.6.12. Plano de planta de Fundaciones de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.....	196
Imagen 4.6.13. Plano de Sección de Letrina Solar, únicamente de la caseta. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.	197
Imagen 5.1.1. Lavaderos a orillas del río. Fuente: Implementación de 4 planes de seguridad de agua (PSA) en los sistemas de agua potable de Comasagua, La Liberta, San Luis Talpa, La Paz, Metalio y Comunidad Villa Centenario, Acajutla, Sonsonate, El Salvador.	240

Imagen 5.3.1 Ejemplo de los Componente Físicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje. Fuente: Manual de usuario SWMM.	264
Imagen 5.3.2. Vista general del espacio de trabajo de SWMM. Fuente: Manual de usuario SWMM.	271
Imagen 5.3.3. Barra de animación y descripción de sus controles. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	280
Imagen 5.3.4. Barra de estado. Fuente: Manual de usuario SWMM.	281
Imagen 5.3.5 Mapa del área de estudio. Fuente: Manual de usuario SWMM.	283
Imagen 5.3.6. Visor de datos. Fuente: Manual de usuario SWMM.	284
Imagen 5.3.7. Visor de mapa. Fuente: Manual de usuario SWMM.	286
Imagen 5.3.8. Etiquetado. Fuente: Manual de usuario SWMM.	289
Imagen 5.3.9. Detalle de valores por defecto para cuencas. Fuente: Manual de usuario SWMM.	291
Imagen 5.3.10. Editor de infiltración. Fuente: Manual de usuario SWMM.	296
Imagen 5.3.11. (a) Valores por defecto para Nudos/Líneas y (b) Detalle de la Geometría por defecto de los conductos (Prof. Máxima es el diámetro de la tubería 18"=0.4572m). Fuente: Manual de usuario SWMM.....	299
Imagen 5.3.12. Formulario de opciones del plano. Fuente: Manual de usuario SWMM.....	304
Imagen 5.4.1 Formulario para seleccionar imagen de fondo. Fuente: Grupo de Investigación.	306
Imagen 5.4.2. Aspecto del mapa del área de estudio en SWMM. Fuente: Grupo de Investigación.	311
Imagen 5.5.1. Ventana de diálogo del Editor de Series Temporales. Fuente: Grupo de Investigación.	315
Imagen 5.5.2. Ventana de diálogo del Editor de Grupos. Fuente: Grupo de Investigación.	316
Imagen 5.5.3 Ventana de estado de simulación. Fuente: Grupo de Investigación.	327

Imagen 6.1.1. Ubicación del terreno propuesto para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Fuente: Google Maps.....	405
Imagen 6.3.1. Canal de aproximación. Fuente: Grupo de Investigación.....	415
Imagen 6.3.2. Sección del canal de las rejillas para la planta. Fuente: Grupo de Investigación.	417
Imagen 6.3.3. Sección de la rejilla. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.	418
Imagen 6.3.4. Representación de Trampa de Grasas. Fuente: grupo de investigación.	428
Imagen 6.3.5. Dimensionamiento del medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).	431
Imagen 6.3.6. Punto de medición del medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).	433
Imagen 6.3.7. Imagen del área superficial del sedimentador. Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.	437
Imagen 6.3.8. Dimensiones de cámara sedimentador. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.	440
:	440
Imagen 6.3.9. Dimensiones de la altura de transición. Fuente:grupo de investigacion.	440
Imagen 6.3.10. Dimensionamiento del área de ventilación. Fuente: Grupo de Investigacion. .	441
Imagen 6.3.11. Cámaras de digestión y sedimentación. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglo.us, Mc Graw Hill.	444
Imagen 6.3.12. Número de tolvas. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.....	446
Imagen 6.3.13. Anchos de tolva. Fuente: Grupo de Investigación.....	447
Imagen 6.3.14. Esquema de dimensionamiento de un tanque Imhoff. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill	449

Imagen 6.3.15. Esquemas del patio de secado de lodos Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill	469
Imagen 6.3.16. Dimensionamiento de zona sedimentador. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill	473
Imagen 6.3.17. Altura de Tolva. Fuente: Grupo de Investigación.	478
Imagen 6.3.18. Dimensiones de sedimentador primario. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.	478

iii. Índice de Diagramas.

Contenido:

Diagrama 2.9.1. Organigrama Funcional de la Alcaldía del municipio de Comasagua. Fuente Alcaldía municipal del municipio de Comasagua, año 2010.	52
Diagrama 3.3.1. Composición de las aguas residuales domésticas. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.	132
Diagrama 3.3.2. Sistema de tratamiento compacto. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.	141
.....	412
Diagrama 6.3.1. Diagrama de bloque de la planta de tratamiento #1, Fuente: Grupo de Investigación.	412

iv. Siglas y Acrónimos.

AECID. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

ANDA. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

DIGESTYC. Dirección General de Estadística y Censos.

FISDL. Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local.

IDH. Índice de Desarrollo Humano.

LASF. Letrina Abonera Seca Familiar.

MARN. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

MINSAL. Ministerio de Salud y Asistencia Social.

OPAMSS. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador.

OPS. Organización Panamericana de la Salud.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

SNET. Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

UCSF. Unidad Comunitaria de Salud Familiar.

UCSFB. Unidad Comunitaria de Salud Familiar Básica.

UCSFI. Unidad Comunitaria de Salud Familiar Intermedia.

USAID. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (en idioma español).

VMVDU. Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

Introducción.

En el presente documento se hace una propuesta de diseño de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales, en el cual se propone establecer primeramente la descripción y características del municipio de Comasagua para conocer sobre sus recursos demográficos; recursos hídricos; recursos topográficos; condiciones climatológicas del municipio, y tipos y uso de suelos, que serán base fundamental para llevar a cabo nuestra investigación; también se ha pensado conocer los fundamentos teóricos sobre el sistema de alcantarillado sanitario y aguas lluvias, considerando para ello la normativa técnica tanto para proyectos de alcantarillado como las normas técnicas para alcantarillado pluvial en los que se basará estos diseños.

Posteriormente, se efectuarán los diseños basados en normas técnicas para el sistema de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario; para finalizar nuestro trabajo de graduación con un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales que se evaluarán dos alternativas con sus normas técnicas y de esa manera escoger la alternativa que convenga a la comunidad.

De esta forma, será posible elegir de forma objetiva y con un panorama amplio la metodología a utilizar y obtener resultados que permitan cumplir los objetivos que persigue la investigación. Así, finalmente, será posible obtener las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

Como se presenta en este documento, la metodología para ejecutar la investigación se resume en revisar la literatura especializada disponible del tema, buscar asesoría de especialistas en el área y la utilización del software para el desarrollo de las herramientas de cálculo.

Además, se presenta una propuesta del cronograma de actividades y de la planificación de los recursos a utilizar; estos apartados serán de vital importancia para poder desarrollar el trabajo de una manera organizada y que no se presente ningún inconveniente en términos de agenda, planificación, o de índole económica.

CAPÍTULO I.

Generalidades.

Antecedentes y Planteamiento del Problema.

1.1. Antecedentes.

En El Salvador la principal causa de contaminación del agua, es debido a aguas residuales domésticas o municipales y aguas residuales industriales. Los temas ambientales en nuestro país carecen de atención por parte de las autoridades estatales y de la población en general. La disposición sanitaria de aguas residuales domésticas es crítica a nivel nacional.

La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), señaló que el país solo trata el 5 % de las aguas residuales, el problema es muy grave. Según los informes que da el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), la calidad de agua de los ríos y de los lagos es entre mala y muy mala.

Comasagua es un municipio del departamento de La Libertad ubicado a 29.4 Km de San Salvador, de acuerdo al censo oficial de población y vivienda 2007, tiene una población de 11,970 habitantes; el municipio cubre un área de 75,05 km² de los cuales, 0.30 km² corresponden al área urbana y 74.75 km² corresponden al área rural; tanto la disposición de las aguas residuales como el drenaje pluvial son temas que se han dejado olvidados a pesar de los inconvenientes que la falta de estos sistemas ocasiona.

En El Salvador, las muertes por diarrea aguda aumentaron para este 2018. Del 1 de enero al 15 de diciembre, los casos de fallecidos suman 48, según datos del Ministerio de Salud y Asistencia Social (MINSAL). Los datos implican que este año se incrementaron los casos por diarrea y gastroenteritis en un 5%, es decir 14,980 casos más que el año 2017, donde hubo 320,003.

Dicho informe destaca que la población más afectada por problemas gastrointestinales son los niños menores de cinco años en un 69 % del total de casos registrados.

Según los reportes, las poblaciones en edades de 1 a 5 años suman 81,881 atenciones a causa de esta enfermedad, seguido de las personas de 20 a 29 años de edad, con un acumulado de 56,759 casos.

Los departamentos donde hay mayor incidencia del padecimiento son San Salvador, La Libertad, Usulután, San Miguel y Santa Ana.

Según un informe elaborado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el 2012 se registró que 67.5% total de hogares de Comasagua cuentan con servicio de “saneamiento mejorado” (entendiéndose por este concepto a un inodoro con conexión a alcantarillado o fosa séptica) y un 13.8% de hogares recibían servicio de “saneamiento por alcantarillado.

El 77% de las viviendas del municipio de Comasagua poseen letrina y el 13% poseen inodoro privado conectado a fosa séptica, mientras que el 6% no posee servicio sanitario. Pero el 1% de las viviendas posee servicio sanitario privado conectado a alcantarillado; con lo cual, se puede inferir que el sistema de aguas

negras del municipio es muy pequeño, limitado o ineficiente. El 82.5% de los hogares del municipio de Comasagua lanzan a la calle o al aire libre las aguas grises o residuales, el 6.9% las depositan en una fosa séptica, mientras que solo un 1.4% las expulsan a través de un sistema de alcantarillado, cabe mencionar que estas estadísticas vienen relacionadas con el nivel bajo de viviendas que no posee sanitario privado conectado a alcantarillado, provoca contaminación del suelo y del agua en el municipio causando enfermedades gastrointestinales a la población.

1.2. Planteamiento del Problema.

En El Salvador, en los últimos años se le ha comenzado a dar un poco más de importancia al tema de tratamiento de las aguas residuales, pero el grado de contaminación de las aguas superficiales de ríos y lagos, así como de los mantos acuíferos del país, es alto. Actualmente, el casco urbano del municipio de Comasagua carece de alcantarillado sanitario y pluvial. La mayoría de sus habitantes depositan las excretas en letrinas de hoyo seco, estas letrinas contribuyen a la insalubridad de la población y colaboran a la propagación de moscas y otros insectos, con lo cual aumentan las enfermedades gastrointestinales de los habitantes. Las aguas grises son descargadas directamente a las calles formando charcos pues no todas estas calles están pavimentadas y no cuentan con drenaje pluvial.

El problema radica en que la población se abastece de agua potable por medio de ríos ubicados en las cercanías o alrededores del municipio, estos ríos son muy propensos a contaminarse; también, los mantos acuíferos están en peligro de contaminación, debido al uso de inodoros de letrinas, que hacen susceptible por medio de la contaminación de los suelos.

Además, al descargar las aguas lluvias y las aguas grises a las calles, los charcos que se forman son potenciales criaderos de zancudos y fuente de otros vectores que pueden perjudicar la salud de los habitantes del municipio. La situación en la que se encuentra el municipio de Comasagua provoca múltiples problemas a los habitantes tales como:

- La falta de un drenaje adecuado para las aguas lluvias provoca que las calles del casco urbano se deterioren, que dificulte el tránsito peatonal y vehicular en época de lluvia intensa poniendo en peligro a sus habitantes.
- Usar letrinas de pozo seco, obliga a los habitantes de la ciudad, a disponer de un espacio adecuado en donde ubicar lo más alejado posible de áreas susceptibles a ser contaminadas por malos olores lo cual resulta un problema por ser terrenos de dimensiones pequeñas, estas también contaminan el suelo y dan paso a la proliferación de moscas, cucarachas y otros insectos que sirven de vectores para la propagación de enfermedades.

- Degradación de los recursos hídricos subterráneos y el suelo debido a la infiltración de contaminantes y patógenos.
- El efluente donde se descargan las aguas residuales es contaminado no solo por nutrientes que estimulan que crezcan plantas acuáticas sino también por los productos químicos para abono, veneno para plagas en la agricultura y los herbicidas son la principal fuente de contaminación de los ríos en Comasagua, lo que lleva a limitar el uso de las aguas de los ríos.

Objetivo General y Específicos.

1.3. General:

Diseñar el sistema de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para el casco urbano del municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.

1.4. Específicos:

1. Diseñar los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, según la normativa de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) y del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).
2. Diseñar planta de tratamiento de aguas residuales evaluando por lo menos dos opciones en cuanto a ubicación de la misma y especificaciones de construcción, operación y mantenimiento.
3. Proponer alternativas de solución para las viviendas de difícil acceso al sistema de alcantarillado sanitario.
4. Proporcionar los planos, perfiles y especificaciones de los elementos que componen el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, así como de la planta de tratamiento de aguas residuales, en base a normativas nacionales.

Alcances y Limitaciones.

1.5. Alcances:

- Presentar de manera detallada los planos en planta y perfil de la ubicación de las tuberías de aguas negras, aguas lluvias y de la planta de tratamiento a diseñar, y de los elementos que fueren necesarios en el diseño.
- Se utilizará la normativa nacional para el diseño de sistemas de alcantarillado de las aguas residuales y drenaje pluvial a la vez se utilizarán parámetros de esta normativa para el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Proponer zonas adecuadas para ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta la topografía de la ciudad y la cercanía al río, así como también se presentarán alternativas de plantas de tratamiento de aguas residuales que beneficien tanto económicamente como técnicamente a la comunidad.
- Con este proyecto se pretende cambiar el uso de fosas sépticas y letrinas de hoyo en la Ciudad, e introducir sistemas de letrinas de arrastre de agua (inodoro) conectados al sistema de alcantarillado sanitario, para llevar a cabo el desarrollo del estudio se utilizará un software libre llamado Hcanales, utilizado para el rediseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

1.6. Limitaciones.

- Este trabajo de investigación estará limitado a 9 meses como período máximo, para su finalización.
- La propuesta de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario y su correspondiente planta de tratamiento de aguas residuales, está limitada geográficamente al área urbana del municipio de Comasagua, del departamento de La Libertad.
- Se diseñará una planta de tratamiento exclusivamente para aquellas aguas residuales de origen doméstico de la zona urbana del municipio de Comasagua.
- Por no poseer nuestro país de una normativa para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, se utilizará para el trabajo normativas internacionales.
- El diseño de la red de alcantarillado sanitario se realizó únicamente para los sectores de la zona urbana, en los que la implementación del proyecto sea factible técnicamente; y para los sectores en donde la implementación de la red no sea factible, se propondrán otras alternativas de solución.

1.7. Justificación.

No existe ningún sistema de alcantarillado sanitario, ni tratamiento de efluentes en el área urbana del municipio, sino que muchas de las aguas servidas son depositadas directamente a las calles o en las zonas cercanas del causes del río, a unos metros de la captación de agua potable. Para impulsar el desarrollo es necesario mejorar la calidad del servicio con que actualmente se cuenta, por lo tanto, que se busca introducir el servicio de alcantarillado sanitario, el cual traerá beneficios a la población en el tema de salud.

Los problemas de contaminación tienen un impacto directo en el suministro de agua potable, los cuales fueron comprobados gracias a una serie de análisis de calidad de agua que llevo a cabo La Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el año 2015, donde menciona una alta concentraciones en los parámetros microbiológicos y físico-químicos, ya que no cumplen con la turbidez, donde en meses de alta precipitación crece la incidencia de contaminantes debido a la esorrentía superficial que en meses de baja precipitación. Con un sistema de drenaje pluvial se busca extender la vida útil de las calles del casco urbano y evitar inconvenientes con la esorrentía superficial que provocaría desastres y al mismo tiempo que estas sean transportadas a los ríos cercanos. No existe en la actualidad ningún sistema de tratamiento de agua negras, aguas servidas, y aguas producto de la agroindustria sistemático en el municipio, sino que la descarga se hace directamente al afluente.

Al diseñar el sistema de alcantarillado de aguas negras se evitará el uso de letrinas y fosa séptica lo cual eliminaría el problema de la falta de espacio, la infiltración de patógenos y contaminantes directos al suelo, que conlleva al deterioro de los mantos acuíferos. Por lo que con la planta de tratamiento de aguas residuales se busca eliminar o reducir la contaminación en las aguas residuales en sus aspectos físicos, químicos y biológicos, todo esto con diferentes etapas para la remoción de estos contaminantes.

Con todo lo anterior se busca que este estudio beneficie enormemente a toda la comunidad y al medio ambiente, por lo que su realización se considera de gran impacto e importancia.

CAPÍTULO

II.

Descripción del área urbana del municipio de Comasagua.

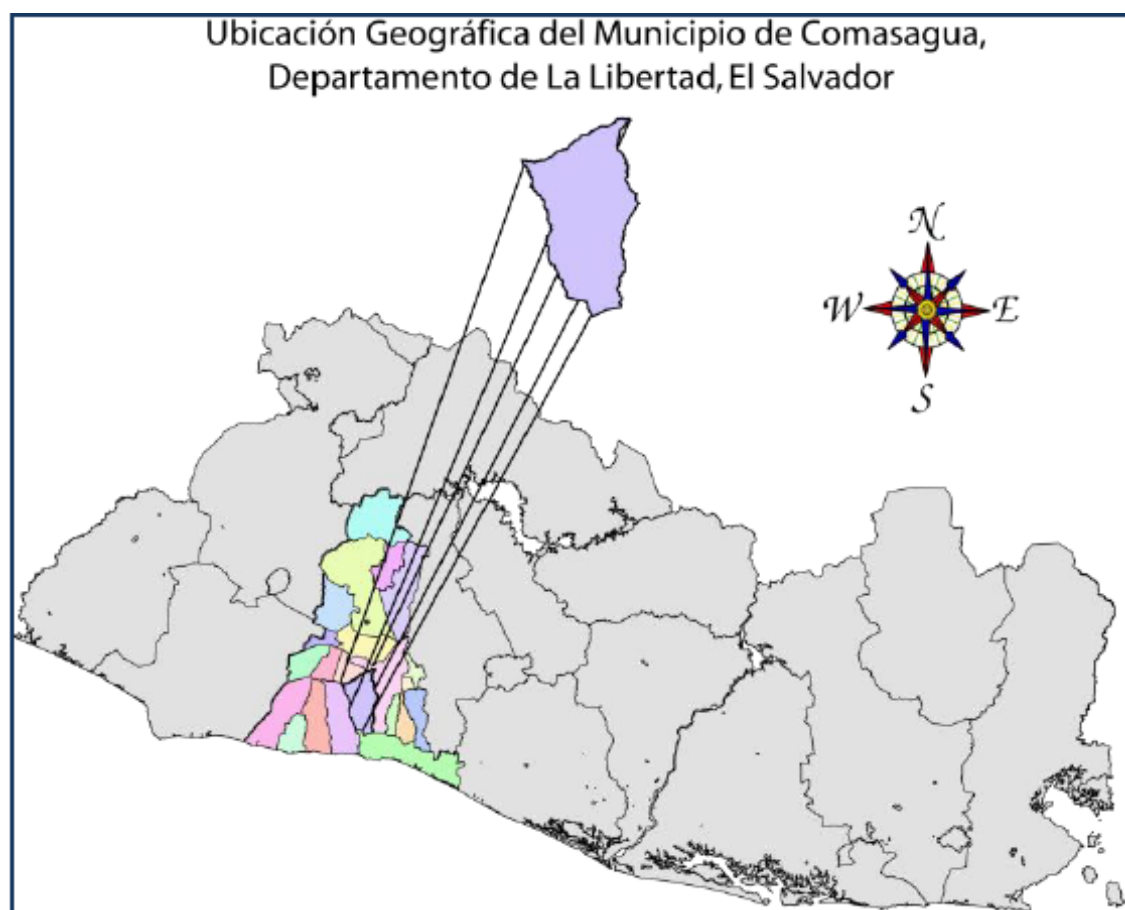


Imagen i. Ubicación geográfica del municipio de Comasagua, Departamento de La Libertad, El Salvador. Fuente QGIS, año 2012.

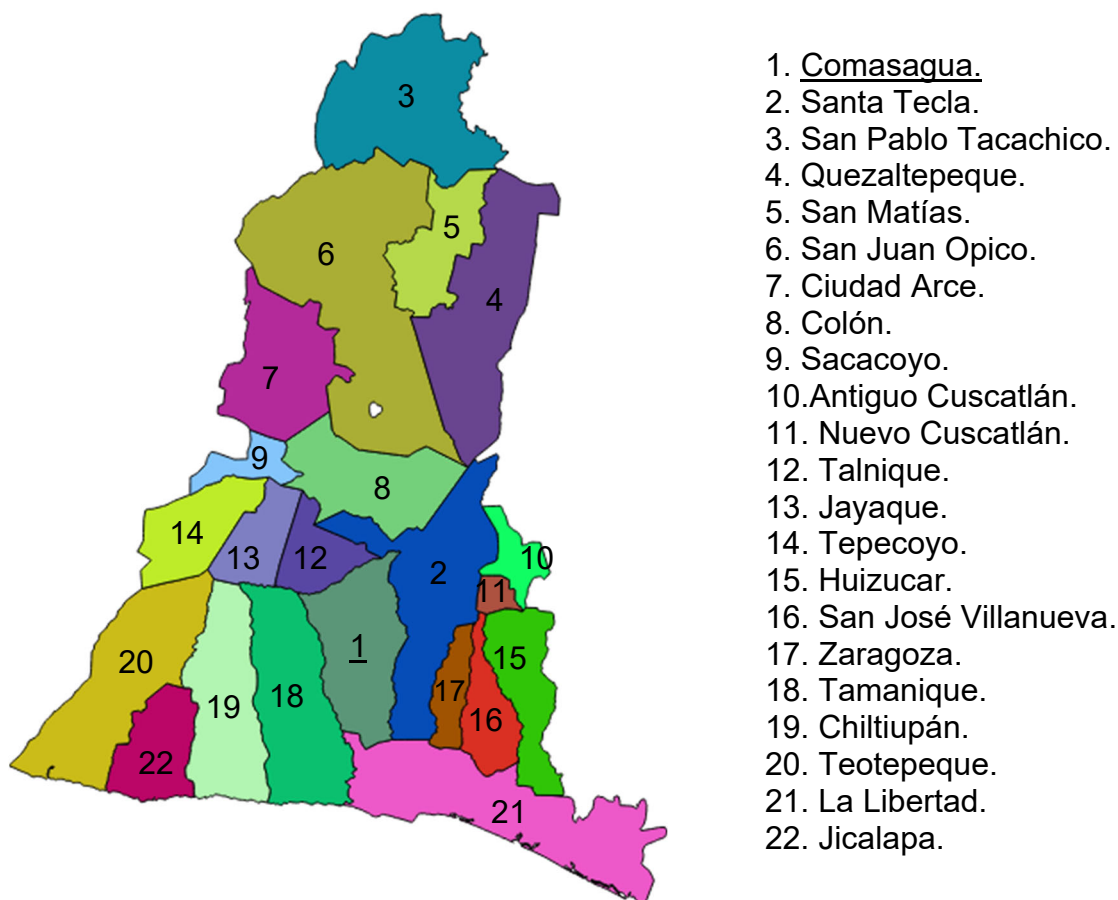


Imagen ii. Municipios del departamento de La Libertad, El Salvador. Fuente QGIS, año 2019.

Comasagua es un municipio perteneciente al departamento de La Libertad, limita al norte con los municipios de Talnique y Santa Tecla, al sur con el municipio de La Libertad, al este con Santa Tecla y al oeste con Tamanique. Tiene una población estimada de 11,870 habitantes según el VI Censo de Población y V de Vivienda realizado en 2007. El municipio cubre un área de 75,05 km² y la cabecera tiene una altitud de 1,070 msnm. El topónimo *Cutmatzahuat* o *Comatzahua* podría tener los significados de «*Plata ulcerada*», «*Lugar donde*

abundan los venados», «Lugar de horquetas» o «La ciudad de los Mazahuas». Las fiestas patronales se celebran en el mes de septiembre en honor a San Mateo. Comasagua se encuentra asentada en la Cordillera del Bálsamo.



Imagen iii. Letrero a la entrada del municipio de Comasagua. Fuente El Blog, año 2015.

La zona está rodeada de cerros, vegetación y miradores con vistas increíbles. Incluso desde la carretera principal que se dirige al municipio, se ven distintos paisajes y en esta vía de acceso se ubican diferentes restaurantes, que en su mayoría poseen su propio mirador. La ciudad de que se ve desde la carretera es Santa Tecla y parte de San Salvador y de noche, si la neblina lo permite, se ve los municipios ubicados al norte de San Salvador.

Características del municipio de Comasagua.

2.1. Historia del municipio.

Es una población de origen precolombino náhua-pipil. En sus orígenes se llamó San Mateo Masahua durante la época de la colonia. Para el año de 1770, Monseñor Pedro Cortez y Larraz, este poblado pertenecía a la parroquia de Ateos. En el año de 1786, se dio el ingreso del Partido de Opico, que era una división administrativa del Imperio español. El 18 de febrero de 1841 este poblado apareció como cantón electoral perteneciente al distrito de Teotepeque. Por Decreto Ejecutivo, el 5 de abril de 1842, el pueblo de Comazahua fue anexada al departamento de San Salvador.



Imagen 2.1.1. Parroquia San Mateo Apóstol. Fuente El Diario de Hoy, año 2016.

En 1865 fue anexado por Ley al distrito de Nueva San Salvador, y del departamento de La Libertad. Hacia 1890 tenía una población de 1,895 habitantes. Obtuvo el título de villa el 25 de marzo 1924.



Imagen 2.1.2. Fotografía de intersección de Calle Francisco Quiteño y Ave. Monterrosa, Comasagua. Fuente La Prensa Gráfica, año 2000.

Para el terremoto del 13 de enero de 2001 la localidad fue prácticamente devastada y fue una de las localidades símbolo de la devastación a causa de dicho terremoto. Actualmente es un municipio que va en crecimiento, sobre todo desde el tema turístico.



Imagen 2.1.3. Finca Santa Marta, Comasagua. Fuente Booking.com, año 2018.

2.2. Características Geográficas.

Comasagua es un municipio del departamento de La Libertad, de la Zona Central del El Salvador; perteneció al conocido Distrito de Nueva San Salvador. Situado a 1,070 msnm con coordenadas geográficas N13°38'12" y O89°22'37".



Imagen 2.2.1. Mapa de Comasagua junto con los municipios aledaños. Fuente QGIS, año 2019.

Su extensión es de alrededor de 75.05 km²; y sus límites municipales son: al Norte limita con los municipios de Talnique y Santa Tecla; al Este y Sureste colinda con el Municipio de Santa Tecla; al Sur es limitado por el municipio de La Libertad; al Suroeste y Noroeste colinda con el municipio de Tamanique.

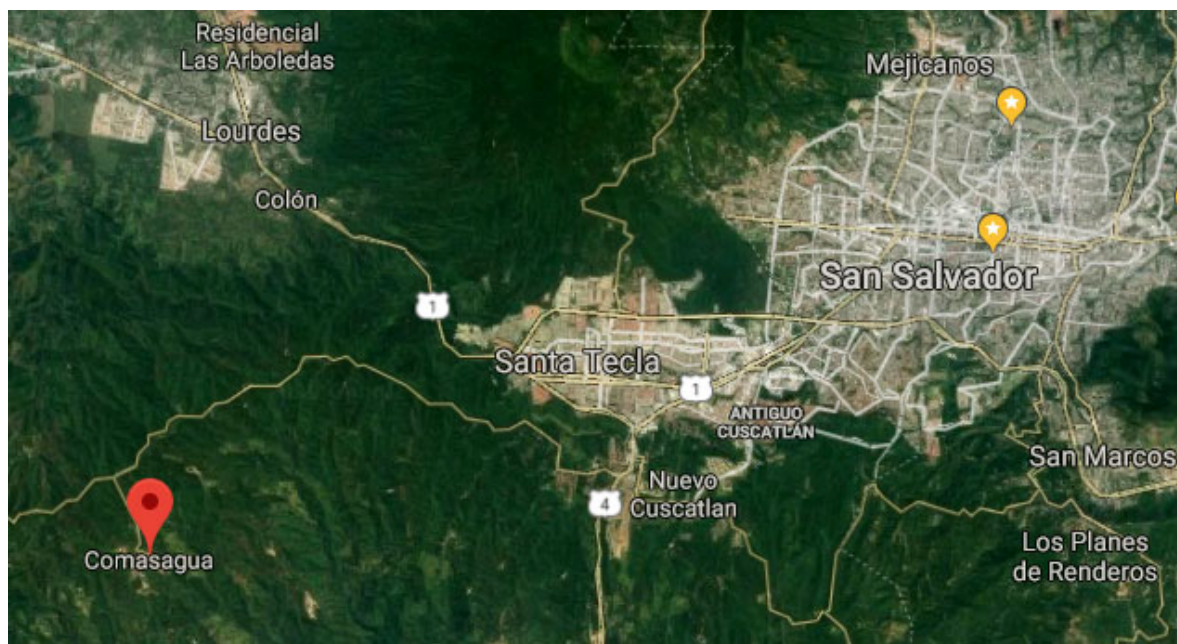


Imagen 2.2.2. Mapa de ubicación del municipio de Comasagua respecto del Área Metropolitana de San Salvador, accediendo desde Santa Tecla, departamento de La Libertad. Fuente Google Maps, año 2019.

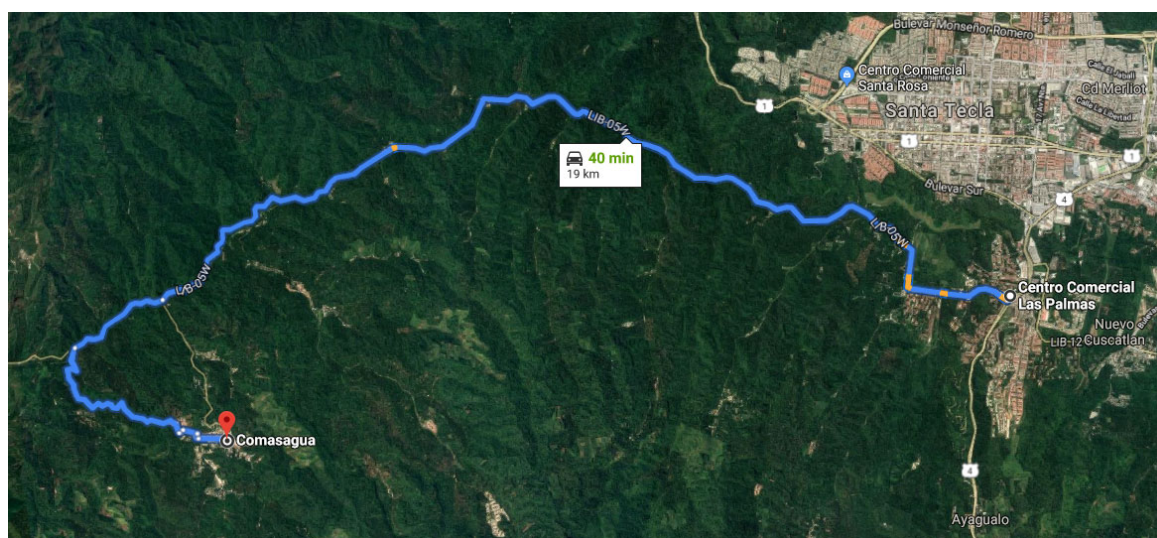


Imagen 2.2.3. Mapa de ubicación de trazo de ruta LIB-05W hacia el municipio de Comasagua desde Centro Comercial Las Palmas sobre la Carretera al Puerto de La Libertad. Fuente Google Maps, año 2019.

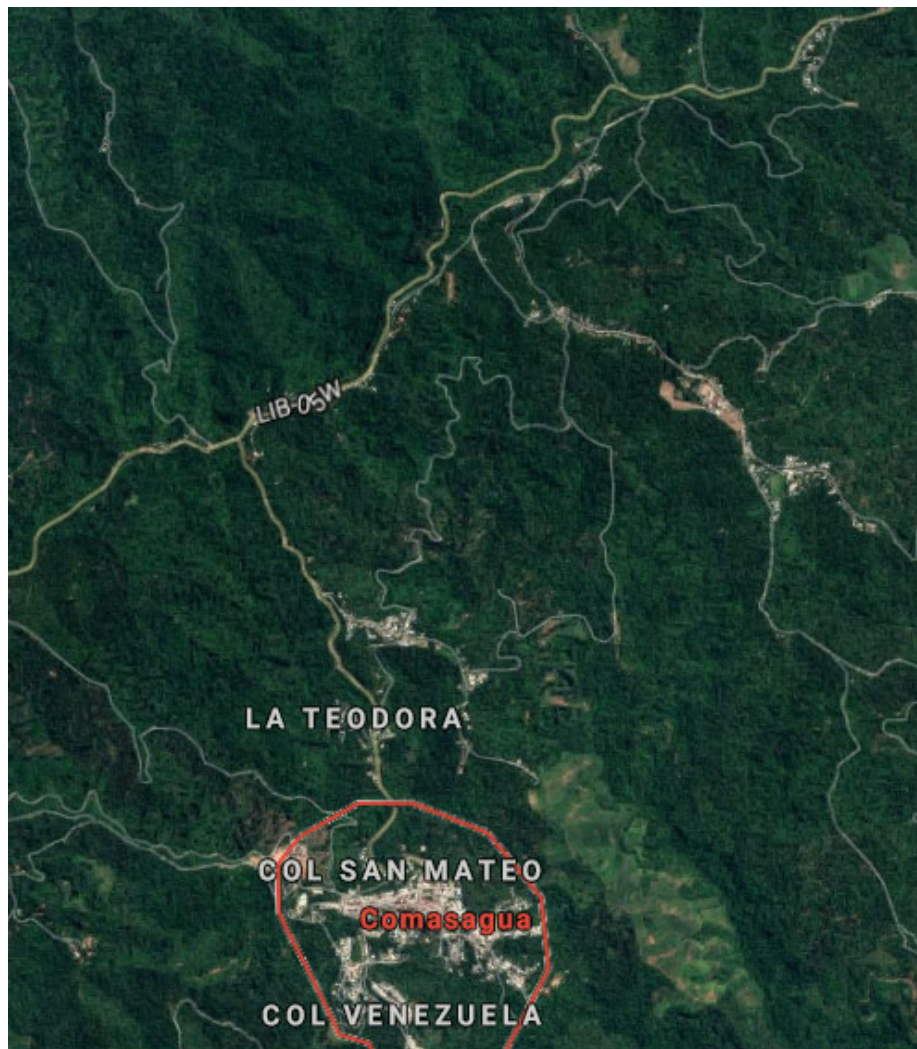


Imagen 2.2.4. Captura de imagen mostrando parte del municipio de Comasagua y la ruta LIB-05W. Fuente Google Maps, año 2019.

Cuenta con una diversidad de ríos que atraviesan la extensión del municipio de Comasagua, entre ellos podemos mencionar: El Púlpito, Las Tunas, Chilama, Comasagua, El Grande o San Vicente, San Antonio, El Refugio, Las Lajas, Las Nubes. Los Castillo, El Chorrerón, La Máquina, Los Encuentros y El Ojushtal.

Las quebradas que pertenecen al municipio de Comasagua son: Belmont, La Estrella, Los Naranjos, El Aguacate, El Huiscoyol, El Nacimiento, El Nance, Honda, San Luis, Peña Colorada, El Púlpito, El Conacaste, La Zacatera, La Tijera, Milpas Viejas, La Pantera y La Arenera. Además, Comasagua cuenta con fuentes de agua potable, siendo las más notables: La Arenera, El Mango, El Aguacate, La Bomba, El Chipilte, El Volador, El Tanque, El Pepital, La Jutera, El Paterno y El Manune.



Imagen 2.2.6. Cascada El Chinchal, Comasagua. Fuente WordPress.com, año 2014.

El municipio es atravesado de Oeste a Este por la Cadena Costera de Sierra La Libertad-San Vicente, siendo los principales cerros: La Chancaca, Las Lajas, El Peñón y El Sauce; las lomas pertenecientes a Comasagua son: San Luis, La Redonda, La Chinda, San Vicente, Santa Emilia, El Púlpito, El Caracol, El Paraíso, Peña Colorada, La Violenta, El Potrerón, El Conacaste, La Hulera y El Níspero.



Imagen 2.2.7. Peñón de Comasagua. Fuente El Salvador Magazine, año 2010.

2.3. Descripción de la Zona de Estudio.

Comasagua es un municipio del departamento de La Libertad ubicado a 29.4 Km de San Salvador, de acuerdo al censo oficial de población y vivienda realizado en 2007, tiene una población de 11,970 habitantes; el municipio cubre un área de 75.05 km² de los cuales, 0.30 km² corresponden al área urbana y 74.75 km² corresponden al área rural; la cabecera tiene una altitud de 1,070 msnm. Esta villa se encuentra limitada al Norte por Talnique y Santa Tecla; al Este también por Santa Tecla, al Sur por La Libertad y al Oeste por Talnique.

Comasagua ha sido y es una población de agricultores, cuyo producto ancestral fue el Bálsamo que después fue sustituido por el cultivo del café, siendo éste su principal actividad económica actual; la producción agropecuaria es variada

siendo los productos de mayor cultivo: los granos básicos, las plantas hortenses y frutícolas. Hay crianza de ganado vacuno, porcino, caballar, mular y aves de corral.

Los principales ríos de Comasagua son San Antonio, El Refugio, San Vicente o Cuyanigua, Comasagua, Los Leones y La Máquina; sus cerros principales son El Refugio, Plan del Mora, El Mal Paso y Loma La Montañita. La Flora está constituida por bosque húmedo tropical, bosque húmedo subtropical fresco y bosque muy húmedo subtropical; las especies arbóreas más notables, son: capulín níspero, tambor, cedro, ceiba, Cortez, bálsamo, copinol, roble, nogal, ciprés y pinos.

En la actualidad no existe flora y fauna autóctona o exótica en la cuenca.

La zona de estudio pertenece principalmente a las clases climáticas de sabanas tropicales calientes y calurosas. La temperatura tiene una variación anual muy pequeña con un ligero máximo entre marzo y abril, y las precipitaciones tienen un máximo en septiembre y otro en junio-julio.

El río El Comasagua que drena al océano pacífico, tiene una sub cuenca independiente, que para efectos prácticos está catalogado que le pertenece a la cuenca del grande de Región Mandinga-Comalapa.

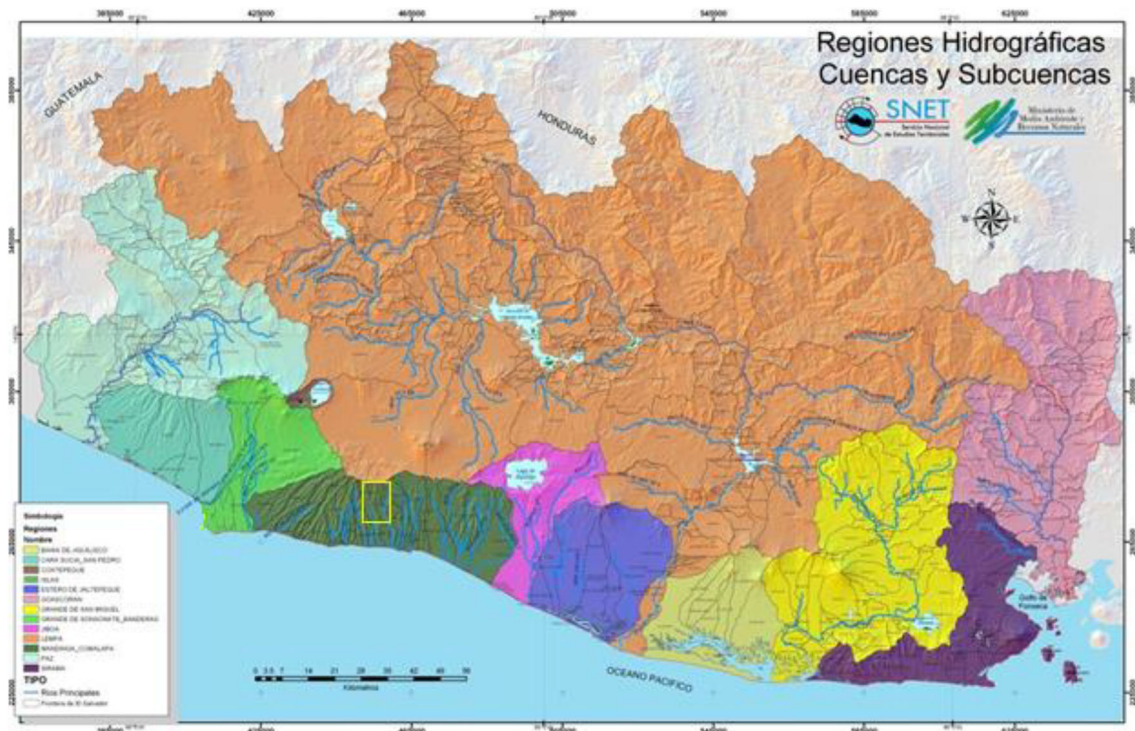


Imagen 2.3.1. Cuencas hidrográficas de El Salvador; área de las cuencas del municipio de Comasagua en marcadas en el recuadro amarillo. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), año 2012.

La superficie del municipio está distribuida en 5 sub cuencas importantes: Chilama, Comasagua, Grande, Majahual, Talnique y Colón. La sub cuenca Chilama se encuentra localizada en la Región Mandinga-Comalapa y debe su nombre al río Chilama, teniendo como afluentes principales a los ríos: las Nubes, las Lajas, el Salto, Sacazil, San Isidro, Granadilla y Asuchio. La superficie alcanza un valor de 81.15 Km² y se encuentra inmersa dentro de los municipios de Santa Tecla (62%), Comasagua (15%), Zaragoza (7%) y La Libertad (16%) perteneciente al departamento de La Libertad. En el municipio de Comasagua, la

sub cuenca intercepta los cantones San José El Porvenir, El Matazano, El Potrerón, El Rosario y Conacaste.

2.4. Condiciones Socioeconómicas.

Las industrias de ganadería y la elaboración de productos lácteos son de las de mayor actividad dentro del municipio. Existen una buena cantidad de tiendas y otros establecimientos, y estos productos son comercializados en municipios cercanos.



Imagen 2.4.1. Siembra de maíz, Comasagua. Fuente Wikipedia, año 2019.

Actualmente, Comasagua está teniendo un crecimiento destacable en el turismo local, poniendo servicios de restaurantes y productos a base de café, debido a su ventaja en la ubicación geográfica, ya que, por sus paisajes, tiene vistas al océano pacífico hacia el sur y hacia el norte la meseta central de nuestro país.



Imagen 2.4.2. Restaurante y Café El Mirador de La Giralda, municipio de Comasagua. Fuente El Diario de Hoy, año 2018.

A continuación, se muestran una serie de tablas en las cuales se muestran la producción agrícola, avícola y ganadera, según IV Censo Agropecuario 2007-2008, realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, realizado entre los años 2007 y 2008 en el marco del Programa de Actualización de la Base

Estadística Nacional, cuya ejecución inicio en 2005 bajo la coordinación del Viceministerio de Comercio e Industria del Ministerio de Economía.

Producción Agrícola.		
Grano	Superficie sembrada (Mz)	Producción (QQ)
Frijol	1,306.25	5,608
Maíz	2,378.01	51,430
Arroz	1.57	57
Maicillo	368.46	2,186
Café	5,336.37	1,013

Tabla 2.4.1. Producción agrícola del municipio de Comasagua. Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.

Producción Ganadera	
Ganado	Cabezas
Bovino Vacuno	191
Porcino	59
Caballar	16
Mular	3

Tabla 2.4.2. Producción ganadera del municipio de Comasagua. Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.

Producción Avícola	
Ave	Cantidad
Gallos/Gallinas	200
Pavos	0
Patos	0

Tabla 2.4.3. Producción avícola del municipio de Comasagua Fuente IV Censo Agropecuario 2007-2008.

2.5. Características Demográficas.

Servicios Básicos.

El acceso al servicio de agua (según la tabla 2.5.1.) el cual alcanza un nivel de hogares del 52.5%; en cuanto al alumbrado es del 77.5%; el acceso a la recolección de basura es del 27.6%; el porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar es del 52.5%; el acceso a servicio de internet es del 0.1% y el acceso a la telefonía 9.4%.

Porcentaje Hogares	total	Urbano	Rural
Con déficit habitacional	55.5	40	61
Con acceso a agua dentro de casa.	52.5	75.4	44.4
Con acceso a alumbrado	77.5	93.1	71.9
Con acceso a servicios de recolección de basura	27.6	85.6	7.2
Con saneamiento por alcantarillado	13.8	35.4	6.1
Que utilizan leña para cocinar	62.5	32.2	73.5
Con servicio de internet	0.1	0.3	0.0
Con servicio de teléfono	9.4	23.0	4.8

Tabla 2.5.1. Porcentaje de Hogares por Servicio Básico Comasagua año 2009. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

El porcentaje total de hogares que en el 2005 cuentan con servicio de “saneamiento mejorado”, entendiéndose por este concepto “el inodoro con conexión a alcantarillado o fosa séptica, y la letrina privada”; siendo de 81.3% el porcentaje total de hogares con este servicio; en cambio, en el 2009 se encontró que un 13.8% de hogares recibían servicio de “saneamiento por alcantarillado”, haciéndose visible una disminución de 67.5% al 2009, aunque vale la pena reconocer que en este año se recogió una información más delimitada al tipo de saneamiento por alcantarillado, y no a un tipo más amplio de saneamiento como se hizo en 2005.

El 77% de las viviendas del municipio de Comasagua poseen letrina y el 13% poseen inodoro privado conectado a fosa séptica, mientras que el 6% no posee

servicio sanitario. Solo el 1% de las viviendas posee servicio sanitario privado conectado a alcantarillado; con lo cual, se puede inferir que el sistema de aguas negras del municipio es muy pequeño, limitado o ineficiente.

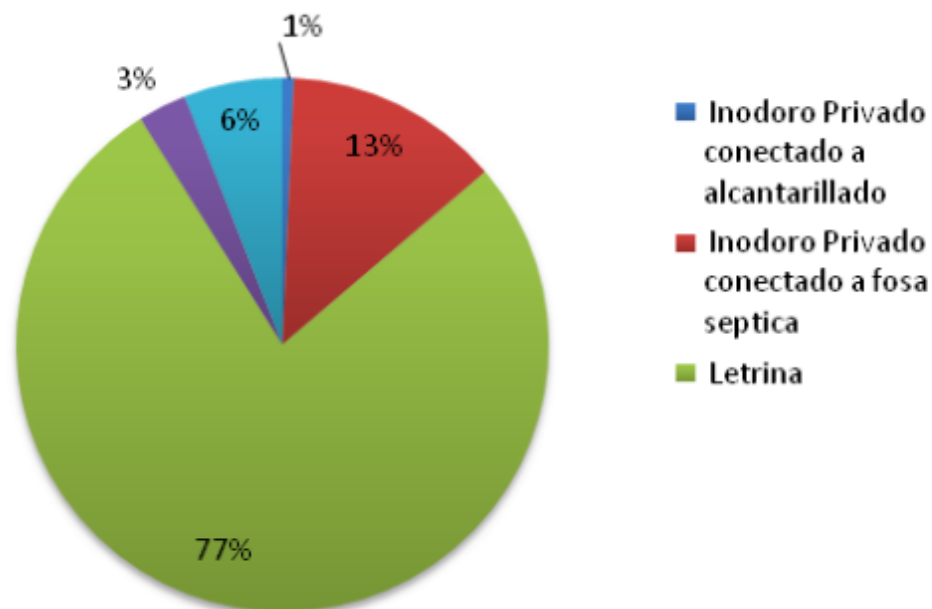


Gráfico 2.5.1. Tipo de servicios sanitarios de los hogares, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

En cuanto al uso del servicio sanitario de las viviendas el 83% de las viviendas del municipio de Comasagua hacen uso exclusivo de su respectivo servicio sanitario; mientras que el 17% restante tiene la modalidad que lo comparte con otro hogar o personas.

Tratamiento de Aguas Residuales.

El 82.5% de los hogares del municipio de Comasagua lanzan a la calle o al aire libre las aguas grises o residuales, el 6.9% las depositan en una fosa séptica, mientras que solo un 1.4% las expulsan a través de un sistema de alcantarillado, cabe mencionar que esto en relación con el nivel bajo de viviendas que posee sanitario privado conectado a alcantarillado, provocando contaminación del suelo y del agua en el municipio causando enfermedades gastrointestinales a la población.

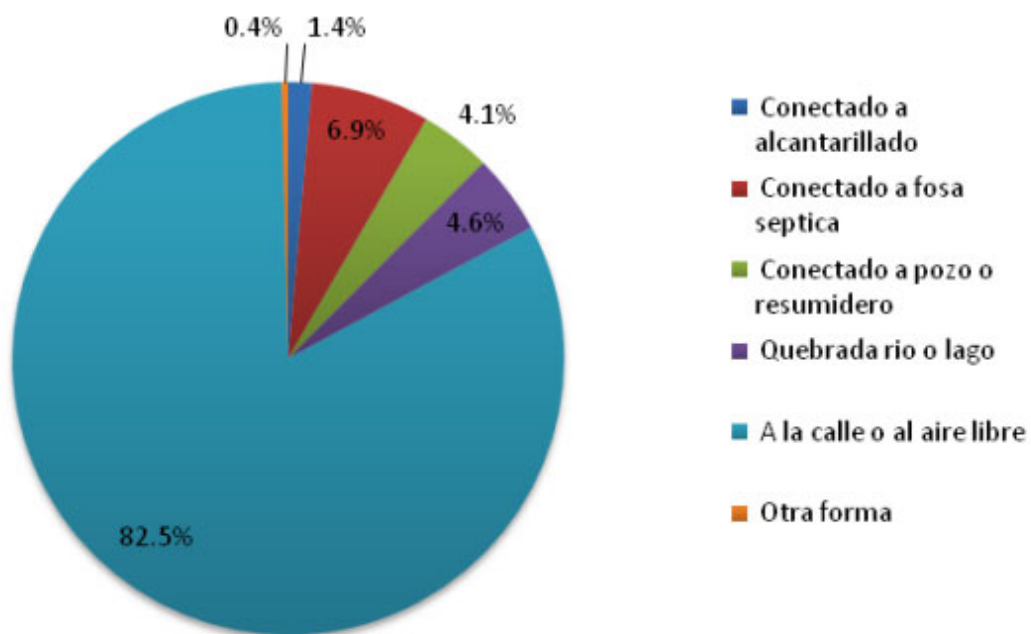


Gráfico 2.5.2. Tratamiento de aguas residuales, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

Tratamiento de Eliminación de la Basura.

En la actualidad, la alcaldía municipal de Comasagua presta a la ciudadanía de la zona urbana, con eficiencia y regularidad, el servicio de recolección de los desechos sólidos domiciliarios. El alcance de su cobertura, no obstante, es restringido al área rural (85.2% de hogares).

Los residentes de cantones y caseríos, ubicados en las zonas rurales, están obligados a buscar soluciones alternativas a la carencia de ese servicio, recurriendo frecuentemente a la costumbre de incinerar o enterrar la basura.

En cuanto al tratamiento de la basura en el municipio de Comasagua el 33.5% de los hogares utilizan la forma de la combustión esta es una manera inadecuada debido a la creación de contaminación del aire y la tierra generando enfermedades de las vías respiratorias en la población, el 22.9% tiene acceso a la cobertura del servicio municipal de recolección de desechos sólidos, y otro porcentaje de la población 22% tira la basura en la calle, predios baldíos o barrancas.

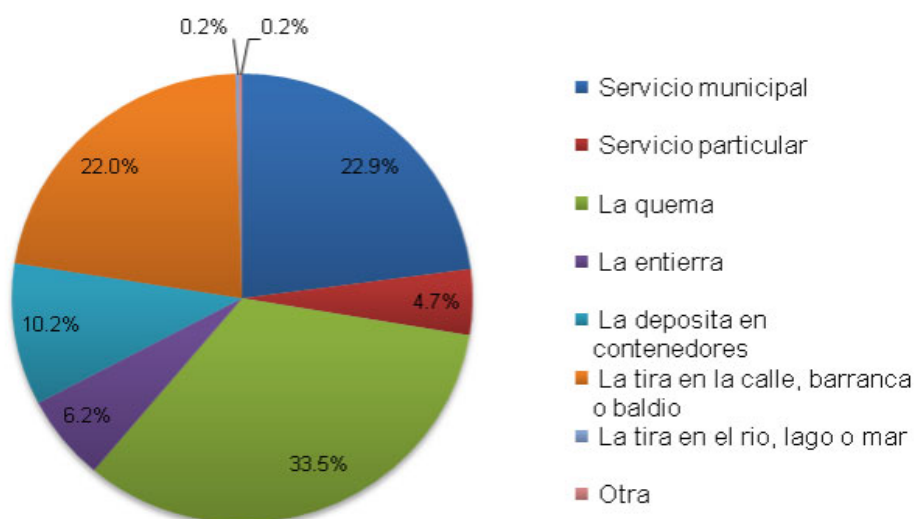


Gráfico 2.5.3. Tratamiento de eliminación de la basura, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

Abastecimiento de Agua de la Vivienda.

En el municipio de Comasagua el 52.5% de hogares, en 2009, tenía acceso al vital líquido a través de cañería. Sin embargo, había una diferencia de treinta y uno puntos porcentuales entre las áreas urbana y rural, dándose en esta última una deficiencia de grandes proporciones en el acceso al servicio de agua por cañería, chorro o pila pública. Al carecer de este servicio, los ciudadanos se ven obligados a abastecerse en pozos, ríos, nacimientos naturales u otras fuentes; a esta carencia se suma el hecho de que, a pesar de las campañas de saneamiento desarrolladas por los promotores de salud, en los hogares no está generalizada

la práctica de potabilizar el agua extraída de tales fuentes, con lo cual la salud de los usuarios queda expuesta a la contaminación microbiológica o por elementos químicos.

Por otro lado, el 36.8% de los hogares del municipio de Comasagua poseen cañerías fuera de la vivienda, pero dentro de sus propiedades, el 26.7% se abastecen de un ojo de agua, río o quebrada, el 15.8% de la población se abastecen de un chorro o pila pública, mientras que el 15.7% poseen cañerías dentro de la vivienda. Al sumar los porcentajes de la población que posee cañería se puede inferir que más del 60% tiene acceso al servicio de agua potable beneficiando a la población mejorando sus condiciones de vida. El Matazano y la zona urbana son los lugares donde existe más acceso al agua potable para sus habitantes.

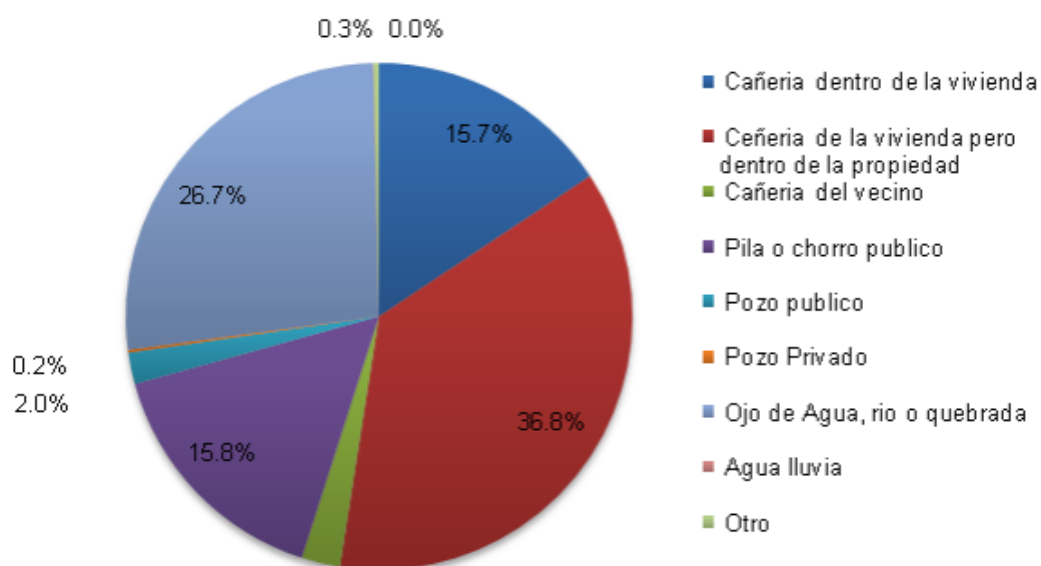


Gráfico 2.5.4. Abastecimiento de agua de la vivienda, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

Tipos de Alumbrado en los Hogares.

El 77.5% de la población cuenta con servicio de energía eléctrica en su hogar, sea a través de conexión propia o de la del vecino. Una minoría de hogares de la zona urbana (6.9%) y una buena cantidad de la zona rural (28.1%) se ven obligados a iluminar sus viviendas con candiles y lámparas a base de kerosene o gas, y hasta con candelas (el 13.8% utilizan candelas como fuente de iluminación mientras que el 8.3% utilizan gas o kerosene): por carecer de medios materiales para hacer la acometida a la vivienda cuando no hay tendido eléctrico en la comunidad; por falta de capacidad de pago para sufragar el costo de la instalación y del consumo mensual de electricidad; o por la combinación de ambos factores. Los otros tipos de alumbrado poseen porcentajes muy bajos.

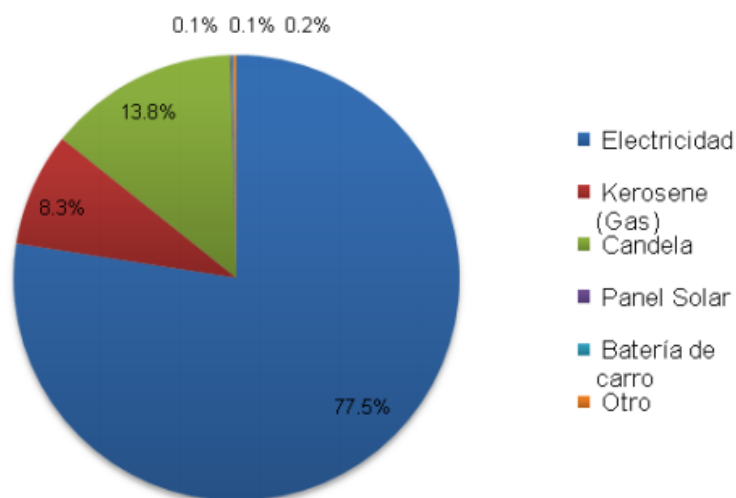


Gráfico 2.5.5. Tipos de alumbrado en la vivienda, Municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2005.

Actividades Productivas.

El producto ancestral del municipio fue el Bálsamo y después sustituido por el Café, que sigue siendo su principal actividad económica generadora de empleo. La venta de la producción la realizan a través de los recibideros de café y el procesamiento básico o agroindustria cafetera se realiza en los beneficios de café. Además del café, la producción agropecuaria es variada siendo los productos de mayor cultivo: los granos básicos, las plantas hortenses y frutícolas. Además, sobresale la industria ganadera en el procedimiento de lácteos en forma artesanal, hay crianza de ganado vacuno, porcino, caballar, mular y aves de corral. Su economía es básicamente de subsistencia. Según el Censo Nacional

de Población y Vivienda 2007, una de las principales actividades económicas de los habitantes del Municipio es la Agricultura, ya que el 36.7% de los hogares la señala como su principal actividad. Otras actividades económicas son la caficultura, la pesca artesanal y el turismo. En el comercio local existe un Mercado Municipal, tiendas de mayoreo, otras tiendas y bazares.

La diversidad de productos que se cultivan se divide por zonas, en la zona sur los principales cultivos son los granos básicos, mientras que en la zona norte el uso de la tierra es destinado además de frutas y hortalizas principalmente al cultivo de café.

2.6. Recursos Hídricos del Municipio.

El municipio de Comasagua cuenta con una gran cantidad de ríos. Riegan el Municipio los ríos: San Vicente o Cuyanigua, Comasagua, Los Leones, El Refugio, La Estrella, San Antonio, Majahual, San Carlos, Los Castillos, El Púlpito, Las Lajas, Las Nubes, El Corral o Las Ventanas, La Pulpa, Chilama, El Jocote, El Sirinal, Quebrada Honda, El Chorrerón, La Máquina y el Naranja; las quebradas: Los Naranjos, Chagüite, El Pepetal, Albesía o la Caridad, El Tanque, Planón, Santa Isabel, El Pastorío, El Copinol, El Naranja o El Aguacate, La Quebradona, El Sunza, El Huiscoyol, El Nacimiento o Peña Colorada, El Cubo, El Tapón, El Triunfo, El Paraíso, El Puenteillo, El Nance, El Júcaro y El Diablo. Los principales ríos del municipio de Comasagua, se encuentran:

San Antonio. Se forma de la confluencia de varias quebradas, 3 km al Suroeste con una longitud de 3.2 km dentro del municipio y es límite con el municipio de Tamanique. Desemboca en el río San Vicente.

El Refugio. Confluencia de varias quebradas, se extiende 2.4 km dentro del municipio de Comasagua, se une al río La Estrella y dan origen al río San Antonio.

San Vicente. Se forma de la confluencia de los ríos El Refugio y La Estrella a 2.8 km al Suroeste de municipio, además sirve de límite con el municipio de Tamanique; se extiende 10.5 km dentro del municipio.

Comasagua. Nace a 1.9 km al Noroeste del casco urbano del municipio. Recorre 17.5 km dentro del municipio y es límite con el municipio de Santa Tecla.

Los Leones. Ubicado a 1.5 km al Oeste de Comasagua, recorre 10.2 km dentro del municipio.

La Máquina. Nace a 1.3 km al Sureste del municipio de Comasagua; recorre 5.5 km dentro del municipio.



Imagen 2.6.1. Mapa de ríos que atraviesan el municipio de Comasagua. Fuente QGIS, año 2019.

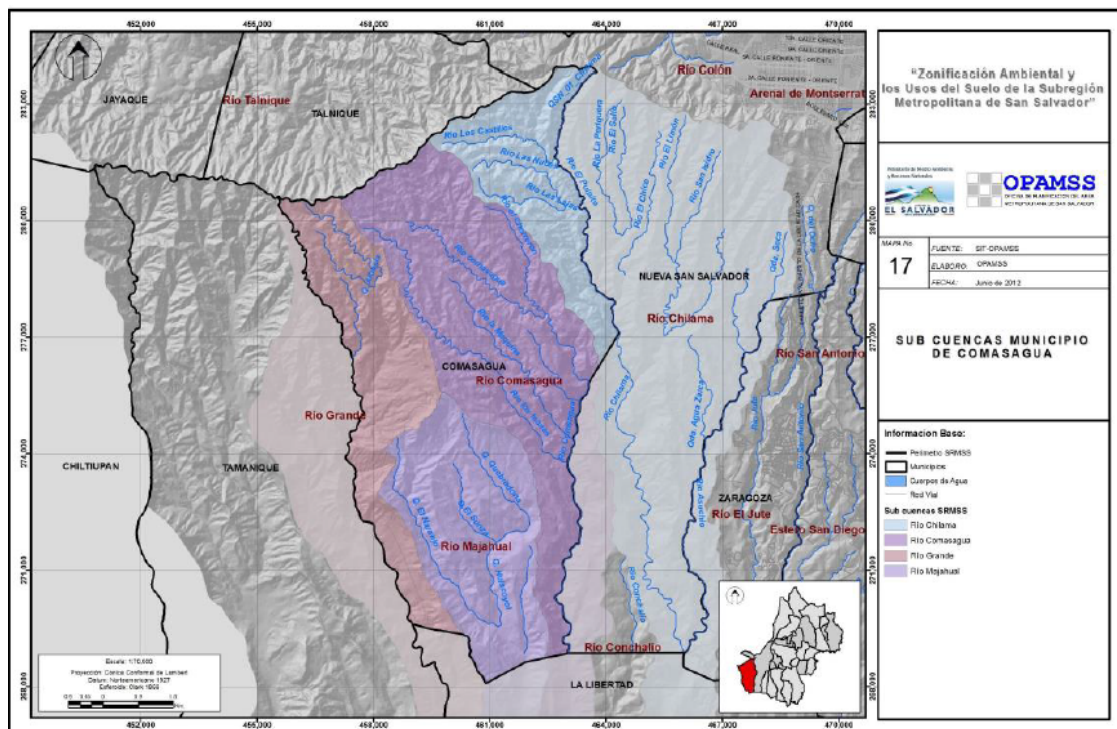


Imagen 2.6.2. Sub cuencas del municipio de Comasagua. Fuente Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, año 2012.

2.7. Organizaciones de Salud y Asistencia Social.

El municipio de Comasagua cuenta con cuatro Unidades Comunitaria de Salud Familiar (UCSF) de las cuales tres son Unidades Comunitarias de Salud Familiares Básicas (UCSFB) ubicadas en los cantones: El Conacaste, El Matazano, La Shila; estas UCSF brindan atención en salud y servicios básicos tales como: promoción de la salud, prevención de enfermedades, curaciones, rehabilitación y salud ambiental ; también en ellas se realizan procedimientos de pequeña cirugía, inyecciones, curaciones, vacunación, rehidratación oral e

inhaloterapia. Su horario de atención es de ocho horas diarias y en los lugares donde hay Ecos Familiares son la sede de los mismos.



*Imagen 2.7.1. Unidad Comunitaria de Salud Familiar Intermedia (UCSFI) de Comasagua.
Fuente Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, año 2017.*

En el casco urbano de Comasagua se encuentra ubicada la Unidad Comunitaria de Salud Familiar Intermedia (UCSFI) donde se brindan los servicios identificados para las UCSF Básicas, así como servicios de odontología, laboratorio clínico, salud ambiental, entre otros.

Nombre del Centro de Salud	Microred	Tipo de USCF	Área	Personal Médico					Personal de Enfermería			Promotores de Salud
				Total	Médicos General	Médicos Especialistas	Médicos Administrativos	Médicos en Servicio Social	Total	Auxiliar de Enfermería	Lic. en Enfermería	
UCSFB Comasagua LI El Conacaste	Cordillera del Bálsamo	B	R	0					2	1	1	3
UCSFB Comasagua LI El Matazano	Cordillera del Bálsamo	B	R	0					2	1	1	3
UCSFB Comasagua LI La Shila	Cordillera del Bálsamo	B	R	1				1	2	1	1	3
UCSFB Comasagua LI El Matazano	Cordillera del Bálsamo	I	U	6	2			4	2	1	1	6

*(B=Básica; I=Intermedia; E=Especializada)

** (U=Urbana; R=Rural)

Tabla 2.7.1 Centros de Salud y su personal médico, de enfermería y promotores de salud, según micro región, tipo de Unidad Comunitaria de Salud Familiar (USCF) y área geográfica. Fuente Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, año 2016

2.8. Organizaciones Religiosas.

En el municipio de Comasagua, existen dos grupos religiosos principales:

- Católicos
- Protestantes.

Se encuentra una iglesia católica, llamada Parroquia San Mateo Apóstol, ubicada frente al parque central de municipio, cuyo patrono es San Mateo Apóstol; y 6 iglesias evangélicas, entre ellas:

- Iglesia de Dios (Israelita) Comasagua.
- Iglesia Cristo Vive Comasagua.
- Misión Bautista El Rosario, Comasagua.
- Iglesia Cantón El Matazano
- Iglesia Comunidad Cristiana.
- Templo Cristiano Cantón El Cacique



Imagen 2.8.1. Fotografía de Parroquia San Mateo Apóstol, Comasagua. Fuente La Prensa Gráfica, año 2018.

2.9. Administración del Municipio.

Para su administración Comasagua se encuentra dividido en 9 cantones y 59 caseríos. Siendo sus cantones:

1. El Conacaste
2. El Faro
3. El Matazano
4. El Peñón
5. El Rosario
6. La Shila

7. San Antonio
8. San Francisco El Potrerón
9. San José El Porvenir

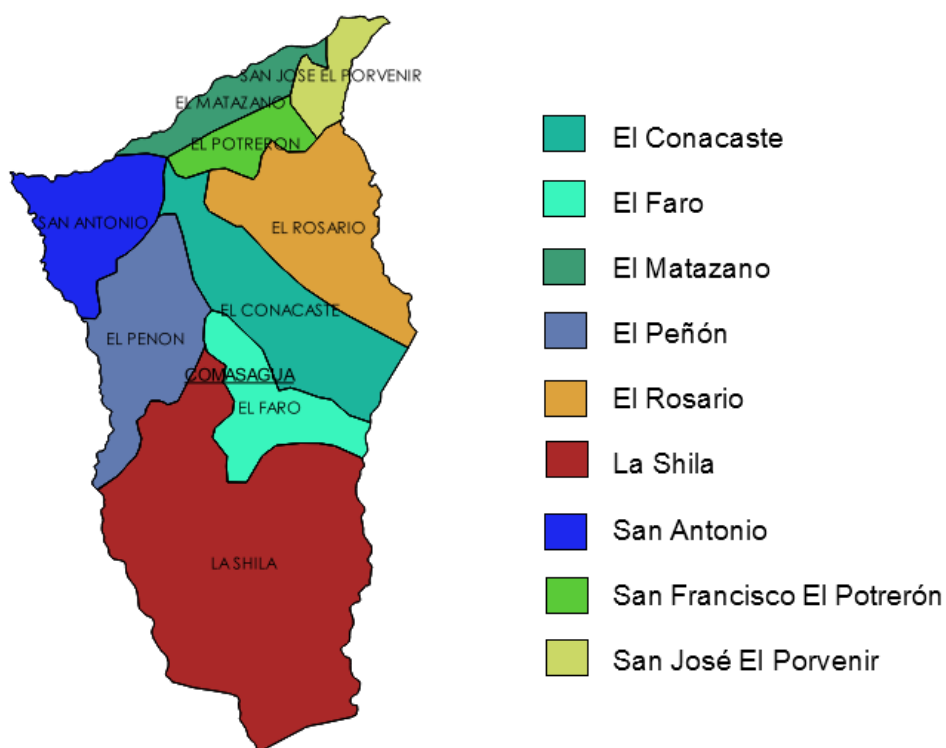


Imagen 2.9.1. Mapa de ubicación de cantones del municipio de Comasagua. Fuente QGIS, año 2019.

En el siguiente cuadro, se muestra la distribución de los caseríos pertenecientes al municipio de Comasagua:

Municipio.	Cantones.	Caseríos.
Comasagua.	1. El Conacaste	El Conacaste
		Los Ranchos
		San Luis El Guineo
		San Rafael
		El Cacique
		Las Margaritas
		El Tránsito
		Colonia San Marcos
	2. El Faro	El Faro
		La Lima
		El Mora
		El Pastorcillo
	3. El Matazano	El Matazano
		Santa Adela
		La Sirena
		El Achiote
		La Papaya
		Los Zacatales
		San José El Porvenir
	4. El Peñón	El Peñón
		La Redonda
		Cuyanigua
		El Júcaro
	5. El Rosario	El Rosario
		La Pepetera
		Santa María
		El Cashal
		El Pinal
El Anono		
El Mirador		

Tabla 2.9.1a. División administrativa del municipio de Comasagua. Fuente Monografía del Depto. De La Libertad.

Municipio.	Cantones.	Caseríos.
Comasagua.	6. La Shila	La Shila
		El Tablón o Lomas de Miramar
		El Aguacate
		El Sitio
		El Ojushtal
		El Irayol
		Cuyanigua
		La Loma
	7. San Antonio	San Antonio
		Bellos Celajes
	8. San Francisco El Potrero	San Francisco El Potrero
	9. San José El Porvenir	San José El Porvenir
		El Combo
		El Achiote
		La Papaya

Tabla 2.9.1b. División administrativa del municipio de Comasagua. Fuente Monografía del Depto. De La Libertad.

El gobierno local esta ejercido por un concejo municipal multipartidario, integrado por un alcalde, un síndico y varios regidores.



Imagen 2.9.2. Alcaldía Municipal de Comasagua. Fuente Mi Pueblo y Su Gente, año 2012.

La alcaldía del municipio de Comasagua cuenta con una estructura organizativa y manuales de funciones y descripción de puestos aprobados por el Concejo Municipal en el año de 2008, Aunque se considera que esta estructura ha variado y no está actualizada al 2011, los descriptores de puestos no han sido divulgados totalmente; además, se necesita un Reglamento Interno de Trabajo.

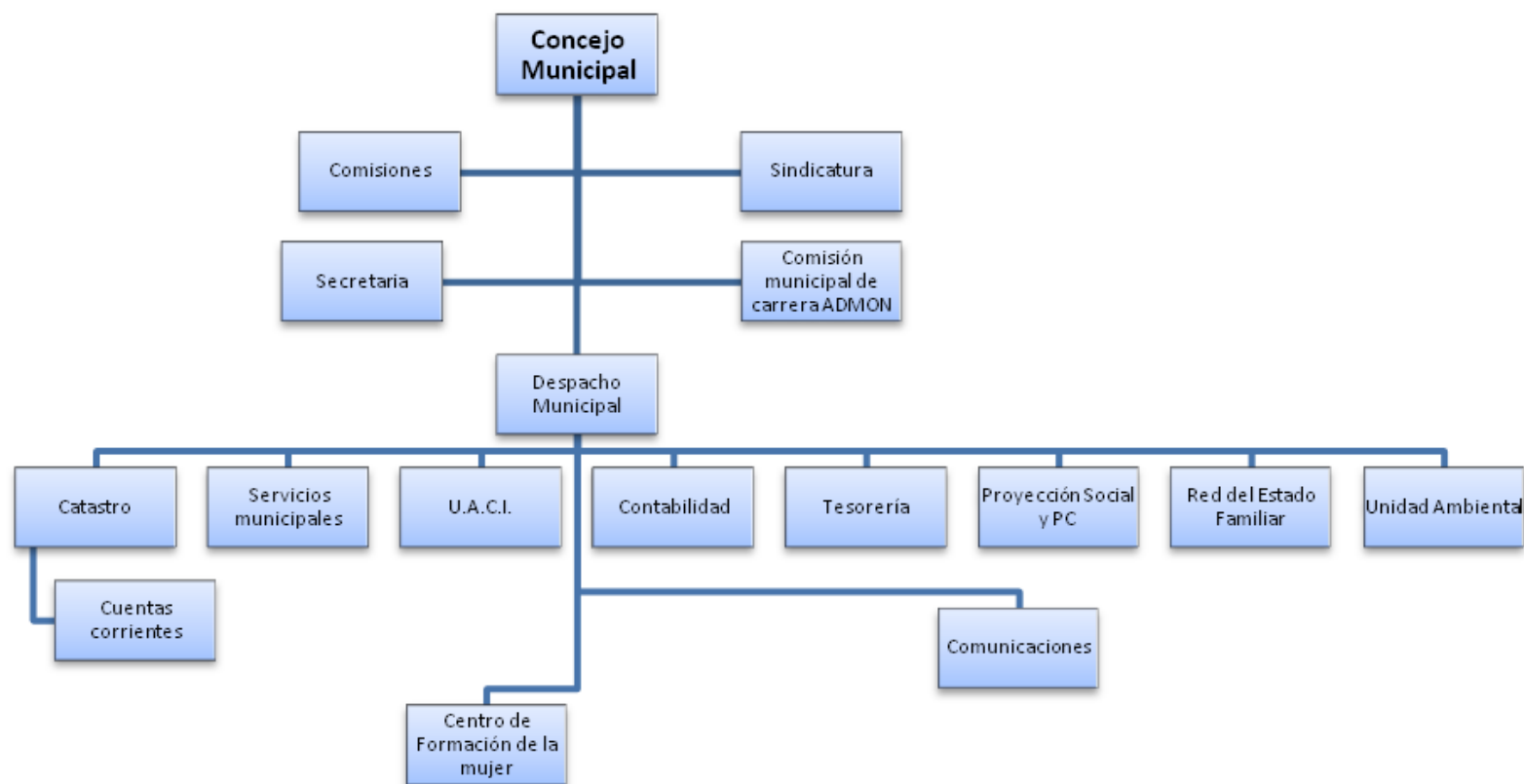


Diagrama 2.9.1. Organigrama Funcional de la Alcaldía del municipio de Comasagua. Fuente Alcaldía municipal del municipio de Comasagua, año 2010.

2.10. Sistema Educativo del Municipio.

Años de escolaridad promedio.

Para 2009 el promedio de escolaridad dentro era de 4.0 años o grados aprobados: 4.9 en el área urbana y 3.7 en el área rural.

Con relación a la tasa bruta de escolaridad parvularia a escala municipal, es de 41.0%; para el área urbana es de 26.8% y para el área rural de 44.6%. Al desagregar este indicador según el sexo, se registra una tasa de 42.3% la masculina y la femenina de 39.6%, registrándose una brecha de género de 2.7 puntos porcentuales desfavorables para la población femenina.

La tasa bruta de escolaridad primaria es de 88.5%; siendo de 95.4% en el área urbana y de 86.5% en la rural. Según el sexo, se registra una tasa de 90.1 % la masculina y la femenina de 86.8%; con una brecha de 3.3 puntos porcentuales entre hombres y mujeres, desfavorable para las mujeres.

Respecto a la tasa bruta de escolaridad media, ésta alcanza el 21.8 % (39.0% en el área urbana y 16.8% en el área rural); de 23.2% para hombres y 20.2% para las mujeres, lo que arroja una brecha de 3.2 puntos porcentuales también desfavorable para la población femenina.

El mejor nivel de educación alcanzado por la población de Comasagua es el de primaria, aun cuando las mujeres son el grupo poblacional menos favorecido con el acceso a este servicio, pero es el nivel donde la mayoría recibe educación (de cada 100 mujeres 86.8 estudian hasta sexto grado), lo que también es alentador

al ver que por lo menos este objetivo del milenio (que el 100% reciban educación primaria) se puede alcanzar.

Indicadores socio-económicos	Total	Urbano	Rural	Masculino	Femenina
Número de personas	11,870	2,872	8,998	5,966	5,904
Número de hogares	2,605	680	1,925	1,797	808
Escolaridad promedio (en años)	4.0	4.9	3.7	4.3	3.7
Tasa de alfabetismo adulto (mayores de 15 años)	73.7	82.4	70.7	78.4	69.0
Tasa bruta de escolaridad parvularia	41.0	26.8	44.6	42.3	39.6
Tasa bruta de escolaridad primaria	88.5	95.4	86.5	90.1	86.8
Tasa bruta de escolaridad media	21.8	39.0	16.8	23.2	20.2
Porcentaje de personas receptoras de remesas	4.5	4.2	4.6	3.7	4.2
Porcentaje de hogares con déficit habitacional	55.5	40.0	61.0	na	na
Porcentaje de hogares con acceso a agua (dentro de casa)	52.5	75.4	44.4	na	na
Porcentaje de hogares con acceso a alumbrado	77.5	93.1	71.9	na	na
Porcentaje de hogares con acceso a servicios de recolección de basura	27.6	85.6	7.2	na	na
Porcentaje de hogares con saneamiento por alcantarillado	13.8	35.4	6.1	na	na
Porcentaje de hogares que utilizan leña para cocinar	62.5	32.2	73.5	na	na
Porcentaje de hogares con servicio de internet	0.1	0.3	0.0	na	na
Porcentaje de hogares con servicio de teléfono	9.4	23.0	4.8	na	na

Tabla 2.10.1. Indicadores socio-económicos del municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2009.



Imagen 2.10.1. Centro Escolar Estados Unidos de América, municipio de Comasagua. Fuente Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, año 2009.

Tasa alfabetismo adulto.

La tasa de alfabetismo en personas mayores de 15 años es de 73.7%. Entre la población femenina esa tasa es de 69.0% y entre la masculina de 78.4%, es decir, se registra una brecha de género de 9.4 puntos porcentuales.

Infraestructura y Oferta de Servicios Educativos (Primaria, secundaria, bachillerato, universidades y tecnológicos).

Los servicios educativos en el municipio de Comasagua ofrecen educación parvularia, primaria, básica y bachillerato, pero carece de centros de estudios de institutos tecnológicos y universidades.

Con respecto a la infraestructura educativa, 7 de los 9 cantones cuentan con centros educativos que cubren desde kínder a noveno grado, a excepción de los cantones de San José El Porvenir cuya escuela solo tiene hasta cuarto grado y San Francisco El Potrerón que no tiene escuelas. El bachillerato se brinda solamente en el cantón El Conacaste y en el Centro Urbano.

Algunas infraestructuras escolares que ha estado disponible entre los años 2005 a 2009, han sufrido daños debido a la depresión tropical que en 2011 afectó a El Salvador; por ejemplo, la Escuela La San Antonio se vio afectada en la estructura de techos, en pisos, en las paredes, etc., por lo que el Gobierno Local ha tenido que gestionar recursos a cooperantes nacionales e internacionales para su reconstrucción.

2.11. Topografía.

En el municipio de Comasagua, por su ubicación, existen una gran variedad de accidentes geográficos, pero los de mayor importancia son los cerros de:

El Refugio. Está situado al Oeste de Comasagua, a unos 1.5 km, con una elevación de 1,200 msnm.

Plan del Mora. Ubicado a 5.5 km al Sureste del casco urbano de Comasagua; tiene una elevación de 792 msnm.

El Mal Paso. Situado a 8.1 km del municipio de Comasagua, rumbo al Sureste del casco urbano. Su elevación es de 507 msnm.

Loma La Montañita. Con una elevación de 1,250 msnm, está ubicado al Oeste de Comasagua a una distancia de 2.8 km.

2.12. Condiciones climatológicas.

Se caracteriza aspectos como: tener terrenos ondulados y accidentados, los suelos son arcillosos y francos, con cultivos de café en los alrededores. El monto pluvial anual oscila entre 1,800 y 2,200 mm.

En cuanto al clima este se clasifica como Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada (de 800 a 1,200 msnm), la elevación es determinante (1,010 msnm), en otras palabras, conocida como “Bosque húmedo subtropical” (con biotemperatura y temperatura del aire, medio anuales de <24 °C). Los rumbos de los vientos son predominantes del Norte durante la estación seca y la estación lluviosa, la velocidad promedio anual es de 8 km/h.

La temperatura media anual en Comasagua se encuentra a 21.0 °C. Al año, se estima que alrededor de precipitaciones de 2,047 mm de lluvia cae sobre Comasagua. El mes más seco es febrero, con 2 mm. En septiembre, 430 mm viene siendo la caída media, que es el mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año, por lo tanto, la diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 428 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 2.3 °C.

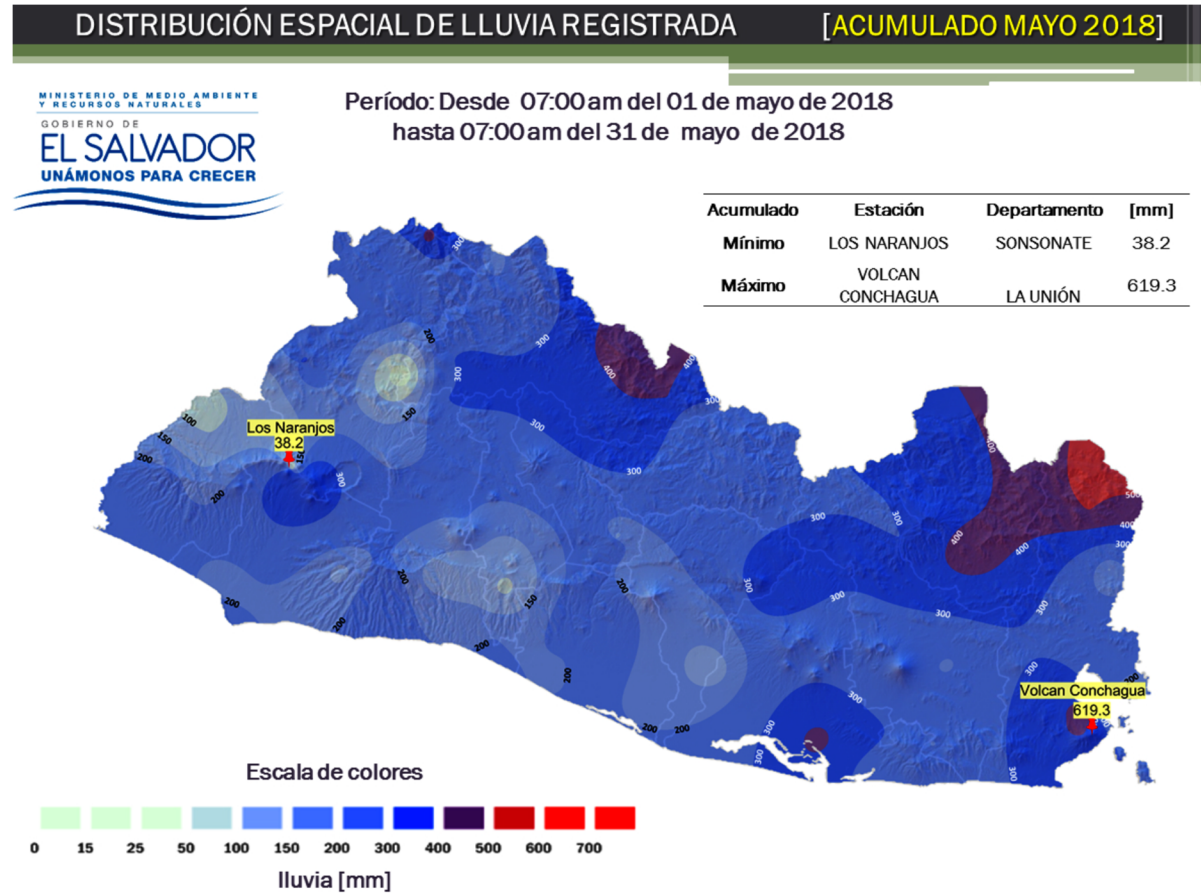


Imagen 2.12.1a. Precipitación acumulada del mes de mayo del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.

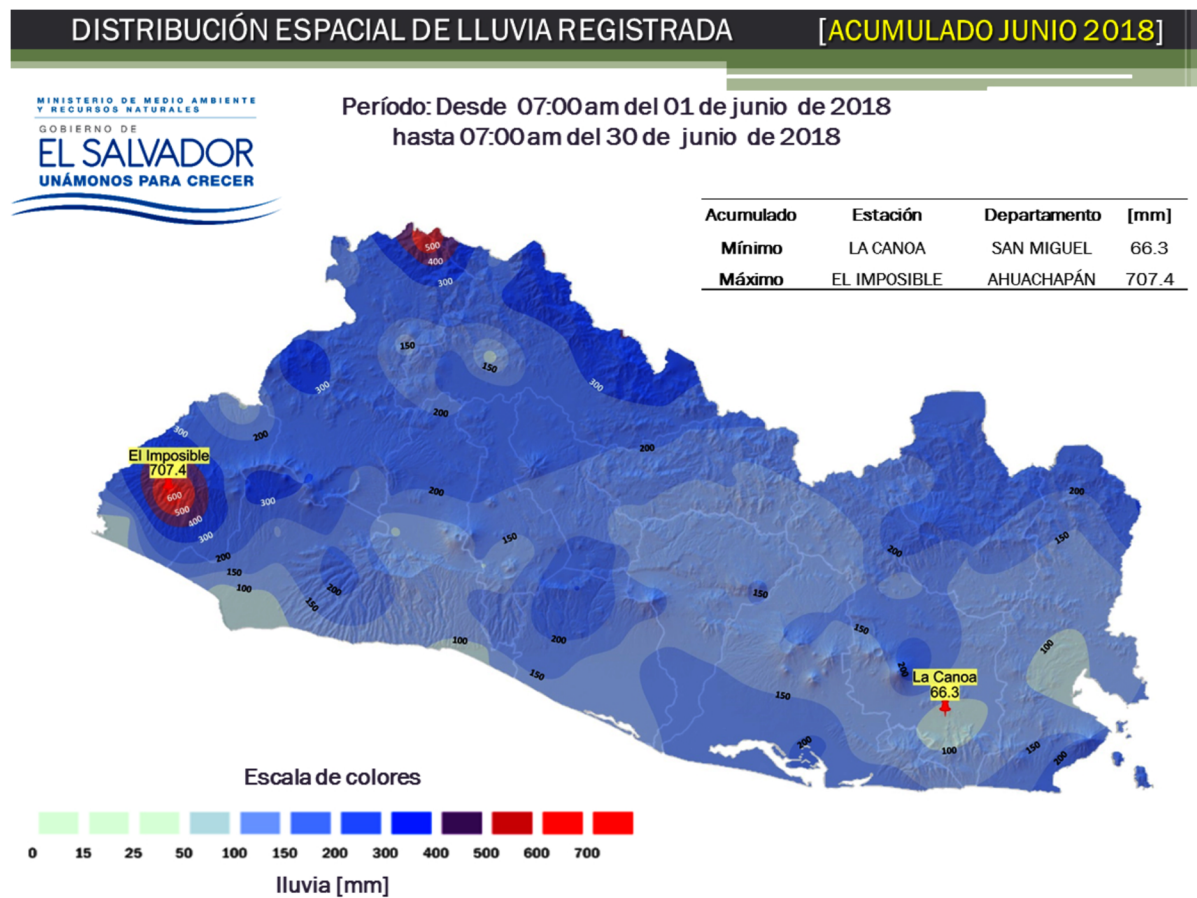


Imagen 2.12.1b. Precipitación acumulada del mes de junio del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.

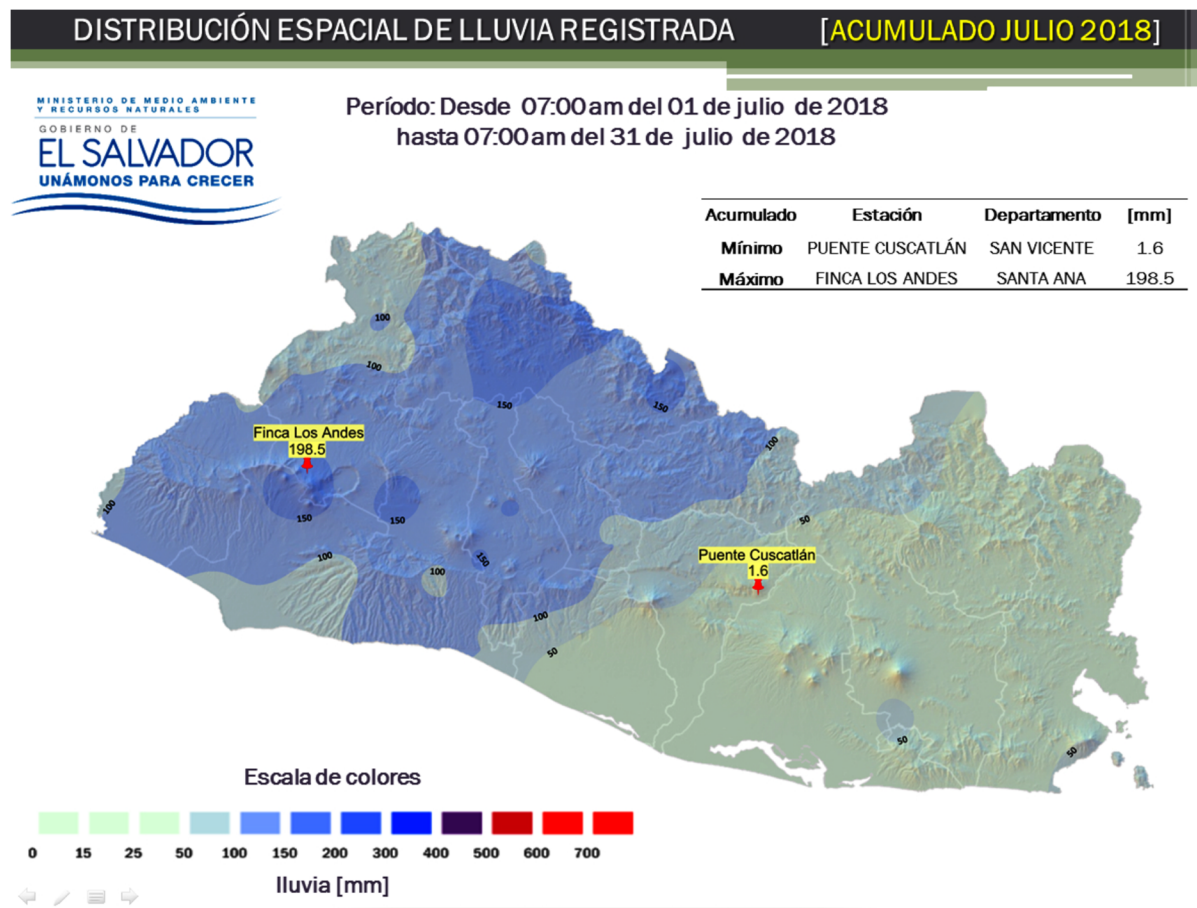


Imagen 2.12.1c. Precipitación acumulada del mes de julio del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.

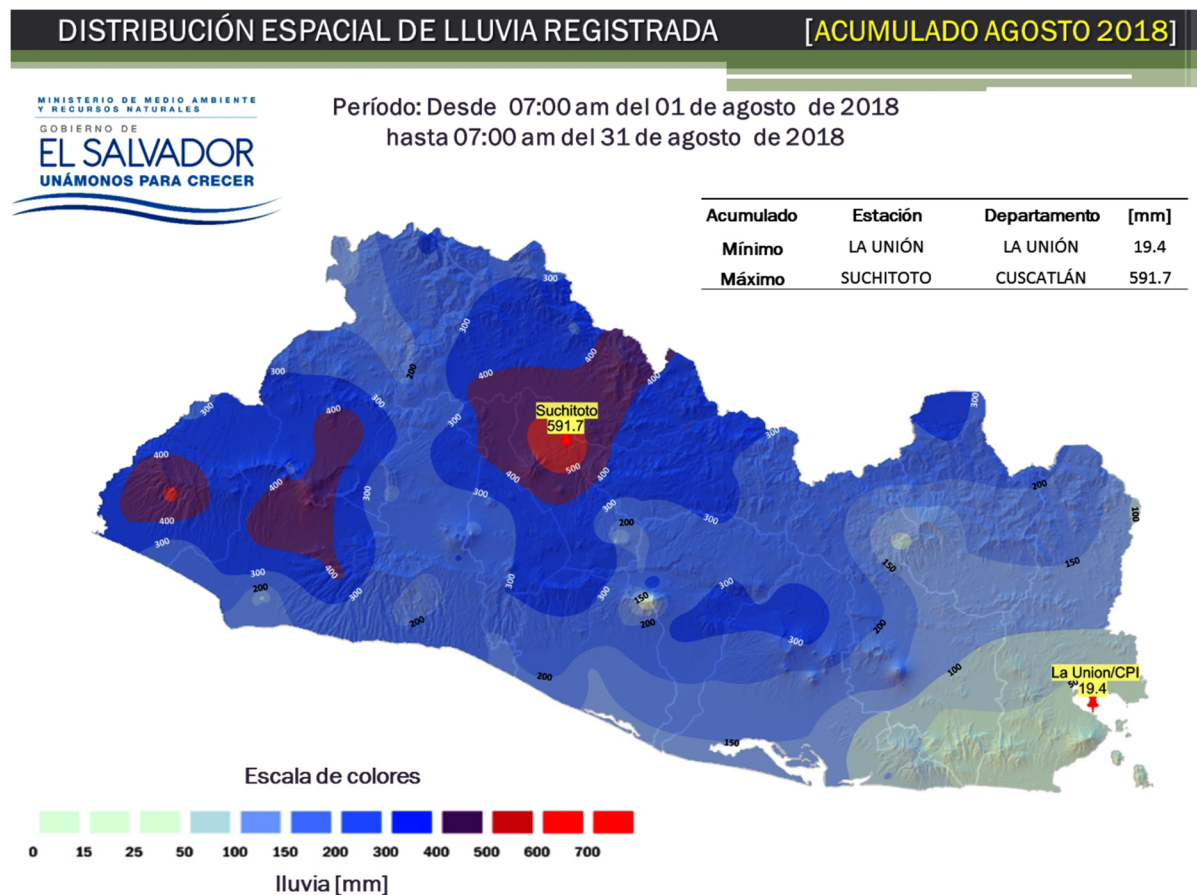


Imagen 2.12.1d. Precipitación acumulada del mes de agosto del año 2018. Fuente Servicio Nacional de Estudios Territoriales, año 2018.

Dentro del gran ecosistema de la zona Sur del departamento de La Libertad, donde se ubica Comasagua, se han identificado tres subsistemas agroecológicos: Área Cafetalera en la que aún persisten bosque seminebulosos; tierras intermedias dominadas por cultivos de granos básicos y grandes zonas subutilizadas, encontrándose algunas fincas cafetaleras de tipo bajío y tierras bajas que son áreas pobres debido a sus suelos pedregosos y poco fértiles, cubiertos generalmente por asocio de pastos naturales con matorrales y vegetación arbórea caducifolia.

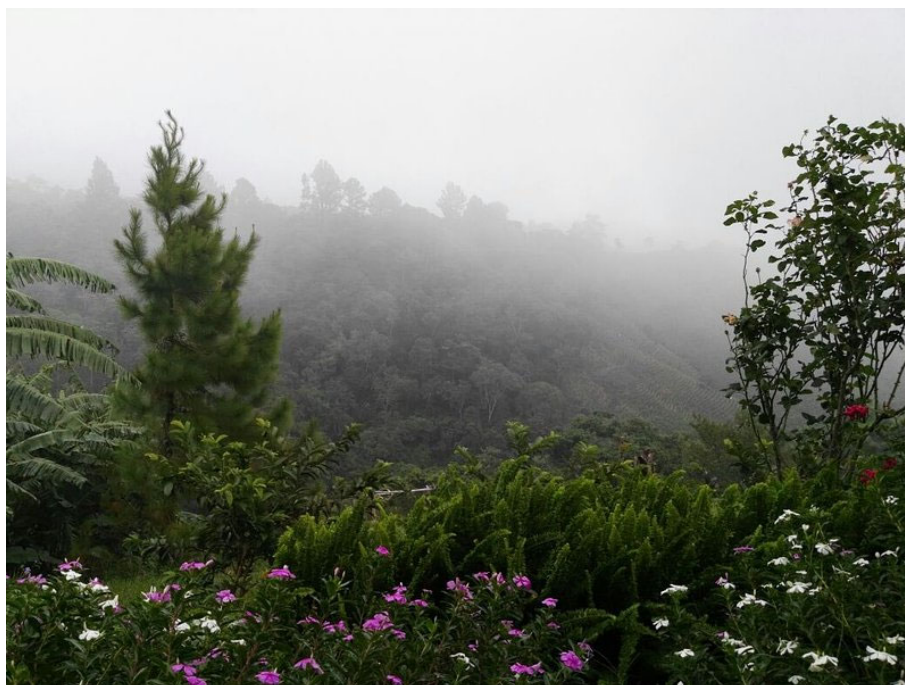


Imagen 2.12.2. Fotografía sobre uno de los cerros del Municipio de Comasagua, mostrando el clima que se presenta en buena parte del año. Fuente TripAdvisor, año 2019.

2.13. Tipos y Usos de Suelos.

El uso del suelo es principalmente agrícola, para el cultivo de granos básicos, pasto natural, café, variedad de cultivos y bosque.

Los tipos de suelo que se encuentran en su territorio son:

Latosoles Arcillo Rojizo, Andosoles y Litosoles. Fase ondulada a montañosa accidentada debido a zona volcánica, de pedregosidad, presente al Norte de municipio de Comasagua – La Libertad. Áreas para cultivos, pastos y bosques permanentes.

Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles. Fase pedregosa superficial, de ondulada a montañosa muy accidentada. Predominan las lavas y materiales piroclásticos pedregosos cementados. Áreas con cultivos, pastos extensos y bosques.

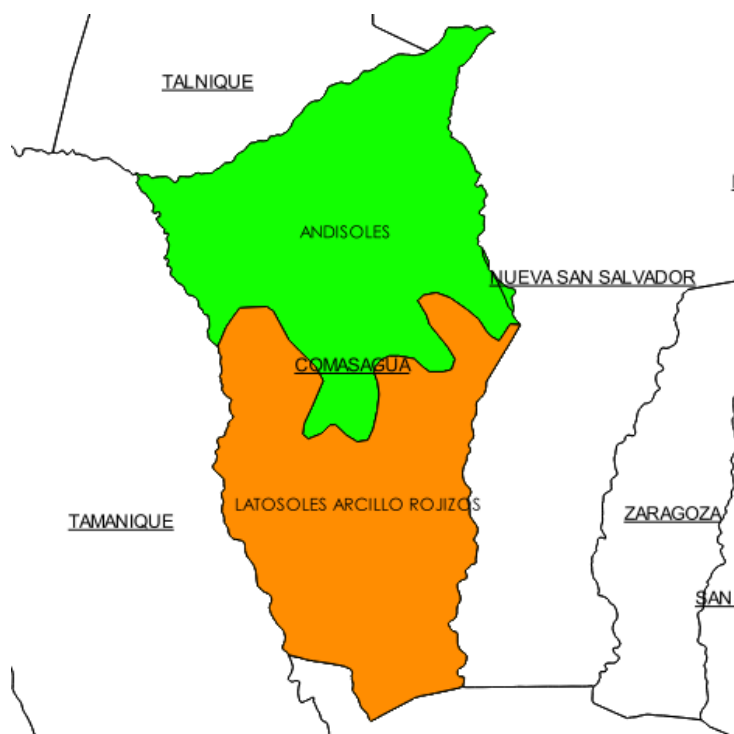


Imagen 2.13.1. Tipo de Suelos que están presentes en el Municipio de Comasagua. Fuente Shape de QGIS, año 2019.

2.14. Datos Poblacionales del Municipio.

La población del municipio de Comasagua, según el VI Censo de Población realizado por la DIGESTYC en 2007, ascendía a 11,742 habitantes, su composición por sexo es la siguiente: el 50.08% es de sexo masculino y el 49.92% es de sexo femenino.

POBLACIÓN	URBANA		RURAL		TOTAL	
	# de personas	%	# de personas	%	# de personas	%
Hombre	1,343	47,66	4,537	50,84	5,880	50,08
Mujeres	1,475	52,34	4,387	49,16	5,862	49,92
Total	2,818	100,00	8,924	100,00	11,742	100,00

Tabla 2.14.1. Población por sexo y zona urbana o rural. Fuente Censo de Dirección General de Estadísticas y Censos, año 2007.

Con respecto al área urbana la población hombres es de 47.66% y en el área rural la presencia hombres con un 50.84%. El porcentaje de Mujeres en el área urbana es del 52.34%, en comparación con el área rural en donde las Mujeres representan el 49.16%. De acuerdo al área de residencia, el 76.0% vive en el área rural y el 24.0% en el área urbana.

Respecto a los grupos por edades de la población, aproximadamente el 49.11% tiene edades que se sitúan dentro del rango de 0-19 años es decir 5,829 personas, le sigue el grupo de población es de 3,930 personas concentrada en el rango de edades que van de los 20 a 44 años que representan el 33.11% de población; 2,111 personas son mayores de 44 hasta 70 años, estas representan el 17.78%; y la menor cantidad de población es 446 que se sitúa en el segmento que va desde los 70 hasta los 95 y más años. Se puede afirmar entonces que es un municipio con población bastante joven, concentra la mayor parte de su población en las edades comprendidas entre los 0 y los 34 años, que son el 74% de la población total.

Índice de Desarrollo Humano (IDH).

Este aspecto importante mide los logros promedio de un país o de una región, en tres dimensiones básicas del Desarrollo Humano:

- a) La posibilidad de disfrutar de una vida larga y saludable;
- b) La capacidad de adquirir conocimientos y destrezas que le permitan a una persona participar creativamente en la vida.
- c) El logro de un nivel decente de vida.

En 2005, el FISDL indicó que el IDH de Comasagua fue de 0.74 ubicando el municipio en la categoría de Extrema Pobreza Alta, con una esperanza de vida de 71.3 años, la escolaridad promedio de 5.6 años y la tasa de desnutrición severa infantil del 2%. Para el año 2009, el IDH de Comasagua es de los más bajos del país (0.648), abajo del promedio de El Salvador que es 0.731, ocupando el rango 205 a nivel nacional, lo que lo ubica entre los últimos de los 262 municipios del país reflejando que la gente no tiene posibilidad de disfrutar de una vida larga y saludable, ni capacidad de adquirir conocimientos y destrezas que le permitan participar creativamente en la vida; lo que se resume en que tampoco pueden lograr un nivel decente de vida.

CAPÍTULO

III.

Fundamentos Teóricos sobre El Sistema de Alcantarillado Sanitario, Drenaje de Aguas Lluvias Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales.

3.1. Alcantarillado Sanitario.

El usuario o consumidor es el generador del problema de desalojo de las aguas utilizadas, ya sea aguas negras o aguas grises, se vuelve obligatorio la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario para desalojar las aguas servidas producidas. Se le conoce al Alcantarillado Sanitario o Red de Alcantarillado Sanitario, al sistema conformado por tuberías y estructuras complementarias necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales que la población genera en urbanizaciones y regiones.

Un estudio realizado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) concluyó que, durante el consumo de agua potable, alrededor de un 80% de un volumen de agua potable retorna por el alcantarillado sanitario y solo un 20% es utilizado por el consumidor. Por lo tanto, para la disposición de las aguas negras, se debe construir un sistema de alcantarillado sanitario para disponer de las aguas negras que produce una población, hacia zonas donde sea procesadas y tratadas estas aguas. El destino final de las aguas servidas podrá ser, tras un previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta la reutilización, pero esto dependerá del tratamiento que se le ha realizado y

también de condiciones particulares que muestre la zona de estudio. Los desechos líquidos generados en un entorno urbano, luego de haber sido utilizados para las distintas actividades de una población, estos desechos son compuestos principalmente de agua, sólidos orgánicos disueltos y en suspensión. En algunos países latinoamericanos, los alcantarillados en localidades medianas y grandes, en su mayoría, fueron diseñados y construidos para que en su funcionamiento sea de manera combinada, ya que se considera las aportaciones pluviales. Con el paso de los años y observaciones realizadas, se llegó a la conclusión de que este tipo de combinación de sistemas de aguas residuales y pluviales generó más problemas de contaminación, operativos y, además, la imposibilidad de poder tratar las aguas residuales durante época de lluvia. Sin embargo, en El Salvador no se ha encontrado indicios de implementación de alcantarillado combinado, según la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento en el documento Saneamiento para el Desarrollo, publicado en 2007.

3.1.1. Descripción e Importancia del Alcantarillado.

Actualmente, aún existen redes de alcantarillado combinados, estos reciben aguas residuales y pluviales debido a que están en zonas secas y las precipitaciones son escasas.

Por lo general, se componen de canales o tramos de sección circular, oval o compuesta por ambas, que discurren enterradas bajo la vía pública debido a la circulación de vehicular y los pasos peatonales.

Para cualquier población o centro urbano, la red de alcantarillado se considera un servicio básico. Además, las redes de alcantarillado son un requisito indispensable para la aprobación de construcción de nuevas urbanizaciones, ya que son utilizadas para recoger y trasladar las aguas residuales desde el lugar en el que se generan hasta el que se vierten o sean tratadas. Normalmente están contruidos por tuberías que funcionan por gravedad bajo la vía pública.

Décadas atrás, existía una problemática muy común para las redes de alcantarillado sanitario, y es que se le restaba importancia en comparación con la red de agua potable.

Hoy en día es igualmente importante realizar un correcto mantenimiento de la red de alcantarillado, evitando así los temidos atascos y futuros problemas.

Para ello, es necesario realizar una inspección previa con el fin de realizar un diagnóstico de las posibles incidencias y proceder a su reparación.

3.1.2. Tipos de Sistemas de Alcantarillado Sanitario.

Las alcantarillas combinadas se les conoce así debido a que transportan aguas residuales y aguas lluvias. Ahora los sistemas, por lo general, son separados. Los sistemas de alcantarillado modernos son clasificados como sanitarios cuando conducen solo aguas residuales, y pluviales cuando transportan

únicamente aguas producto del escurrimiento superficial del agua lluvia, y combinados cuando conduce simultáneamente las aguas domésticas, industriales y lluvias. Entonces, los sistemas de alcantarillado sanitario se clasifican como:

- **Alcantarillados por Gravedad.** Este tipo de alcantarillado se caracterizan por su dirección de flujo es, prácticamente, a la gravedad, esto debido a que el flujo obedece la forma de la topografía del sitio aprovechando de esta manera conformar la red en el lugar que se ubique el proyecto.
- **Alcantarillados a Presión.** Su ejecución depende de la problemática de no poder evacuar los fluidos con la ayuda de la gravedad y por lo tanto se debe implementar estaciones de bombeo, por lo general, son redes pequeñas.

Para determinar el tipo de alcantarillado a escoger se debe evaluar características como el tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Es más conveniente que la solución al problema para la disposición de las aguas residuales y aguas lluvias sean sistemas de alcantarillados separados.

3.1.2.1 Conveniencia de los Sistemas de Alcantarillados Separados.

Para ayudar a la disminución de la contaminación en el medio ambiente, se vuelve necesario construir plantas de tratamiento que resulten más económicas por unidad de volumen tratado cuando las cantidades de agua que manejan son

mayores. Es aquí donde surge la conveniencia de los sistemas separados, ya que los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores. Así, una planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar aguas residuales de cierto tipo.

3.1.3. Elementos del Alcantarillado Sanitario y Obras Accesorias.

Todo sistema de alcantarillado sanitario debe estar compuesto por:

- La red de tuberías o colectores, estos pueden estar abiertos o cerrados.
- También existen estructuras hidráulicas adicionales que se integra de las partes siguientes:
 - Estructuras de Captación.
 - Obras de Conducción.
 - Estructuras de Conexión y Mantenimiento.
 - Estructuras de Vertido.
 - Obras Complementarias.
 - Estaciones de Bombeo.
 - Vertederos.
 - Estructuras de Cruce.
 - Disposición Final.

3.1.3.1. Estructuras de Captación.

Éstas recolectan las aguas que se van a transportar. En los sistemas de alcantarillado sanitario, son conocidas estas estructuras como: las Conexiones Domiciliarias o Acometidas.

3.1.3.2. Obras de Conducción.

Es la parte más importante del sistema de alcantarillado debido a que transportan las aguas recolectadas hacia el sitio de tratamiento o vertido ya sea por conductos cerrados conocidos como tuberías, y los tramos abiertos llamados canales. Los materiales utilizados para tuberías de aguas residuales de origen doméstico en nuestro país son: Concreto simple, Concreto reforzado, Fibrocemento, Polietileno, Policloruro de Vinilo o PVC y Hierro Fundido.

El PVC rígido, se tanto utiliza para alcantarillas pluviales, como para alcantarillado sanitario y también el drenaje de aguas residuales. No se inflama fácilmente y puede unirse con pegamento. Disminuye su resistencia al aumentar la temperatura y se resquebraja cuando ésta disminuye. En cambio, el uso de tuberías de hierro fundido tiene sus ventajas: es resistente a muchos tipos de residuos químicos y puede soportar cargas externas pesadas; drenan terrenos normales o agresivos; son más utilizadas en la construcción de estructuras. Todas estas tuberías y estructuras se fabrican con materiales que deben cumplir ciertas especificaciones químicas, mecánicas y estáticas. Dichas condiciones se

determinan en base a la calidad de las aguas residuales, el flujo hidráulico, el tipo de suelo y los costos. Por lo tanto, para la selección del material de las tuberías, se debe tomar muy en cuenta la calidad del agua residual. La agresividad química se clasifica de acuerdo a la concentración del ión de Hidrógeno o valor de pH.

En la forma siguiente:

Valor de pH	Clasificación.
0 a 4	Fuertemente ácido.
$4 < 7$	Ligeramente ácido.
7	Neutro.
> 7 a 10	Ligeramente alcalino.
10 a 14	Fuertemente alcalino.

Tabla 3.1.1. Tabla sobre clasificación del pH en fluidos. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía

Los conductos dentro de la red son:

- **Emisario Final.**

Conduce las aguas servidas hasta el punto de vertido o tratamiento. La red puede tener más de un emisor y dependerá del tamaño de la localidad. No recibe conexiones adicionales en su recorrido.

- **Colector principal (Colectores).**

Son tuberías de gran diámetro que transportan o disponen de las aguas servidas hasta su disposición final, que, por lo general, son ubicadas en las partes más bajas de las ciudades.

- **Colectores Terciarios (Conexiones domiciliarias).**

Son las tuberías de diámetros menores que usualmente están bajo tierra, específicamente debajo de veredas y conectadas a subcolectores.

- **Colector secundario (Subcolectores).**

Estos colectores recogen las aguas residuales de los colectores terciarios y las conducen hacia los colectores principales. Son enterradas en las vías públicas. Inicia con la descarga domiciliar a partir del paramento exterior. El diámetro de la conexión domiciliar en la mayoría de los casos es de 6" o 15 centímetros, que es el mínimo exigido por ANDA.

El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a medida que se avanza en la red de alcantarillado, los caudales se acumulan y consecuentemente los diámetros de tuberías deben ser ampliados. De esta manera se obtienen los mayores diámetros en los tramos finales de la red. Para los tramos de conexión domiciliar la profundidad de tuberías será de 1.20 a 3.00m para protegerlas de variaciones de carga viva o de impacto. Si el espesor es menor a 1.20m deberá colocarse losetas de concreto armado sobre muros laterales de mampostería; y a profundidades mayores de 3.00m, se diseñarán colectores superficiales paralelos para conectar las acometidas domiciliarias. Mientras que para tuberías instaladas en pasajes peatonales la profundidad mínima será de 0.80m sin necesidad de protecciones. En el caso de la Pendiente, su valor mínimo para los tramos iniciales debe de ser del 1%, aunque también puede ser de 0.5% pero esto debe

ser justificado debidamente, siempre y cuando el material sea PVC y no se encuentre en tramos iniciales.

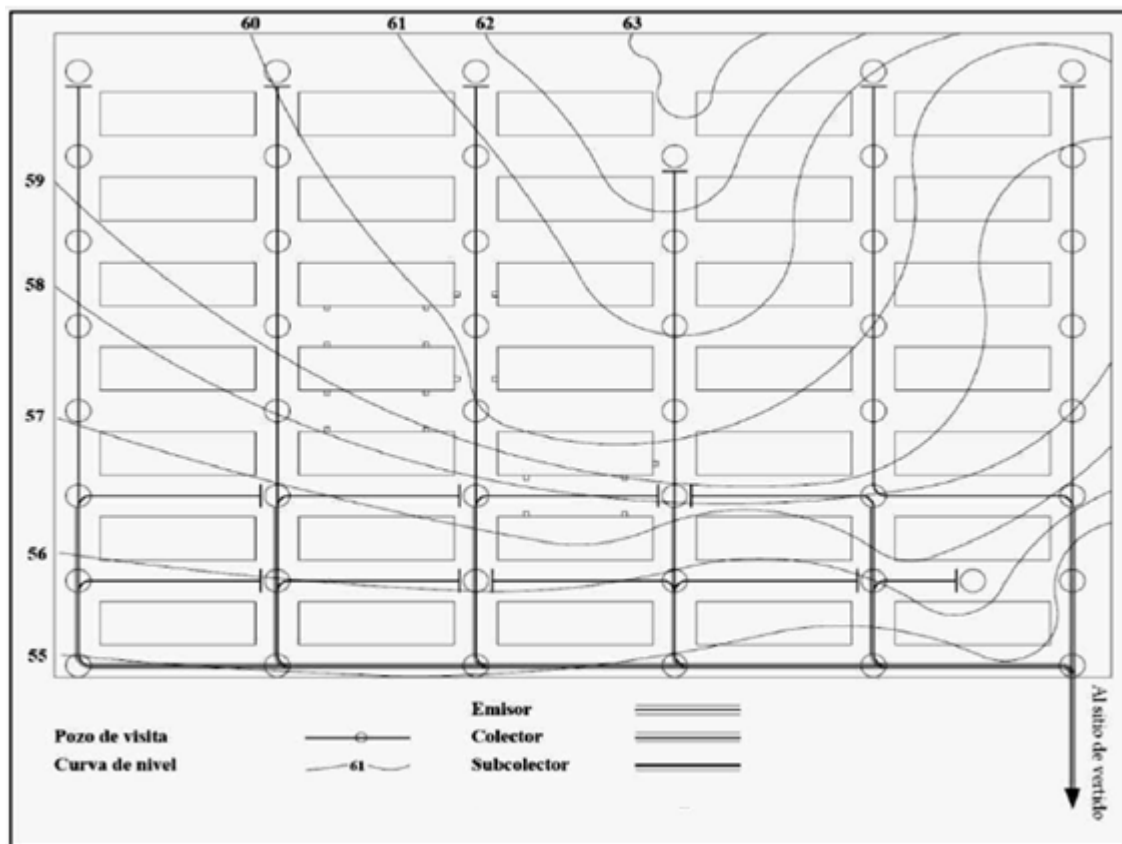


Imagen 3.1.1. Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía

Para la nomenclatura de ubicación de las alcantarillas según la normativa de ANDA, debe ser la siguiente: al costado sur de calles y ponientes de avenidas, se debe colocar las tuberías de alcantarillado sanitario, estas deben estar a 1.50m del cordón de la calle o a 0.60m para los pasajes peatonales. La red debe

ser diseñada a modo que los colectores sin excepción estén 20cm separado de las tuberías de abastecimiento de agua potable.

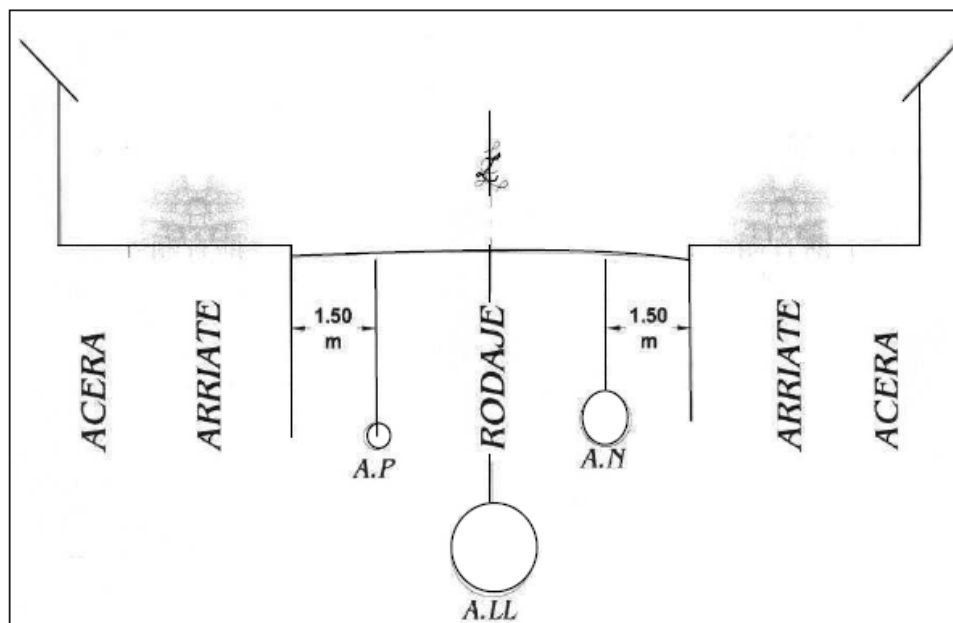


Imagen 3.1.2. Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía

3.1.3.3. Estructuras de Conexión y Mantenimiento.

Los Pozos de Visita son estructuras que sirven para la conexión de tuberías y además son de apoyo en el mantenimiento de las tuberías de la red de alcantarillado sanitario, sin importar el diámetro que llegue al pozo de visita. Además, disponen del tamaño suficiente para pueda entrar una persona al pozo de visita, hasta llegar al nivel en el cual están las tuberías que llegan, como la

que sale del pozo, y que también logre realizar trabajos de inspección o mantenimiento.

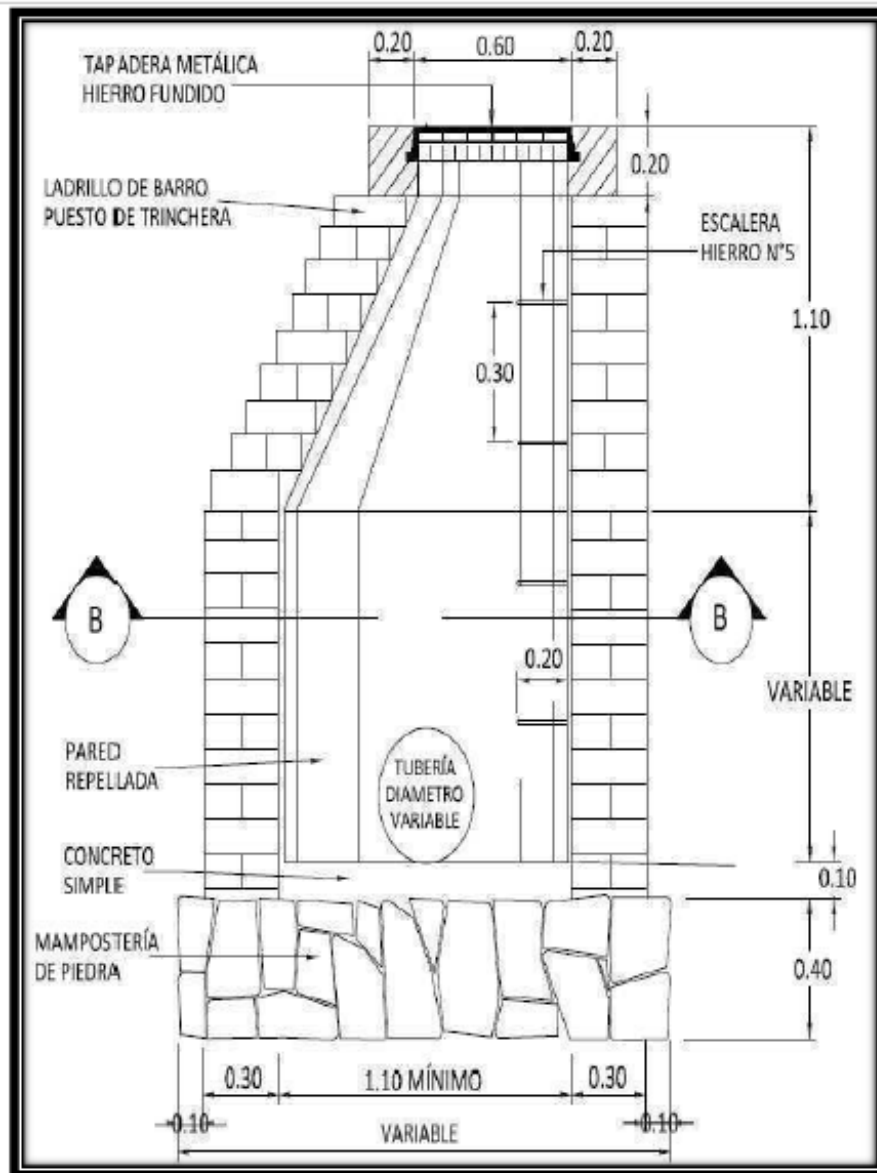


Imagen 3.1.3. Vista de perfil de un pozo de visita. Fuente: Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía.

3.1.3.4. Estructuras de Vertido.

Este tipo de estructuras son utilizadas para proteger y mantener libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, ya que evitan daños al tramo final de la red de tuberías pertenecientes al alcantarillado sanitario, que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.

3.1.3.5. Obras Complementarias.

Son tomadas como obras complementarias toda aquella estructura que ha sido considerada dentro del sistema de alcantarillado y que resulta de importancia en su relevancia para el correcto funcionamiento del sistema.

3.1.3.6. Estaciones de Bombeo.

Por lo general las estaciones de bombeo dificultan las operaciones y elevan los costos, sin embargo, se vuelve necesario el uso de este tipo de estructuras se tornan necesarias para cubrir tramos con pendiente hacia arriba o drenar terrenos planos. Por lo tanto, para determinar su implementación, debe considerarse las condiciones técnicas y económicas. Los contaminantes sólidos también deben ser bombeados conjuntamente con el agua residual.

3.1.3.7. Vertedores.

Son construidas para la derivación hacia otro cauce del agua, rebasando la capacidad de la estructura. Se combinan con otras estructuras de los sistemas de alcantarillado como canales o cajas de conexión, y es propiamente lo que se denomina como una Estructura de Control.

3.1.3.8. Estructuras de Cruce.

Son las estructuras que son colocadas para el paso por debajo de la tubería evitando obstáculos que de otra forma impedirían la construcción de una red de alcantarillado. Como, por ejemplo:

Sifones Invertidos: Es una estructura de cruce que permite durante la construcción de un colector o emisor salvar obstrucciones tales como arroyos, ríos, otras tuberías, túneles, vías de comunicación (pasos vehiculares a desnivel), etc., sobre el obstáculo.

3.1.3.9. Disposición Final.

Se refiere a punto final en donde las aguas residuales serán descargadas del sistema de alcantarillado. En la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural, sin embargo, actualmente se exige que las aguas residuales sean descargadas a zonas o plantas de tratamiento para su procesamiento y

minimización de contaminantes físicos y químicos en el agua residual, para luego de su debido proceso sea descargadas a cuerpos receptores.

3.1.4. Metodología de Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario.

Para el desarrollo de esta etapa, se debe realizar un conjunto de pasos que están normados según la región, por ejemplo, se necesitan los planos topográficos de la zona de estudio, características sociales, económicas y culturales de los habitantes y, por último, características del suelo, quebradas y ríos cercanos a la zona de estudio.

3.1.4.1. Normas Técnicas para Proyectos de Alcantarillados.

Datos básicos para el diseño.

1. Periodo de Diseño.

Se ha determinado que el período mínimo deseable para el diseño es de: 20 años.

2. Magnitud y Distribución de la Población Futura (P_n).

La población futura P_n , será determinada su estimación mediante la utilización de un dato base que es la población inicial P_0 , levantamientos censales, estadísticas

continuas y otras investigaciones demográficas. Para estimar la magnitud o valor de P_n se puede aplicar, uno de los procedimientos siguientes que dependerá de:

1) Extensión de la propia curva de crecimiento según ajuste o interpolación, gráfica o analítica, mínimos cuadrados.

2) Extensión gráfica de la curva de crecimiento, según desarrollos análogos observados, en población de mayor dimensión.

3) Crecimiento Lineal.

4) Progresión geométrica.

Se calcula basándose en el número de viviendas y también de habitantes por unidad habitacional. Para el caso de que la densidad poblacional no pueda ser determinada, se toma de la norma técnica de ANDA de 6hab/lote. El procedimiento a utilizar en cada proyecto deberá justificarse.

3. Población de Diseño.

Se debe ocupar el 100% o un porcentaje menor a este valor que será determinado por las limitaciones física y legales que restrinjan tanto el desarrollo de la ciudad como a los habitantes.

4. Caudal de Diseño.

Para la determinación del Caudal de Diseño se considera que debe ser igual al 80% del consumo máximo horario que corresponde al final del período de diseño, más una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.20 L/s/Ha, para tubería de cemento y 0.10 L/s/Ha para tubería PVC.

La capacidad de las tuberías se determinará de la multiplicación del caudal de diseño multiplicado por un factor (F) de 2.0 para tuberías comprendidas entre 8 y 12 pulgadas, de 1.80 para tuberías de 15 pulgadas, esto debido al numeral 4 de la norma técnica de ANDA, parte segunda.

Para el cálculo del caudal de diseño de las aguas negras, se ocupa la siguiente formula:

$$Q_{AN} = F * [0.8 * Q_{Max-H} + i]$$

Donde:

Q_{AN} = Caudal de diseño, L/s/Ha.

F = Factor.

Q_{Max-H} = Caudal máximo horario, L/s/Ha.

i = Infiltración, L/s/Ha.

El factor para capacidad de tuberías depende del diámetro. (Ver tabla 3.1.2).

ϕ COLECTOR	FACTOR	ϕ COLECTOR	FACTOR
$8" \leq \phi \leq 12"$	2.00	36"	1.40
15"	1.80	42"	1.35
18"	1.60	48"	1.30
24"	1.50	Interceptores o emisarios	1.20
30"	1.45		

Tabla 3.1.2. Factores para capacidad de tuberías. Fuente ANDA.

Se determinarán para el inicio y fin del periodo de diseño. El diseño del sistema se realizará con el valor del caudal máximo horario futuro.

5. Cálculos Hidráulicos

Se utiliza la fórmula de Chezy-Manning.

$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}}}{n}$$

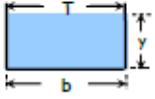
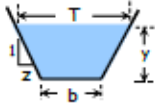
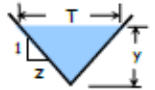
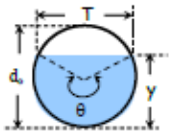
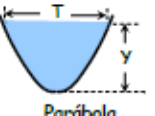
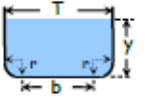
Donde:

V = Velocidad del fluido, m/s.

Rh = Radio hidráulico.

s = Pendiente, m/m o mm/mm.

n = Coeficiente de rugosidad (0.015 en tuberías de concreto y 0.011 en tuberías de PVC).

SECCION	AREA HIDRAULICA (A)	PERIMETRO MOJADO (P _w)	RADIO HIDRAULICO (R _h)	ANCHO SUPERIOR (T)	PROFUNDIDAD HIDRAULICA (D)	FACTOR DE SECCION (Z)
	$b y$	$b + 2y$	$\frac{b y}{b + 2y}$	b	y	$b y^{1.5}$
	$(b + zy) y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy) y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy) y}{b + 2zy}$	$\frac{((b + zy) y)^{1.5}}{\sqrt{b + 2zy}}$
	$z y^2$	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{z y}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2} z y^{2.5}$
	$\frac{d^2}{8}(\theta - \text{sen } \theta)$	$\frac{1}{2} \theta d$	$\frac{d}{4} \left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right)$	$d \left(\frac{\text{sen } \theta}{2}\right)$ 0 $2\sqrt{y(d - y)}$	$\frac{d}{8} \left(\frac{\theta - \text{sen } \theta}{\text{sen } \frac{\theta}{2}}\right)$	$\frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \text{sen } \theta)^{1.5}}{\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right)^{0.5}} d^{2.5}$
 Parábola	$\frac{2}{3} T y$	$T + \frac{8}{3} \frac{y^2}{T}$ (*)	$\frac{2 T^2 y}{3 T^2 + 8 y^2}$ (*)	$\frac{3 A}{2 y}$	$\frac{2}{3} y$	$\frac{2}{9} \sqrt{6} T y^{1.5}$
 Rectángulo con esquinas redondeadas (y > r)	$\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) r^2 + (b + 2r) y$	$(\pi - 2) r + b + 2y$	$\frac{\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) r^2 + (b + 2r) y}{(\pi - 2) r + b + 2y}$	$b + 2r$	$\frac{\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) r^2}{b + 2r} + y$	$\frac{\left[\left(\frac{\pi}{2} - 2\right) r^2 + (b + 2r) y\right]^{1.5}}{\sqrt{b + 2r}}$

(*)Aproximación satisfactoria Para el intervalo $0 < X \leq 1$, donde $X = \frac{4y}{T}$. Cuando $X > 1$, utilice la expresión $P - \left(\frac{T}{2}\right) \left[\sqrt{1 + X^2} + \frac{1}{X} \text{Ln}(X + \sqrt{1 + X^2})\right]$

Tabla 3.1.3. Tabla de características hidráulicas, según la sección transversal. Fuente Guión de clases #3 de Hidráulica.

6. Límites de Velocidad a Tubo Lleno.

Tanto los colectores primarios como en los secundarios, la velocidad mínima debe de ser:

$M_{\text{inima real}} = 0.50$ m/seg para el caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento.

Y para las velocidades máximas (V_{max}), dependerá del tipo de material, con los siguientes datos según el material con el caudal de diseño:

- PVC 5.0 m/seg.
- Hierro 4.0 m/seg.
- Tubería de concreto 3.0 m/seg.

Estos límites de velocidad son para el diseño a tubo lleno, pero se puede diseñar con un caudal real para permitir la colocación de pendientes mayores para las tuberías de PVC.

Diseño de Alcantarillas Parcialmente Llenas.

Se vuelve importante conocer datos de velocidad y profundidad de las aguas residuales en tubos que se encuentran parcialmente llenos. Con la ayuda del software para computadoras HCanales, se podrá conocer cálculos hidráulicos rápidos de las alcantarillas.

Se puede conocer los cálculos Hidráulicos con la ayuda de softwares, obteniendo de manera rápida la velocidad y profundidad o tirante normal en las tuberías parcialmente llenas.

7. Diámetro mínimo de tuberías.

Para los Colectores de pasajes peatonales de vivienda de interés social, los diámetros son los siguientes:

- PVC Ø 6" para longitud menor a 100 m.
- Acometidas domiciliarias Ø 6"
- Colectores terciarios Ø 8", ya sea de cemento o PVC.

8. Pendiente mínima.

Para la pendiente, el valor mínimo que deben tener los tramos iniciales de la red será de 1%. En casos debidamente justificados se aceptará pendiente mínima de 0.5% pero debe de ser de PVC el material y no debe encontrarse en tramos iniciales.

Las pendientes de la tubería principal y del ramal deberán cumplir la condición de auto limpieza aplicando el criterio de tensión atractiva.

3.1.4.2. Información de Topografía.

Para diseñar el sistema de alcantarillado, es necesario conocer las características de los pavimentos de las calles de la zona de estudio, la localización de posibles estructuras existentes y perfiles longitudinales de las calles, en las cuales se debe indicar el número de viviendas en cada tramo de calle.

Por lo general se utilizan escalas que van desde 1:1000 hasta los 1:3000, pero dependerá del nivel de detalle que se quiera mostrar. También se deben incluir las curvas de nivel de los puntos relevantes de las curvas verticales presentes en las vías. Por lo tanto, se requiere un levantamiento topográfico previo y con precisión en donde se señalen intersecciones, cambios bruscos de pendientes y posibles estructuras existentes que afecten el alcantarillado.

3.1.4.3. Consideraciones Generales de Diseño.

Para realizar un buen diseño de alcantarillado sanitario, se debe tomar como base: el cálculo correcto del tamaño del alcantarillado sanitario con sus debidas pendientes, para que este sistema soporte el caudal máximo previsto para el cual fue diseñado, y también conservando la velocidad adecuada para que los sólidos sigan en suspensión.

El movimiento que tendrá el líquido en la tubería podrá ser por la superficie libre o debido a condiciones de presión, y si la tubería está llena o no. Pero en el

cálculo de las tuberías, estas son diseñadas a que los líquidos llenen la tubería únicamente bajo condiciones de flujo máximo, por lo tanto, se considera que la condición normal de flujo es la de un canal con una superficie de agua libre en contacto con el aire. Cuando las alcantarillas van llenas lo hacen generalmente a poca presión, excepto en el caso de tuberías forzadas y sifones invertidos.

3.2. Alcantarillado Pluvial.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la esorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades.

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos.

El diseño y la construcción de redes de alcantarillado pluvial es un trabajo de ingeniería donde se pretende obtener beneficios económicos con la mayor eficiencia que se tiene. Es por ello que se han elaborado métodos de diseño que al aplicarlos brindan recomendaciones constructivas que permiten el mantenimiento de la red de tuberías del alcantarillado siempre y cuando se fundamente con conceptos de hidráulica e hidrología.

Los métodos dependen del juicio de la persona encargada de la elaboración del proyecto que puede tener variantes con la forma de calcular alguna información, pero siempre respetando la normativa local existente.

La geometría de la red de alcantarillado determina la manera de diseñar una red de alcantarillado pluvial teniendo en cuenta siempre la trayectoria más corta donde se descargarán las aguas lluvias hacia los canales superficiales existentes.

Los factores determinantes de la capacidad de los elementos de drenaje de aguas lluvias son:

- La intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones
- Topografía del terreno
- Tamaño de las áreas tributarias y las características del escurrimiento.
- Economía en el diseño

Los factores básicos involucrados en el diseño de una red de drenaje se especifican a continuación.

- Determinación de la geometría de la red incluyendo:
 - Perfil y trazo en planta.
 - Cálculos de los diámetros y pendientes de cada tramo.
 - Magnitud de las caídas necesarias en los pozos.

- La definición de la geometría de la red se inicia con la ubicación de los posibles sitios de vertido y el trazo de colectores y alcantarillas. Se usan normas de carácter práctico, basándose en la topográfica de la zona y el trazo urbano de la localidad, aplicando las reglas siguientes:

- Los colectores de mayor diámetro se ubican en las calles más bajas para facilitar el drenaje de las zonas altas con alcantarillas o colectores de menor diámetro.
 - El trazo de los colectores y alcantarillas se ubica sobre el eje central de las calles, evitando su cruce con edificaciones.
 - El trazo debe ser lo más recto posible procurando que no existan curvas y cuando la calle sea amplia, se pueden disponer dos alcantarillas, una a cada lado de la calle.
 - La red de alcantarillado debe trazarse buscando el camino más corto al sitio de vertido.
 - Las conducciones serán por gravedad. Se tratará de evitar las conducciones con bombeo.
-
- Se debe calcular el funcionamiento hidráulico del conjunto de tuberías, con el fin de revisar que los diámetros y pendientes propuestos sean suficientes para conducir el gasto de diseño de cada tramo.
 - Analizar con detalle las consideraciones y restricciones que sirven para disminuir los costos de construcción y evitar tanto fallas por razones estructurales como excesivos trabajos de mantenimiento.
 - Al elaborar el diseño de una red de drenaje, se puede apreciar que el dimensionamiento de las tuberías depende de: tamaño del área por servir;

coeficiente de escurrimiento; intensidad de la lluvia; y del periodo de diseño.

3.2.1. Procedimiento del Diseño.

Un sistema de alcantarillado de aguas lluvias es un sistema de tuberías y construcciones utilizadas para recolección y conducción de la escorrentía de una tormenta desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

El diseño de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias involucra la determinación de los diámetros, la pendiente y las elevaciones del terreno. La selección de una distribución o localización de una red de tubería para un sistema de aguas lluvias requiere cantidades considerables de criterios subjetivos.

Usualmente los hidrólogos pueden investigar solo una pequeña cantidad de las posibles distribuciones. Generalmente, los pozos de inspección se localizan en las intersecciones de calles y en los cambios de pendientes más fuertes, y las tuberías de alcantarillado se tienden con una pendiente paralela a la superficie del terreno, con el fin de conectarlas con los alcantarillados principales localizados aguas abajo. Una vez que se ha seleccionado una distribución, puede utilizarse el método Racional para calcular el caudal de diseño de las tuberías.

A continuación, se detallan las principales fases del procedimiento del diseño:

3.2.1.1. Planeación del Sistema.

La planeación de un sistema de alcantarillado es un trabajo que requiere del conocimiento de los factores que influyen en el funcionamiento de sistema y debe contarse con la mayor cantidad de información sobre la zona del proyecto, con el objetivo de conocer a detalle las condiciones específicas de la localidad y proponer opciones de proyecto que, además de aprovechar la topografía de la zona, sean económicas y eficientes para el nivel de protección deseado.

3.2.1.2. Recopilación de Información Básica.

Con el propósito de definir los alcances y la magnitud de un proyecto de alcantarillado pluvial en una localidad, se debe contar con información consistente en:

- a) **Datos generales:** Localización geográfica, categoría política, economía, vías de comunicación y servicios públicos, entre otros.
- b) **Planos de la localidad:** Son esenciales para elaborar el proyecto, en especial para definirla con imagen de la red y en caso de no contar con ellos, deberán realizarse levantamientos topográficos para obtenerlos. Las escalas son muy variables y en la práctica se recomienda obtener la información siguiente:
 - b1. Plano topográfico actualizado de la localidad:** a escala 1: 2,000, donde se muestren las curvas de niveles a equidistancias de un metro

y se indique: trazo urbano con nombre de las calles; elevaciones de terreno en los cruces de las calles y en los puntos donde existe cambio de pendiente o de dirección del eje de la calle.

b2. Plano topográfico de la cuenca donde se ubica la localidad: con escala 1:5,000 y equidistancias entre curvas de nivel de un metro. Es conveniente, indicar los aspectos siguientes: Hidrología de la zona definiendo las cuencas de aportación a la localidad, exteriores a su mancha urbana; las corrientes existentes (naturales y artificiales); y posibles sitios de vertido señalando los niveles de agua máximo y mínimo extraordinarios, los gastos correspondientes y el sentido del escurrimiento.

b3. Plano urbano de la localidad donde se muestren: tipos de pavimentos existentes, banquetas, áreas verdes y usos del suelo y, en lo posible, desarrollos futuros.

b4. Plano de la red existente de alcantarillado: donde se señale el trazo de los colectores y atarjeas, las elevaciones del terreno de las plantillas de las tuberías en los pozos de visita, así como las características de las tuberías: material, diámetros, longitud y pendiente. Se debe indicar la ubicación de las estructuras especiales y sus principales aspectos, como es el caso de las estaciones de bombeo, canales, sifones, alcantarillas y bordos.

b5. Plano geológico: indicando clasificación y tipo de suelo, ubicación de sondeos y sus resultados, y profundidades del manto freático.

b6. Planos adicionales: de instalaciones subterráneas asociados con agua potable, gas, teléfono, entre otros

c) Información climatológica: de la zona y registros pluviométricos y pluviográficos de las estaciones locales y aledañas a la zona de estudio. Con este tipo de información deberán obtenerse las intensidades máximas de lluvia para diferentes duraciones de tiempo (5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 120 minutos) para obtener la curva i-d-Tr (intensidad-duración-tiempo de retorno)

d) En caso de existir, es útil considerar la información de operación disponible: sobre el sistema actual de desalojo de aguas pluviales y de los problemas de drenaje que se hayan presentado en la localidad, así como de sus causas y posibles soluciones.

3.2.1.3. Evaluación del Caudal de Diseño.

En general, puede ser empleado cualquier modelo de lluvia-escorrentía. Para superficies menores de 1300 Ha se recomienda utilizar el Método Racional, dada su simplicidad. Sin embargo, para áreas mayores de 1300 Ha se debería utilizar un modelo más apropiado a las características de la cuenca, por ejemplo, el método del hidrograma unitario, el método del Soil Conservation Service u otro método similar.

El Método Racional se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, menores de 1.5 km² de superficie, principalmente para drenajes de carreteras, patios, áreas rurales, etc.

Método Racional.

Debido a su sencillez es uno de los más utilizados. Está basado en considerar que, sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga; permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta, suponiendo que esto se alcanza cuando la intensidad de lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

Es por ello que para la determinación del caudal se fundamenta en las siguientes hipótesis (Gómez, 2007):

- a) La intensidad de la precipitación es uniforme en el espacio y no varía en el tiempo;
- b) La duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad, es igual al tiempo de concentración;
- c) El tiempo de concentración es el tiempo que tarda toda el área de la cuenca en contribuir al escurrimiento mismo en que se produce el gasto pico;
- d) El coeficiente de escurrimiento se mantiene uniforme en el tiempo

La fórmula racional se plantea como:

$$Q = 0.278 CiA$$

Q = Caudal superficial (gasto de pico m^3/s)

C = Coeficiente de escorrentía o escurrimiento (adimensional).

i = Intensidad promedio de la lluvia.

A = Área de drenaje o Cuenca

0.278 factor de conversión de unidades.

El método racional es uno de los métodos de mayor aplicación para diseño de sistemas de drenaje urbano, ya que para su aplicación necesita de poca información. Estudios realizados por varios autores han demostrado que la fórmula racional es adecuada para analizar sistemas urbanos que drenen áreas relativamente pequeñas.

En áreas urbanas, el área de drenaje usualmente está compuesta de sub-áreas o subcuencas de diferentes características superficiales. Como resultado, se requiere un análisis compuesto que tenga en cuenta las diferentes características superficiales. Las áreas de las sub-cuencas se denominan como A_j y los coeficientes de escorrentía para cada una de ellas se denominan como C_j .

Formulas Para el Cálculo de Caudal de Escorrentía

FORMULA PARA Q	FORMULA PARA Q
$Q = \frac{CiA}{3600}$	<p>Q= caudal en litros por segundo</p> <p>C= coeficiente de escorrentía (adimensional)</p> <p>i= cantidad de lluvia en milímetros por hora</p> <p>A= superficie en metros cuadrados</p>
$Q = 0.278 CiA$	<p>Q= caudal en metros cúbicos por segundo</p> <p>C= coeficiente de escorrentía (adimensional)</p> <p>i= cantidad de lluvia en milímetros por hora</p> <p>A= superficie en kilómetros cuadrados</p>
$Q = 16.667 CiA$	<p>Q= caudal en metros cúbicos por segundo</p> <p>C= coeficiente de escorrentía (adimensional)</p> <p>i= cantidad de lluvia en milímetros por minuto</p> <p>A= superficie en metros cuadrados</p>
$Q = \frac{16.667}{1000} CiA$	<p>Q= caudal en litros por segundo</p> <p>C= coeficiente de escorrentía (adimensional)</p> <p>i= cantidad de lluvia en milímetros por minuto</p> <p>A= superficie en metros cuadrados</p>

Tabla 3.2.1. Fórmulas para el cálculo de caudal de escorrentía. Fuente: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/>

La esorrentía pico se calcula al utilizar la siguiente forma de la formula

Racional:

$$Q = I \sum_{j=1}^m C_j A_j$$

Donde:

C_j = Coeficiente de esorrentía correspondiente a la superficie del área A_j

A_j = superficie en metros cuadrados, kilómetros cuadrados, etc. Con un valor C de coeficiente de esorrentía.

m = número de sub-cuencas drenadas por un alcantarillado.

Las principales dificultades que se encuentran para el uso correcto de la formula son dos:

- La asignación de valores apropiados al coeficiente de esorrentía y la determinación de la intensidad de lluvia.
- La selección del coeficiente de esorrentía es subjetiva porque, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, el criterio de ingeniero es definitivo. Por su parte, la intensidad del aguacero se deduce de análisis de intensidad, duración y frecuencia. La aplicación del Método Racional induce a sobreestimar los caudales de creciente

3.2.1.4. Coeficiente de Escorrentía (c).

En caso de precipitaciones, las evaporaciones y la infiltración parcial en las superficies de recogida reducen el volumen de escorrentía pluvial. El coeficiente de escorrentía pluvial es un factor que depende de la superficie de recogida y con el que se multiplica la cantidad de aguas pluviales devengadas para obtener la cantidad real de escorrentía pluvial, que se vierte en el sistema de drenaje. De forma alternativa, el coeficiente de escorrentía pluvial, es un factor con el que se calcula la superficie efectivamente impermeable en función del tipo de superficie.

El coeficiente de escurrimiento es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre el escurrimiento y la precipitación de la cuenca, lo cual no se cumple en realidad. La proporción de lluvia total que fluirá como escurrimiento superficial depende de la permeabilidad del suelo y de la pendiente. Como se ha mencionado con anterioridad, depende también de las características y condiciones del suelo. La capacidad de infiltración varía por las condiciones de humedad precedentes a la tormenta, además disminuye a medida que la lluvia continúa. Otros factores que influyen en el coeficiente de escurrimiento son la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del subsuelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión.

Para representar lo mejor posible a los factores que afectan al coeficiente de escurrimiento, es necesario elegir un coeficiente razonable que considere dichos factores

De todos los factores anteriores, el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por esto que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad

Por otro lado, Aparicio (2007) propone los coeficientes que aparecen en la tabla 3.2.2., que dependen de, si es una zona urbana, del tipo de urbanización que tenga; si es una zona no urbana, del tipo de suelo y pendiente de la cuenca.

TIPO DE ÁREA		COEF. DE ESCURRIMIENTO	
		MÍNIMO	MÁXIMO
DRENADA			
ZONAS COMERCIALES	Zona Comercial	0.70	0.95
	Vecindarios	0.50	0.70
ZONAS RESIDENCIALES	Unifamiliares	0.30	0.50
	Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
	Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
	Semiurbanas	0.25	0.40
	Casas habitación	0.50	0.70
ZONAS INDUSTRIALES	Espaciada	0.50	0.80
	Compacta	0.60	0.90
CEMENTERIOS, PARQUES		0.10	0.25
CAMPOS DE JUEGO		0.20	0.35
PATIOS DE FERROCARRIL		0.20	0.40
ZONAS SUBURBANAS		0.10	0.30
CALLES	Asfaltadas	0.70	0.95
ESTACIONAMIENTOS	De concreto hidráulico	0.70	0.95
	Adoquinadas	0.70	0.85
		0.75	0.85
TECHADOS		0.75	0.95
PRADERAS	Suelos arenosos planos ($S \leq 0.02$)	0.05	0.10
	Suelos arenosos con pendientes medias ($0.02 < S < 0.07$)	0.10	0.15
	Suelos arenosos escarpados ($S \geq 0.07$)	0.15	0.20
	Suelos arcillosos planos ($S \leq 0.02$)	0.13	0.17
	Suelos arcillosos con pendientes medias ($0.02 < S < 0.07$)	0.18	0.22
	Suelos arcillosos escarpados ($S \geq 0.07$)	0.25	0.35

Referencia: Aparicio (2007)

Tabla 3.2.2. Coeficientes de escorrentía según el tipo de área drenada. Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Comisión Nacional del Agua, México, edición 2007).

3.2.1.5. Intensidad de la Lluvia (i).

Este valor es obtenido a través de un estudio hidrológico de la zona, del cual se obtienen las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), Se define como la cantidad de agua que cae por unidad de tiempo en un lugar determinado, es importante recordar que, de acuerdo con estas curvas, la intensidad es inversamente proporcional a la duración y directamente proporcional a la frecuencia de la lluvia. Para poder, entonces, obtener un valor de intensidad de la lluvia en la aplicación del método racional, es necesario definir la frecuencia de la lluvia y su duración. La formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, basándose en los datos observados directamente en el sitio de estudio o en otros sitios próximos con las características hidrometeorológicas similares. Oficialmente, la lluvia se adjetiviza respecto a la cantidad de precipitación por hora. Una de las expresiones más empleadas en los medios de comunicación es la de lluvia torrencial, que comúnmente se asocia a los torrentes y, por lo tanto, a fenómenos como las inundaciones repentinas, deslaves y otros con daños materiales.

Clasificación de la precipitación según la intensidad.

Clase	Intensidad media en una hora (mm/h)
Débiles	≤ 2
Moderadas	$> 2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$>15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	>60

Tabla 3.2.3. Clasificación de la precipitación según la intensidad. Fuente: Manual de uso de términos meteorológicos. Edición 2015.

Otra forma de clasificar la precipitación, independientemente de la anterior, es según el Índice n o Índice de Regularidad de la Intensidad. Este índice mide la relación entre la intensidad y la duración de una precipitación dada, tanto en el ámbito de la meteorología como en el de la climatología. En este último ámbito, las curvas que describen dicho comportamiento se conocen como Curvas IDF o de Intensidad-Duración-Frecuencia.

Clasificación de la precipitación según la regularidad.

N	Variabilidad de la intensidad	Interpretación del tipo de precipitación
0,00-0,20	Prácticamente constante	Muy predominantemente advectica o estacionaria
0,20-0,40	Débilmente variable	Predominantemente advectica
0,40-0,60	Variable	Efectiva
0,60-0,80	Moderadamente variable	Predominantemente convectiva
0,80-1,00	Fuertemente variable	Muy predominantemente convectiva

Tabla 3.2.4. Clasificación de la precipitación según la regularidad. Fuente: Manual de uso de términos meteorológicos. Edición 2015.

3.2.1.6. Período de Retorno de Diseño.

El periodo de retorno de un evento hidrológico de magnitud dada, se define como el intervalo promedio de tiempo dentro del cual ese evento puede ser igualado o excedido una vez en promedio; algunos proyectistas le dan simplemente el nombre de frecuencia.

Se le llama periodo de retorno de diseño cuando corresponde al periodo de retorno del evento de diseño con el cual se dimensionan las diversas estructuras de una obra, y no debe confundirse con el periodo de diseño, que es el intervalo de tiempo en el cual se espera que una obra alcance su nivel de saturación o insuficiencia; este periodo debe ser menor a la vida útil de la misma. Se utiliza para diseñar una obra de ingeniería con una estimación de la capacidad requerida al finalizar el periodo de diseño. Lo anterior se hace para evitar ampliaciones o adecuaciones durante un intervalo de tiempo igual al periodo de diseño de la obra.

La vida útil de una obra es el tiempo en que la obra sirve adecuadamente a los propósitos de diseño, sin tener gastos elevados de operación y mantenimiento que hagan antieconómico su uso o requiera ser eliminada por insuficiente. La vida útil de cada obra varía de acuerdo a diversos factores entre los que predominan: la importancia de la obra, la duración, resistencia y calidad de los materiales empleados en su construcción; el mantenimiento y operación adecuados; las condiciones locales y desde luego, la demanda de servicio ejercida al sistema.

3.2.1.7. Duración de la Lluvia.

El caudal producido será máximo si la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración del área drenada. El tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en llegar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector o, en otros términos, es el tiempo requerido desde el comienzo de la lluvia para que toda el área esté contribuyendo al colector en cuestión. Este tiempo depende de las características de la superficie tales como pendiente y tipo de superficie, y oscila entre 10 y 20 minutos. El tiempo de recorrido en el colector dependerá de la velocidad y longitud del colector entre pozos. Existen diversas ecuaciones empíricas para la determinación del tiempo de concentración. Una de ellas es la indicada por:

$$T_{cmin} = 0.1637A + 8.68$$

Donde:

T_{cmin} = Tiempo de concentración mínimo de la cuenca (minutos).

A= Área de drenaje de la cuenca en hectáreas.

En la ecuación anterior se observa que el tiempo mínimo para un área de drenaje muy pequeña será de 9 minutos aproximadamente. El tiempo de recorrido en zanjas y depresiones, cuando éstas no se encuentren localizadas en la montaña, se puede estimar a partir de la ecuación de Manning, así:

$$T_d = \frac{Ln}{60R^{2/3}S^{1/2}}$$

Donde:

T_d = Tiempo de recorrido en minutos.

L = Longitud de recorrido en metros.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio hidráulico de la sección del conducto natural (m).

S = Pendiente de la línea de energía.

3.2.1.8. Área de Drenaje (A).

El área drenada dentro de una corriente en un punto dado. Puede ser de diferentes tamaños por escorrentía superficial, flujo sub superficial y flujo base, pero generalmente el área de escorrentía de superficie es considerada como el área de drenaje.

Para determinar el área de drenaje dentro de la ciudad debe hacerse de acuerdo con el plano topográfico de la población de estudio, se trazan diagonales o bisectrices por las manzanas y se calculan las respectivas áreas tributarias, que estarán integradas por área de calles y aceras, área de techos y área verde; debido que estas tres áreas son las que contribuyen a la escorrentía que se drenara por medio del sistema de aguas lluvias conforme se observa en la Imagen siguiente:

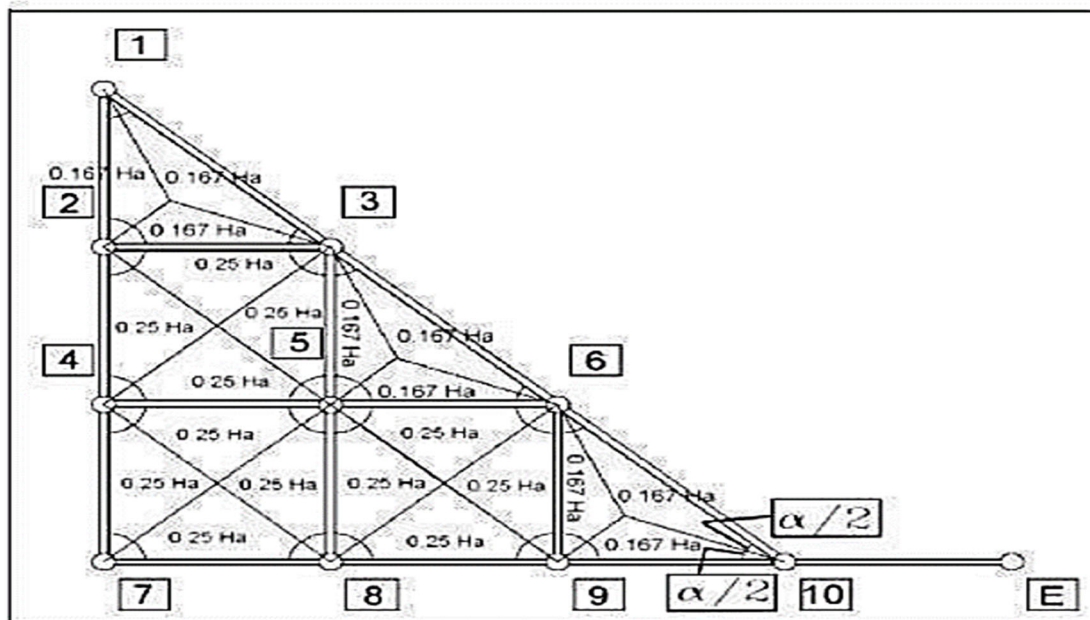


Imagen 3.2.1 Ejemplo de áreas tributarias. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

3.2.2. Trazo de la Red de Alcantarillado Pluvial.

Por razones de economía, el trazo de una red de alcantarillado debe tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en aquellas zonas donde sea necesario el bombeo. El trazo de una red de alcantarillado se inicia con la definición del sitio o de los sitios de vertido, a partir de los cuales puede definirse el trazo de colectores y emisores.

Una vez definido esto, se traza la red de atarjeas. En ambos casos, pueden elegirse varios trazos.

3.2.2.1. Trazo de un sistema de alcantarillado.

Se denomina trazo de un sistema de alcantarillado al trazo definido para los colectores y emisores de la red, el cual depende, principalmente: de la topografía de la zona, del trazo de las calles en la localidad, de la ubicación de los sitios de vertido y de la disposición final de las aguas.

No existe una regla general para la disposición de la red del alcantarillado, ya que esta se debe ajustar a las condiciones físicas de cada población. A continuación, se presentan algunos modelos de trazos de colectores y emisores más usuales que se agrupan en los tipos siguientes:

- a) Modelo Perpendicular
- b) Modelo Radial
- c) Modelo de Interceptores
- d) Modelo en Abanico.

a) Modelo Perpendicular: Se utiliza en comunidades que se ubican a lo largo de una corriente, con el terreno inclinado hacia ella, por lo que las tuberías se colocan perpendicularmente a la corriente y descargan a colectores o a la corriente. Este modelo se utiliza para buscar la trayectoria más corta hacia los canales superficiales existentes o hacia los colectores.

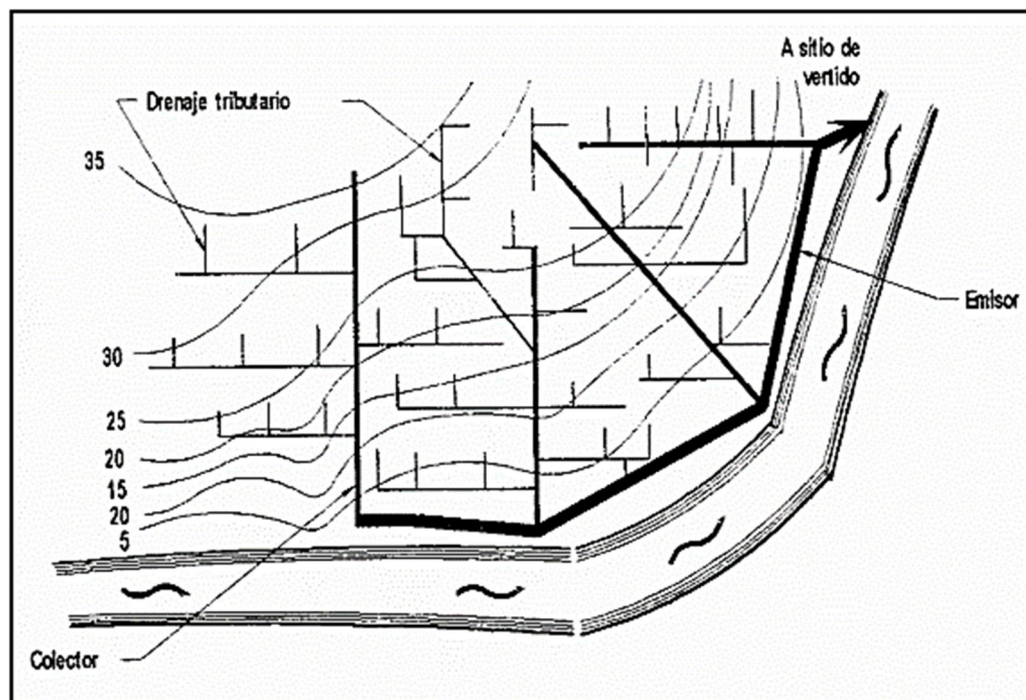


Imagen 3.2.2. Modelo Perpendicular. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

b) Modelo radial: En este modelo la pendiente del terreno baja del centro del área por drenar hacia los extremos, por lo que la red de atarjeas descarga a colectores perimetrales que llevan el agua al sitio de vertido.

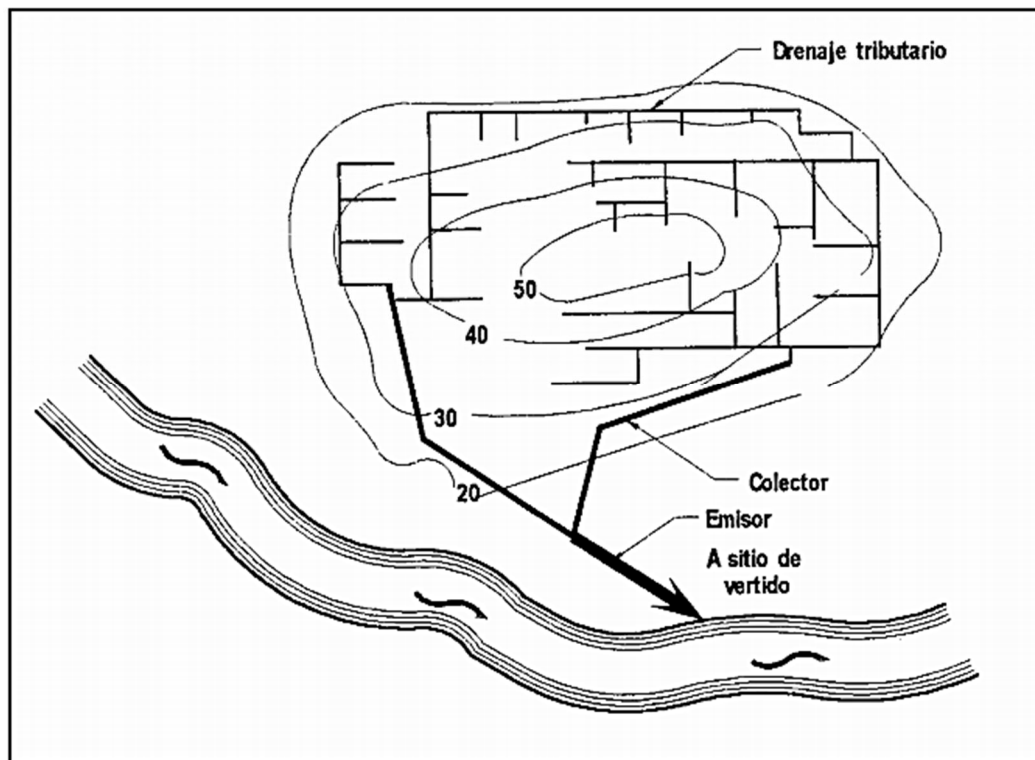


Imagen 3.2.3. Modelo Radial. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

c) Modelo de interceptores: Se emplea para recolectar aguas pluviales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas; el agua se capta con colectores cuyo trazo es transversal a las curvas de nivel, que descargan a un interceptor o emisor que lleva el agua al sitio de vertido

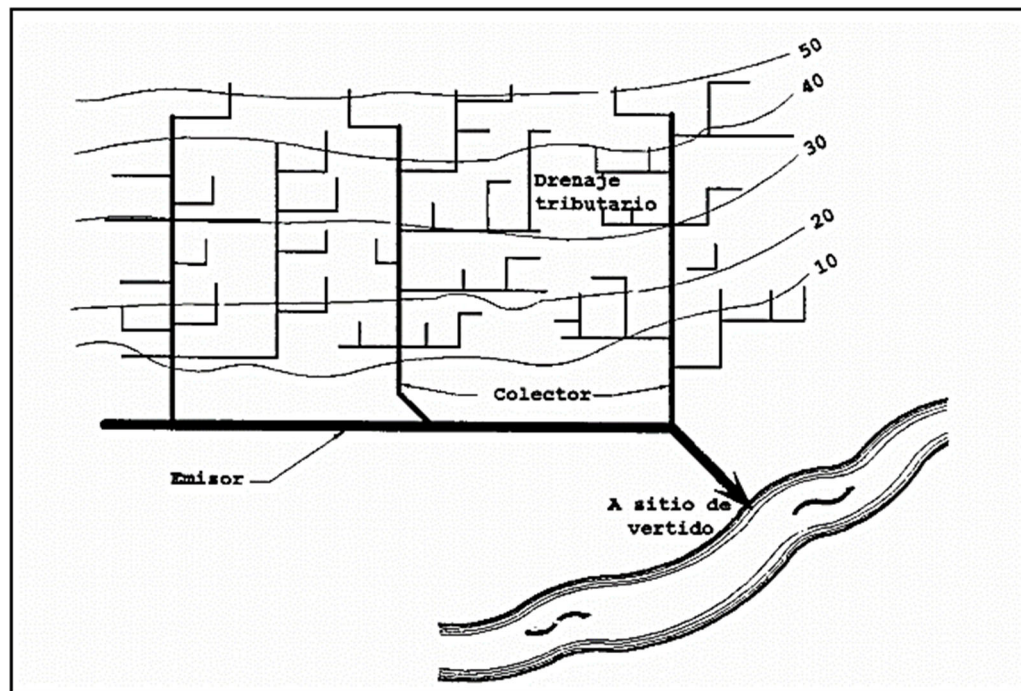


Imagen 3.2.4. Modelo de Interceptores. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

d) Modelo en abanico: Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se traza la red de atarjeas reconociendo hacia el centro del valle y mediante un colector se traslada el agua pluvial a la zona de vertido.

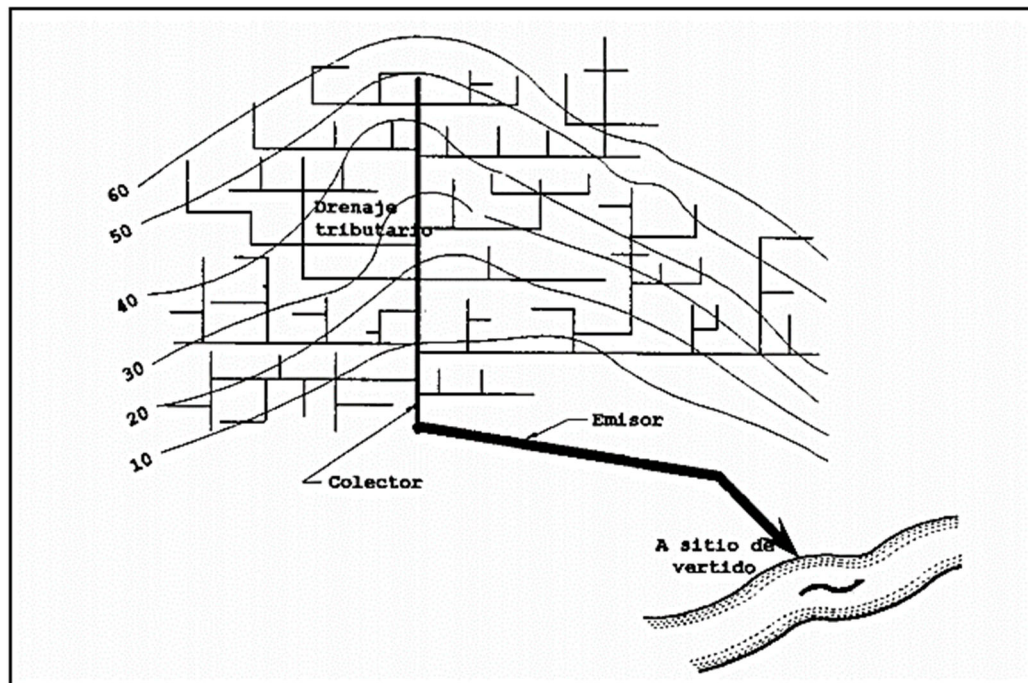


Imagen 3.2.5. Modelo de Abanico. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

3.2.3. Componentes del Sistema de Aguas Lluvias.

El sistema de alcantarillado pluvial está dividido en 3 sub-sistemas:

- Recolección.
 - ✓ Bajada de Aguas Lluvias: provenientes del agua de lluvia recolectada en los techos de las edificaciones.
 - ✓ Caja o Resumidero: ubicado en el interior de las edificaciones, en zonas verdes o áreas de patio.

El sistema puede estar integrado por:

Canaletas o Cunetas.

Son aquellas estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno y la conducen al sistema de alcantarillas.

Se ubican en las calles con el fin de interceptar el flujo superficial, especialmente aguas arriba del cruce de calles y avenidas de importancia; también se les coloca en los puntos bajos del terreno, donde pudiera acumularse el agua.

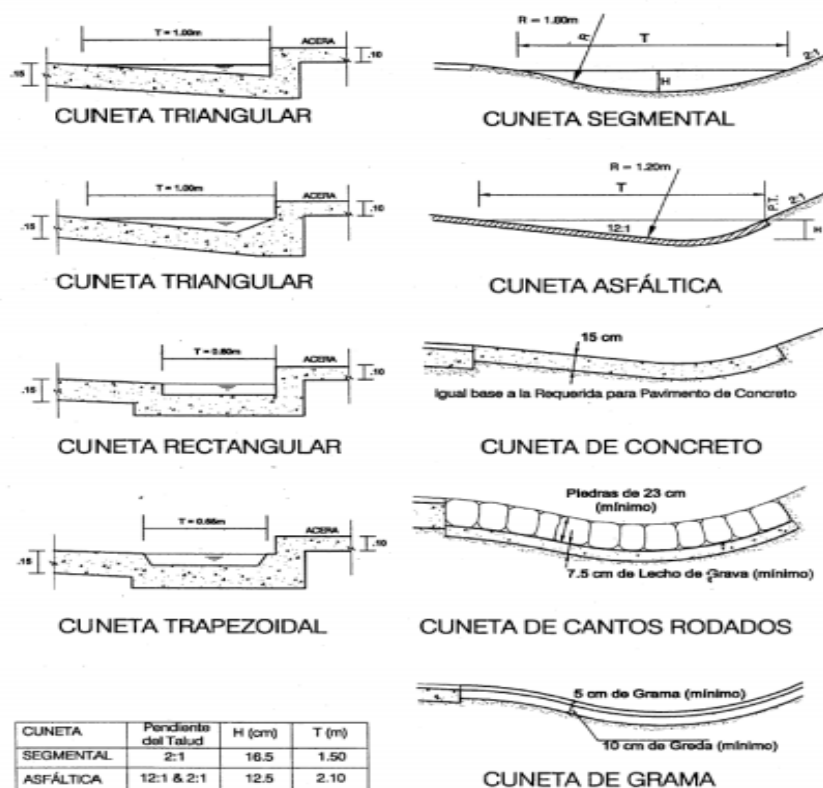


Imagen 3.2.6. Sección transversal de cunetas Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

La capacidad de descarga depende de su forma, pendiente y rugosidad. La ecuación de Manning puede utilizarse para determinar el caudal que son capaces de conducir, aunque la consideración de que transportan un flujo uniforme no es completamente correcta, ya que existen contribuciones a todo lo largo de su recorrido (debido al bombeo de la calzada donde se ubican) que genera que aumente el tirante y la velocidad del flujo. Además, con el escurrimiento poco profundo y el tirante transversal variable común en las cunetas, la distribución del gasto no es simétrica.

Tragantes.

Son estructuras que tienen como función la captura de las aguas lluvias que son transportadas por las canaletas o cunetas y conducir las a las tuberías subterráneas.

Los tragantes están constituidos 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 secundaria (colector secundario) mediante una tubería de concreto a la que se le denomina albañal pluvial.

DETALLE TRAGANTE CON PARRILLA DE HIERRO FUNDIDO

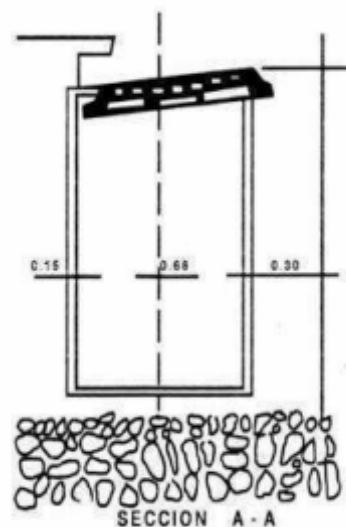
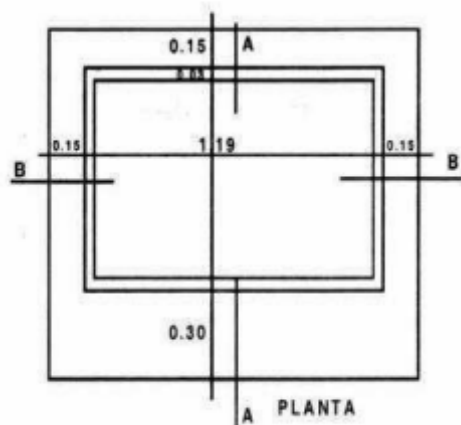


Imagen 3.2.7. Detalle del tragante Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

La coladera evita el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red. Los tragantes pueden clasificarse en:

- ✓ **Remetidos o de acera:** consiste en una abertura vertical que se encuentra en el cordón de las aceras y a través de la cual pasa el agua.
- ✓ **Tragante de cuneta:** consiste en una abertura que se construye directamente en la cuneta, apoyada sobre la caja, la abertura es protegida con una parrilla o por rejas.

Los tragantes se conectan al sistema por medio de tuberías, pudiendo unir dos tragantes y luego conectarse al pozo o unirse directamente al pozo o a la caja de registro. La caja de los sumideros es construida en mampostería con una placa de fondo en concreto y repellar en mortero.

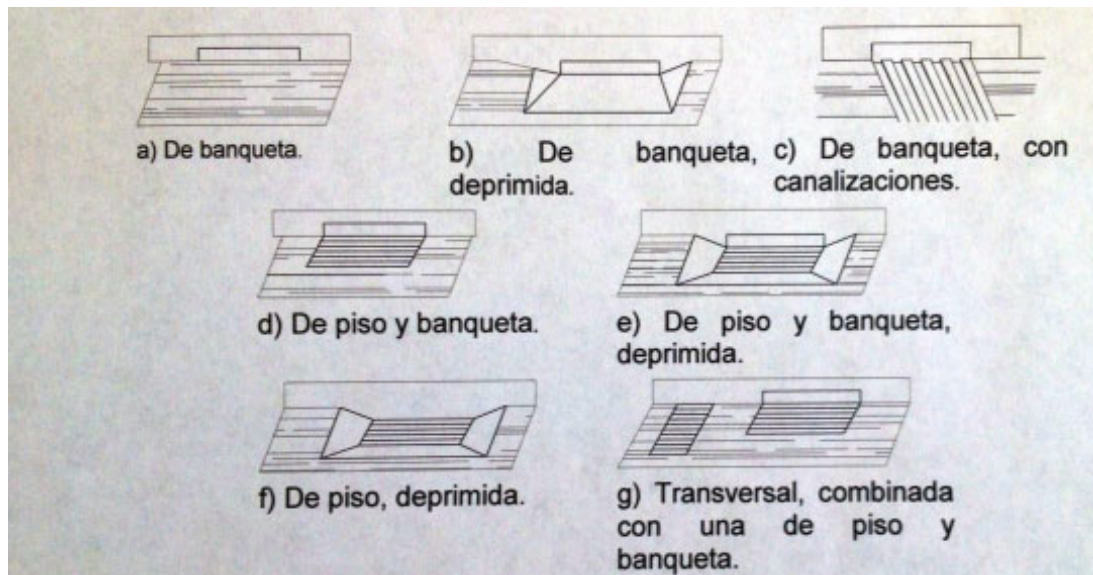


Imagen 3.2.8. Tipos de tragantes. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

Pozos de Visita.

Los pozos de visita se ubican en diferentes puntos de alineamiento del sistema, ya sea en los cambios de pendientes o en los cambios de dirección de las alcantarillas o bien a una distancia entre ellos de 100 metros según el Reglamento a la Ley de Ordenamiento del Desarrollo del Área Metropolitana de San Salvador y los municipios Aledaños).

La finalidad de estas estructuras es:

- i. Inspección y limpieza de las alcantarillas.
- ii. Cambios de diámetros en las tuberías.
- iii. Cambios considerables de las pendientes.
- iv. Cambios de dirección.

Se debe de tener cuidado en lo referente, a las presiones unitarias sobre el fondo del pozo y de la alcantarilla sean aproximadamente uniformes, ya que en otros casos existen el riesgo de asentamientos del pozo que podría causar una rotura en la conducción que constituye la alcantarilla.

Cuando la diferencia de cotas entre las alcantarillas entrantes y salientes exceda de 0.5 m, el caudal afluente puede verter a la cota de la alcantarilla saliente por una boca de caída o pozo de registro con caída incorporada, la finalidad de ello es proteger al personal que entra en el pozo de registro y evitar así las salpicaduras de agua lluvia. En cuanto a los materiales, cuando la altura de los pozos no exceda 6.00 m estos podrán ser de ladrillos de barro puesto en trinchera o de piedra, en ambos casos repellados por la parte interior. Si su altura es mayor o si tiene caídas superiores a 3.00 m estos se deberán reforzar adecuadamente. Las tapaderas de los pozos serán de hierro fundido o de concreto en los pasajes peatonales.

El diámetro del pozo de visita dependerá de los diámetros de las tuberías que en el convergen, Ver tabla 3.2.5.

DIÁMETROS DE LA TUBERÍA (Pulg)	DIAMETRO DEL POZO (m)
HASTA 24	1.20
30 – 36	1.80
42 – 48	2.20
60	2.50

Tabla 3.2.5. Diámetros de los pozos de visita. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

Cajas de Registro.

Tienen las mismas funciones que los pozos de visita, aunque sus resistencias a cargas verticales son menores. Su geometría es generalmente cuadrada o rectangular y se instalan en pasajes peatonales. Se construyen de piedras, ladrillos de calavera puesto de trinchera por la combinación de estos materiales. La tapadera se fabrica de concreto armado. Se podrán utilizar cajas de registros para tuberías menores o iguales de 24 pulgadas.

Colectores o Tuberías de Aguas Lluvias.

Un colector es un tubo cuya función es la de conducir las aguas lluvias bajo la superficie del terreno hasta llevarlas a los puntos de descarga; con el cuidado de

que no ocasione daños. Normalmente trabajan parcialmente llenos, por lo que el diseño hidráulico de estos conductos es similar al de aguas negras.

Se diseñan lo suficientemente grandes, con pendientes hidráulicas preestablecidas para procurar un desalojo rápido y así evitar inundaciones en calles, aceras, plazas y otro tipo de estructuras, de tal manera que no se interrumpa el tráfico vehicular, ni se causen daños a propiedades.

La profundidad a que se coloquen las tuberías deberá ser la suficiente para:

1. Protegerlo contra roturas por cargas uniformes, concentradas y de impacto del tráfico.
2. Evitar interferencias con las alcantarillas sanitarias y de agua potable.

Alcantarillas Pluviales y Puentes.

Este tipo de estructuras de cruce son regularmente empleadas en carreteras, caminos e incluso en ciertas calles en localidades donde se ha respetado el paso de las corrientes naturales (Imagen 3.2.9.).

Son tramos de tubería o conductos que se incorporan en el cuerpo del terraplén de un camino para facilitar el paso de las aguas de las corrientes naturales, o de aquellas conducidas por canales o cunetas, a través del terraplén.

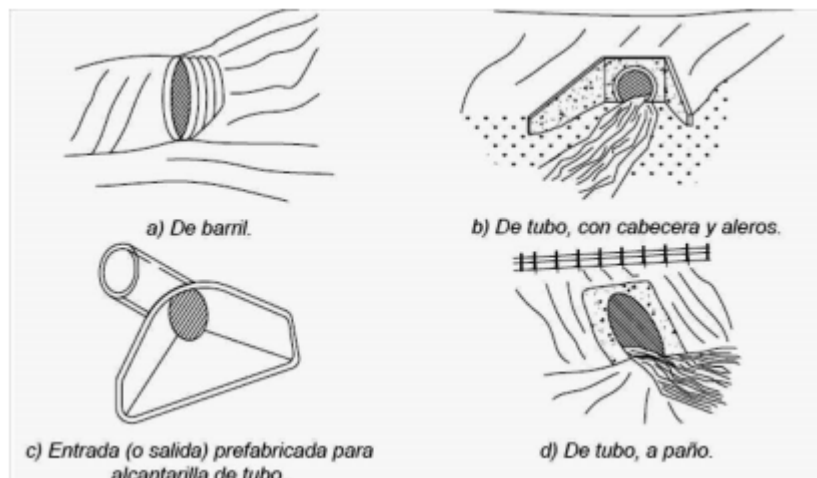


Imagen 3.2.9. Alcantarillas pluviales. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

Elementos de Protección.

Un colector final realiza su descarga hacia un colector natural, esto induce a la utilización de un desagüe o un cuerpo receptor final natural. La descarga ocasiona problemas de erosión, derrumbes de terraplenes y socavamiento de las bases de los mismos, etc. Esto se da porque muchas veces no se realizan las obras de protección necesarias en la descarga de las aguas lluvias de las localidades. Es por lo antes mencionado que se hace necesario ejecutar obras adicionales en los puntos de descarga; la función principal de dichas obras es proteger a los terrenos vecinos, así como también a los que se encuentran aguas abajo. Entre las principales obras de protección se tienen:

- Los Muros Guarda Niveles.
- Los Cabezales (Ver Imagen 3.2.10.).
- Los Disipadores de Energía (Ver Imagen 3.2.11.)

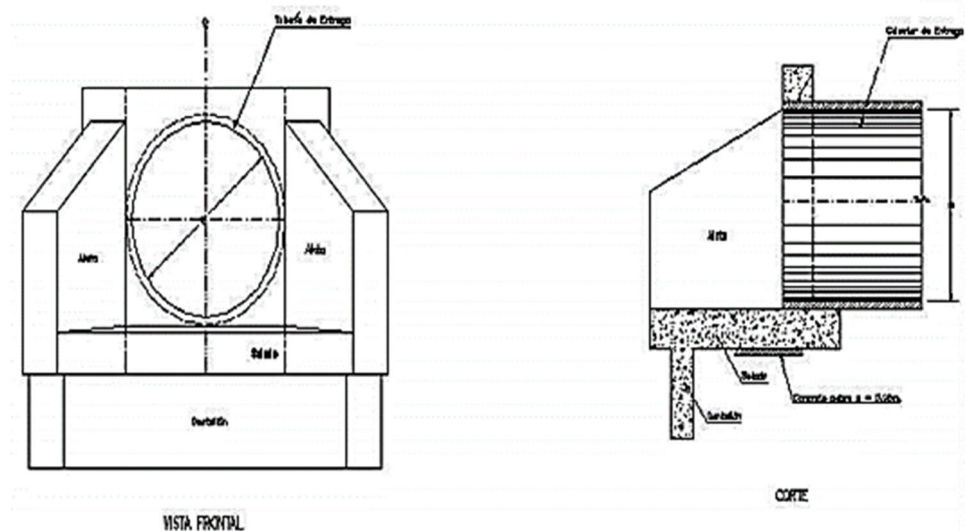


Imagen 3.2.10. Detalle típico de cabezal. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

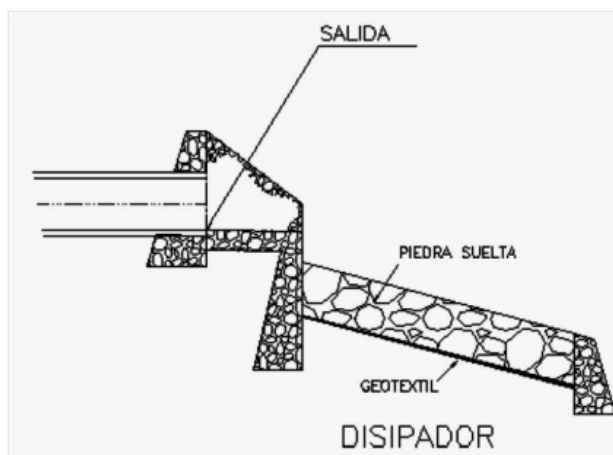


Imagen 3.2.11. Detalle de Disipador de Energía. Fuente: Partes Específicas del Sistema de Alcantarillado de Aguas Lluvias, Ponencia de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, año 2009.

3.2.4. Consideraciones de Velocidades y Pendientes.

Las velocidades del flujo en las tuberías constituyen un parámetro de suma importancia para el desempeño de estas, ya que los valores bajos de velocidad provocarían sedimentación del material de arrastre que lleva consigo el escurrimiento de agua lluvia y por otra parte velocidades muy altas provocarían el deterioro o hasta el colapso total de las tuberías. El valor de la velocidad mínima es de 0.5 m/s que recomienda la Norma Técnica de ANDA para garantizar el buen funcionamiento de las tuberías

3.2.5. Normas Técnicas para Proyectos de Alcantarillado Pluvial.

EL alcantarillado pluvial se diseñó en base al Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU). Todos los lineamientos dentro de la norma son importantes, pero se muestra solo lo relativo a alcantarillado pluvial contenido en los artículos 91, 92 y 93. Algunos de los apartados de estos artículos se detallan a continuación:

Obras de Urbanización para Aguas Lluvias.

Art. 91.- Los proyectos de parcelación que tengan áreas de influencia que converjan a ellos o que sean atravesados por quebrada o río; deberán contar con un estudio hidrológico de la cuenca en que se encuentren ubicados, a fin de considerar el desarrollo de otros proyectos tanto aguas arriba como aguas abajo.

Si el sector en donde se encuentra ubicado el proyecto es de pendientes fuertes, deberá prevenirse la erosión hacia adentro o hacia fuera con los terrenos que los circundan, para lo cual será necesario proyectar las obras de protección y canalización necesarias. También deberán contar un diseño hidráulico de las tuberías y otras obras de drenaje internas del proyecto.

El sistema de drenaje de aguas lluvias de toda parcelación será calculado por el urbanizador para intensidades de lluvia que ocurran con una frecuencia de una vez cada cinco años (Período de Retorno), tomando en consideración las características especiales del sector en donde se encuentre ubicada. Para aquellas obras de drenaje cuyo diámetro exceda de 72 pulgadas, su diseño será con Períodos de Retorno de diez o veinticinco años, según el caso.

El escurrimiento superficial máximo permisible en cordones y cunetas o canaletas será de cien metros. Casos especiales serán analizados por el VMVDU. En toda vía de circulación menor, las tuberías de aguas lluvias se instalarán al centro de las mismas.

En vías vehiculares el diámetro mínimo de conexión de tragantes a pozo de visita será de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. En acceso rodado únicamente cuya longitud total máxima sea de 75.00 metros, el diámetro mínimo de conexión de tragantes a pozo de visita será de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo para tuberías de aguas lluvias sobre una vía vehicular será de 18 pulgadas.

En Accesos Peatonales únicamente, se podrán utilizar canaletas rectangulares o medias cañas de concreto en sustitución de cordones y cunetas. El diámetro mínimo de conexión de tragante a caja de registro o pozo de visita será de 12 pulgadas y de dos tragantes a caja o pozo, será de 15 pulgadas a partir del segundo tragante. El diámetro mínimo sobre pasaje peatonal será de 15 pulgadas.

La distancia permisible entre la parte superior de las tuberías de agua lluvias y la rasante de las vías que será de 1.50 metros, con la finalidad de evitar interferencias con las tuberías de otros sistemas; pero en caso de no existir dichas interferencias, la distancia en mención podrá reducirse como máximo a 1.00 metro casos especiales serán analizados por el VMVDU.

En todo cambio de dirección o pendiente de tuberías para aguas lluvias, se deberá construir un pozo de visita o una caja de registro. Las cajas de registro se permitirán únicamente en Accesos Peatonales en sustitución de pozos de visita y para tuberías con un diámetro máximo de 24 pulgadas. Los pozos de visita y las cajas de registro deberán contar con su correspondiente tapadera de inspección. No se permitirán pozos de visita sin cajas de registro ciegos.

Si el cambio de dirección de las tuberías es de 45 grados o más con respecto a su eje, el pozo de visita deberá contar con una caída de 30 centímetros como mínimo, para tuberías con un diámetro máximo de 30 pulgadas; y para tuberías de 36 a 72 pulgadas de diámetro, la caída deberá ser de 1.00 metro como mínimo. Casos especiales serán analizados por el VMVDU. Para cambios de

dirección en tuberías cuyo diámetro sea igual o mayor de 36 pulgadas, deberá diseñarse en el pozo de visita una pared de concreto armado o un muro de choque frente a la llegada de las aguas.

La entrega de aguas pluviales a un colector (quebrada o no), deberá tomar en cuenta el nivel máximo probable de las avenidas de éste último, a fin de no obstaculizar la incorporación de las aguas.

Si cae a un río o quebrada, su salida debe de estar en dirección del flujo de las aguas con ángulo de 45 grados y no más de 1.00 metro de altura para disminuir el golpe de ángulo de agua al caer. Esta altura podrá ser mayor si se proyecta en el lecho de la quebrada o río, un emplantillado de mampostería de piedra y/o concreto.

La pendiente mínima en tuberías de aguas lluvias será del 0.5% y la máxima será la que le corresponda a cada tubería según la tabla 3.2.6

La pendiente mínima y máxima permisible en bóveda será determinada en el diseño, pero en todo caso la velocidad mínima de la corriente no podrá ser inferior a 1 m/seg.

Su piso deberá ser de mampostería de piedra con un recubrimiento de concreto simple, de concreto o armado o la combinación de ambos.

Los cambios de dirección menores de 45 grados con respecto a su eje en bóveda, podrán suavizarse dándole una forma circular en una longitud de desarrollo adecuada.

Diámetro de Tuberías (Pulgada)	Pendiente Máxima Permisible (%)
12	6.5
15	5.8
18	5.0
24	3.0
30	2.5
36	2.0
42	2.0
48	2.0
60	1.5
72	1.0

*Tabla 3.2.6. Pendientes máximas permitida de colectores de aguas lluvias según diámetro.
Fuente: Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU).*

Si el cambio de dirección de las bóvedas es de 45 grados o más con respecto a su eje, deberá diseñarse según el caso, una caja especial en sustitución del pozo de visita, la cual deberá contar con una estructura de choque en la dirección de las aguas y con elementos adicionales en su piso para disipar la energía de la corriente.

En todo caso, las bóvedas no deberán contar con caídas interiores en su recorrido, en su defecto deberán diseñar rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales en su piso para disipar la energía de la corriente.

En los puntos de descarga de tuberías y bóvedas a quebradas o ríos, deberán proyectarse cabezales con gradas disipadoras de energía o rampas (rápidos) con una longitud de desarrollo adecuada y con elementos adicionales.

Pozos de Visita para Aguas Lluvias.

Art. 92.- los pozos de visita para aguas lluvias podrán ser de ladrillo de barro repellados o de piedra, cuando su altura no exceda de 6.00 metros. Cuando su altura sea mayor o en el caso de tener caídas iguales o mayores de 3.00 metros éstos deberán ser reforzados adecuadamente debiendo presentar en los planos respectivos, los detalles y cálculos estructurales.

La distancia máxima entre pozos de visita será de cien metros (100.00 metros), con una variación permisible del 15% en casos especiales. Las tapaderas de los pozos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo ser de concreto armado en los Pasajes Peatonales.

Tragantes.

Art. 93.- En todas las Vías de Circulación Menor serán de ladrillo de barro.

Las parrillas de éstos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo hacerse de concreto armado o de estructura metálica en los Accesos Peatonales.

En las vías de distribución y de Reparto, no se permitirán los tragantes remetidos.

La distancia máxima entre tragantes será de cien metros (100.00 más). Casos especiales serán analizados por el VMVDU.

3.3. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

3.3.1. Aguas Residuales.

Se les conoce así a los desechos líquidos provenientes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, aunque también se incluye junto con las aguas subterráneas, superficiales y pluviales que puedan agregarse a las anteriores.

3.3.1.1. Tipos de Aguas Residuales.

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua, producto de diferentes actividades en zonas residencias o habitacionales, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de recreo, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Las aguas residuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Aguas Residuales de Origen Doméstico.
- Aguas Residuales de Origen Industrial
- Aguas Residuales de Origen Agrícola.

Por tanto, las aguas residuales de origen doméstico son aquellas aguas cuyo fin han sido para uso higiénicos (sanitarios, cocinas, lavado, etc.). En pocas

palabras, son los residuos humanos que son descargados a las redes de alcantarillado por medio de instalaciones hidráulicas en los hogares, establecimientos comerciales, públicos y similares.

Las composiciones de estas aguas son:

- Sólidos sedimentables como materia orgánica.
- Nutrientes como Nitrógeno y Fósforo
- Organismos patógenos.

3.3.1.2. Composición de las Aguas Residuales.

Alrededor del 99.9% de agua residual doméstica, viene siendo únicamente agua, el 0.1% son sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Aun así, esa pequeña fracción resulta ser de difícil tratamiento y disposición. El agua solo actúa como medio de transporte. Por lo tanto, el agua residual tiene elementos físicos, químicos y biológicos mezclados entre materia orgánica (alimentos, heces, material vegetal, etc.) e inorgánica (jabón, detergente, aceite).

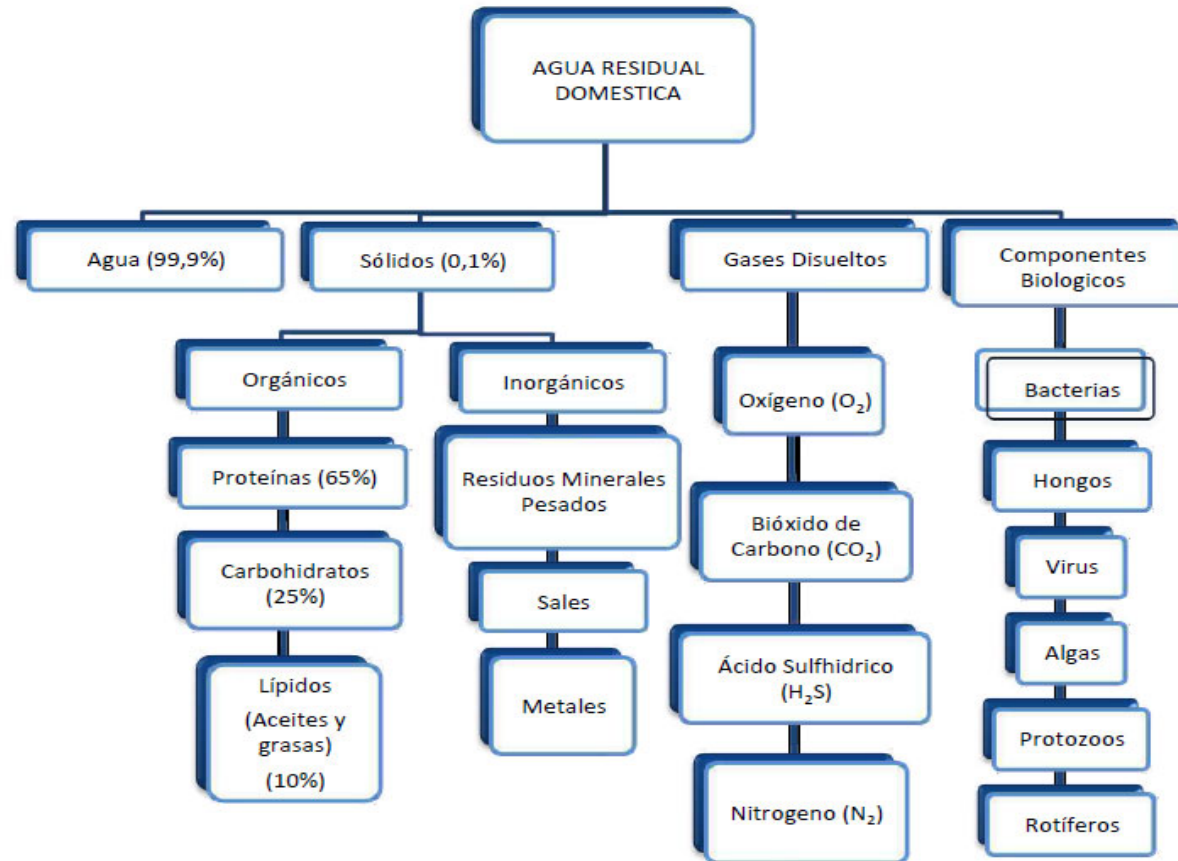


Diagrama 3.3.1. Composición de las aguas residuales domésticas. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.

3.3.1.3. Caracterización de las Aguas Residuales.

Se puede caracterizar de la siguiente forma:

1. Características Físicas.
2. Características Químicas.
3. Características Biológicas.

Para optimizar la disposición de las aguas residuales, se debe tomar en cuenta la manera como han sido su recolección, transporte, tratamientos y, por último, la disposición final. Para finalizar se ven los efectos adversos de disponer estas aguas en cuerpos de agua o suelo natural.

Características Físicas.

La principal característica de las aguas residuales es su contenido total de sólidos que se clasifican en: totales, suspendidos, disueltos y sedimentables. Otras características físicas son la temperatura, color y olor.

Clasificación de Sólidos.

Sólidos Totales.

Por lo general, los sólidos presentes en el agua residual son 50% orgánicos. Este dato resulta de mucha importancia debido a que es un requisito de las plantas de

tratamiento. Se pueden clasificar en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro.

Sólidos Suspendidos.

Aquellos que son visibles y flotan en las aguas residuales entre superficie y fondo. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos a través de procesos de filtración o de sedimentación. Dentro de esta categoría se incluyen la arcilla, sólidos fecales, restos de papel, madera en descomposición, partículas de basura y comida. Además, los sólidos suspendidos se clasifican en sedimentables y coloidales.

Los sólidos en suspensión que por tamaño y peso pueden sedimentarse al lapso de una hora en el cono Imhoff se les denomina sedimentables y en promedio son 75% orgánicos y un 25% inorgánicos. Y a la diferencia entre sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales se les denomina coloidales.

Sólidos Disueltos.

Este tipo de sólidos que se caracterizan por ser moléculas orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua, y se compone de 60% inorgánico y 40% orgánico, como parámetros generales.

Olor.

Se le define como un conjunto de sensaciones percibidas por el olfato, captando sustancias volátiles presentes en el aire. Es un parámetro importante que es usado para verificar la calidad de las aguas.

El olor de la materia orgánica es provocado por a la liberación de gases por el proceso de descomposición, su olor característico de las aguas residuales y esto se debe a la presencia de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y es producido por los sulfatos se reducen a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

NATURALEZA	ORIGEN
Olor balsámico	Flores
Dulzor	Coelosphaerium
Olor químico	Aguas residuales industriales
Olor a cloro	Cloro libre
Olor a hidrocarburo	Refinería de petróleo
Olor a Pescado	Fenol, yodoformo
Olor séptico	Acido sulfhídrico, H ₂ S
Olor a tierra	Pescado, mariscos
Olor fecaloide	Alcantarilla
Olor a moho	Cueva húmeda
Olor a legumbres	Hierbas, hojas en descomposición

Tabla 3.3.1. Olores característicos del agua, de acuerdo con su origen. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.

Turbiedad.

Es el contenido de materia que esta o queda en suspensión y puede que no permitan el paso de luz ni la fotosíntesis. El aparato que mide la turbiedad se llama: Turbidímetro, y su resultado es expresado en Unidades de Turbidez Nefelométricas o UTN.

Color.

Es la impresión ocular producida por las materias en el agua, como el hierro y el manganeso. Por lo general, las aguas residuales suelen tener color grisáceo, también puede ser de color gris a gris oscuro hasta adquirir un color negro. En laboratorio el color se puede determinar por análisis colorimétricos o espectrofotométricos. Y sus resultados se expresan en Unidades de Color Verdadero, en escala Platino-Cobalto (Pt-Co).

Temperatura.

La temperatura de las aguas residuales varía ligeramente con las estaciones. Las temperaturas altas en las aguas residuales indican la presencia de residuos industriales calientes. Las de menor temperatura pueden indicar que son de origen subterráneas o superficiales.

Características Químicas.

El contenido de materia orgánica e inorgánica son de las principales características de las aguas residuales, además de la presencia de gases en las aguas residuales. Para la medición del contenido de la materia orgánica se realiza por separado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

Materia Orgánica.

Alrededor del 75% es de sólidos en suspensión y 40% pueden ser sólidos filtrables en las aguas residuales de concentración media y son de naturaleza orgánica. Estos sólidos provienen de los reinos animal y vegetal, así como de actividades humanas. Todos los compuestos de origen orgánicos están formados de la combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en algunos casos de nitrógeno. También pueden presentarse otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Y los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%).

Con el paso de los años, se han desarrollado diferentes ensayos para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales. Cada método es diferente en el orden de clasificación de ambos grupos, pero los más empleados para determinar altas concentraciones de contenido orgánico, mayores a 1 mg/l,

y otros que son empleados para determinar las concentraciones de 0.001 mg/l a 1 mg/l. El primer grupo de ensayos de laboratorio incluye:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- b) Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- c) Carbono Orgánico Total (COT).

En el segundo grupo de ensayos, son empleados para determinar concentraciones a nivel de traza, por debajo de 1 mg/l. Se emplean métodos instrumentales que incluyen la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa.

Materia Inorgánica

La materia inorgánica presente en las aguas residuales, está conformada principalmente de arena y minerales disueltos. También pueden estar presente concentraciones de gases en menor cantidad, como el Oxígeno que está en contacto con la superficie del agua residual en movimiento. Además, se encuentran gases como el Dióxido de Carbono (resultado de materia en descomposición), Nitrógeno, Sulfuro de Hidrogeno y Azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual.

Características Biológicas.

Estas características son fundamentales para el control de las enfermedades causadas por los organismos patógenos de origen humano, debido al protagonismo que toman las bacterias y demás microorganismos dentro del proceso de descomposición y estabilización de la materia orgánica. Por lo tanto, se vuelve importante conocer los principales grupos de microorganismos que originan dichas características:

- Bacterias.
- Parásitos.
- Hongos.
- Algas.
- Protozoos.
- Rotíferos.
- Virus.

3.3.2. Tratamiento de las Aguas Negras.

Se le conoce como Tratamiento de Aguas Residuales al conjunto de operaciones o procesos físicos, químicos y biológicos utilizados para la eliminación o reducción de los contaminantes y características no deseables presentes en las aguas residuales.

El objetivo principal de estos procesos es obtener agua con características adecuadas para el uso que se le va a dar, por lo tanto, la combinación de los procesos variara de acuerdo al destino final o disposición que tendrán las aguas residuales.

Al final de la red de alcantarillado sanitario, es de mucha importancia ubicar una planta de tratamiento. Para determinar el tipo de tratamiento, se debe considerar:

- ✓ Las leyes nacionales.
- ✓ Las metas de protección de la salud y el ambiente.
- ✓ Factores económicos:
- ✓ Recuperación de costos de construcción y operación.
- ✓ Terrenos disponibles y valor de los mismos.
- ✓ Capacidades de operación y mantenimiento.

El tratamiento recomendado dependerá del uso final que se le dará al agua tratada y también del ámbito económico. Además, se toma en cuenta el espacio físico para la realización del proyecto, y posibles ampliaciones en el futuro debido a incrementos de caudal o tratamientos adicionales.

3.3.2.1. Procesos de Tratamiento para las Aguas Negras.

Ciertas partículas contaminantes están en suspensión, otros son coloides y disueltos (orgánicos e inorgánicos) en las aguas residuales y estas partículas

pueden ser separadas físicamente y transformarse por medios biológicos o someterse a modificaciones químicas.

Durante el proceso de diseño se debe seleccionar la combinación apropiada de los procesos con el objetivo de transformar las características con las que llega el agua residual con sus características iniciales a niveles aceptables en su vertido, cumpliendo normas establecidas. Por lo tanto, se muestra un diagrama de combinaciones diversas de procesos unitarios en los distintos sistemas de tratamiento.

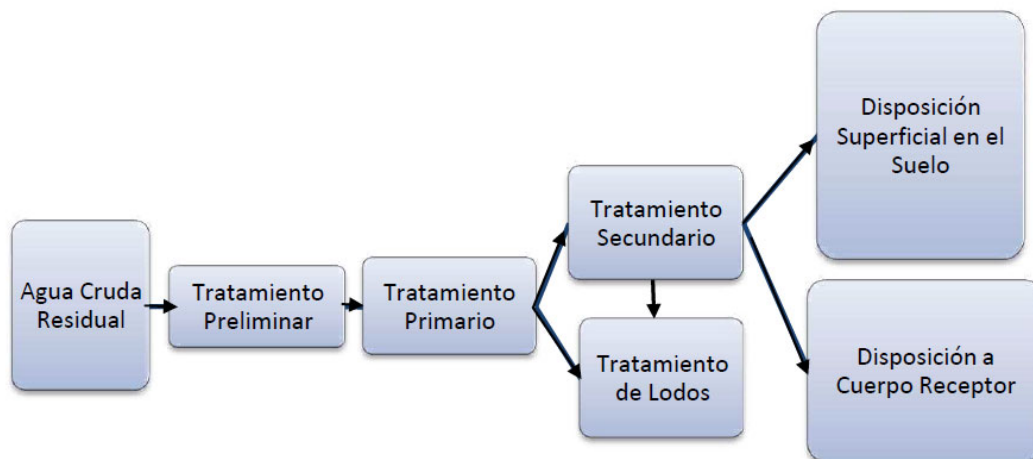


Diagrama 3.3.2. Sistema de tratamiento compacto. Fuente: Trabajo de graduación: diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de san isidro, departamento de cabañas.

El diagrama de flujo de las aguas residuales muestra la imagen para la combinación de operaciones varias y procesos unitarios dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Proceso Biológico.

Entre los principales objetivos del tratamiento biológico son eliminar o reducir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales, disminuir la cantidad de nutrientes presentes, y eliminar los patógenos y parásitos contaminantes de las aguas residuales. Los procesos biológicos se clasifican dependiendo de la necesidad de oxígeno de parte de los microorganismos responsables del tratamiento de los residuos.

Procesos Unitarios	Definición.
Aerobios.	Procesos en el tratamiento biológico que ocurren en presencia de oxígeno.
Anaerobios.	Procesos en el tratamiento biológico que ocurren en ausencia de oxígeno.
Anóxicos.	El proceso por medio del cual el nitrógeno de los nitratos se convierte biológicamente en nitrógeno gaseoso en ausencia de oxígeno. Este proceso se conoce también como Denitrificación Anóxica.
Facultativos.	Procesos de tratamiento biológico en los cuales los organismos pueden actuar en presencia o ausencia de oxígeno molecular.
Combinados.	Combinaciones diferentes de procesos aerobios, anaerobios y anóxicos agrupados con el fin de conseguir un objetivo particular.

*Tabla 3.3.2. Clasificación de los procesos individuales con respecto a su función metabólica.
Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.*

Entre los procesos aerobios podemos mencionar:

- 1) Lodos activados, que se usa casi exclusivamente en las grandes ciudades.
- 2) Filtros percoladores, más frecuentes en ciudades pequeñas y para aguas residuales industriales muy cargadas.
- 3) Estanque de estabilización aerobios, que se utilizan en ciudades pequeñas que disponen de grandes superficies de terreno.

Desde la década de los 60's, el tratamiento biológico se convirtió en el sistema más utilizado para la eliminación o reducción de contaminantes en las aguas residuales. Es una alternativa de bajos costos de mantenimiento y es agradable con el medio ambiente, en muchos lugares se ofrece como alternativa única. Uno de sus principales problemas es la gran demanda de recursos que se consumen para su construcción.

Proceso Físico.

El fin del tratamiento físico es la remoción de residuos de gran tamaño que están presentes en las aguas residuales, debido a que éstos interfieren en los equipos y procesos de tratamiento de aguas residuales.

Entre las operaciones unitarias físicas que se aplican al tratamiento de aguas residuales se encuentran las siguientes:

Sedimentación:

La Sedimentación es un término aplicado para la separación de las partículas suspendidas con determinado peso específico (mayor al del agua), en donde la fuerza gravitatoria es la actuante y también se da la intervención de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales.

Por lo general, la sedimentación es utilizada para la remoción de arenas en unidades de pretratamiento; de Sólidos Suspendidos Totales o SST en los sedimentadores primarios; de flóculos biológicos en los sedimentadores de lodo activado, y de flóculos químicos formados en el proceso de coagulación con agentes químicos. Al mismo tiempo, se ocupa la concentración de sólidos espesadores de lodos. El objetivo fundamental busca como resultado obtener un efluente clarificado, pero también es necesario la producción de un fango con una concentración de sólidos que pueda ser manejado y tratado con facilidad.

El Tamizado Grueso, por lo general, es la primera operación unitaria en las plantas de tratamiento de aguas residuales, en el cual se emplean equipos y procesos.

3.3.3. Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales.

La reunión y concentración de los residuos líquidos de una comunidad, llamadas aguas negras o residuales, crea el subsecuente problema de su evacuación, problema que es necesario resolver para la salud y bienestar de los habitantes. Para esto es necesario darles un tratamiento adecuado a las aguas residuales.

El tratamiento de las aguas residuales puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos. Todos estos métodos se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos. Su objetivo es producir un líquido derivado, que se pueda eliminar sin causar ningún perjuicio al medio ambiente.

Después de evacuar el afluente de una planta de tratamiento de aguas negras, también quedan los sólidos y el agua contenida en los sólidos, que han sido separados de las aguas negras y los cuales, también deben ser tratados de una manera adecuada antes de su disposición final.

El tratamiento de las aguas negras, es el conjunto de los recursos por medio de los cuales se realiza el proceso de auto purificación de una corriente, dentro de un área delimitada y bajo condiciones controladas.

Aunque hay muchos métodos de tratamiento de aguas residuales, todos se pueden incluir dentro de los procesos siguientes

1. Tratamiento Preliminar
2. Tratamiento Primario
3. Tratamiento Secundario
4. Tratamiento Terciario o avanzado
5. Tratamiento de Lodos

3.3.3.1. Tratamiento Preliminar.

Los tratamientos preliminares son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente sin perjudicar a los equipos

mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y de composición y la presencia de materiales flotantes, como aceites, grasa y otros.

Las unidades de tratamiento preliminar más importantes son:

- Tanques de Homogenización.
- Trampas de Grasas y aceites (Imagen 3.3.1.).
- Rejas y canales afluentes (Imagen 3.3.2.).
- Desarenadores (Imagen 3.3.2.).

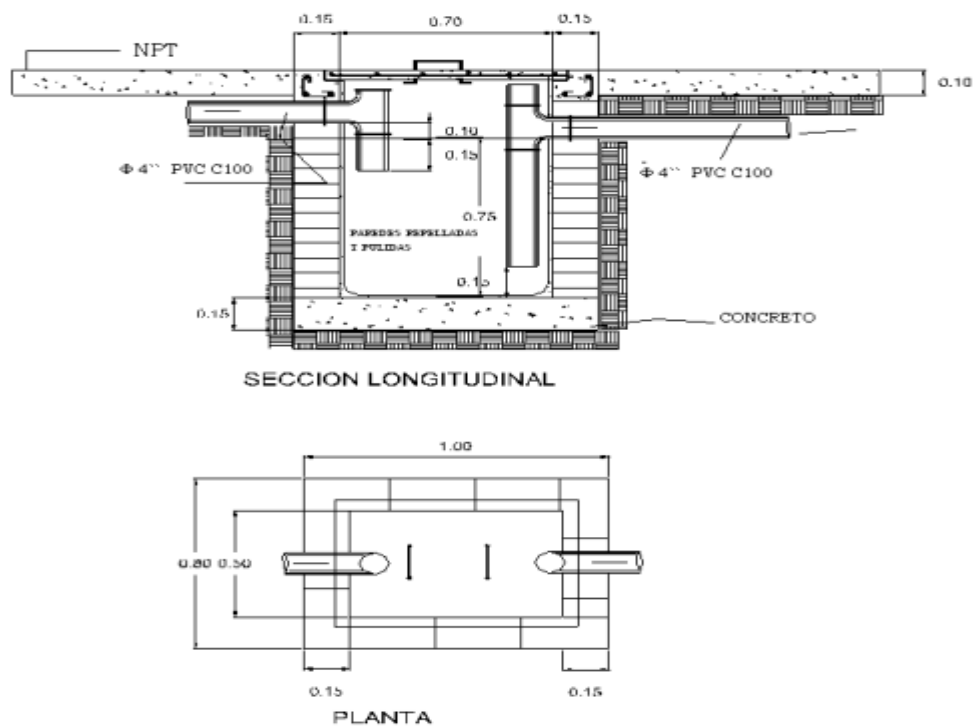


Imagen 3.3.1. Trampa de Grasas y aceites. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

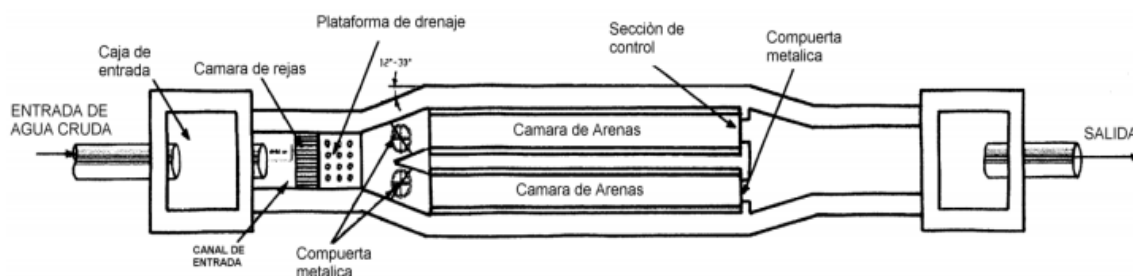


Imagen 3.3.2. Rejas, canales y desarenadores. Fuente Trabajo de graduación, diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Atiquizaya, UES.

De éstos, prácticamente todas las plantas de tratamiento incluyen rejas y desarenadores.

Los demás tipos de unidades son frecuentemente empleadas para residuos líquidos industriales.

El tratamiento es físico, puesto que la remoción de éstos sólidos de mayor tamaño se lleva a cabo por el proceso de tamizado y por la sedimentación en el desarenador a través de la interacción de fuerzas como la gravedad, diferencias de concentración y el tamaño de las partículas.

3.3.3.2. Tratamiento Primario.

El tratamiento primario constituye el primero, y a veces el único tratamiento de las aguas residuales. Este proceso elimina los sólidos flotantes y los sólidos en sedimentables tanto finos como gruesos. Si la planta provee solamente un tratamiento primario, se considera que el efluente sólo ha sido parcialmente

tratado. Es un simple tratamiento físico que consiste en la separación de elementos sólidos que contiene el agua.

El tratamiento primario persigue retener una buena parte de los sólidos en suspensión que lleva el agua residual (entre un 90 y 95% de los sólidos sedimentables). A fin de lograr lo anterior se emplea el efecto de la gravedad, para que se depositen los sólidos sedimentables en los sedimentadores o en las lagunas. Los parámetros de diseño apuntan a un tiempo de retención y velocidad del líquido lo más constante posible, impidiendo las variaciones de caudal, con la finalidad de que los lodos y la espuma recogida en el fondo y la superficie no se vuelvan a mezclar con el líquido y puedan ser enviados a tratamiento posteriores.

Otro propósito es conseguir un rendimiento suficiente para el correcto funcionamiento del tratamiento secundario.

En algunas ocasiones se potencia el tratamiento primario con la adición de reactivos de manera que aumenta la formación de sólidos sedimentables a partir de sólidos coloidales o disueltos. En otras es necesario proceder a la neutralización del pH antes de la siguiente etapa de tratamiento. La actividad biológica no es particularmente importante en el tratamiento primario, aunque la materia orgánica y los lodos residuales pueden sufrir una digestión parcial si el tiempo de retención es largo.

Entre algunos de los elementos más empleados en el tratamiento primario están:

- Sedimentadores Primarios
- Fosas Sépticas.
- Tanque Imhoff.



Imagen 3.3.3. Sedimentador tipo Dortmund. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.

3.3.3.3. Tratamiento Secundario.

El tratamiento secundario es un tratamiento biológico que persigue transformar la materia orgánica del agua residual en materia celular, gases, energía y agua. A su vez se retienen también sólidos en suspensión y sólidos coloidales. En la zona de tratamiento secundario algunas veces se añaden reactivos para favorecer la

eliminación de fósforo, o de sólidos coloidales. A este tratamiento químico no se le debe considerar un tratamiento secundario.

- Lagunas de estabilización
- Aerobias
- Anaerobias.
- Facultativas
- Aireadas.
- Filtros Biológicos.
- Reactores Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA).
- Lodos Activados.
- Sedimentadores Secundarios.



Imagen 3.3.4. Laguna de estabilización. Santa Fe de la Laguna, Quiroga, Michoacán. Fuente: RIVAS s.f.

3.3.3.4. Tratamiento Terciario o Avanzado.

El tratamiento avanzado del agua residual se define como el tratamiento adicional necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos no tratados en las etapas anteriores y de las sustancias disueltas que permanecen en el agua residual después del tratamiento secundario convencional. Estas sustancias pueden ser materia orgánica o inorgánica, en forma de sólidos suspendidos, y su naturaleza puede variar desde iones inorgánicos relativamente simples, como el calcio, el potasio, el sulfato, el nitrato y el fosfato, hasta un número cada vez mayor de compuestos orgánicos sintéticos muy complejos. En el transcurso de los últimos años se ha conseguido tener un conocimiento mucho más complejo sobre el efecto de las sustancias en el medio ambiente. La investigación sobre los posibles efectos tóxicos de estas sustancias en el medio ambiente continua, así como la investigación sobre los procesos de tratamientos, tanto convencionales como avanzados, dirigidos a su eliminación.

Los métodos de tratamiento avanzado de las aguas residuales se pueden clasificar en función del tipo de operación o proceso unitario, o por el objetivo principal de eliminación que se quiere conseguir. Muestra la principal función de eliminación de constituyentes; los tipos de operaciones y procesos aplicables para desarrollar esta función y el tipo de agua residual tratada



Imagen 3.3.5. Tratamiento terciario eliminación de nutrientes. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.

3.3.3.5. Tratamiento de Lodos.

Esta unidad brinda, el último tratamiento al lodo proveniente de los procesos que se llevan a cabo en las unidades anteriores y su ubicación por lo general es al final de la planta de tratamiento de aguas residuales, es decir que esta unidad proporciona el producto final en la depuración de aguas residuales domésticas. Luego de descargar los lodos en los patios y evacuar el vertido final a los cuerpos receptores no queda más que verificar si los efluentes cumplen con los

requerimientos exigidos por la propuesta de norma nacional y requerimientos del medio ambiente. Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %.

Luego de haberle proporcionado el tratamiento adecuado a las aguas residuales, a través de los diferentes procesos, en cada etapa de tratamiento como lo son el pretratamiento, tratamiento primario y secundario, el residuo final o lodo es colocado en los patios de lodos, los cuales se encargan de eliminar la humedad del lodo final.

Los lechos de secado de lodo son fáciles de manejar y producen un alto contenido de sólidos, son de bajo costo y requieren un mínimo de atención en su operación. El tratamiento de Lodos pretende disminuir el volumen, mediante la eliminación del agua, para subsecuentes tratamientos o disposición final.



Imagen 3.3.6. Lecho de Secado de Lodos. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES.

3.3.4. Marco Normativo Aplicable a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se debe de considerar el siguiente marco normativo:

Normas Técnicas para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillados de Aguas Negras (Normas Técnicas de ANDA).

En el Capítulo II se establece la carga máxima de DBO en 60 mg/l después de la depuración de las aguas residuales en una planta de tratamiento.

Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y Zonas de Protección (Decreto 50).

En este reglamento se encuentran normas sobre depuración y tratamiento de aguas, normas de protección de aguas, consideraciones acerca de las aguas residuales domésticas, límites permisibles para el vertido en el sistema de alcantarillado.

Reglamento Especial de Aguas Residuales (Decreto 39).

En este reglamento se encuentran las obligaciones de operación de plantas de tratamiento, análisis obligatorios, análisis complementarios, consideraciones

acerca del muestreo, análisis e informes operacionales y consideraciones para el reúso de las aguas residuales.

Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor (NSO 13.07.03:02 CONACYT).

En esta norma se encuentran los parámetros permisibles de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, tanto ordinarias como especiales, requerimientos para toma de muestras y métodos de análisis para determinar los parámetros contemplados en la norma.

CAPÍTULO

IV.

Diseño y Especificaciones Técnicas del Sistema de Alcantarillado Sanitario.

4.1. Criterios Empleados en el Diseño de Alcantarillado Sanitario por Gravedad para la Ciudad de Comasagua.

Para el diseño de la red de aguas negras se ha tomado consideraciones respecto a la información recolectada. Dicha información nos permitirá elegir una alternativa que sea la más adecuada para la solución del problema de la disposición de las aguas residuales, y las consideraciones son las siguientes:

- ✓ El periodo para el cual se está diseñando la red es de 20 años, que es el periodo mínimo deseable exigido por las normas de ANDA.
- ✓ El material que se propone utilizar para el diseño de los colectores es el PVC, con un coeficiente de rugosidad de Manning con valor de $n=0.011$, según Normas Técnicas de ANDA.
- ✓ La dotación de agua potable que se utilizará es de 125 litros/persona/día, este valor de dotación de diseño que fue tomado de las normativas de ANDA.
- ✓ Para el cálculo de la población futura se hace uso del Método Geométrico. Utilizando esta proyección para el cálculo de la población futura, se ha tomado en cuenta que es un municipio con un considerable crecimiento y desarrollo poblacional.

- ✓ El cálculo de caudal de diseño es igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño, añadiendo a una infiltración por caudales incontrolados de 0.1 litros/seg/Hectárea. El factor de seguridad es 2.0 según Normas Técnicas de ANDA, para tuberías de PVC y de diámetros de 8 y 10 pulgadas.

4.2. Caudal de Diseño.

Establecidas las consideraciones previamente mencionadas, se utilizará la ecuación siguiente:

$$Q_{AN} = F * [0.8 * Q_{Max-H} + i]$$

Donde:

Q_{AN} = Caudal de diseño, L/s/Ha.

F = Factor.

Q_{Max-H} = Caudal máximo horario, L/s/Ha.

i = Infiltración, L/s/Ha.

Cabe recalcar que el factor de seguridad F dependerá del diámetro del colector.

4.2.1. Caudal Máximo Horario.

Para el cálculo del caudal máximo horario primero se debe determinar el caudal medio diario a partir de la ecuación siguiente:

$$Q_{md} = \frac{Dot * P_f}{86,400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario, lts/seg.

Dot = Dotación de agua potable (lts/p/día).

P= Población futura para el año 2041.

El caudal medio diario debe ser multiplicado por un coeficiente de variación horaria K_2 que varía entre 1.8 y 2.4. El valor K_2 que será utilizado es de 2.4, considerando que será el caso más desfavorable, por lo tanto, la expresión será la siguiente:

$$Q_{Max-H} = K_2 * Q_{md}$$

Donde:

Q_{Max-H} = Caudal máximo horario, L/s/Ha.

Cabe mencionar que la dotación total incluye además de la dotación doméstica, el consumo comercial, público, etc.

4.2.2. Cálculos Hidráulicos por Tramos de Tuberías.

Para el diseño de colectores se determinará el caudal real por cada tramo de tubería. Con la ayuda del software Excel, se realizarán los cálculos necesarios y

la presentación en tablas de cálculos resultados del diseño de la red de drenaje residual.

Con el apoyo de la Tabla 4.2.1., se muestran los valores de dotaciones a utilizar en los diferentes inmuebles presentes en el casco urbano del municipio de Comasagua.

Área	Compuesta por	Dotación
Domestica	Viviendas	125 lts/p/d
Locales comerciales	Ferretería Tiendas Librerías Farmacia Salones de Belleza Talleres	20 lts/m ² /día
Restaurante	Comedores	50 lts/m ² /día
Escuela	Escuelas	40 lts/alumno/día
Clínica medica	Clínica comunal	500 lts/consultorio/día
Mercado	Mercado	15 lts/m ² /día
Iglesias	Iglesias y templos Asociaciones	3 lts/asiento/día
Oficina	Alcaldía municipal Casa comunal Puesto policial	6 lts/m ² /día

Tabla 4.2.1. Tabla de consumos a utilizar según el tipo de inmueble. Fuente: Normas Técnicas y Reglamento de ANDA.

A continuación, se presentan la explicación de las hojas de cálculo y las tablas de caudales reales.

1	2	3	4	5
Tramo	Pozo Inicio	Pozo Final	Diámetro (pulg)	Factor de Seguridad de ANDA
1	PAN-1	PAN-2	8.00	2.00
2	PAN-2	PAN-3	8.00	2.00

Imagen 4.2.1. Número de Tramo, Pozo de Inicio y Final, Diámetro de Colector y Factor de Seguridad según ANDA. Fuente: Grupo de investigación.

- **Columna 1.**

Indican el número de tramo de la red de drenaje de aguas negras.

- **Columna 2 y 3.**

Muestran los números de pozos tanto inicial y final para el tramo correspondiente.

- **Columna 4.**

Indica el diámetro del colector entre pozos.

- **Columna 5.**

Muestra el factor de seguridad que recomienda ANDA para el diámetro en la columna 4.

6	7	8	9	10	11	12	13
# Lotes	# Locales comerciales	# Restaurantes	# Escuelas	# Clínicas medicas	# Mercado	# Iglesias	# Oficina
1.00							

Imagen 4.2.2. Número de Lotes por tramo, Locales comerciales, Restaurantes, Escuelas, Clínicas médicas, Mercados, Iglesias y Oficinas. Fuente: Grupo de investigación.

- **Columnas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.**

Estas columnas indican la cantidad correspondiente de inmuebles que drenan a cada tramo colector.

14
Area de Influencia (m²)
0.00

Imagen 4.2.3. Área de Influencia. Fuente: Grupo de investigación.

- **Columna 14.**

Muestra el área de influencia debido a la probabilidad de infiltración de aguas residuales y sea descargada en la tubería del tramo en estudio.

El procedimiento para el cálculo de las diferentes áreas de influencia por cada colector es de la siguiente forma:

1. La determinación de las áreas de influencia, debe hacerse de acuerdo con el plano topográfico de la población y el trazado de la red de colectores, tal como se ilustra en la Imagen 4.2.3.
2. El área de influencia correspondiente a cada colector se obtiene trazando las diagonales o bisectrices sobre las manzanas de la población. En el ejemplo de la imagen 4.2.3. se ejemplifica en la intersección del pozo 10, en cual se muestra la bisectriz del ángulo que forman las tuberías 6-10 y 9-10 (Imagen 4.2.3.).

Un dato importante es que las áreas de influencia deben ser expresadas en *Hectáreas* al momento de ser calculadas en la fórmula de caudal de diseño.

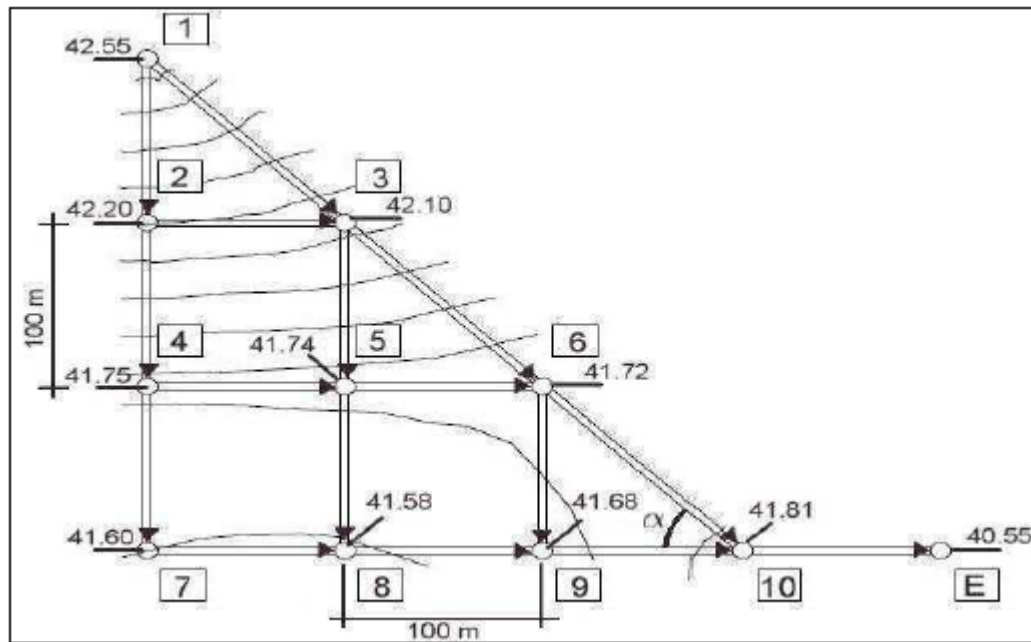


Imagen 4.2.4. Ejemplo de plano topográfico y red de colectores de una población. Fuente trabajo de graduación, Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, departamento de la libertad, UES

15	16	17	18	19	20	21	22
Q-domestico (lts/seg)	Q-locales comerciales (lts/seg)	Q- restaurantes (lts/seg)	Q-escuelas (lts/seg)	Q-clinicas medicas (lts/seg)	Q-mercados (lts/seg)	Q-iglesias (lts/seg)	Q-oficinas (lts/seg)
0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Imagen 4.2.5. Caudales domésticos o provenientes de lotes, locales comerciales, restaurantes, escuelas, clínicas médicas, mercados, iglesias y oficinas. Fuente: Grupo de investigación.

- **Columna 15.**

En esta columna muestra el cálculo del caudal doméstico en L/s. Previo al cálculo, se debe determinar el valor (*k*) de la relación población a futuro por lote.

$$k = \frac{\text{Poblacion Futura}}{\text{Total Lotes}}$$

Población Futura (P_n).

Para la determinación de este valor, se debe tener un dato poblacional actualizado o Población Actual (P_a), una tasa de crecimiento poblacional (i) y el periodo de diseño (n).

$$P_n = P_a(1 + i)^n$$

Para el cálculo de caudal doméstico, se debe tener la cantidad de lotes por tramo, la dotación de agua potable y la relación entre población futura con el total de lotes.

$$\text{Caudal doméstico} = \frac{k \times \#Lotes \text{ en tramo} \times \text{Dotación}}{86,400}$$

- **Columnas 16, 17, 20 y 22.**

Para la determinación de los caudales de locales comerciales, restaurantes, mercados y oficinas, se debe de tener el área de cada uno de los inmuebles y la cantidad inmuebles correspondientes a las categorías. Cabe destacar que para cada uno de estos inmuebles la dotación de agua potable es diferente.

$$\text{Caudal locales comerciales} = \frac{\# \text{Locales en tramo} \times \text{Area} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

$$\text{Caudal restaurante} = \frac{\# \text{Restaurante en tramo} \times \text{Area} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

$$\text{Caudal mercado} = \frac{\# \text{Mercado en tramo} \times \text{Area} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

$$\text{Caudal oficina} = \frac{\# \text{Oficina en tramo} \times \text{Area} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

- **Columna 18.**

Para el cálculo del caudal generado por las escuelas, se debe conocer el número de escuelas, la cantidad de alumnos total y la dotación de agua potable por alumno.

$$\text{Caudal escuela} = \frac{\# \text{Escuelas} \times \text{Cantidad Alumnos} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

- **Columna 19.**

Para el cálculo de los caudales de los establecimientos médicos, se debe en cuenta la cantidad de consultorios en el establecimiento médico y la dotación de agua potable para éstos.

$$\text{Caudal clinicas} = \frac{\# \text{Consultorios} \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

- **Columna 20.**

En el cálculo de caudal de centros de reunión, auditorios o iglesias, se toma en cuenta la capacidad máxima de asientos que puede tener el lugar y la dotación para esta categoría.

$$\text{Caudal iglesia} = \frac{\#Asientos \times \text{Dotacion}}{86,400}$$

- **Columna 23.**

Muestra el caudal debido a la infiltración el cual incluye el valor establecido por la Norma Técnica de ANDA de 0.10 Litros/segundos/Hectárea y el área de influencia para el tramo en estudio.

23
Q-infiltracion (lts/seg)
0.00

Imagen 4.2.6. Columna de Caudal de infiltracion. Fuente: Grupo de investigación.

$$\text{Caudal de infiltracion} = \left(\text{Area de influencia} \times \frac{1}{10,000} \right) \times 0.10$$

- **Columna 25.**

En esta columna se muestra el caudal real del tramo de tubería, el cual se calcula con la siguiente expresión:

24
Q-tramo (lts/seg)
0.62

Imagen 4.2.7. Columna de Caudal de tramo de tubería. Fuente: Grupo de investigación.

$$\text{Caudal de tramo} = F \times (2.4 \times 0.8 \left[\sum \text{Caudales} \right] + \text{Caudal de infiltración})$$

- **Columna 25.**

En esta columna representa la acumulación de los caudales, en la cual se van sumando de acuerdo al diseño propuesto.

25
Q-Acum Tramo (lts/seg)
0.62

Imagen 4.2.8. Columna de Caudal acumulado por los diferentes tramos de tuberías. Fuente: Grupo de investigación.

Tramo	Pozo Inicio	Pozo Final	Diámetro (pulg)	Factor de Seguridad de ANDA	# Lotes	# Locales comerciales	# Restaurantes	# Escuelas	# Clínicas médicas	# Mercado	# Iglesias	# Oficina	Área de Influencia (m ²)	Q-domestico (lts/seg)	Q-locales comerciales (lts/seg)	Q-restaurantes (lts/seg)	Q-escuelas (lts/seg)	Q-clínicas médicas (lts/seg)	Q-mercados (lts/seg)	Q-iglesias (lts/seg)	Q-oficinas (lts/seg)	Q-infiltración (lts/seg)	Q-tramo (lts/seg)	Q-Acum Tramo (lts/seg)	
1	PAN-1A	PAN-1B	8.00	2.00				1.00					2,015.27	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.40	0.40
2	PAN-1B	PAN-1C	8.00	2.00									786.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.41
3	PAN-1C	PAN-1D	8.00	2.00									932.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.43
4	PAN-1D	PAN-1	8.00	2.00									155.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43
5	PAN-1	PAN-2	8.00	2.00	1.00								15.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.83
6	PAN-2	PAN-3	8.00	2.00	1.00								265.21	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.23
7	PAN-3	PAN-4	8.00	2.00	1.00				1.00				469.15	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	1.74
8	PAN-4	PAN-5	8.00	2.00	1.00	2.00							393.12	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	2.17
9	PAN-5	PAN-6	8.00	2.00	1.00								504.04	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	2.58
10	PAN-6	PAN-7	8.00	2.00	2.00								511.20	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.80	3.38
11	P-7A	PAN-7	8.00	2.00		2.00							234.31	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09
12	PAN-7	PAN-8	8.00	2.00	1.00								625.06	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	3.79
13	PAN-8	PAN-9	8.00	2.00	1.00	1.00							633.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.43	4.21
14	PAN-9	PAN-10	8.00	2.00	1.00							1.00	690.40	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	4.62
15	PAN-30	PAN-31	8.00	2.00	2.00	2.00				1.00			398.07	0.21	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	
16	PAN-31	PAN-32	8.00	2.00	1.00	2.00							337.71	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.37
17	PAN-32	PAN-33	8.00	2.00	1.00	4.00							380.67	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	1.91
18	PAN-33	PAN-34	8.00	2.00	1.00	1.00	5.00						280.76	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	2.37
19	PAN-34	PAN-35	8.00	2.00									82.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.37
20	PAN-35	PAN-36	8.00	2.00									99.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.38
21	PAN-36	PAN-37	8.00	2.00							1.00		1,850.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	2.42
22	PAN-37	PAN-10	8.00	2.00	1.00								845.34	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	2.83
23	PAN-10	PAN-11	8.00	2.00	1.00								797.35	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	7.87
24	PAN-11	PAN-12	8.00	2.00							1.00		292.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	7.88
25	PAN-17	PAN-18	8.00	2.00	1.00								988.01	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	0.41
26	PAN-18	PAN-19	8.00	2.00	1.00								515.89	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	0.82
27	PAN-19	PAN-20	8.00	2.00	1.00								121.37	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.22
28	PAN-20	PAN-21	8.00	2.00	2.00			1.00					506.51	0.21	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.94	2.16
29	PAN-21	PAN-22	8.00	2.00	1.00								575.91	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	2.57
30	PAN-22	PAN-23	8.00	2.00	2.00								417.25	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	3.37

Tabla 4.2.2a. Cálculo de caudales de tramos. Fuente: Grupo de investigación.

Tramo	Pozo Inicio	Pozo Final	Diámetro (pulg)	Factor de Seguridad de ANDA	# Lotes	# Locales comerciales	# Restaurantes	# Escuelas	# Clínicas médicas	# Mercado	# Iglesias	# Oficina	Área de Influencia (m ²)	Q-domestico (lts/seg)	Q-locales comerciales (lts/seg)	Q-restaurantes (lts/seg)	Q-escuelas (lts/seg)	Q-clínicas médicas (lts/seg)	Q-mercados (lts/seg)	Q-iglesias (lts/seg)	Q-oficinas (lts/seg)	Q-infiltración (lts/seg)	Q-tramo (lts/seg)	Q-Acum Tramo (lts/seg)	
31	PAN-23A	PAN-23B	8.00	2.00	1.00								1,383.72	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.42	0.42
32	PAN-23B	PAN-23	8.00	2.00									706.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.44
33	PAN-23	PAN-24	8.00	2.00	1.00								335.53	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.20
34	PAN-24	PAN-25	8.00	2.00	1.00								318.47	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	4.61
35	PAN-25	PAN-26	8.00	2.00	1.00								202.54	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	5.00
36	PAN-26A	PAN-26B	8.00	2.00	1.00								1,139.99	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.42	0.42
37	PAN-26B	PAN-26	8.00	2.00	1.00								481.96	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.82
38	PAN-26	PAN-27	8.00	2.00	1.00								41.71	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	6.22
39	PAN-27	PAN-28	8.00	2.00	1.00								379.87	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	6.63
40	PAN-28	PAN-29	8.00	2.00	2.00								371.79	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	7.42
41	PAN-29A	PAN-29	8.00	2.00	1.00								795.12	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	0.41
42	PAN-29	PAN-12	8.00	2.00	2.00								206.96	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	8.63
43	PAN-12	PAN-13	8.00	2.00	1.00								756.63	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	16.92
44	PAN-38	PAN-39	8.00	2.00	1.00							1.00	209.83	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40
45	PAN-39	PAN-40	8.00	2.00	1.00	4.00							762.02	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.55	0.95
46	PAN-40	PAN-41	8.00	2.00	1.00								438.79	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.36
47	PAN-41A	PAN-41	8.00	2.00	1.00								900.07	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	0.41
48	PAN-41	PAN-42	8.00	2.00	1.00								294.14	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	2.17
49	PAN-42	PAN-43	8.00	2.00	1.00								506.15	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.41	2.58
50	PAN-43	PAN-44	8.00	2.00	2.00	2.00							1,036.52	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.85	3.42
51	PAN-44	PAN-13	8.00	2.00	2.00								1,130.78	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.81	4.24
52	PAN-13	PAN-14	8.00	2.00	2.00								1,018.01	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.81	21.96
53	PAN-14A	PAN-14B	8.00	2.00	2.00								2,632.22	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.84	0.84
54	PAN-14B	PAN-14	8.00	2.00	2.00								943.83	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.81	1.65
55	PAN-14	PAN-15	8.00	2.00	4.00								619.97	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.59	25.21
56	PAN-15	PAN-16	8.00	2.00	4.00						2.00	1.00	677.61	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.61	26.82
57	PAN-16	PAN-45	8.00	2.00									200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.82
58	PAN-45	PAN-46	8.00	2.00									200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.82
59	PAN-46	PAN-47	8.00	2.00									200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.83
60	PAN-47	PAN-48	8.00	2.00									200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.83
61	PAN-48	Caja Descarga	8.00	2.00									200.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<u>26.84</u>

Tabla 4.2.2b. Cálculo de caudales de tramos. Fuente: Grupo de investigación.

4.3. Diseño y Disposición de la Red.

Las tuberías de los colectores de aguas negras han sido ubicadas al costado sur de las calles y al costado poniente de las avenidas, en ambos casos ha sido ubicada a 1.50 metros del cordón de la calle. Para el tramo de la calle Daniel Hernández, entre las avenidas Los Encuentros y Monterrosa, debido a que el ancho de la calzada es menor a 3.00 metros, la tubería del colector de esa calle está ubicado a 1.20 metros del cordón sur de la calle. Las excepciones fueron debido a las intersecciones de las calles que hacían difícil mantener esta distancia en toda la red. La profundidad de los colectores será entre 1.20 metros y 3.00 metros de relleno sobre la corona en toda la red. Para los colectores que su profundidad es mayor a 3.00 metros, se propondrá un colector paralelo para que en este se puedan conectar las tuberías provenientes de las casas, comerciales, etc. La distancia máxima entre pozos será 100.00 metros.

4.4. Diseño de Colectores.

Con la ayuda del programa de computadoras HCanales “Software para Diseño de Canales”, de Máximo Villón Béjar, para la sustitución de los procesos de lectura en la curva de elementos hidráulicos básicos o gráficos tipo nomograma, el cuál de una forma matemática, realiza los cálculos para determinar con

exactitud la velocidad real y el tirante que presenta la tubería en condiciones reales.

Para que el diseño del colector sea el adecuado debe cumplir con los siguientes criterios:

- La velocidad mínima debe ser 0.5 m/s
- La velocidad máxima para tubería de PVC es de 5.0 m/s
- La pendiente mínima será de 1% y en casos excepcionales podrá ser de 0.5% siempre y cuando el material de la tubería sea PVC y que no sea entamos iniciales.
- El diámetro de la tubería debe ser de 8 pulgadas.

Pasos a Seguir para Uso De Software Hcanales:

1. Se inicializa el programa Hcanales, que previamente debe de haber sido instalado.
2. En la barra de menús se debe elegir el comando: Tirante-Normal.
3. Se despliega una lista en la cual se debe elegir el tipo de sección. De esa lista se elige la sección Circular, que es nuestro caso.
4. Por lo tanto, se mostrará una ventana llamada Cálculo del Tirante Normal, sección Circular, como la mostrada en la Imagen 4.4.1.

Imagen 4.4.1. Ventana de cálculo de tirante normal para secciones circulares, Software Hcanales. Fuente: Grupo de investigación.

Se necesita la siguiente información que debe ser ingresada en el programa:

Lugar: Se ingresa el nombre del lugar de estudio.

Tramo: Se identifica el tramo con el nombre pozo de inicio y pozo de fin.

Proyecto: Se coloca el nombre del tipo de tubería a diseñar, según sea el uso ya sea acueductos, canales de riego agrícolas o si es alcantarillados sanitario o pluvial.

Revestimiento: Se ingresa el tipo de material de la tubería del tramo.

Luego se deben de introducir los siguientes datos en el recuadro del programa:

- Caudal en m^3/s .
- Diámetro de la tubería que debe ser ingresado en metros.
- Pendiente de la tubería en metros/metros.
- Coeficiente de rugosidad “n”, el cual, por ser tuberías de PVC, el valor será $n=0.011$.

Por último, se presiona el botón Ejecutar y el programa nos calculará todos los resultados de los datos introducidos. Los datos que más interesan son el valor de la velocidad y el tirante normal para ser evaluados, los cuales deben ser comparados con los valores límites que proporciona la Norma Técnica de ANDA, de la siguiente manera:

- La velocidad debe tener un valor entre 0.5 y 5.0 m/seg.
- El tirante normal no debe ser mayor del 80% del diámetro de la tubería.

También existen otras opciones adicionales como Imprimir el reporte, Introducir nuevos datos por medio de Limpiar pantalla, así como volver al Menú Principal.

Cálculo de Velocidad Real y Tirante a través de Hcanales.

Utilizando el software para computadoras Hcanales, se determinaron los valores de velocidad real y tirante, además de la relación entre el tirante (y) y el diámetro

(d), utilizando los datos de diámetro a implementar en el tramo #61 de la red de drenaje de aguas negras, valor de rugosidad y el caudal de diseño que aporta la red mencionada a la planta de tratamiento de aguas residuales (Tabla 4.2.1b).

Donde:

Q = Caudal de diseño, obtenido de Tabla 4.2.1b, lts/seg.

d = Diámetro, obtenido de Tabla 4.2.1b, m.

n = Rugosidad (Un valor de n = 0.011 en tuberías de PVC, como menciona las Normas Técnicas de ANDA).

S = Pendiente, obtenido de Tabla 4.2.1b, m/m.

y = Tirante normal, m.

v = Velocidad real, m/s.

Transformando Valores.

- Caudal (Q).

$$Q = 26.84 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ lts}}$$

$$Q = 0.02684 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

- Diámetro (d).

$$d = 8 \text{ pulg} \times \frac{0.0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}}$$

$$d = 0.2032 \text{ m}$$

- Pendiente (S).

$$S = 1\% = 0.01 \text{ m/m}$$

Se ingresan los datos previos al programa en los recuadros donde son requeridos (Imagen 4.4.2.).

Imagen 4.4.2. Datos obtenidos de software Hcanales. Fuente: Grupo de investigación.

Datos obtenidos de software Hcanales.

Luego de ingresar y calcular los datos en el software Hcanales, los datos de Tirante Normal (y) y Velocidad (v) son los siguientes:

- Tirante Normal (y).

$$y = 0.1210 \text{ m}$$

- Velocidad (v).

$$V = 1.3337 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, para los criterios de velocidades mínima y máxima permisible para tuberías de PVC, se cumplen dentro de lo establecido por las Normas Técnicas de ANDA con un valor de 1.3337 m/s.

De la relación Tirante-Diámetro, se determina el porcentaje de llenado de la tubería o colector.

- Relación Tirante-Diámetro (y/d).

$$\frac{y}{d} = \frac{0.1210 \text{ m}}{0.2032 \text{ m}} \times 100\%$$

$$\frac{y}{d} = 59.5\%$$

Por lo tanto, la tubería o colector en análisis con el software Hcanales, estaría teóricamente a un 59.5% de su capacidad bajo los datos de Tirante Normal y Diámetro, menor al 80% de capacidad del colector exigido por ANDA durante el consumo máximo horario.

4.5. Descarga de Aguas Residuales.

Debido a las características que posee la topografía en el área urbana del municipio de Comasagua permite tener un solo sector de descarga, por lo tanto, solo hay necesidad de diseñar una planta de tratamiento para poder recolectar la mayor parte del agua residual proveniente del casco urbano.

Cabe mencionar que, por las condiciones topográficas encontradas en el municipio de Comasagua, únicamente se tiene un punto de descarga, PAN-48, el cual, da inicio al último colector de aguas negras hacia la caja descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales.

4.6. Alternativas para los Sectores Inaccesibles al Sistema de Alcantarillado Sanitario.

Existen algunos casos en los cuales la red de drenaje de aguas negras no logra dar cobertura a ciertas zonas, sin embargo, se han diseñado alternativas para mejorar las condiciones en los sectores carentes de servicios básicos, se plantean la construcción de letrinas que pueden ser de diferentes tipos y estos varían de acuerdo a diferentes factores intrínsecos. Por lo tanto, se propone tres alternativas:

- a. Letrina Abonera Seca Familiar.
- b. Fosa Séptica Prefabricada.

c. Letrina Solar.

Estas son alternativas con viabilidad desde la parte técnica, económica y ambiental.

4.6.1. Letrina Abonera Seca Familiar con Ventilación.

A diferencia de la letrina de hoyo seco, este tipo de letrinas ofrece gran seguridad sanitaria en la disposición de las heces, reduciendo las posibilidades de contaminación de las fuentes de agua, suelos y reduce la producción de malos olores y criaderos de insectos.

Estas letrinas están construidas con dos cámaras de descomposición, las que se usan en forma alternada y permiten mantener el proceso de degradación de la materia fecal. Puede ser construidas en terrenos húmedos y poco firmes, así como en suelos arenosos. Este tipo de letrinas se conoce con el nombre de Letrina Abonera Seca Familiar con Ventilación (LASF).

Aunque las LASF con ventilación, cumple con las mismas características de las LAFS sin ventilación, se diferencian por el tubo de ventilación que evacua los malos olores y sirve como trampa para los insectos.

El tubo de ventilación debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Diámetro de 3 pulgadas como mínimo.
2. Debe sobresalir del techo al menos 10 centímetros.
3. De preferencia debe ser una tubería de PVC de 80 psi.

4. Debe ubicarse en la parte posterior de la caseta o baño y que sobrepase por lo menos 2 cm. la plancha de la letrina.
5. Se fija a la pared mediante abrazaderas tipo U del tamaño del diámetro de tubería.
6. En la parte superior del tubo a 45° con una malla o cedazo de color blanco o amarillo, para que el color blanco o amarillo para que no obstruya el brillo producido por el Sol y se debe garantizar que la malla o cedazo quede bien sujeta al tubo, (Ver Imagen 4.6.1.).

Detalles Técnicos de las LASF.

1. Dos Cámaras de Almacenamiento.

La LASF provee dos depósitos o cámaras colocados uno junto al otro, en donde se recolectan las heces. Cuando una cámara está llena no es necesario trasladar a otro lugar toda la letrina, como sucede en las de foso (Ver Imagen 4.6.1.).

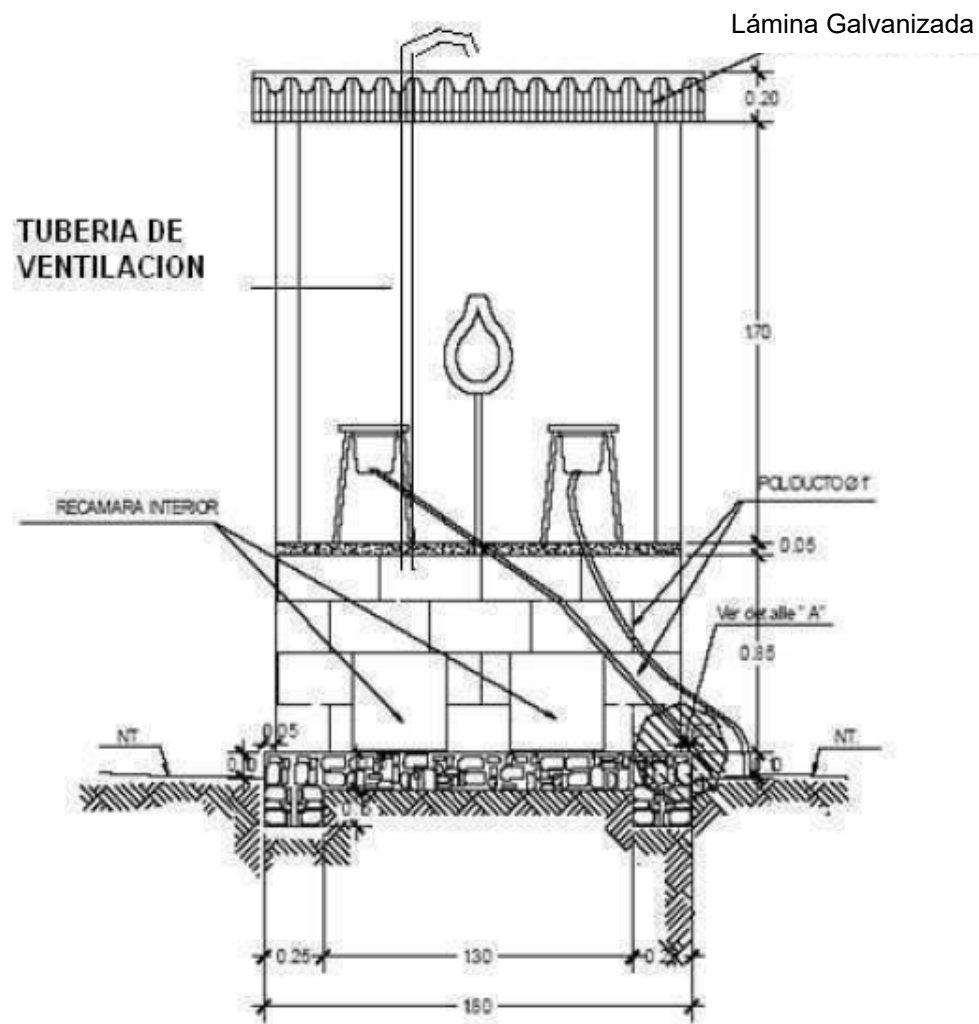


Imagen 4.6.1. Detalle de una Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

2. Urinarios para Garantizar el Proceso Seco.

La letrina está condicionada a que funcione debidamente manteniéndose seca ya que no está diseñada para recibir líquidos. Los asientos o tazas utilizados tienen un elemento particular que los hace diferentes a los de otros tipos de letrinas; las tazas cuentan con una prolongación delantera que impide la

3. Mantenimiento Mejorado.

El mantenimiento de las LASF es muy sencillo; debido a que está construido con dos cámaras, cada una debe llenarse en alrededor de seis meses. Una vez llena, se sella y suspende su uso durante los próximos seis meses, tiempo suficiente para que los desechos humanos se descompongan y se sequen; esta condición del material fecal que sean removidos más fácil y sin peligros para la salud. La cámara llena podrá ser vaciada después de pasados seis meses de haber sido sellada, mientras tanto, la otra estará en uso por un período igual de tiempo.

4. El Material de Desecho Puede Ser Aprovechado.

Una de las principales ventajas de la LAFS, además de su higiene y mantenimiento, es que produce material para abono orgánico. El excremento humano experimenta un proceso de transformación, que lo convierte en materia aprovechable para el enriquecimiento de la tierra de cultivo.

Para el logro de este propósito, el uso de la letrina abonera seca, exige que las heces depositadas en la cámara sean cubiertas con cantidades regulares de ceniza o una mezcla de tierra seca con cal, debido a esto su composición es diferente, su apariencia es seca y su contenido de bacteria y gérmenes es muy reducido.

5. Facilidad de Construcción de las Letrinas.

La construcción de la LASF es relativamente sencilla y se presenta para que las familias de la comunidad se organicen y se apoyen mutuamente en las actividades necesarias para su construcción. Además, pueden intercambiar herramientas de trabajo y conocimientos para mejorar o facilitar la construcción.

6. Uso y Mantenimiento de las LASF.

Para un buen uso y mantenimiento de la LASF, se recomienda:

1. Utilizar únicamente una taza y sellar la otra con algún plástico resistente.
2. Antes de iniciar el uso de la cámara, colocar una delgada capa de estiércol de caballo con ceniza o mezcla de tierra seca con cal.
3. Previamente cerrar las compuertas.
4. Preparar un recipiente con ceniza o tierra seca con cal (material secante), en proporción 1:5.
5. Asegurarse de cubrir siempre las heces con el material de mezcla.
6. No cubrir el orificio de la orina con la mezcla.
7. Tapar la taza o letrina en uso.
8. Lavarse adecuadamente las manos.

Para el mantenimiento de la LASF se debe considerar:

1. Limpieza de la letrina periódica.

2. Utilizar alternadamente las tazas de la LASF, pueden ser alternadas cada 6 meses, manteniendo sellada la otra taza y cámara.
3. A los 5 meses, se puede comprobar la contextura del contenido de la cámara sellada. Si ésta presenta una apariencia completamente seca, puede ser utilizado como abono. Si presenta otra apariencia pastosa y húmeda, es recomendable sellar por 1 o 2 meses más.
4. Limpiar y preparar la cámara luego de haber extraído el contenido seco.

Entre las precauciones que se debe de tener con la LASF:

1. Evitar introducir líquidos a la cámara en uso. Cuando se note humedad excesiva, deberá agregarse suficiente material secante, ya que la presencia de humedad generara bacterias, gérmenes e insectos.
2. No utilizar ambas recámaras a la vez, pues no funcionará paralelamente el proceso de transformación del material de desecho en abono orgánico.
3. No quemar los papeles depositados en el interior de la letrina, porque podría quemarse el poliducto, si éste es de mala calidad.
4. No tirar basura en el interior de la taza como plásticos, vidrios o animales muertos.
5. No guardar objetos dentro de la caseta, ni refugiar animales en ésta.

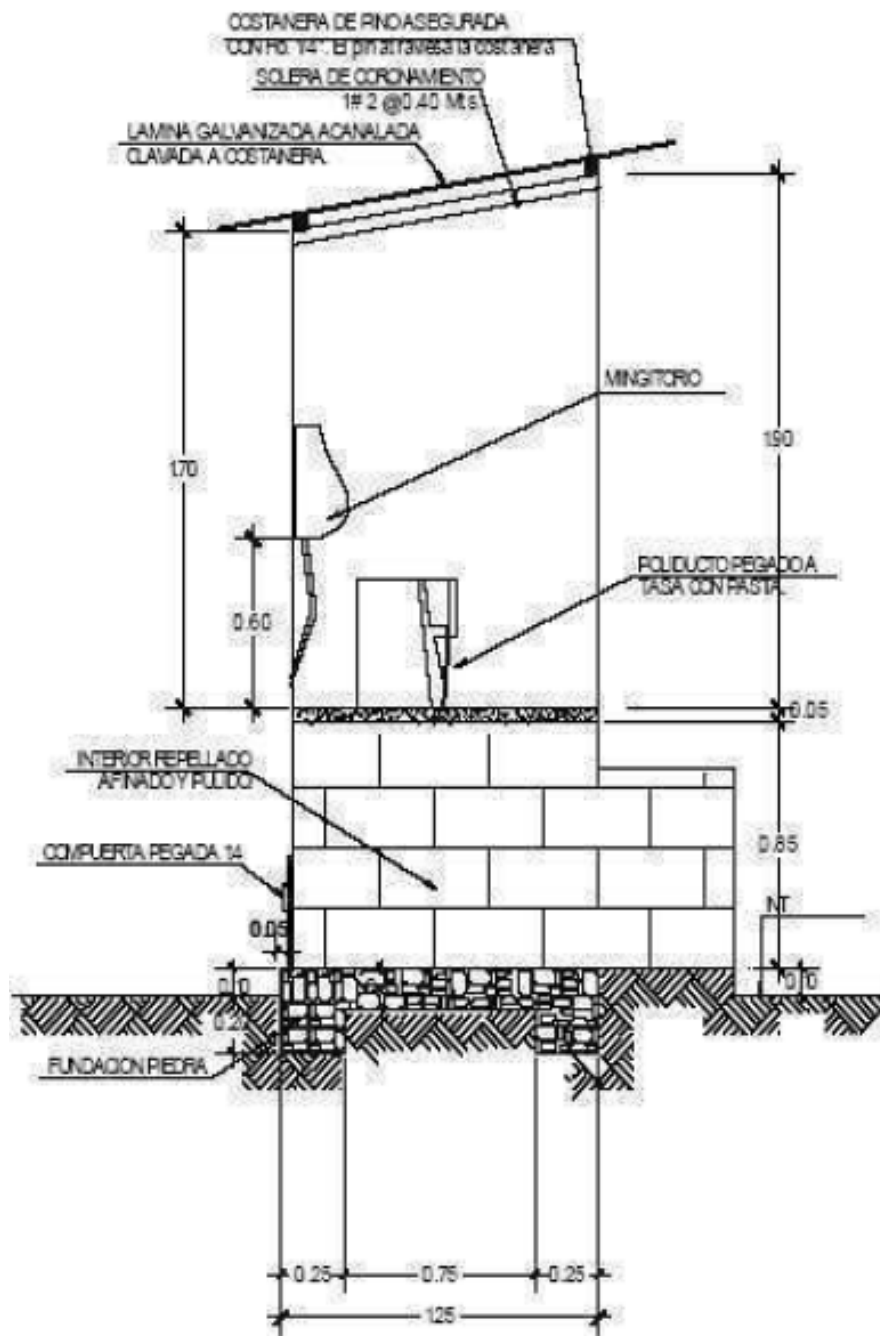


Imagen 4.6.3. Detalle típico de Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

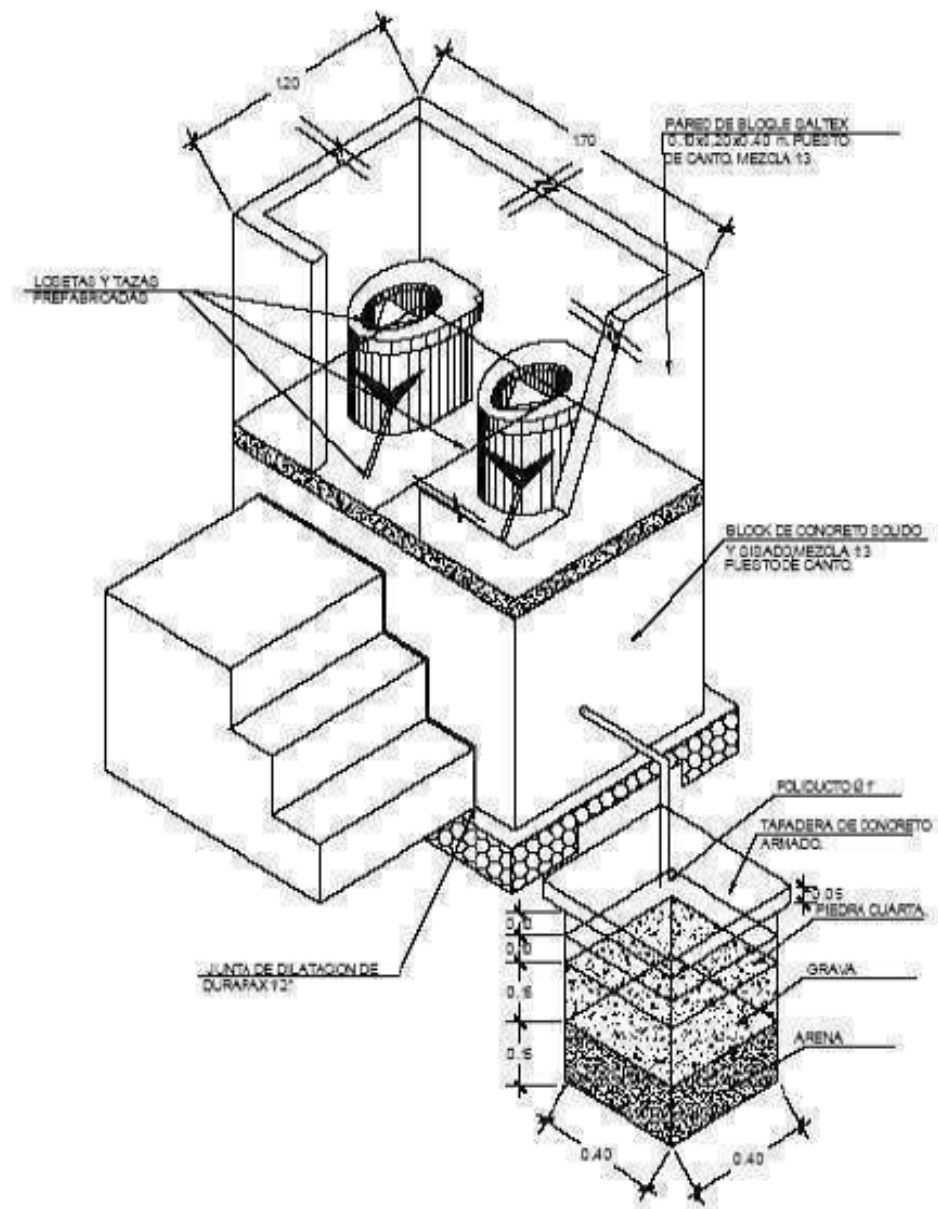


Imagen 4.6.4. Isométrico de Letrina Abonera Familiar Seca con ventilación. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

Costo de Alternativa: Letrina Abonera Seca Familiar.

El precio estimado para la construcción de una LAFS, es de \$605.36, sin embargo, este valor estimado podría variar dependiendo de los materiales y mano de obra empleada.

Conclusión de Alternativa.

La LAFS es una muy factible y económica en su construcción, además su mantenimiento es de bajo costo y las heces puede ser tratadas para ser abono. No requiere de mucho espacio para la construcción de este tipo de letrina.

4.6.2. Fosa Séptica Prefabricada.

Las fosas sépticas son sistemas tradicionales instalados en las viviendas de nuestro país, dan un tratamiento primario de aguas negras que permiten retirar los sólidos en suspensión que se evacuan de una vivienda, éstas son vaciadas ya clarificadas y sin sedimentos.

El Salvador, la empresa AMANCO-WAVIN ha logrado crear una solución innovadora, se introdujo una nueva fosa séptica la cual brinda una solución completa al sistema de drenaje de las casas de habitación, ahorrando costos de instalación y mano de obra.

Estas fosas sépticas están listas para utilizarse. Cuentan con un kit de instalación de fábrica, por ejemplo, conexiones de tuberías de PVC que resiste el ataque de

aguas ácidas o alcalinas, una tapadera de entrada con cierre rápido para la limpieza de esta fosa, que debe hacerse al menos una vez al año; además, la fosa está hecha en una sola pieza reforzada y su peso es ligero. Este tipo de fosas sépticas se tornan una opción viable en casas de hasta seis personas (Ver Imagen 4.6.5.).

El efluente no posee características físico-químicas debidas para ser descargado en cuerpo receptor, por lo tanto, este tipo de fosas ocupan un campo de infiltración o pozos de absorción para un tratamiento adicional a las aguas negras. Las dimensiones de la fosa son: 1.15 metros de alto, 1.10 metros de diámetro y 1.40 metros de largo; su capacidad es de 1 000 litros y el drenaje se realiza con tubería Drenasep de 115 milímetros.



Imagen 4.6.5. Tanque séptico AMANCO Wavin. Fuente AMANCO.

Kit de componentes:

1. Tres niples de 4"x 25 centímetros PVC.
2. Tres empaques de 4".
3. Dos Tee de 4" PVC.
4. Un niple de 4" x 35 centímetros PVC
5. Un tapón de 4" para registro de salida.

Los componentes pueden ser instalados de manera rápida y simple, además de bajo costo de mano de obra. La característica principal del Drenaje es 50 veces más liviana que la tubería de concreto perforada y sus ranuras posibilitan una mejor distribución de la salida del agua con respecto a la que se logra en un sistema tradicional. Posee una alta resistencia al aplastamiento.

Además, es muy fácil de instalar gracias a las uniones y es de acople rápido, con los cuales se pueden hacer las derivaciones sin necesidad de pegamento.

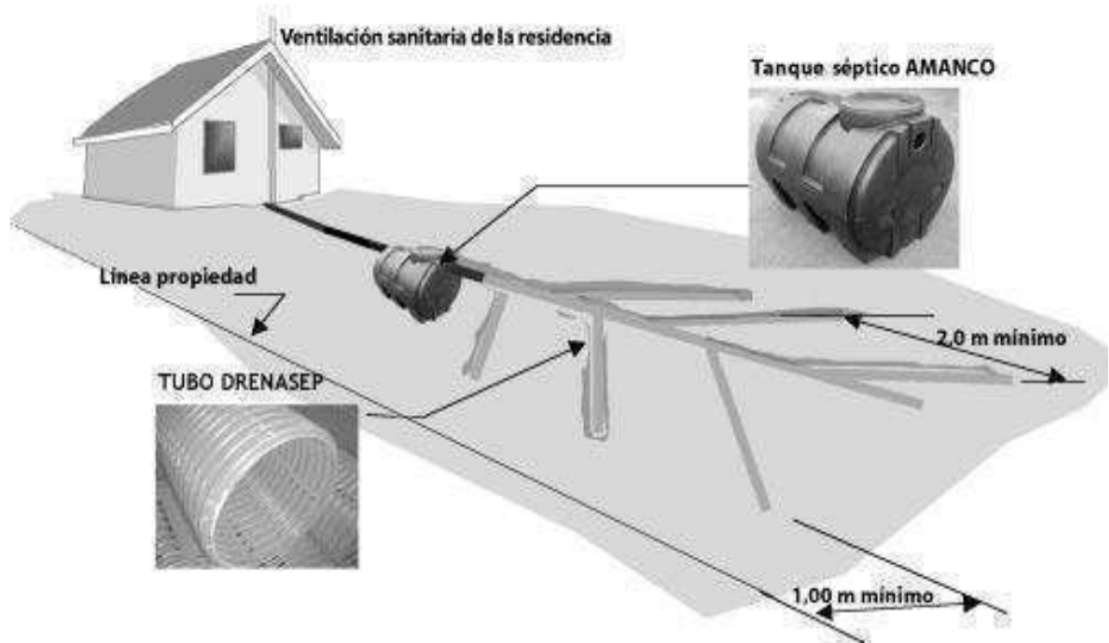


Imagen 4.6.6. Sistema Drenaje para drenaje de tanques sépticos. Fuente AMANCO.

Costo de Alternativa: Fosa Séptica Prefabricada.

El precio estimado para una fosa séptica con capacidad de 2,100 litros con Kit, incluyendo suministro instalación y mano de obra es de \$1,127.62, este puede variar dependiendo de la capacidad de la fosa séptica que se planea instalar.

Conclusión de Alternativa.

Aún que el costo de esta alternativa dependerá de la capacidad del tamaño de la fosa elegida, su mantenimiento es muy bajo en costos y las aguas residuales reciben un tratamiento primario, sin embargo, el efluente requiere de tratamiento secundario y no puede ser descargado en algún cuerpo de agua.

4.6.3. Letrina Solar.

Este tipo de letrinas también producen abono a partir de la descomposición de heces humanas, a diferencia de las anteriores es que utiliza una cámara reducida y una sola taza. Estas letrinas tienen un colector solar que es cubierto con una tapa metálica que se pinta de color negro para la absorción de más calor, y de esta manera calienta el material fecal a descomponer y lo deshidrata, acelerando de esta manera su proceso de desecación (Ver Imagen 4.6.6.).



Imagen 4.6.7. Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

Cada 15 días debe ser acomodado el material secado. Para ello primero se debe levantar la tapa metálica, con azadón debe ser arrastrado el excremento sólido que ha sido mezclado con papel y ceniza o cal (Ver Imagen 4.6.7.). También es recomendable instalar un accesorio para venteo que termine por encima del techo de la caseta y éste debe impedir la entrada de agua lluvia y debe estar provisto con rejilla para impedir la salida de insectos.

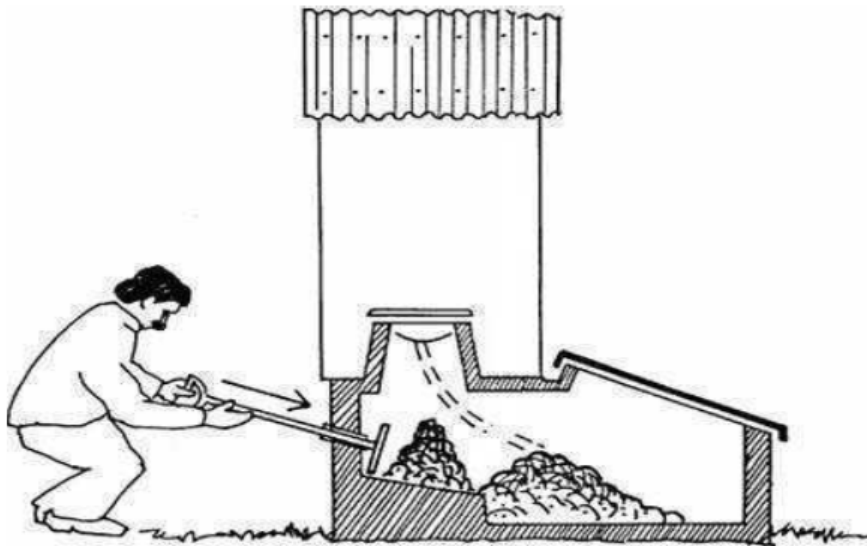


Imagen 4.6.8. Forma de utilizar el azadón para mover las heces en descomposición dentro de la cámara solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.

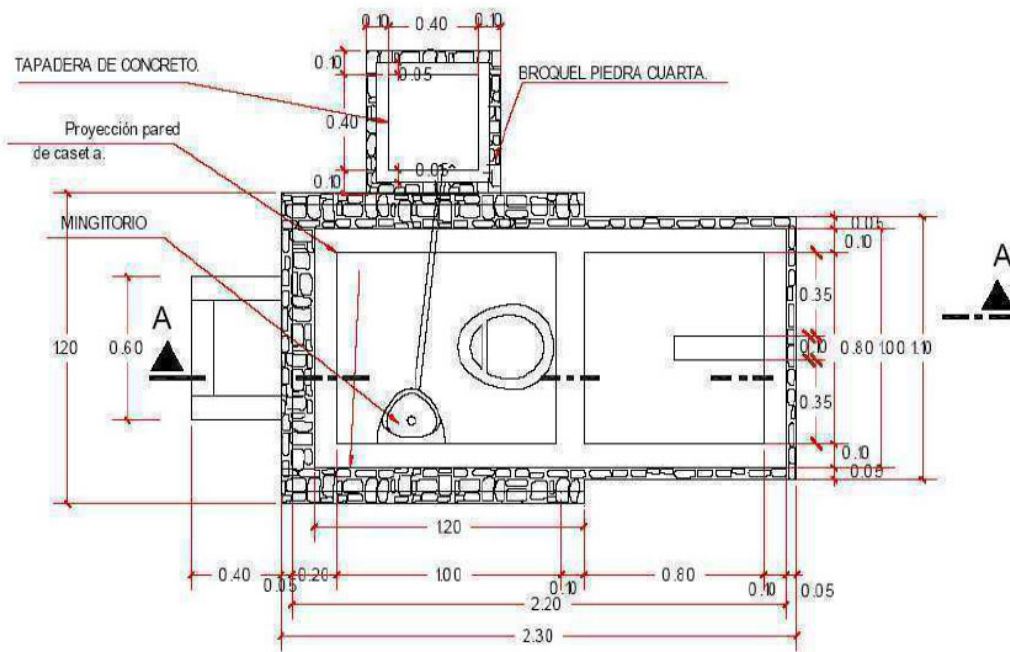


Imagen 4.6.9. Plano de planta de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.



Imagen 4.6.10. Vista de la cámara solar de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

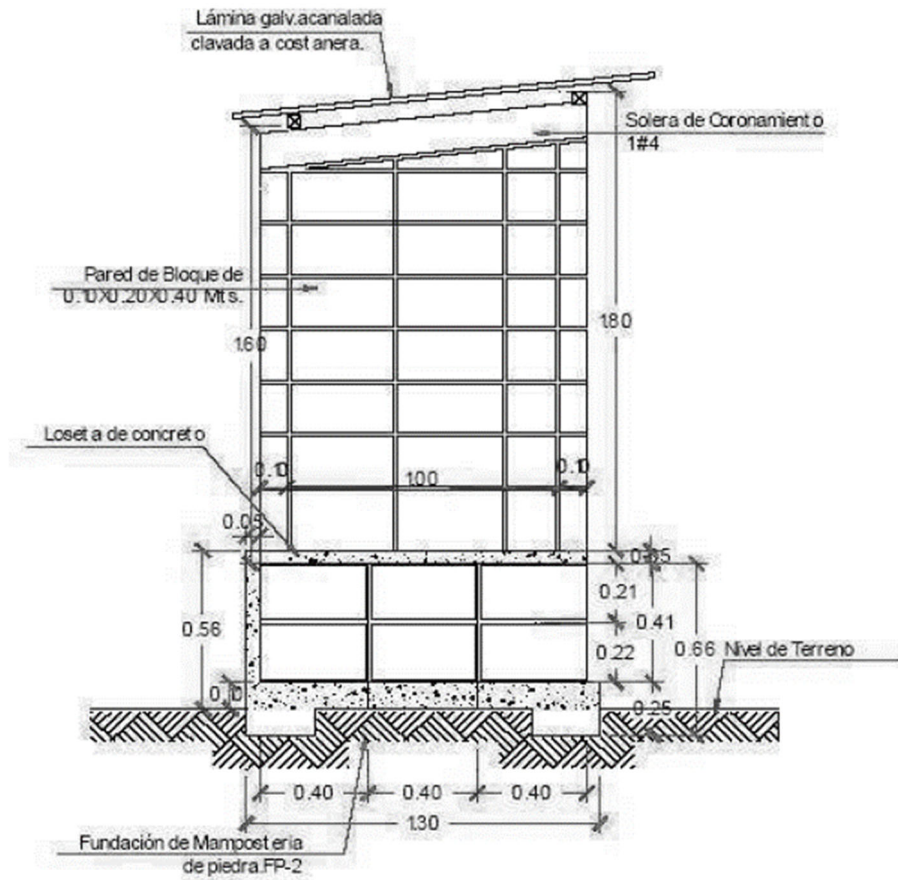


Imagen 4.6.11. Plano de vista frontal de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.

La Letrina Solar está elaborado por diferentes partes:

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. La Taza o Asiento. | 4. Filtro para orinar. |
| 2. Colector Solar. | 5. El Piso. |
| 3. El Urinario. | 6. La Caseta o Estructura. |

1. La taza o asiento. Son elaborados de concreto y su forma pueden variar desde un cilindro hasta excusados de sección variable y tipo elíptico con la pared

posterior inclinada para facilitar la limpieza. Las dimensiones aproximadas son: 30 centímetros de alto, 32 centímetros de ancho y 35 centímetros de largo. Para uso adecuado de los niños se sugiere un asiento más pequeño de 25 centímetros de diámetro colocado sobre el asiento diseñado para los adultos.

2. El Colector Solar. Su función consiste en almacenar las excretas humanas para darles un tratamiento térmico, su principal objetivo es deshidratar las heces para su desecación. Deberá ser de lámina lisa, con marco de hierro y pintada con anticorrosivo de color negro.

3. El Urinario. Debe colocarse un urinario que será para uso exclusivo de hombres; será de prefabricación estándar.

4. Filtro para Orinar. La orina resultante deberá depositarse en un foso resumidero con lecho filtrante, su volumen mínimo debe de ser 0.40x0.40x0.50 metros. Adicionalmente, se debe agregar tres capas de material filtrante, una capa de arena, una capa de grava y una capa de piedra cuarta.

5. El Piso. Debe ser elaborado con concreto armado, ya que sobre este descansaran las paredes de la caseta que también cubre el colector solar. Se elabora con el fin de que no existan grietas por donde puedan acceder insectos y roedores.

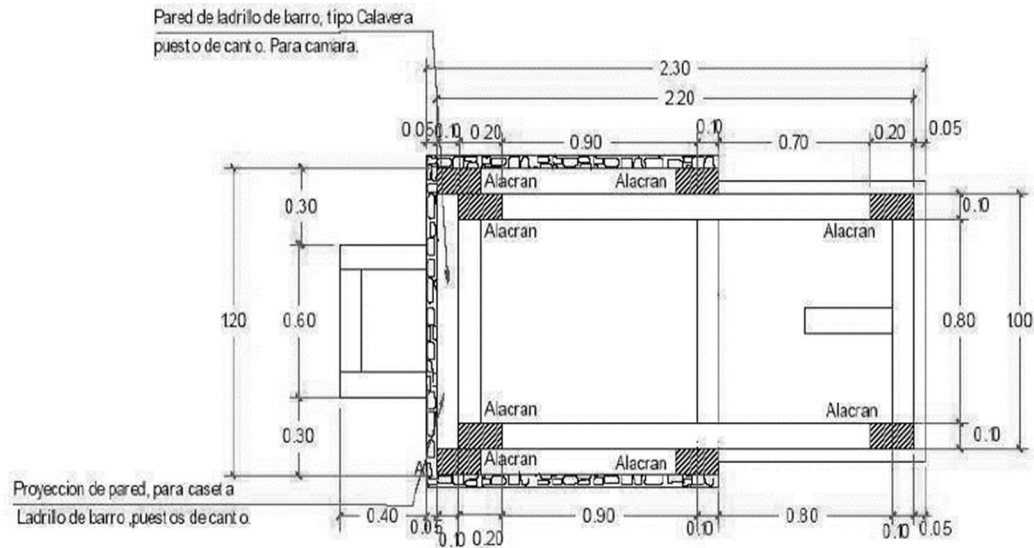


Imagen 4.6.12. Plano de planta de Fundaciones de Letrina Solar. Fuente: Ministerio de Salud y Asistencia Social – Unidad de Asistencia Integral del Ambiente.

6. La Caseta o Estructura. Es la protección que tendrá el usuario al momento de estar utilizando el baño.

La caseta debe reunir los siguientes requisitos para ser adecuada para su uso:

a. Tamaño. Se recomienda que no sea demasiado grande y la altura mínima del techo respecto de la losa del piso es de 2 metros aproximadamente.

b. Ventilación. Se puede construir letrinas sin ventanas para evitar que vectores pueda ingresar al lugar, pero es recomendable construir al menos una ventana pequeña en la parte superior de las paredes para facilitar la ventilación constante y evitar malos olores.

c. Iluminación. Puede recibir luz natural a caseta, pero el asiento debe de estar bajo sombra siempre.

d. Limpieza. Deberá ser constante la limpieza para evitar que, con el tiempo, se deje de utilizar. La limpieza se realizará por dentro y fuera de la caseta. Si la caseta fue instalada cerca de donde se crían animales de corral, debe evitarse que éstos entren a la caseta. Es recomendable pintar, y darle mantenimiento respecto a la vegetación que pueda estar alrededor. El techo debe ser revisado constantemente.

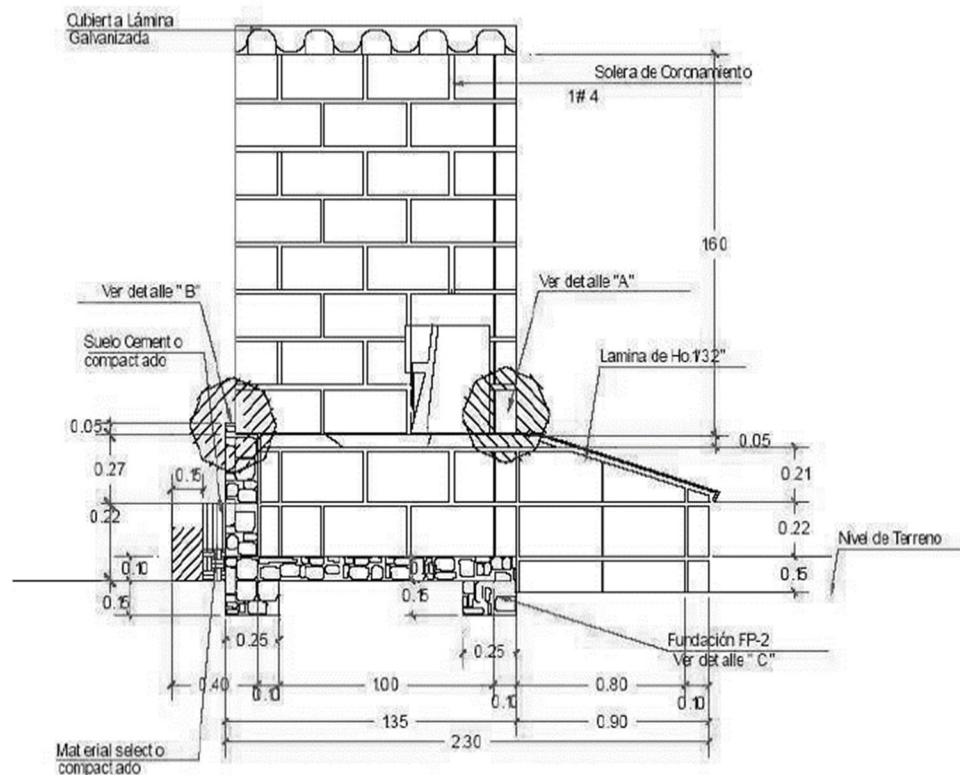


Imagen 4.6.13. Plano de Sección de Letrina Solar, únicamente de la caseta. Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Unidad de Atención Integral al Ambiente.

e. Ubicación. Es un aspecto que debe ser tomado muy en cuenta. Se debe instalar en el lugar donde sea más soleado del terreno. Puede estar cerca de la vivienda, si se le da buen mantenimiento no tendrá problema de malos olores o insectos, pero debe de construirse a 1.00 metros de la línea de colindancia.

Debido a la ubicación geográfica de nuestro país, el colector solar deberá estar orientada hacia el Sur, para que los rayos solares lleguen de forma directa al Colector Solar, independiente de la época del año y sean transmitidos a la Cámara Solar. No deben colocarse bajo sombra y se deberá promover el uso de aditivos, como Cal o cenizas.

Costo de Alternativa: Letrina Solar.

El precio estimado para esta alternativa es de \$487.51, en el cual se incluye suministro de material y mano de obra, pero este valor variaría con respecto a los precios de los materiales de construcción dentro del mercado.

Conclusión de Alternativa.

La Letrina Solar tiene un costo de construcción más bajo que las otras alternativas y es una alternativa muy factible, sin embargo, su mantenimiento se debe realizar de manera constante y esto podría aumentar los costos de operación. También, el material secante puede ser tratado para ser convertido en

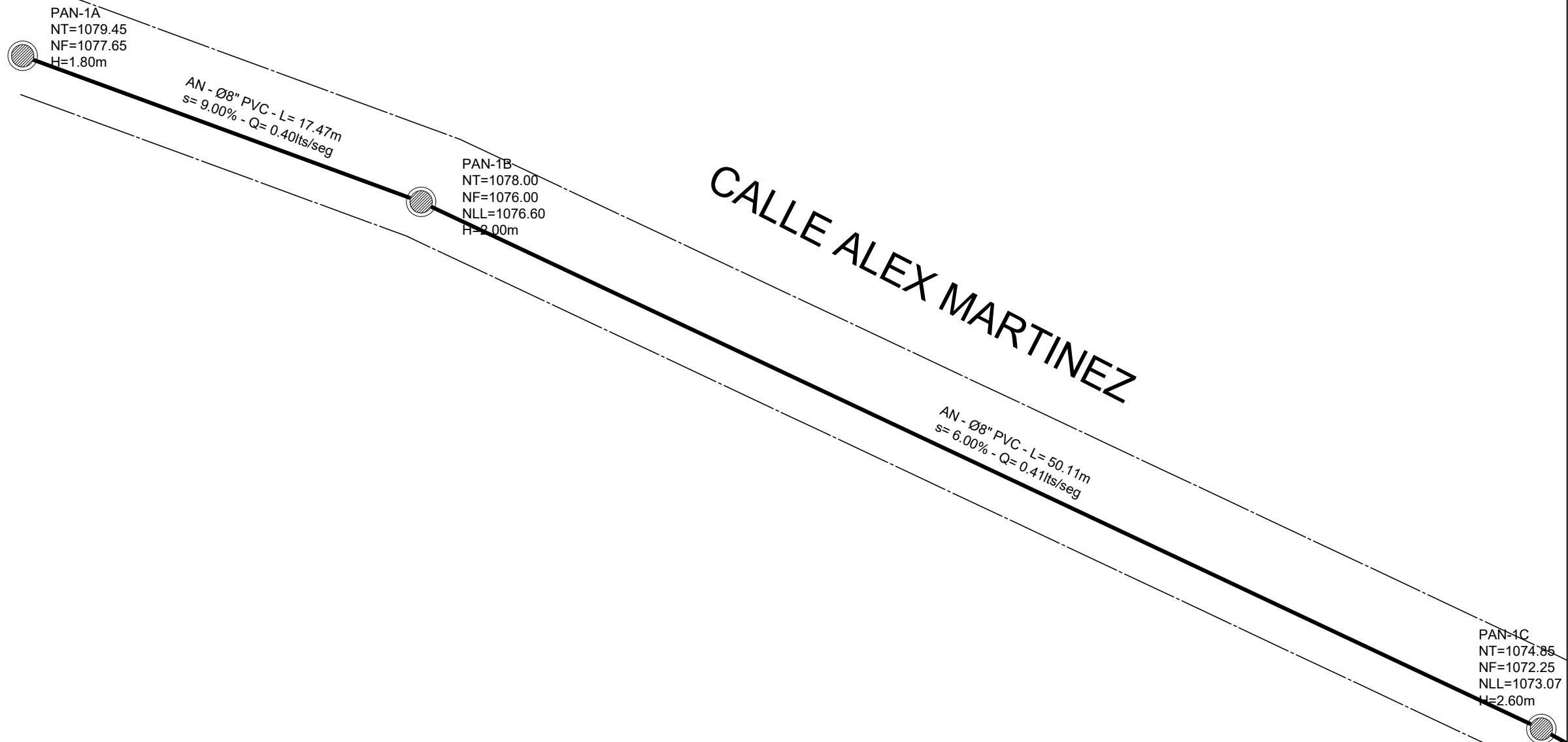
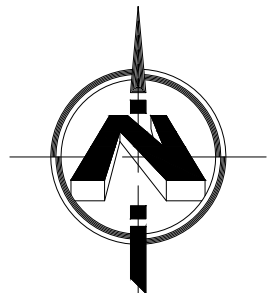
abono y no requiere de mucho espacio para la construcción de este tipo de letrina.

4.6.4. Alternativa de Mayor Conveniencia Según Zona Inaccesible al Alcantarillado Sanitario en el Área Urbana de Comasagua.

- Sector aledaño a Centro Escolar “Estados Unidos de América”: Letrina tipo LASF o Solar.
- Centro Escolar “Estados Unidos de América”: Letrina prefabricada.
- Sector aledaño a Calle Santa Elisa: Letrina tipo LASF o Solar.
- Sector aledaño a Vía Comasagua-Jayaque, correspondiente al casco urbano: Letrina tipo LASF o Solar.
- Sector aledaño a Avenida Nazareth: Letrina tipo LASF o Solar.

4.7. Planos y Detalles de Alcantarillado Sanitario.

Hacia
CANCHA
MUNICIPAL



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

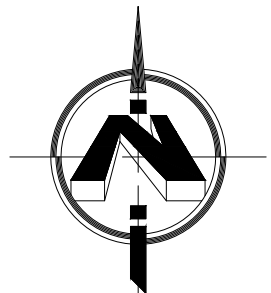
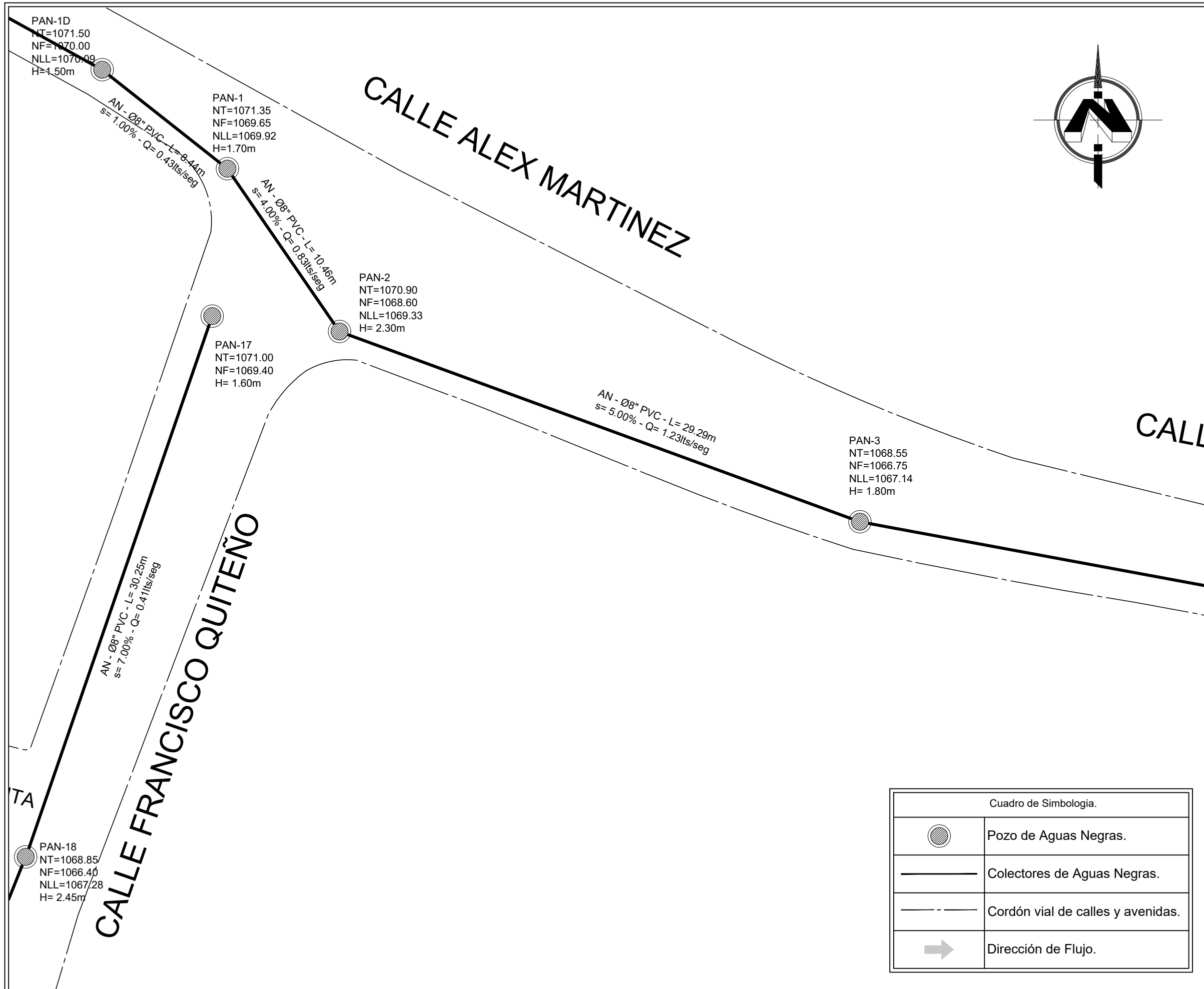
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 1 37
Ubicación: Calle Alex Martínez y Calle Francisco Quiteño.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

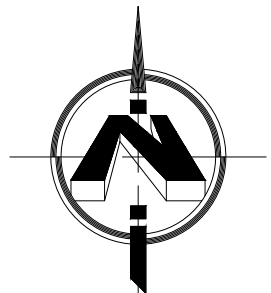
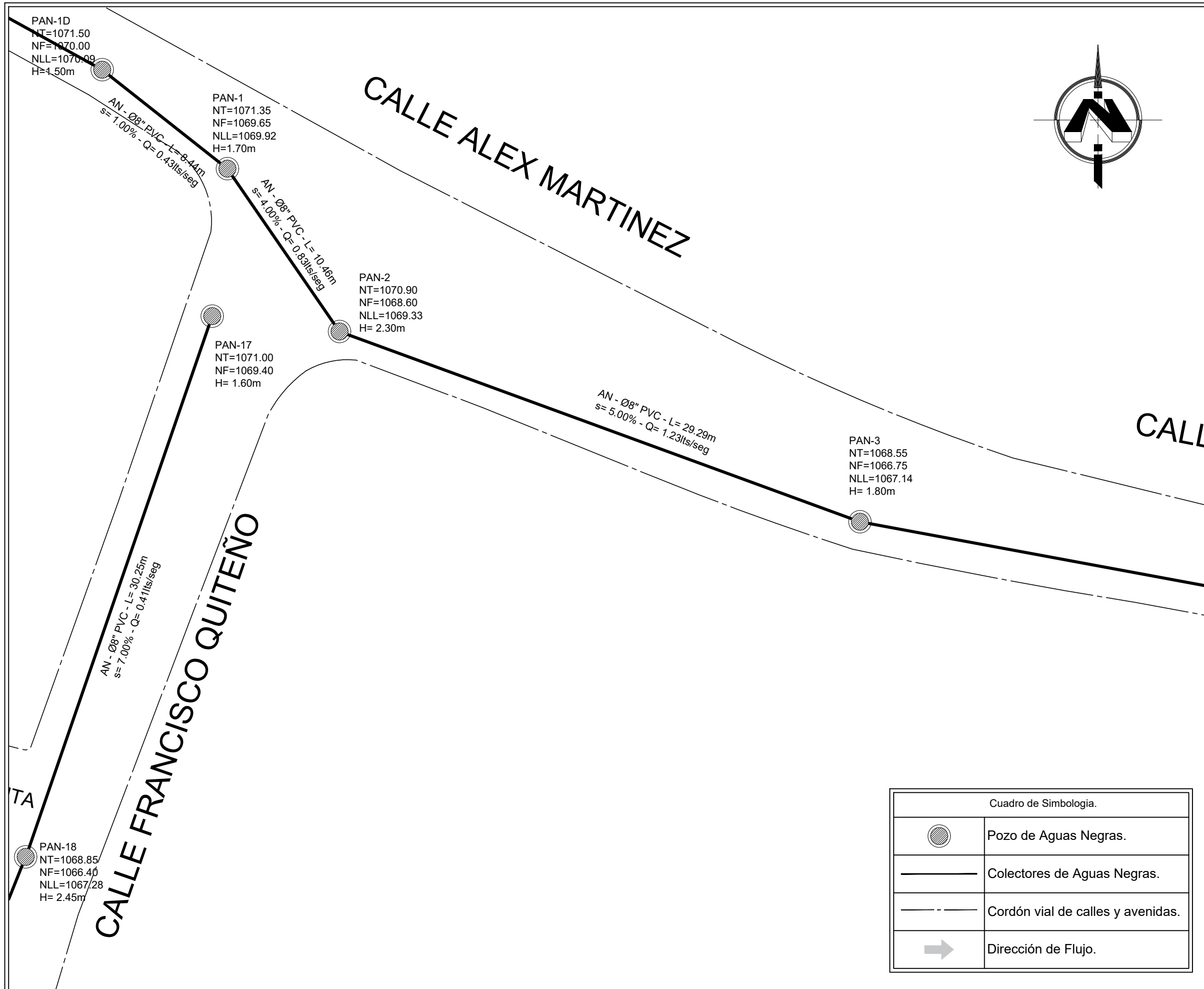
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 2 / 37
Ubicación: Calle Alex Martínez y Calle Francisco Quiteño.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

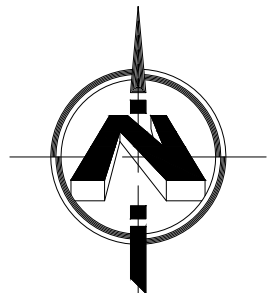
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 3 / 37
Ubicación: Calle Alex Martínez y Calle Francisco Quiteño.		



CALLE ALEX MARTINEZ

PAN-3
 NT=1068.55
 NF=1066.75
 NLL=1067.14
 H= 1.80m

AN - Ø8" PVC - L= 43.22m
 s= 5.00% - Q= 1.74lts/seg

PAN-4
 NT=1066.00
 NF=1064.25
 NLL=1064.59
 H= 1.75m

CALLE



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

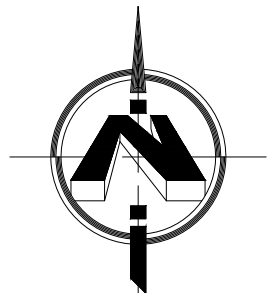
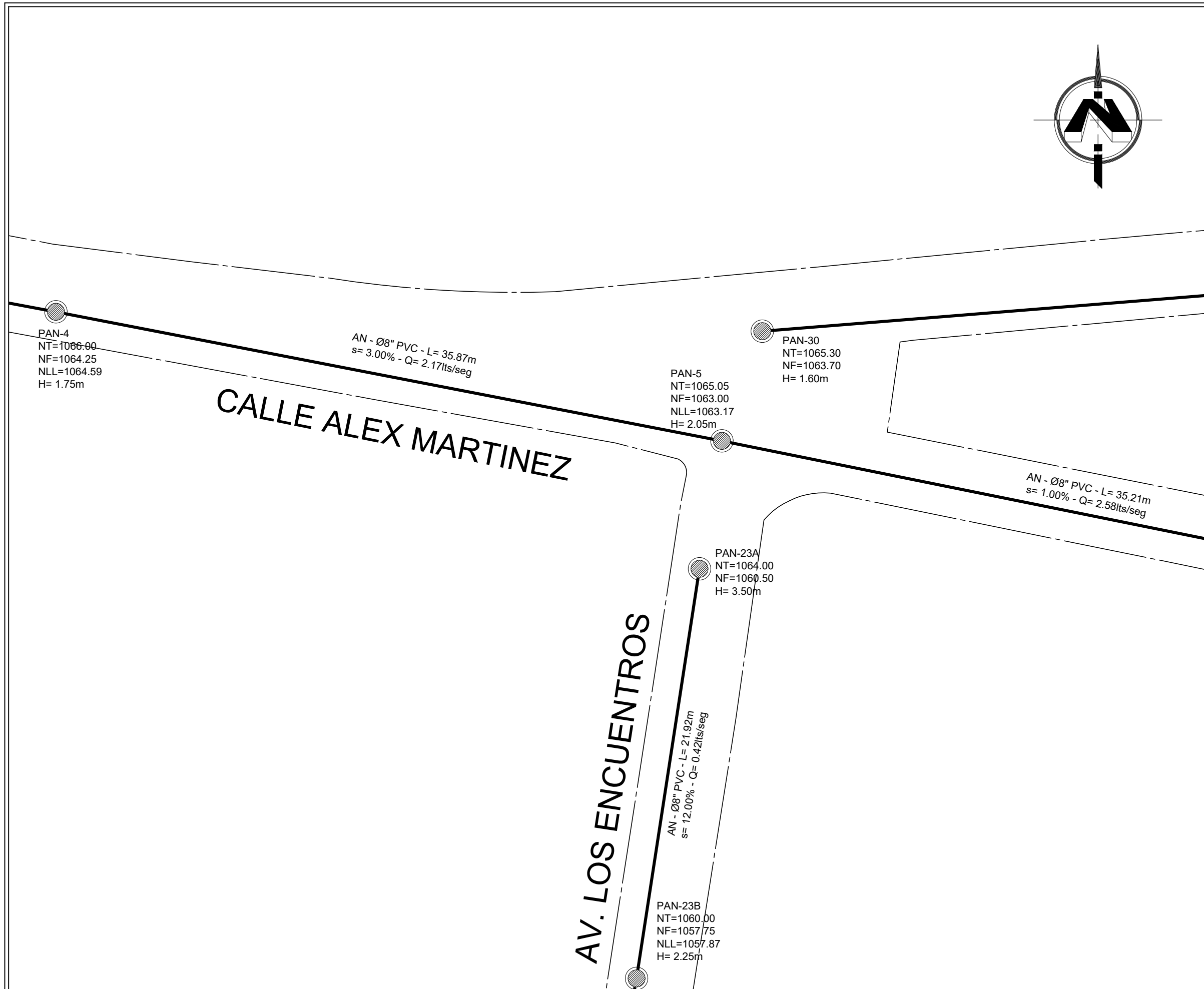
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 4 / 37
Ubicación: Calle Alex Martínez.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 5 37
Ubicación: Calle Alex Martinez y Avenida Los Encuentros.		

CALLE ALEX MARTINEZ

AN - Ø8" PVC - L= 66.27m
s= 2.00% - Q= 0.90lts/seg

PAN-31
NT=1064.45
NF=1062.00
NLL=1062.57
H= 2.45m

PAN-7A
NT=1064.35
NF=1062.75
H= 1.60m

AV MONTERROSA

AN - Ø8" PVC - L= 21.76m
s= 2.00% - Q= 0.09lts/seg

AN - Ø8" PVC - L= 35.21m
s= 1.00% - Q= 2.58lts/seg

PAN-6
NT=1064.40
NF=1062.50
NLL=1062.65
H= 1.90m

AN - Ø8" PVC - L= 35.77m
s= 2.00% - Q= 3.38lts/seg

PAN-7
NT=1063.25
NF=1061.50
NLL1=1061.78
NLL2=1062.31
H= 1.75m

CALLE DANIEL HERNANDEZ

PAN-26A
NT=1063.00
NF=1060.25
H= 2.75m

OSA

Cuadro de Simbología.

	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
Entre calle Alex Martínez y calle Daniel Hernández, y Avenida Monserrat.

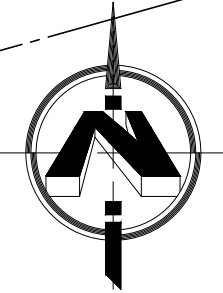
6
26

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

CALLE ALEX MARTINEZ

AN - Ø8" PVC - L= 37.69m
s= 4.00% - Q= 1.91lts/seg

PAN-32
NT=1063.00
NF=1061.00
NLL=1061.26
H= 2.00



AN - Ø8" PVC - L= 36.86m
s= 2.00% - Q= 1.37lts/seg

PAN-31
NT=1064.45
NF=1062.00
NLL=1062.37
H= 2.45m

PAN-7A
NT=1064.35
NF=1062.75
H= 1.60m

AN - Ø8" PVC - L= 21.76m
s= 2.00% - Q= 0.09lts/seg

AV MONTEPERDÓN

PAN-7
NT=1063.25
NF=1061.50
NLL1=1061.78
NLL2=1062.31
H= 1.75m

AN - Ø8" PVC - L= 33.76m
s= 4.00% - Q= 3.79lts/seg

PAN-26A
NT=1063.00
NF=1060.25
H= 2.75m

CALLE DANIEL HERNANDEZ

PAN-8
NT=1062.00
NF=1059.85
NLL=1060.15
H= 2.15m

AN - Ø8" PVC - L= 34.12m
s= 5.00% - Q= 4.21lts/seg

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

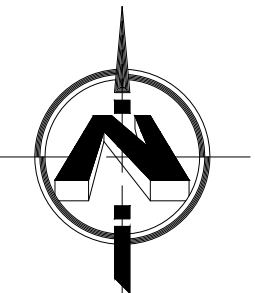
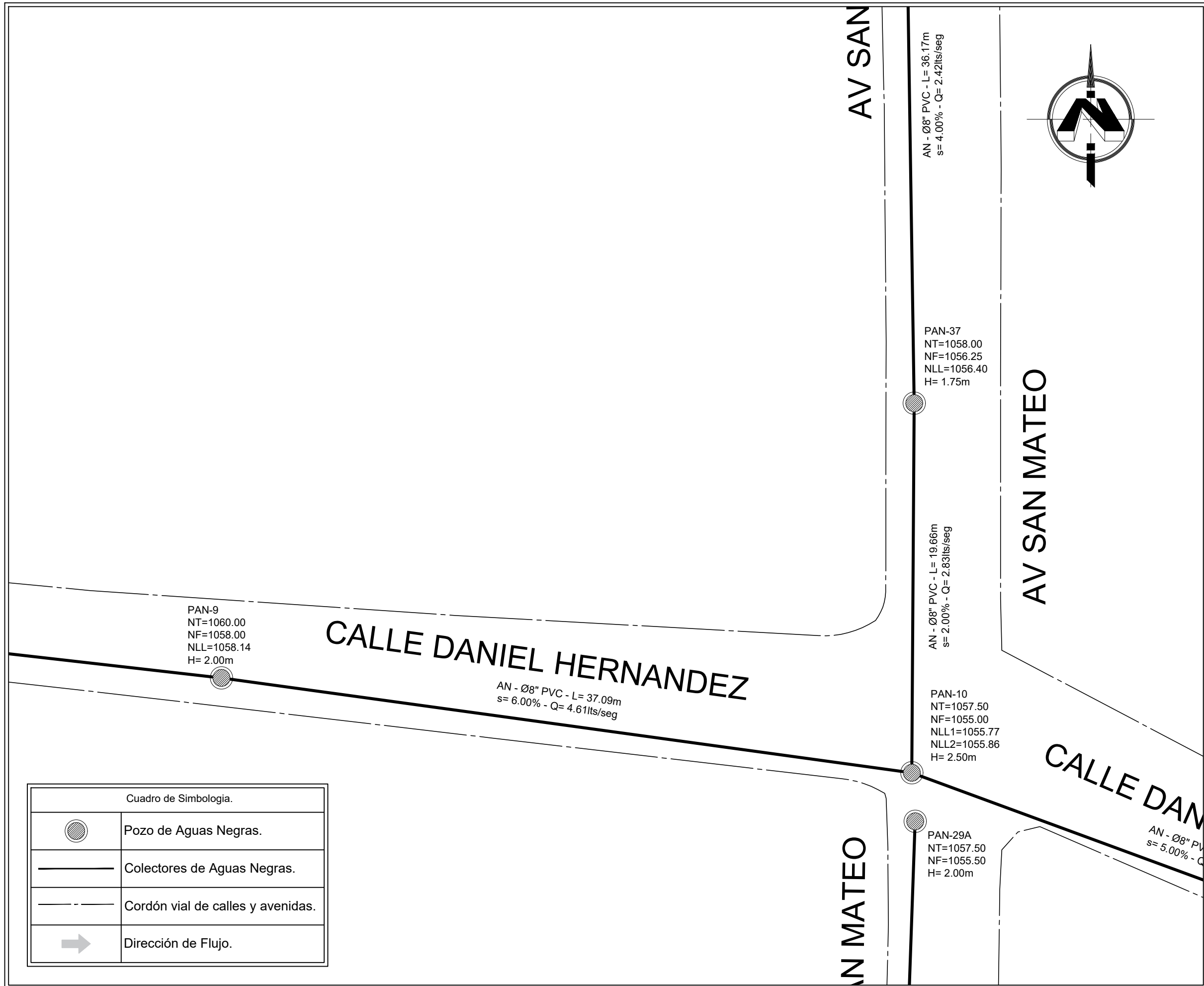
Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
Entre calle Alex Martínez y calle Daniel Hernández, y Avenida Monserrat.

7
37



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

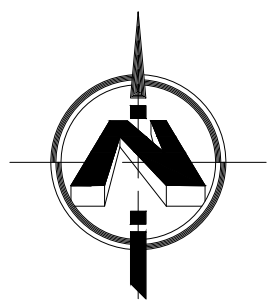
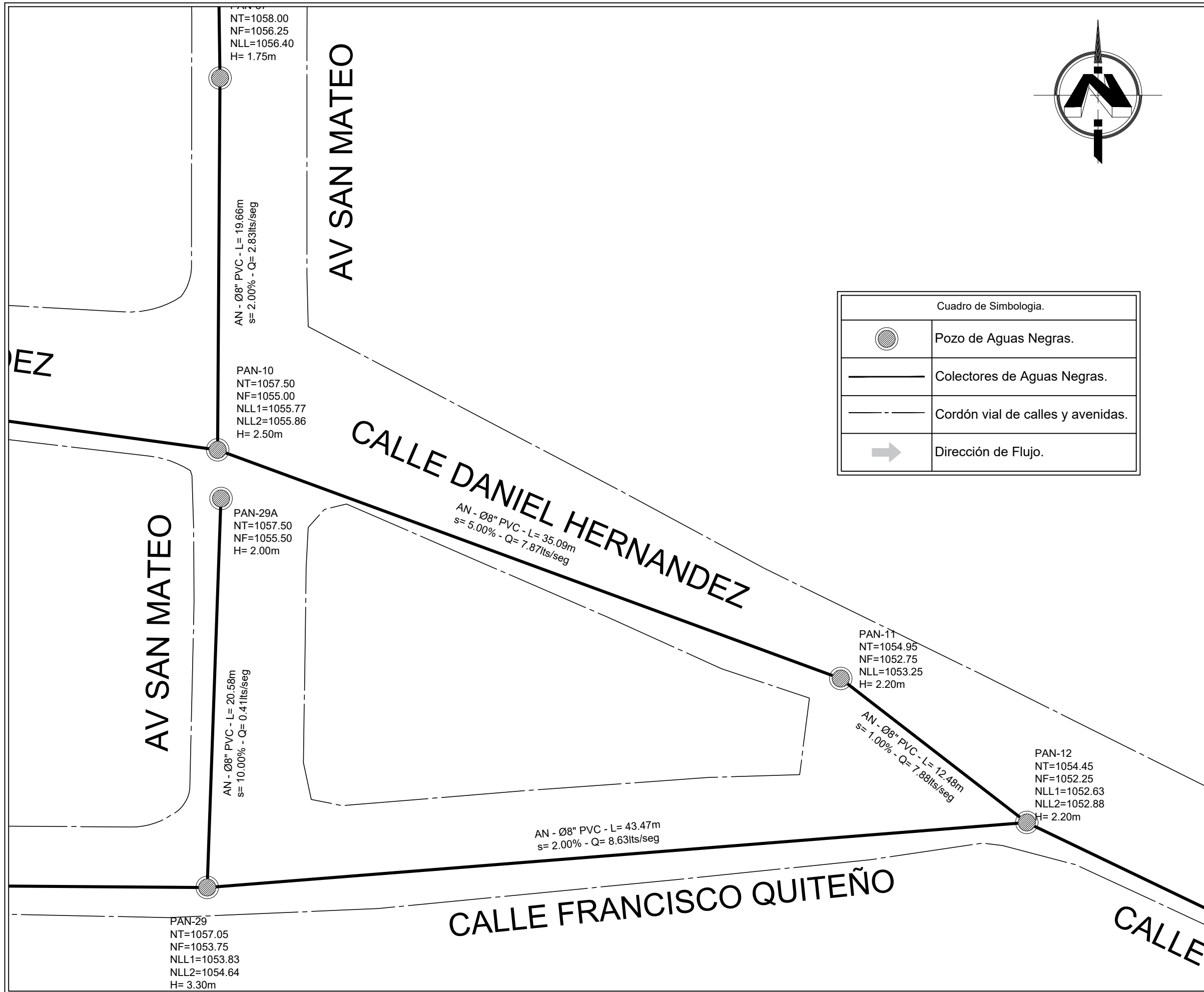
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA
------------------	-------------------------	------

Ubicación: Calle Daniel Hernández y Avenida San Mateo.	8 37
---	---------



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

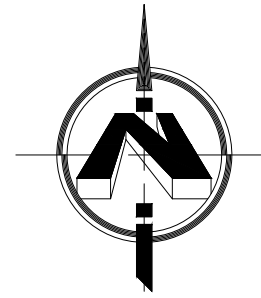
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 9 37
Ubicación: Entre calle Daniel Hernández y calle Francisco Quitieño, y Avenida San Mateo.		

MARTINEZ

CALLE ALEX MARTINEZ



PAN-32
NT=1063.00
NF=1061.00
NLL=1061.26
H= 2.00

AN - Ø8" PVC - L= 37.69m
s= 4.00% - Q= 1.91lts/seg

PAN-33
NT=1061.00
NF=1059.25
NLL=1059.49
H= 1.75m

AN - Ø8" PVC - L= 27.49m
s= 4.00% - Q= 2.37lts/seg

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:

Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:

MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:

Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala:

1:200

Fecha:

Mayo de 2021.

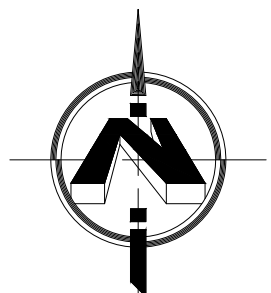
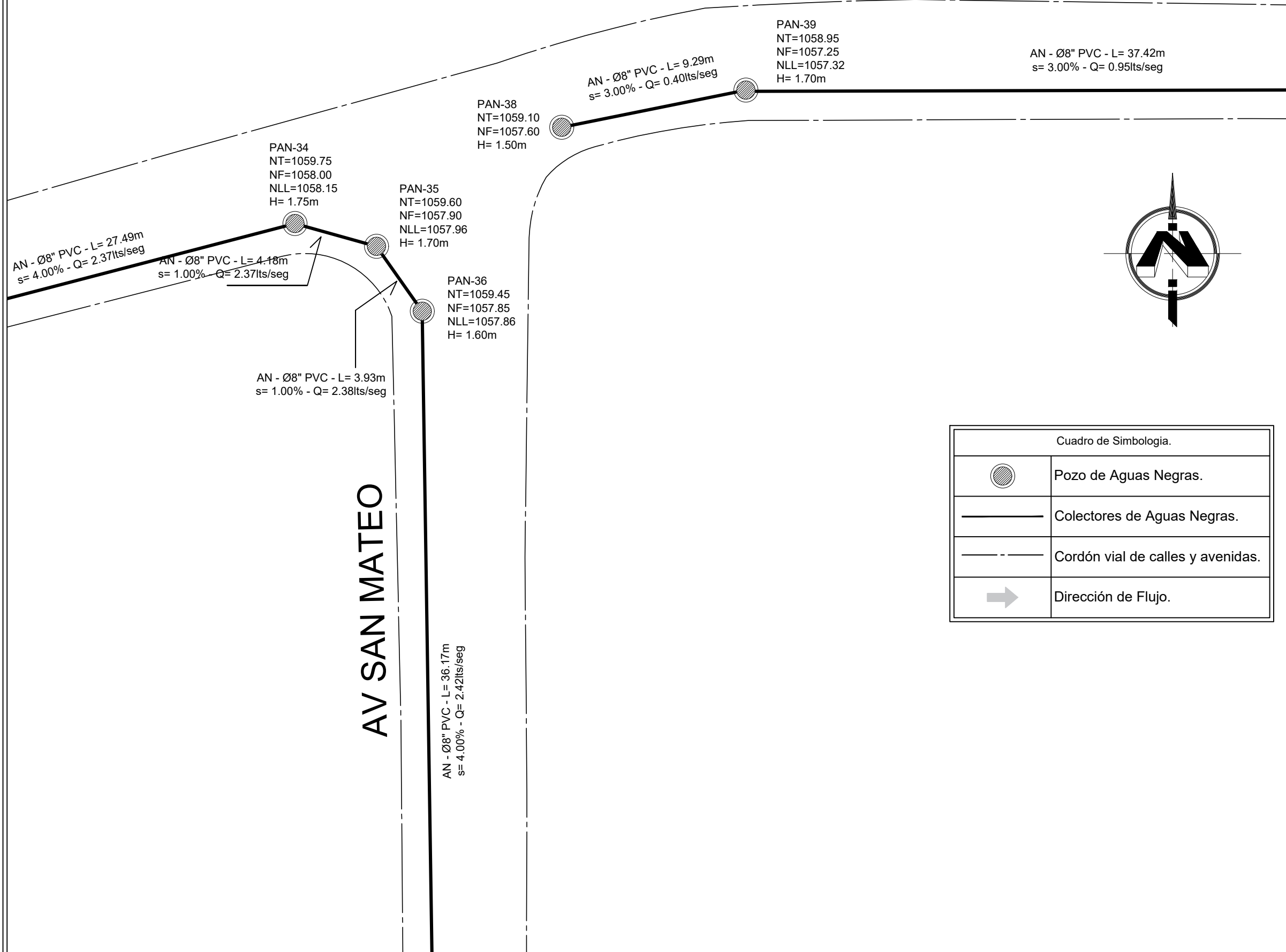
HOJA

Ubicación:

Calle Alex Martínez.

10
37

CALLE ALEX MARTINEZ



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

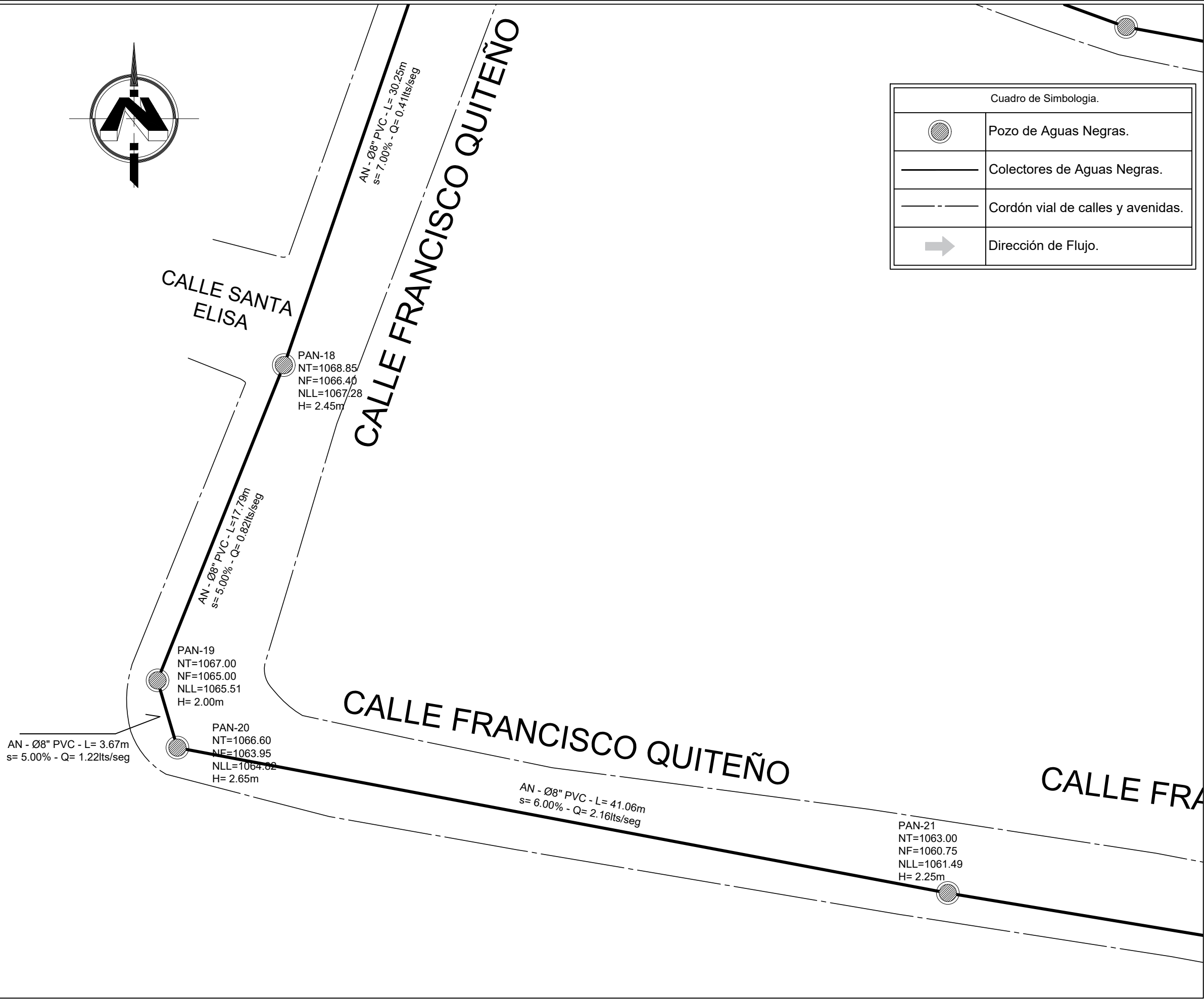
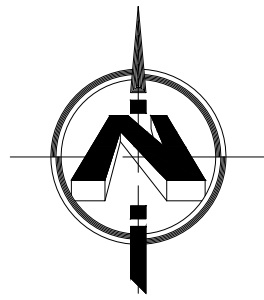
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 11 / 37
Ubicación: Calle Alex Martínez y Avenida San Mateo.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

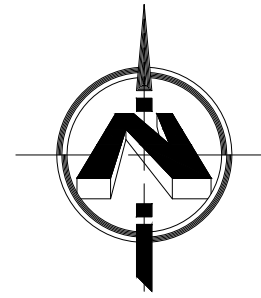
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 12 / 37
Ubicación: Calle Francisco Quiteño.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

CALLE FRANCISCO QUITIÑO

PAN-21
 NT=1063.00
 NF=1060.75
 NLL=1061.49
 H= 2.25m

AN - Ø8" PVC - L= 47.58m
 s= 4.00% - Q= 2.57lts/seg

PAN-22
 NT=1060.50
 NF=1058.25
 NLL=1058.85
 H= 2.25m

CALLE

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:

Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:

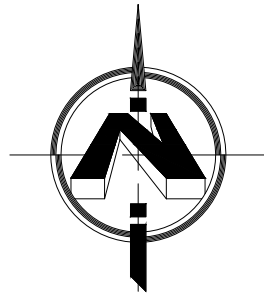
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA
------------------	-------------------------	------

Ubicación: Calle Francisco Quiteño.	13 37
--	----------

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
Avenida Los Encuentros y Calle Francisco Quiteño.

14
37

CALLE DANIEL HERNANDEZ



AV MONTERROSA

NLL1=1061.78
NLL2=1062.31
H= 1.75m

PAN-26A
NT=1063.00
NF=1060.25
H= 2.75m

AN - Ø8" PVC - L= 23.26m
s= 12.00% - Q= 0.42lts/seg

PAN-26B
NT=1059.00
NF=1056.60
NLL=1057.46
H= 2.40m

AN - Ø8" PVC - L= 10.96m
s= 7.00% - Q= 0.82lts/seg

PAN-26
NT=1057.45
NF=1054.95
NLL1=1054.96
NLL2=1055.83
H= 2.50m

PAN-27
NT=1058.30
NF=1054.80
NLL=1054.84
H= 3.50m

AN - Ø8" PVC - L= 10.61m
s= 1.00% - Q= 6.22lts/seg

AN - Ø8" PVC - L= 18.94m
s= 1.00% - Q= 5.00lts/seg

PAN-25
NT=1056.80
NF=1055.15
NLL=1055.15
H= 1.65m

AN - Ø8" PVC - L= 28.79m
s= 4.00% - Q= 4.61lts/seg

PAN-24
NT=1059.30
NF=1056.30
NLL=1056.71
H= 3.00m

CALLE FRANCISCO QUTEÑO

Hacia PEÑON DE COMASAGUA



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

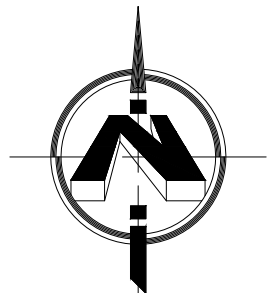
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200 Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Avenida Monserrat y Calle Francisco Quiteño. 15 / 37

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



CALLE FRANCISCO QUTEÑO

CAL

PAN-27
NT=1058.30
NF=1054.80
NLL=1054.84
H= 3.50m

AN - Ø8" PVC - L= 47.53m
s= 1.00% - Q= 6.63lts/seg

PAN-28
NT=1058.20
NF=1054.50
NLL=1054.56
H= 3.70m

L= 10.61m
6.22lts/seg

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

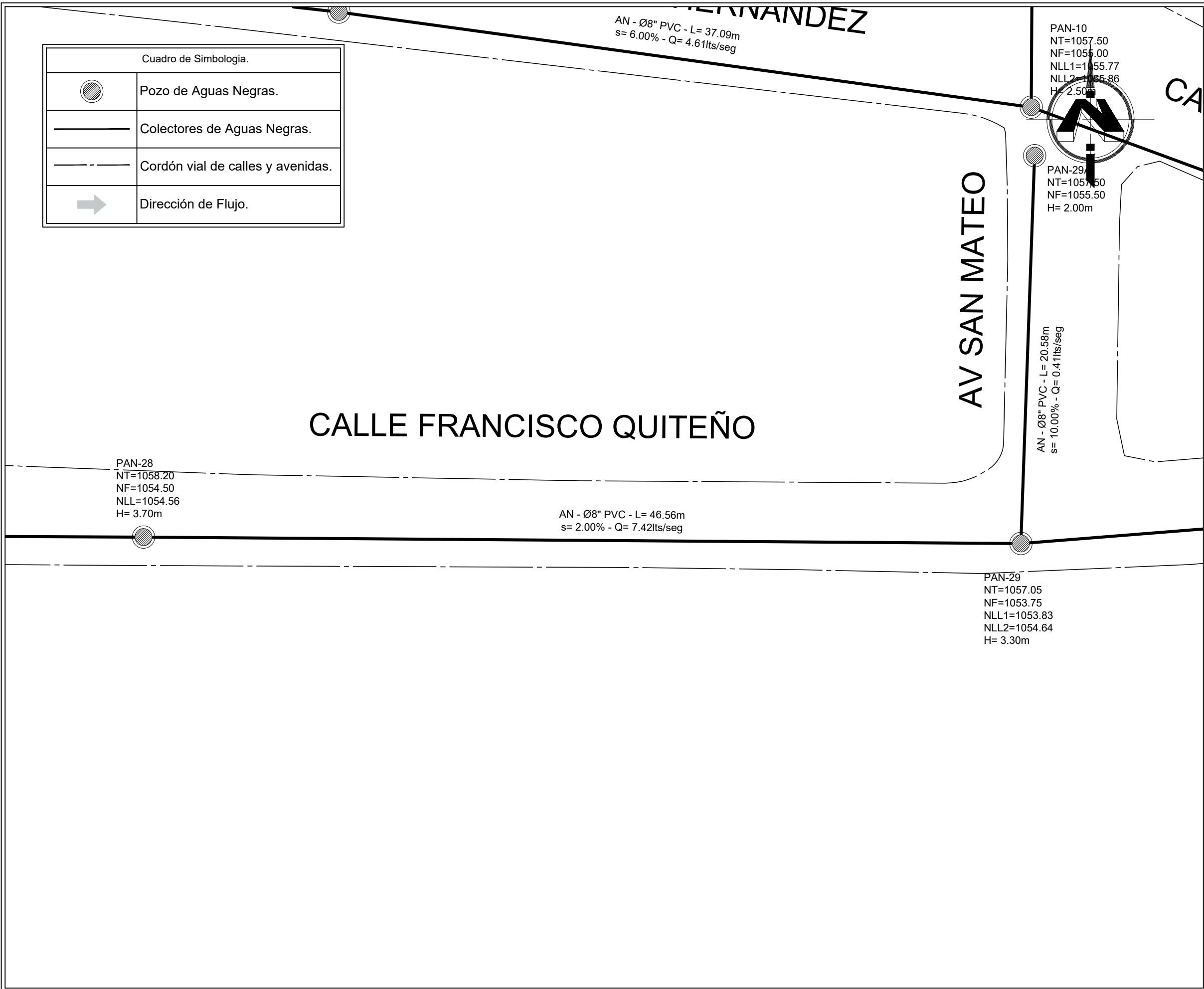
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 16 37
Ubicación: Calle Francisco Quiteño.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

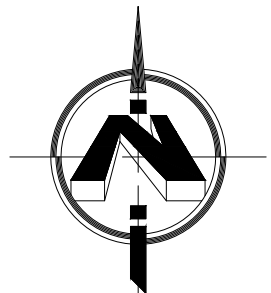
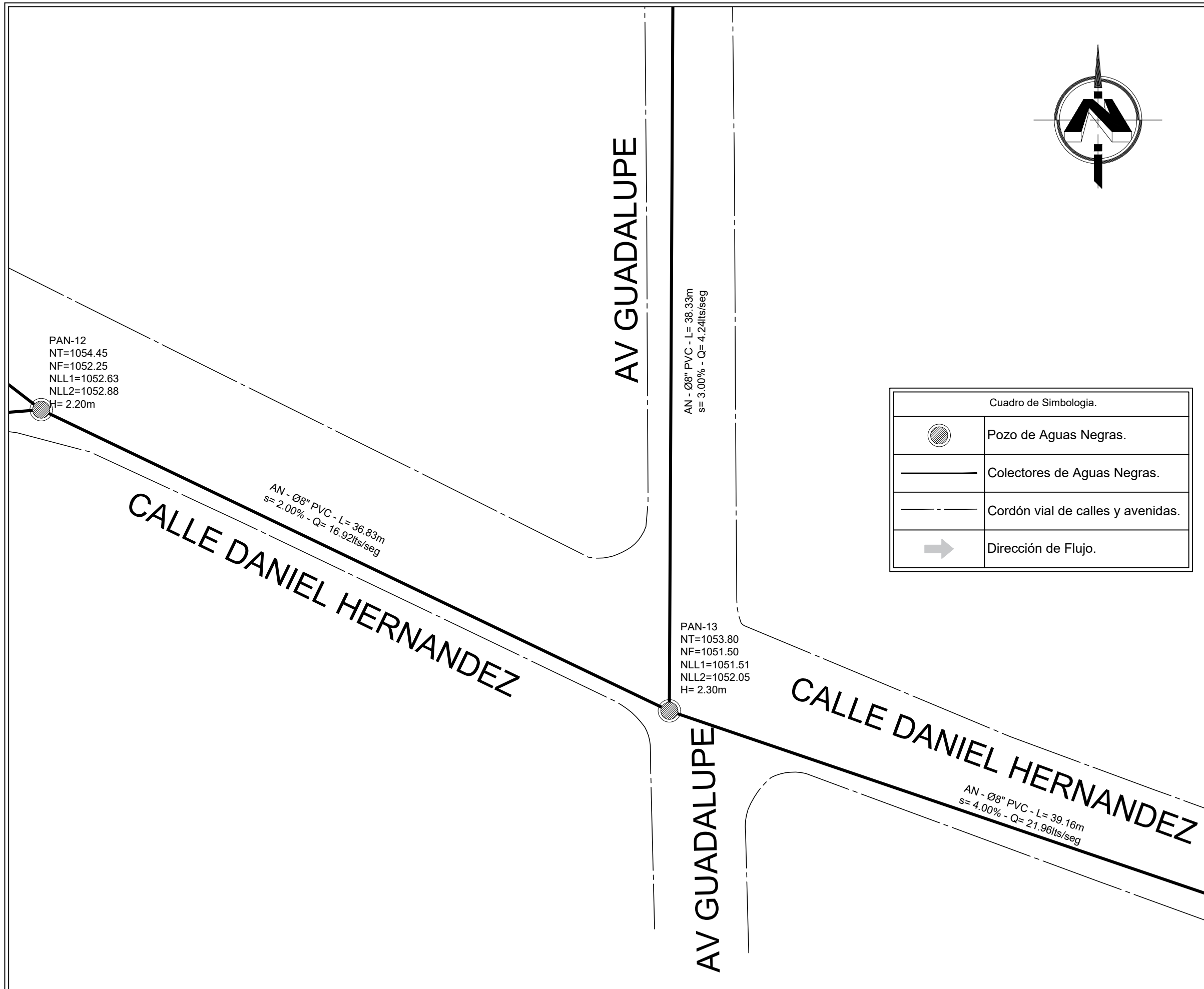
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 17 / 37
Ubicación: Avenida San Mateo y Calle Francisco Quiteño.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

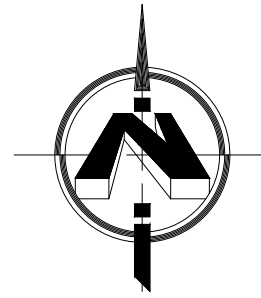
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

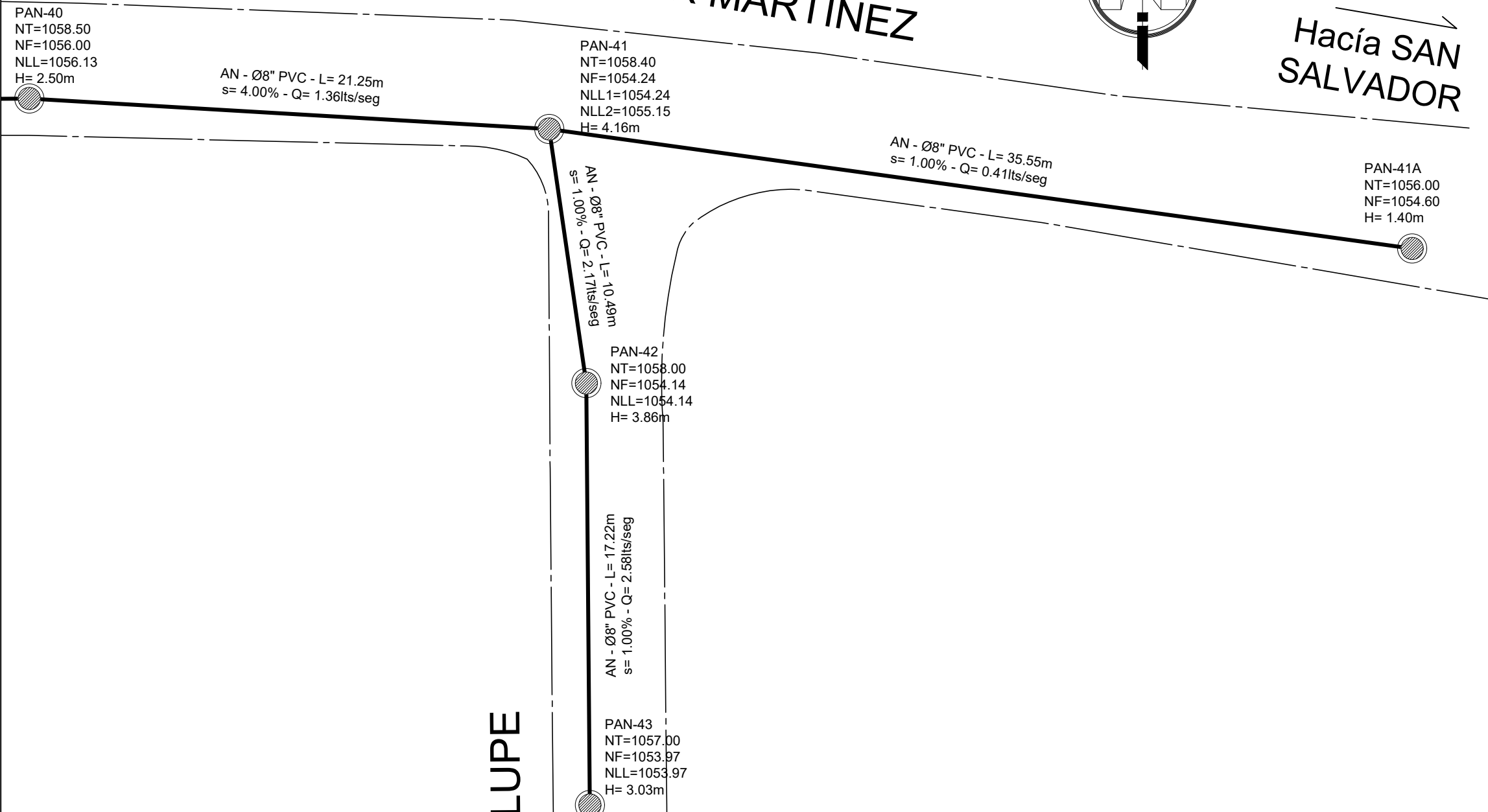
Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 18 / 37
Ubicación: Avenida Guadalupe y Calle Daniel Hernández.		

CALLE ALEX MARTINEZ



Hacia SAN SALVADOR



AV GUADALUPE

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200 Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Avenida Guadalupe y Calle Alex Martínez. 19 / 37

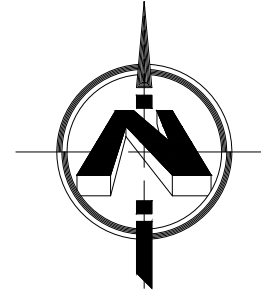
AV GUADALUPE

AN - Ø8
s= 1.00

PAN-43
NT=1057.00
NF=1053.97
NLL=1053.97
H= 3.03m

AN - Ø8" PVC - L= 35.27m
s= 2.00% - Q= 3.42lts/seg

PAN-44
NT=1055.00
NF=1053.20
NLL=1053.26
H= 1.80m



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:

Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:

MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

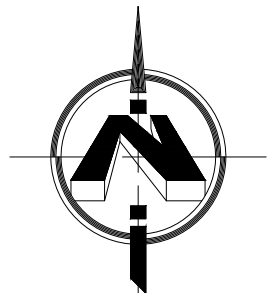
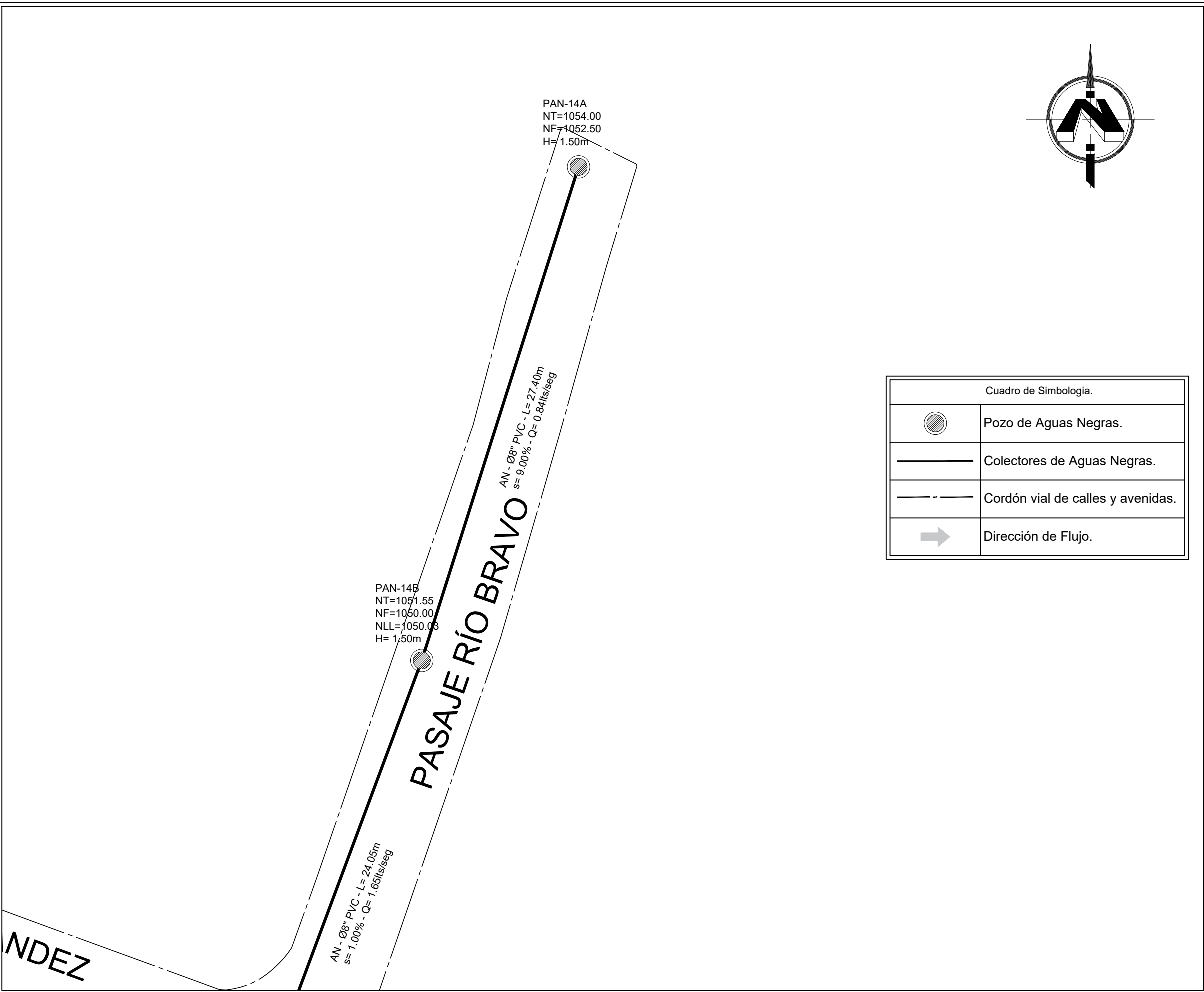
Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
Avenida Guadalupe.

20
37



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

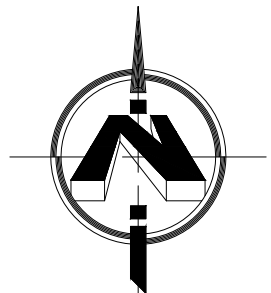
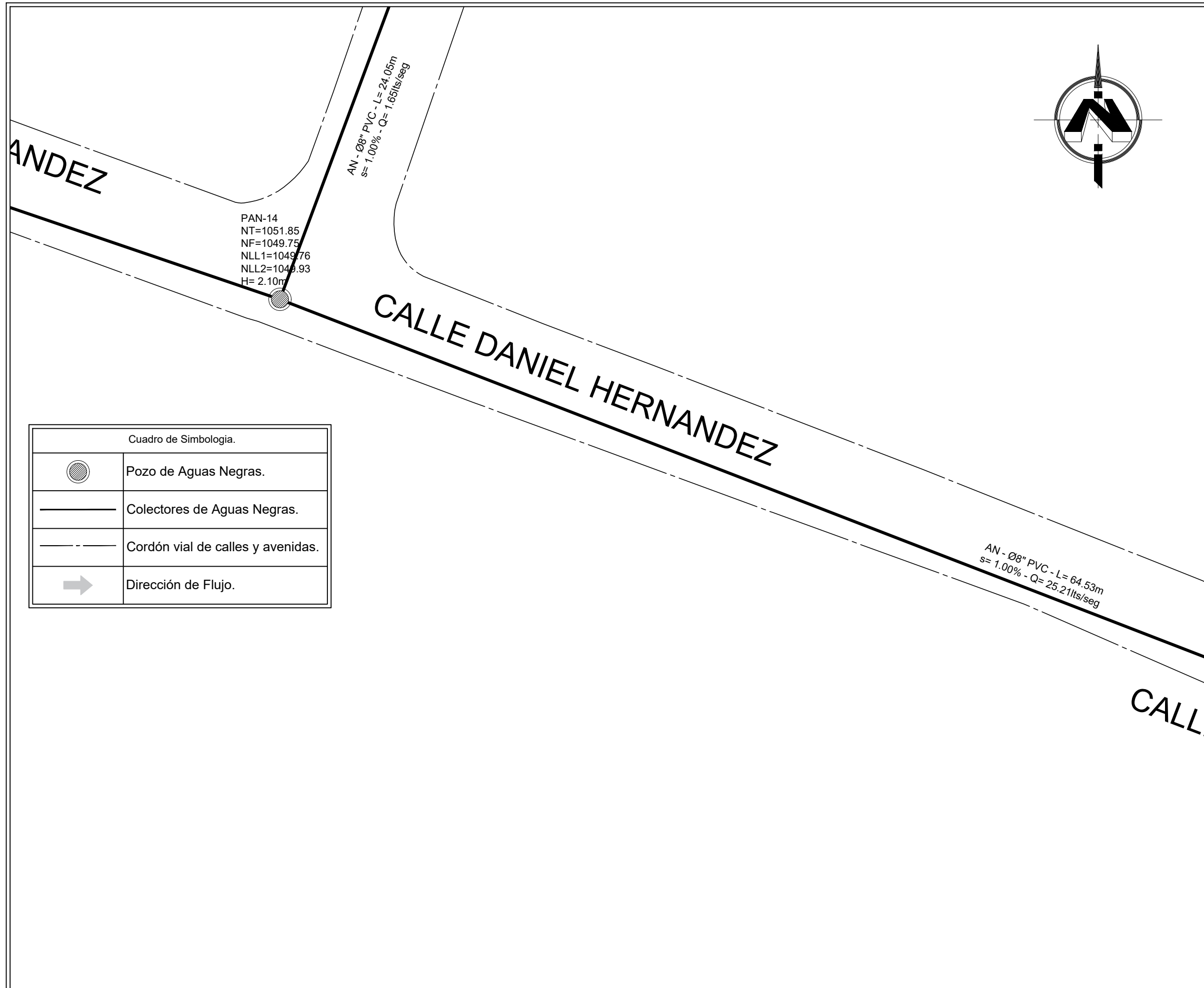
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 21 / 37
Ubicación: Pasaje peatonal.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

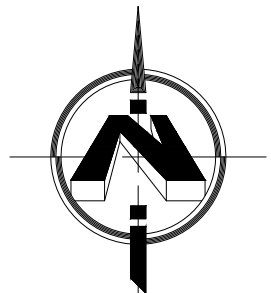
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

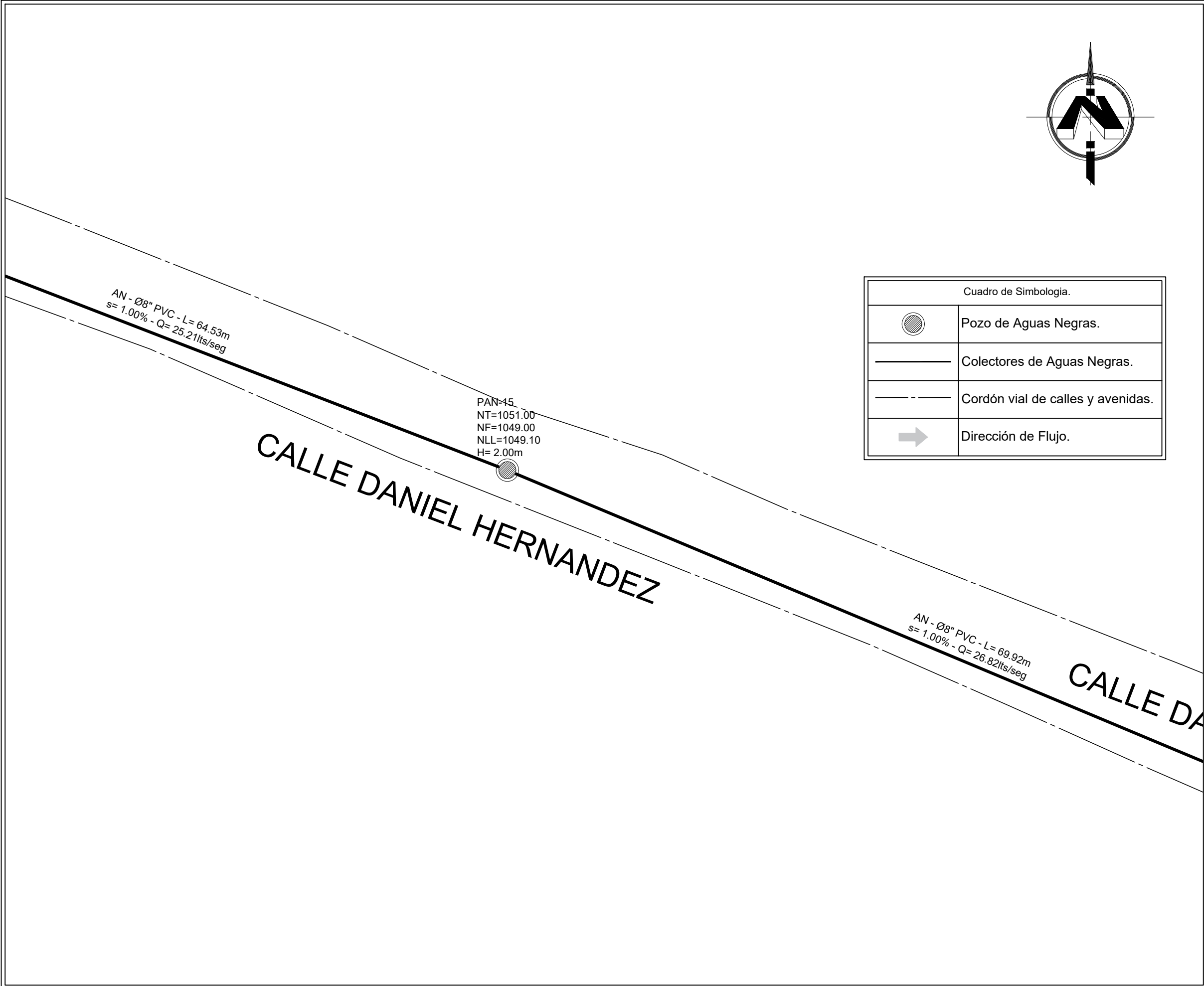
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 22 / 37
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

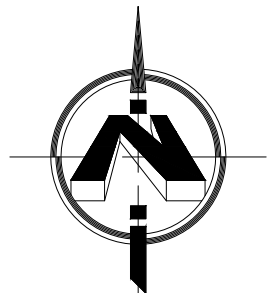
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

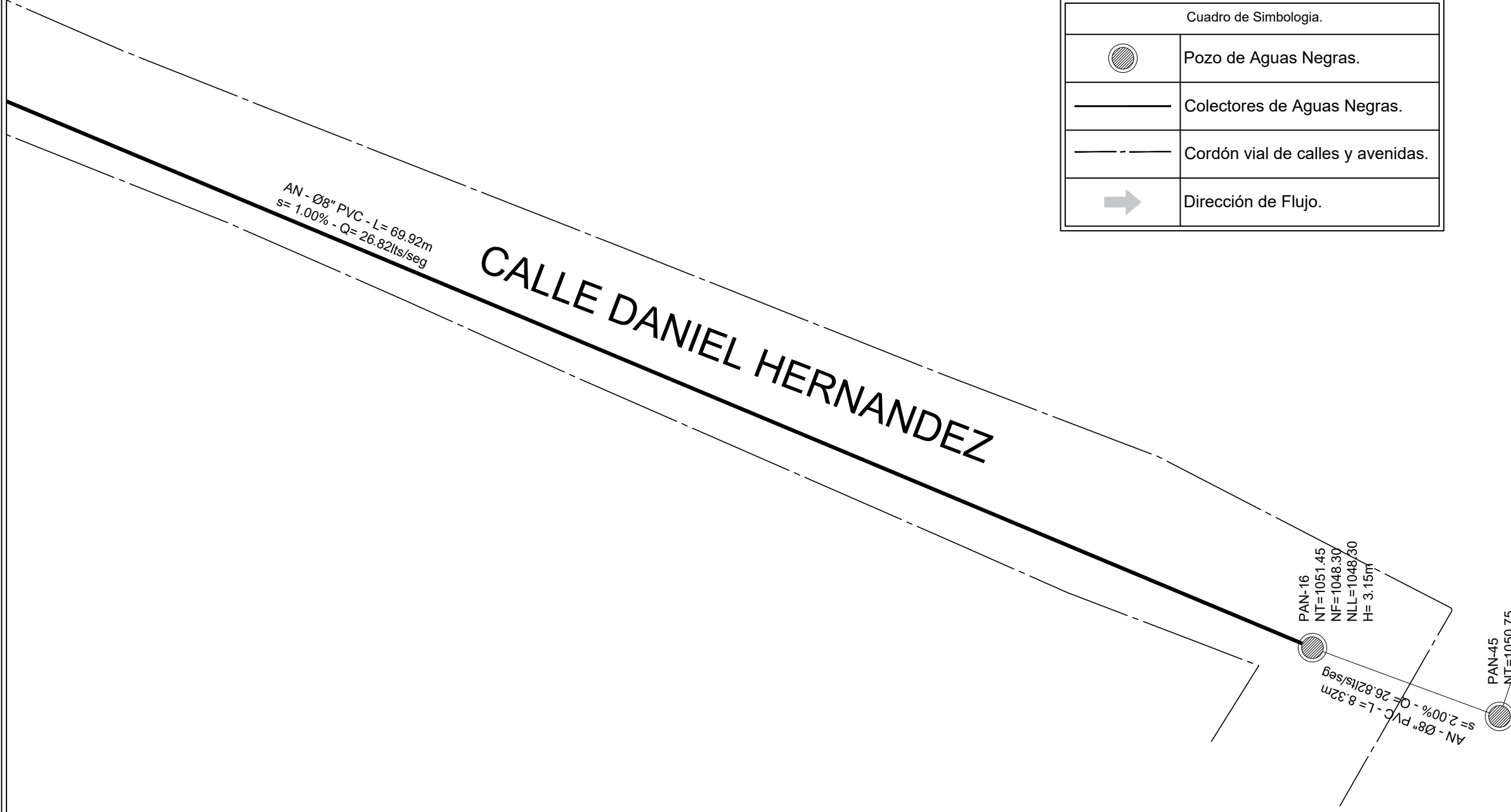
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 23 37
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

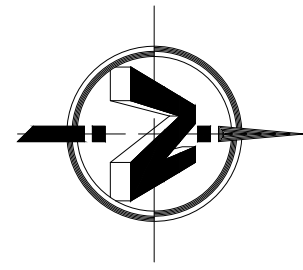
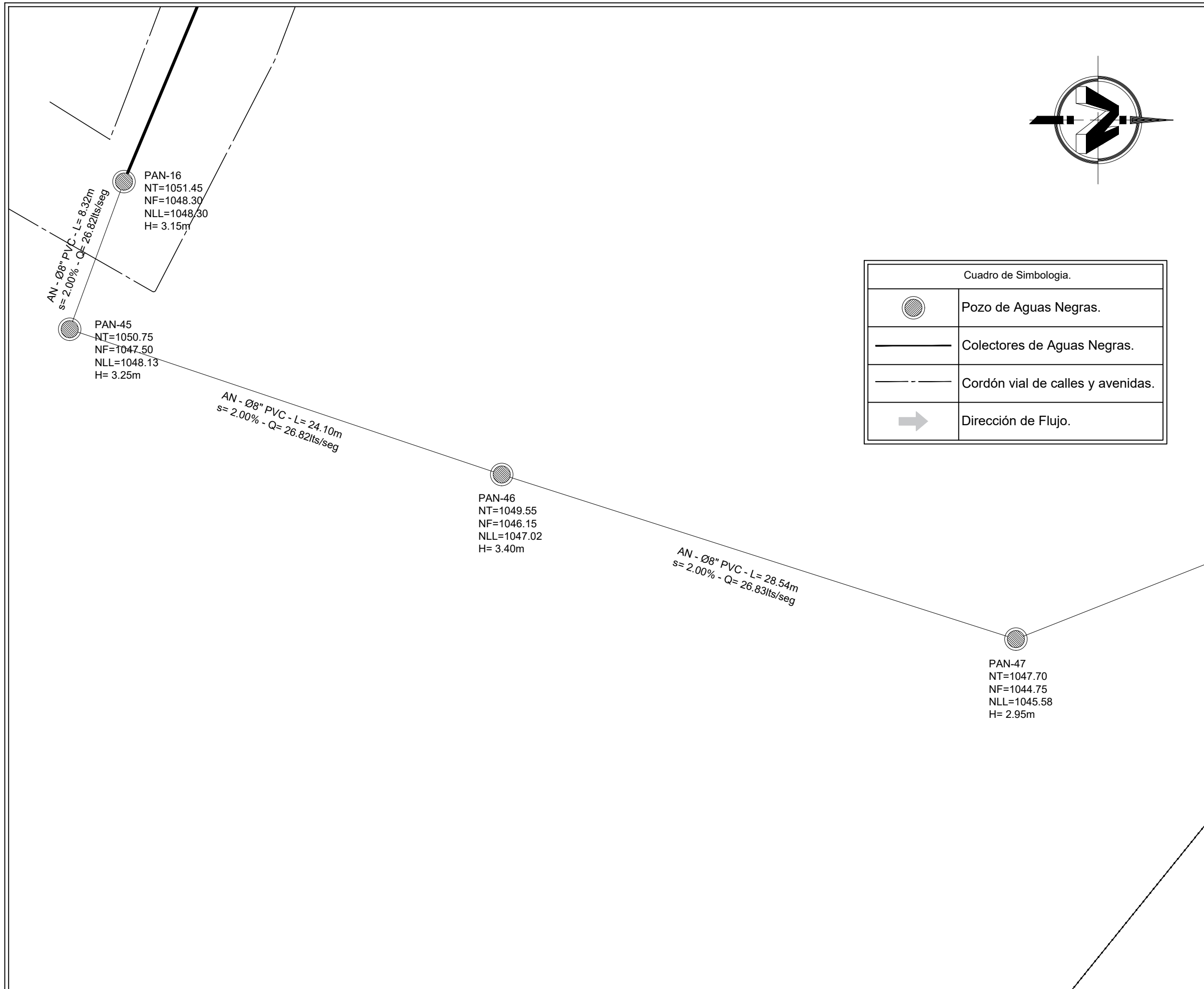
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 24 37
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

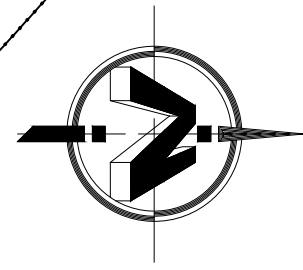
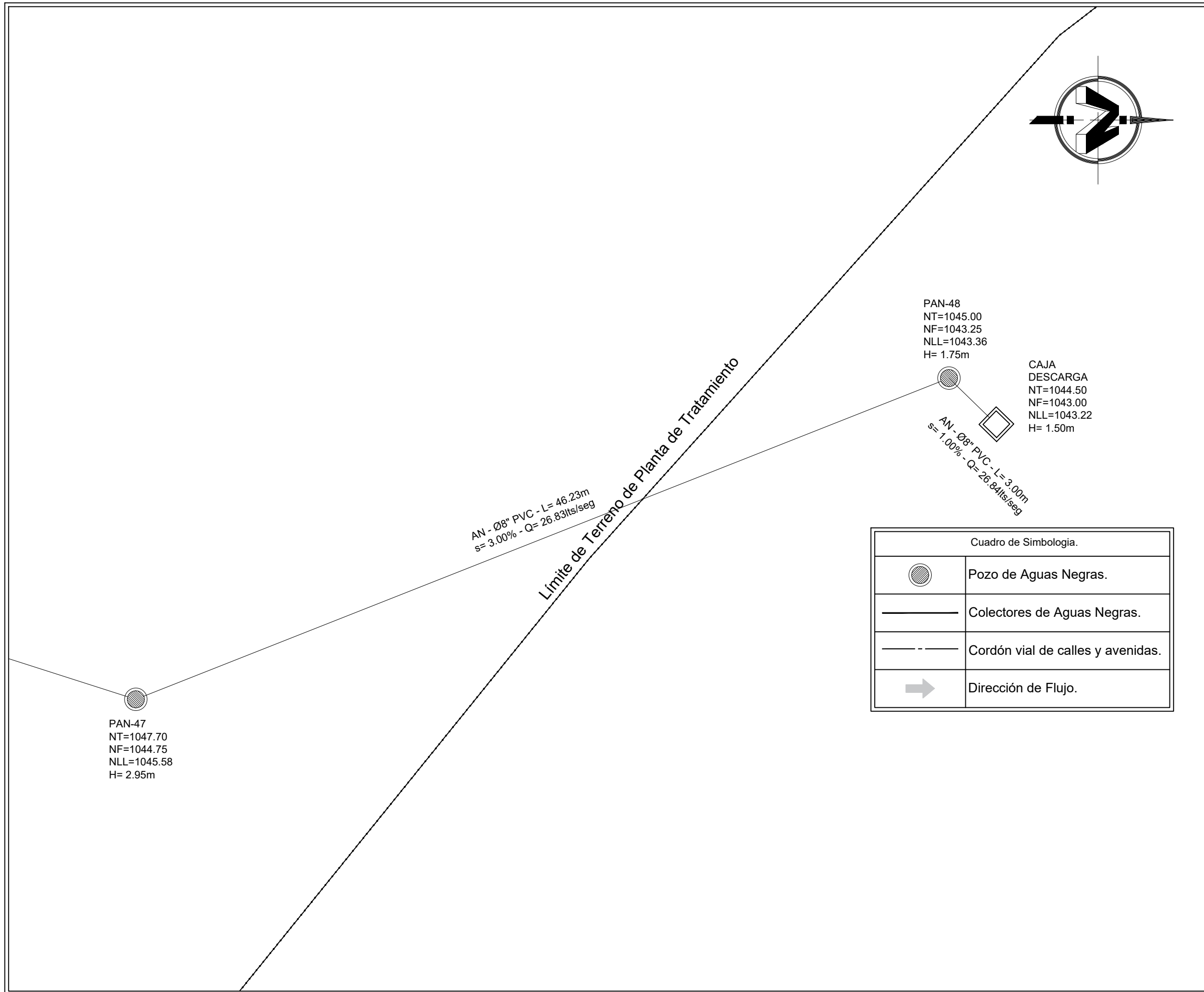
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 25 / 37
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



PAN-48
 NT=1045.00
 NF=1043.25
 NLL=1043.36
 H= 1.75m

CAJA
 DESCARGA
 NT=1044.50
 NF=1043.00
 NLL=1043.22
 H= 1.50m

AN - Ø8" PVC - L= 3.00m
 s= 1.00% - Q= 26.84lts/seg

AN - Ø8" PVC - L= 46.23m
 s= 3.00% - Q= 26.83lts/seg

Límite de Terreno de Planta de Tratamiento

PAN-47
 NT=1047.70
 NF=1044.75
 NLL=1045.58
 H= 2.95m

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

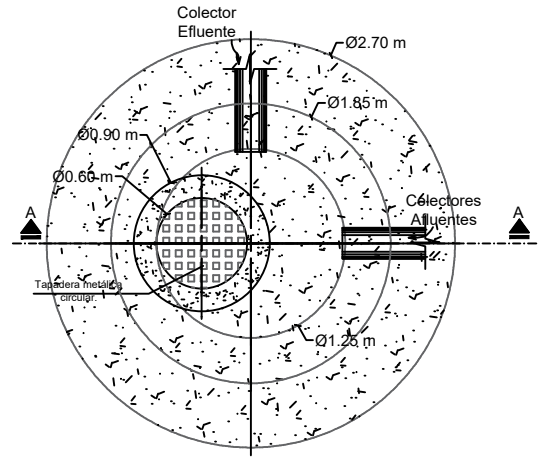
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

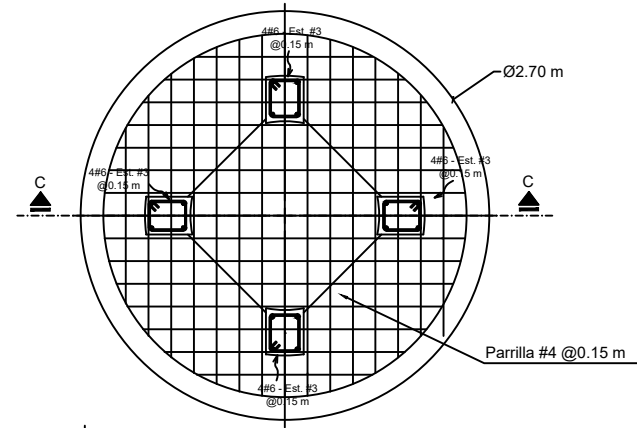
Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 26 / 37
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		

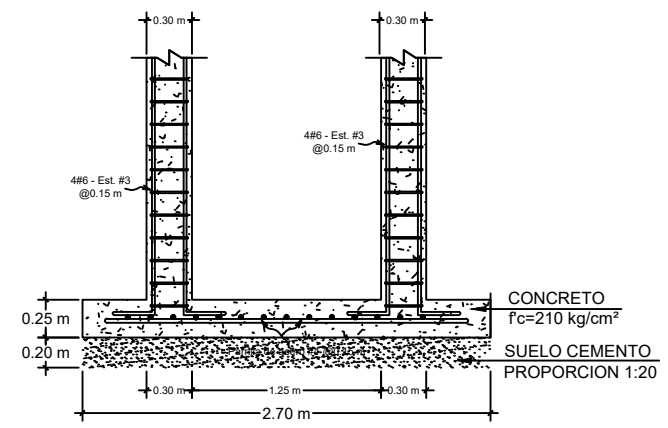
DETALLES DE POZO DE AGUAS NEGRAS.



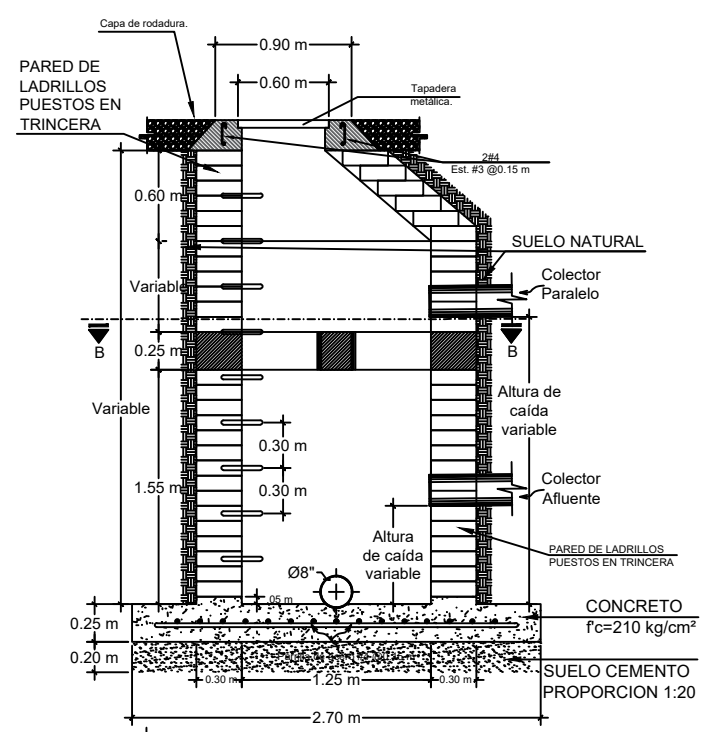
PLANTA POZO DE AGUAS NEGRAS.
Escala 1:50.



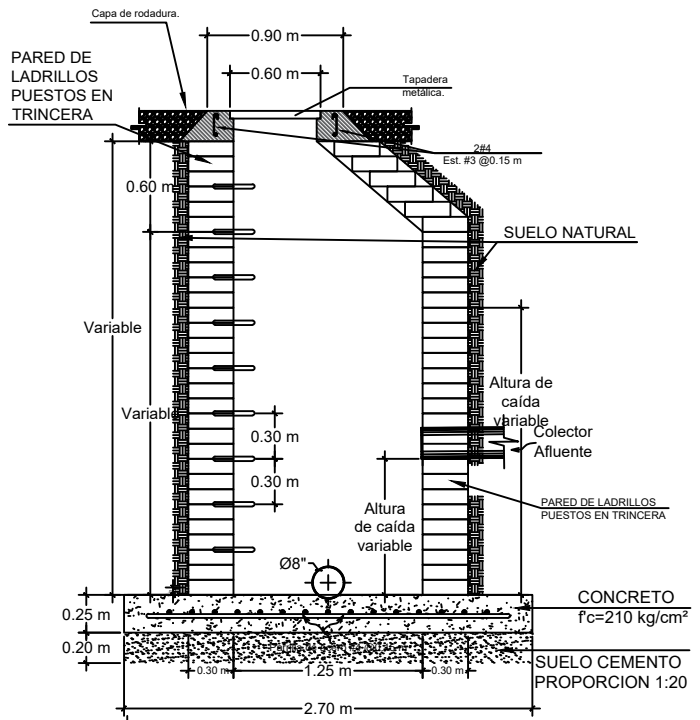
DETALLES DE PARRILLA DE POZO.
Escala 1:50.



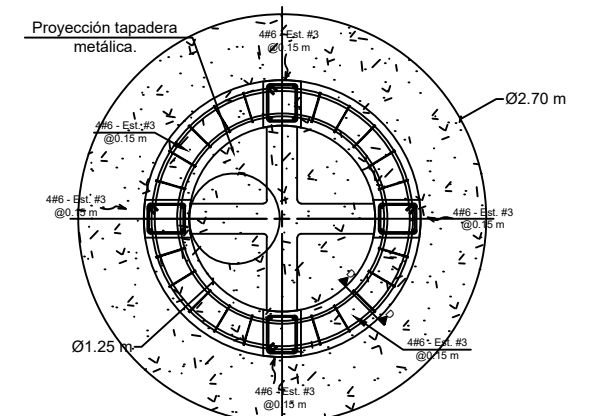
SECCION C-C.
Escala 1:50.



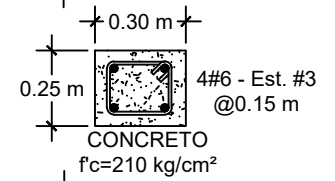
SECCION A-A (Para pozos h<3.00 m)
Sin Escala.



SECCION A-A (Para pozos h<3.00 m)
Escala 1:50.

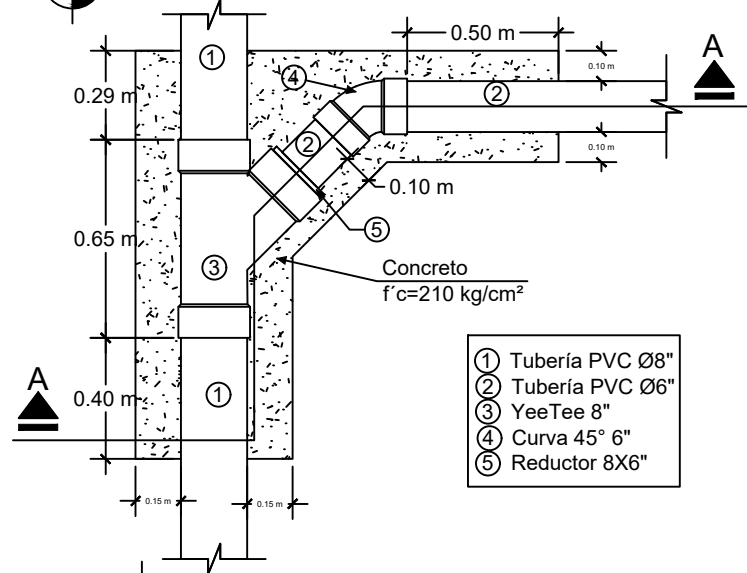


SECCION B-B.
Escala 1:50.

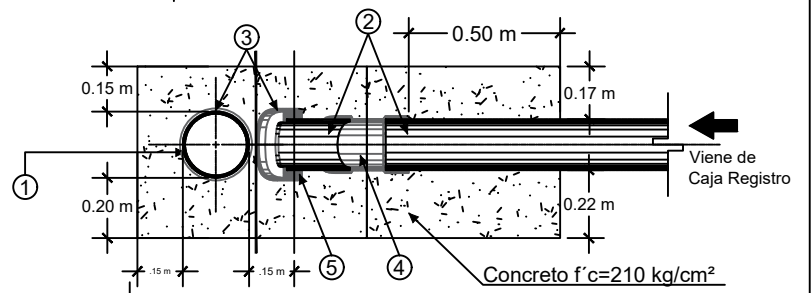


SECCION D-D.
Escala 1:25.

DETALLES DE CONEXION DOMICILIAR.



PLANTA CONEXION DOMICILIAR.
Escala 1:25.



SECCION A-A - CONEXIÓN DOMICILIAR.
Escala 1:25.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

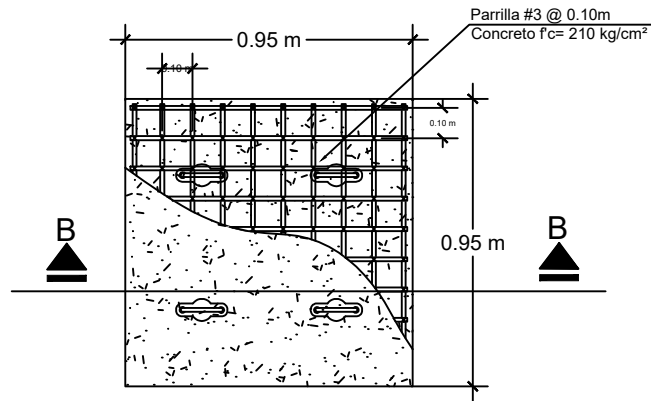
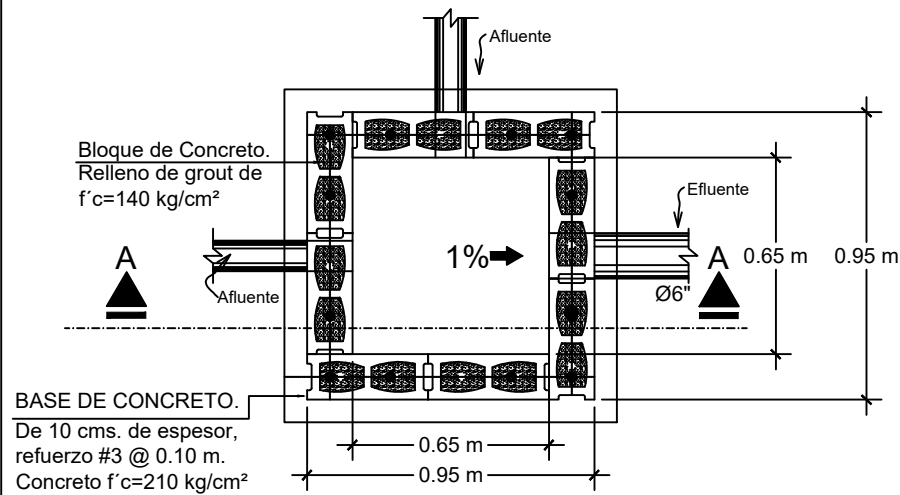
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Detalles Red de Drenaje de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

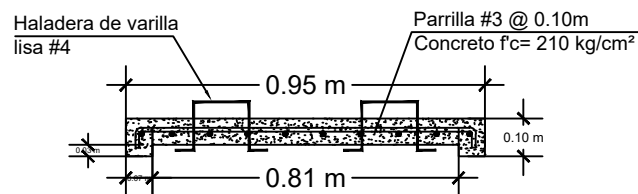
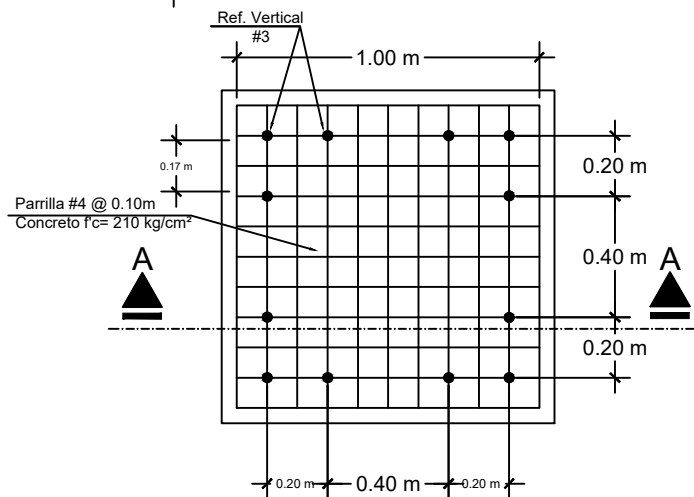
Ubicación: Municipio de Comasagua, La Libertad. 27 / 37

DETALLES DE CAJA REGISTRO.



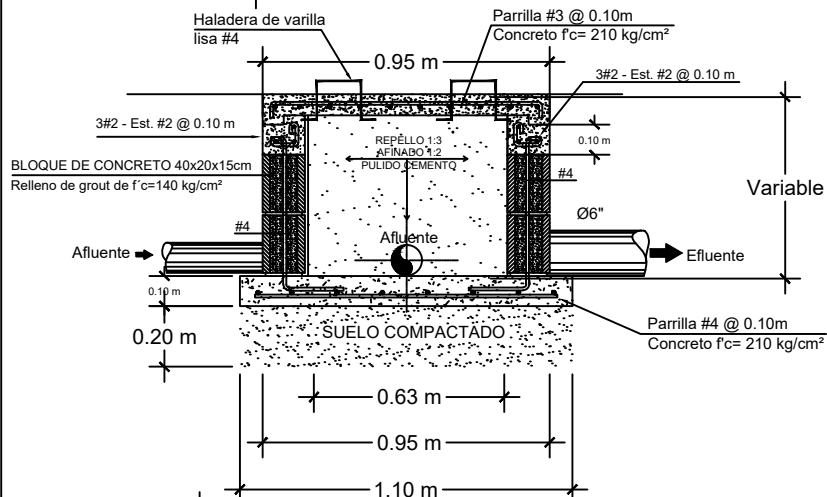
TAPADERA DE CONCRETO.
Escala 1:25.

PLANTA DE CAJA REGISTRO.
Escala 1:25.



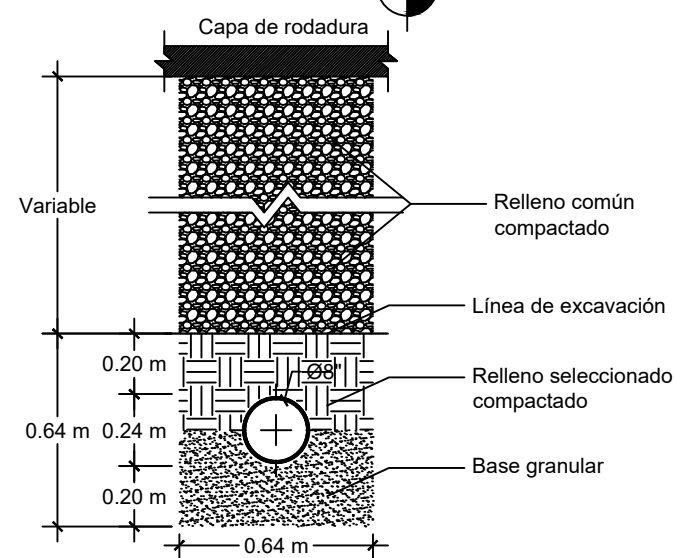
SECCION B-B - CAJA REGISTRO.
Escala 1:20.

LOSA DE CIMENTOS.
Escala 1:25.

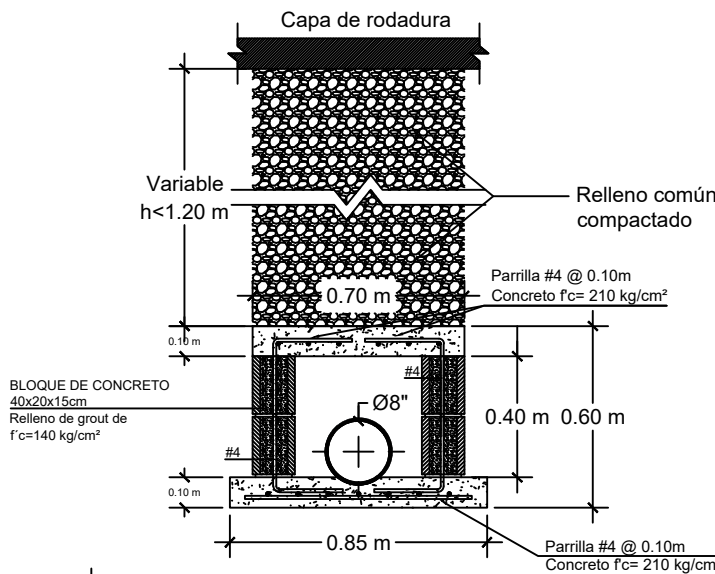


SECCION A-A - CAJA REGISTRO.
Escala 1:25.

DETALLES DE CIMENTACION DE COLECTOR.



CIMENTACION RELLENO DE COLECTORES.
Escala 1:25.



CIMENTACION RELLENO MENOR A 1.20 m.
Escala 1:25.

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES.

Notas Generales:

- Las tuberías para la Conexión Domiciliar en Ø6" y Ø8" sera de Policloruro de Vinilo (PVC) de 100 PSI o SDR 41, con junta cementada, bajo norma ASTM D-2241, para los tramos de relleno de colector mayor a 1.20 m, y de igual manera en relleno de colector menores a 1.20 m.
- Los accesorios para la Conexion Domicilar serán PVC S40 para diámetros de 6" y 8", inyectados bajo norma ASTM D-2665.
- Todos los refuerzo de acero para los diferentes elementos estructurales será de resistencia a tensión de 2,800 kg/cm², para los diferentes diámetros, bajo la norma ASTM A-615/A-615M-09.
- El concreto en los diferentes elementos estructurales debe tener una resistencia a compresion de 210 kg/cm², bajo norma ASTM C109/C109M. Los agregados gruesos y finos deberán cumplir la norma ASTM C136-06.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

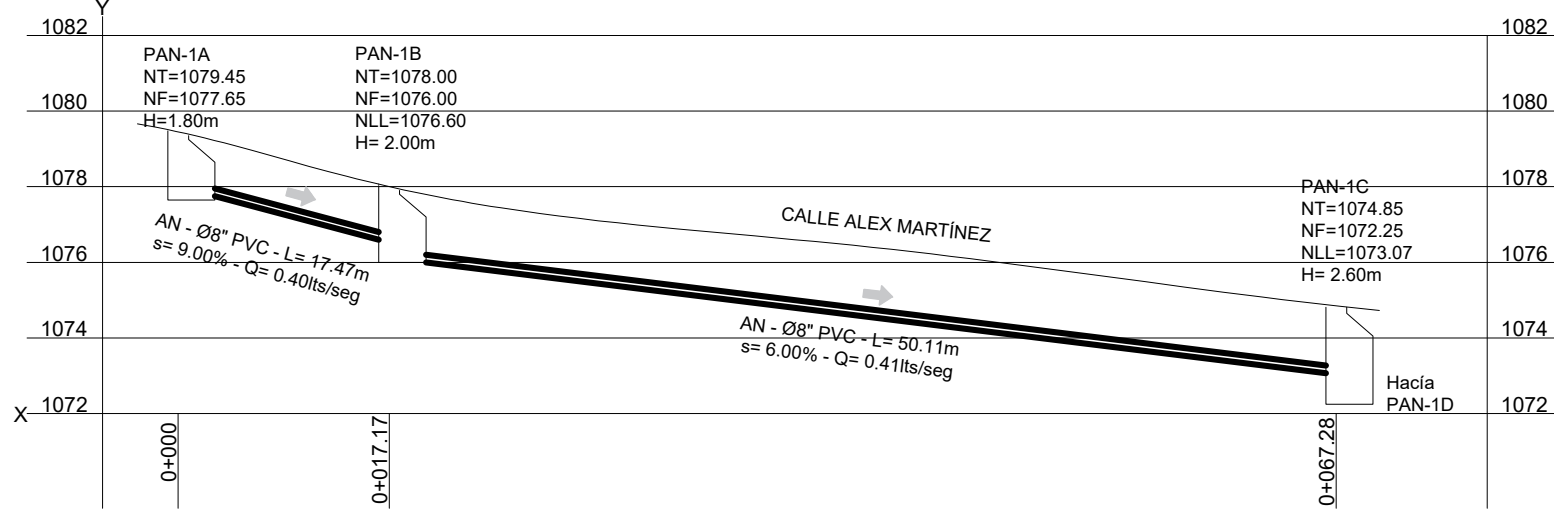
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Detalles Red de Drenaje de Aguas
Negras.

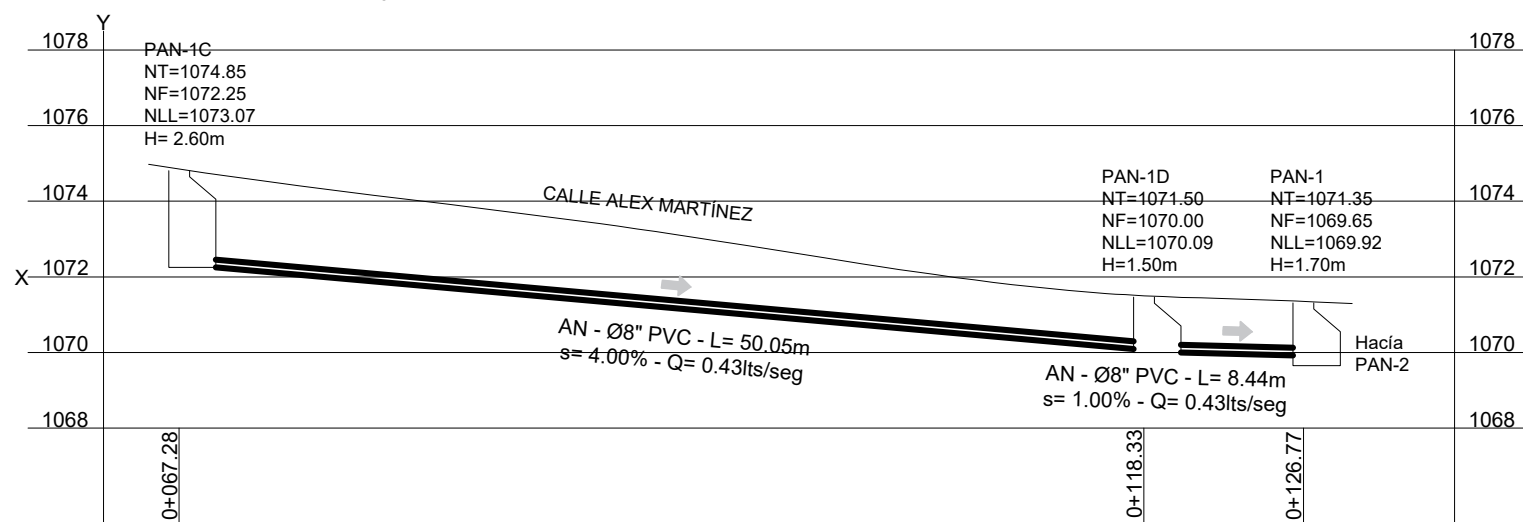
Escala: Escala indicada. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Municipio de Comasagua, La Libertad. 28 / 37

Perfil de tramo de tubería PAN-17 y PAN-18.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-1, PAN-2 y PAN-3.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

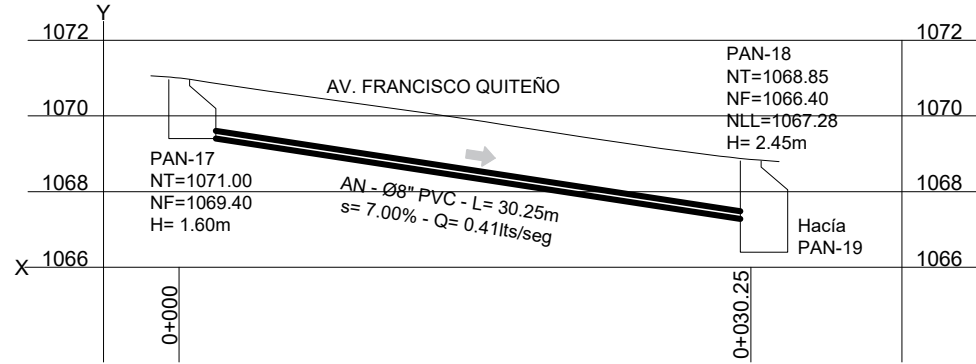
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

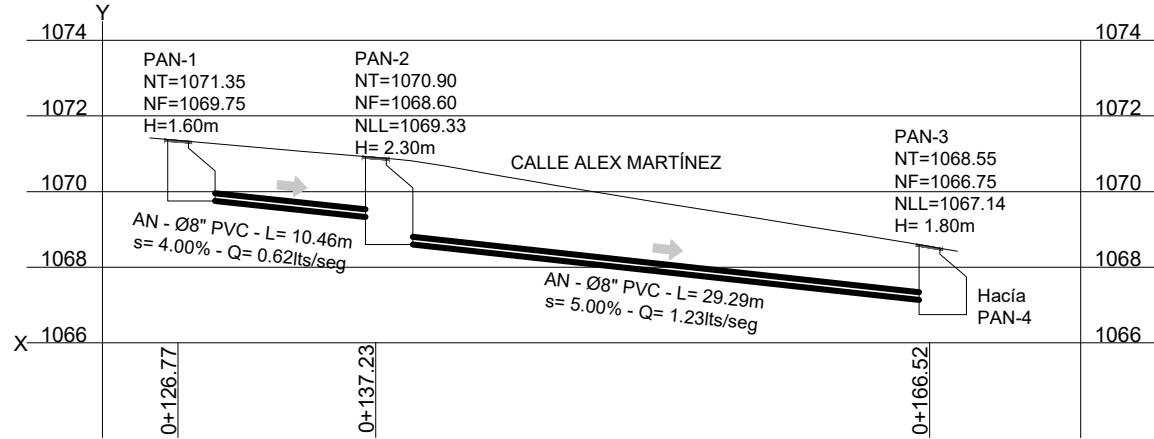
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 29 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

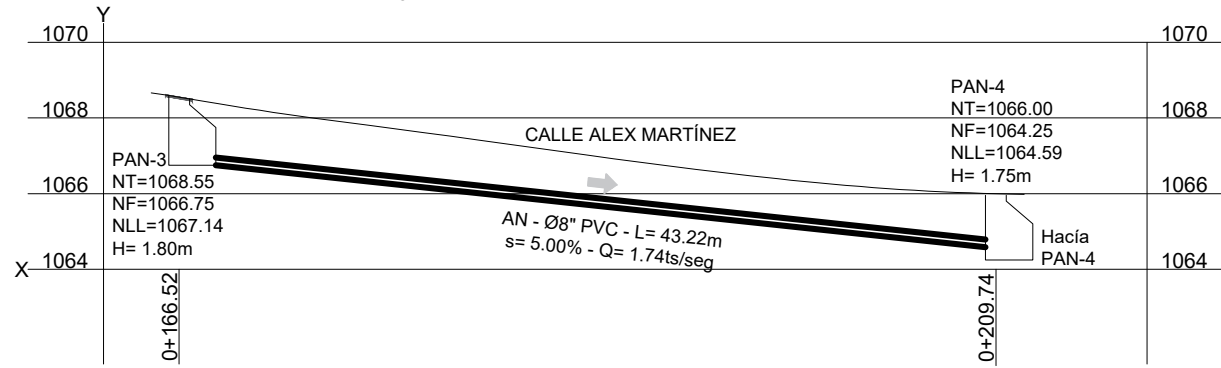
Perfil de tramo de tubería PAN-17 y PAN-18.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



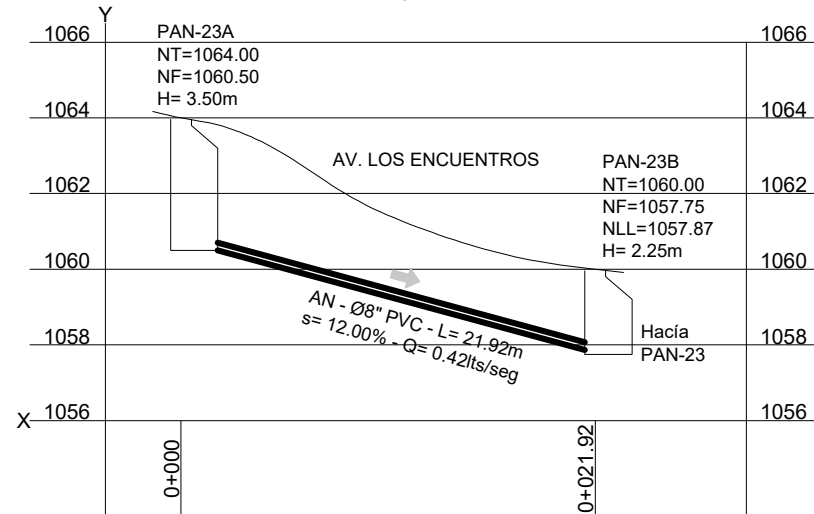
Perfil de tramo de tubería PAN-1, PAN-2 y PAN-3.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



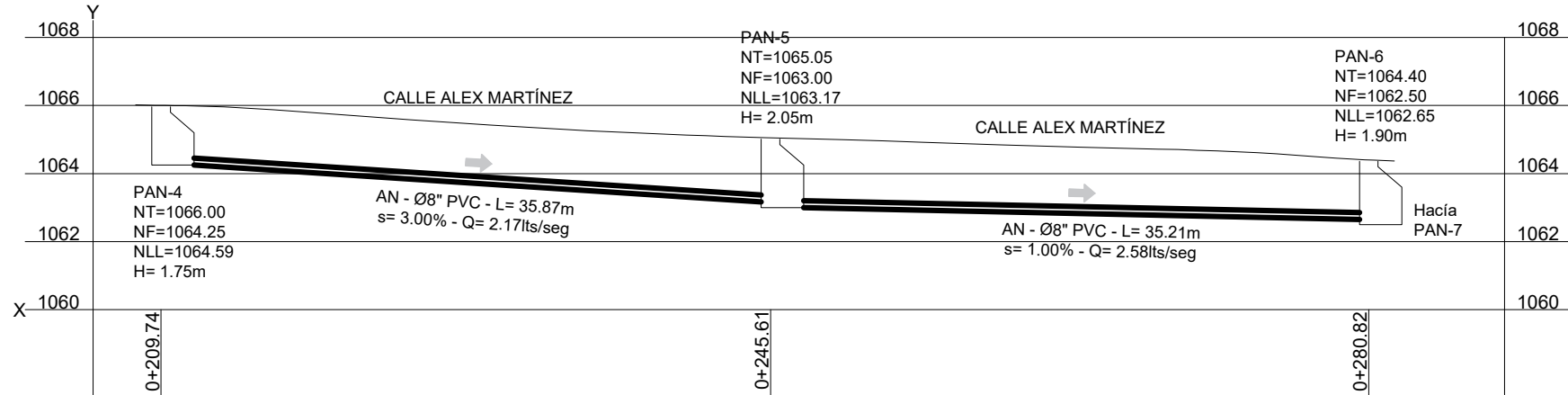
Perfil de tramo de tubería PAN-1, PAN-2 y PAN-3.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-23A y PAN-23B.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-4, PAN-5 y PAN-6.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

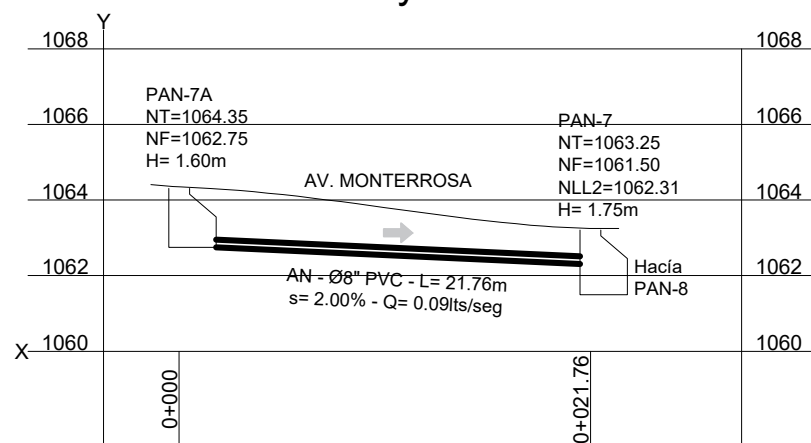
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

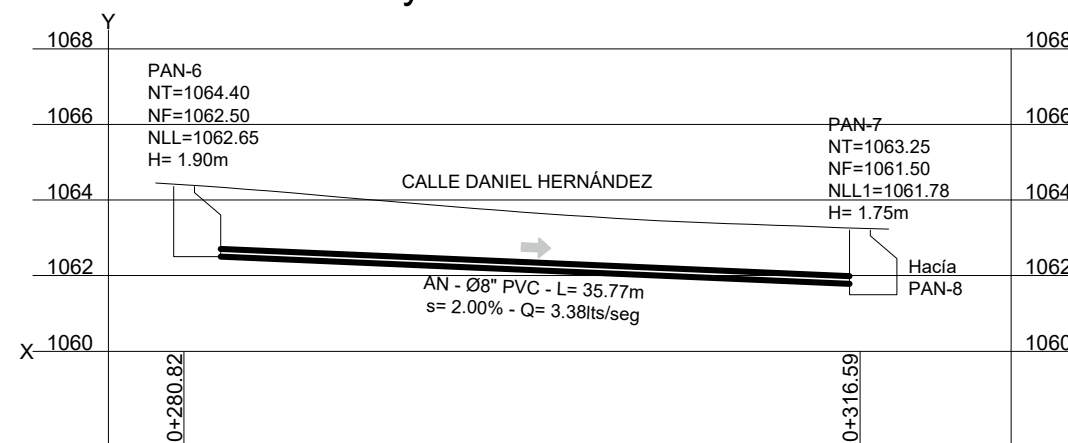
Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 30 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

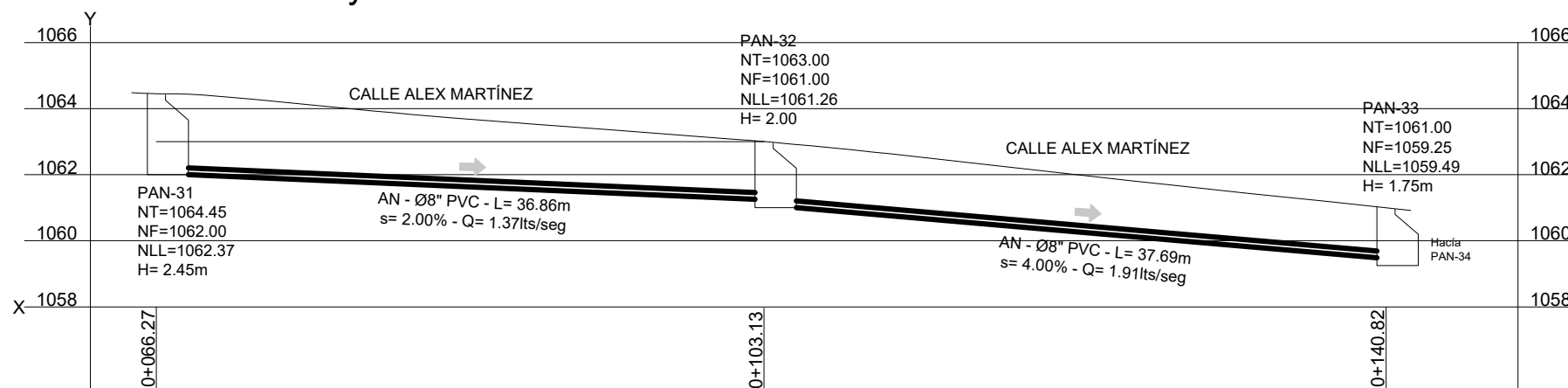
Perfil de tramo de tubería PAN-7A y PAN-7.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



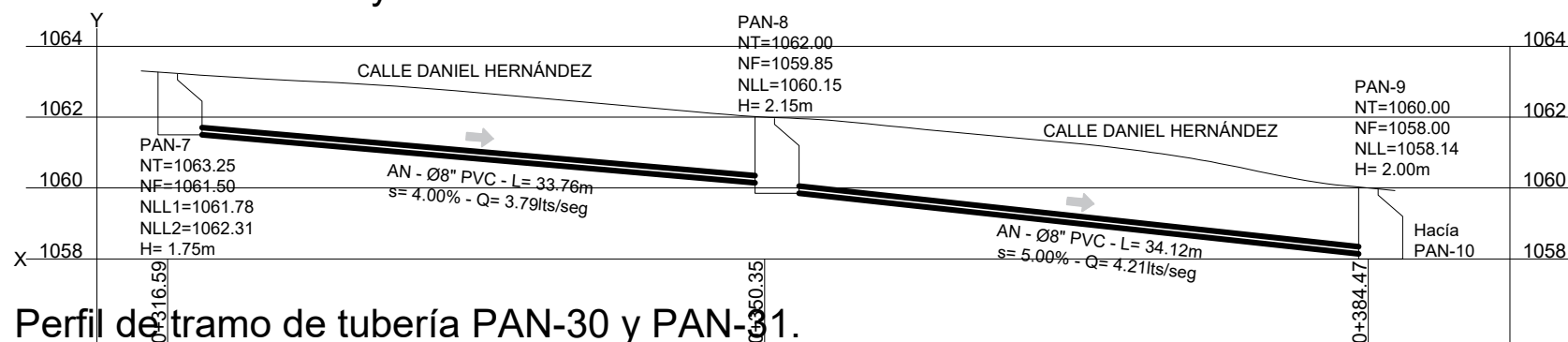
Perfil de tramo de tubería PAN-6 y PAN-7.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



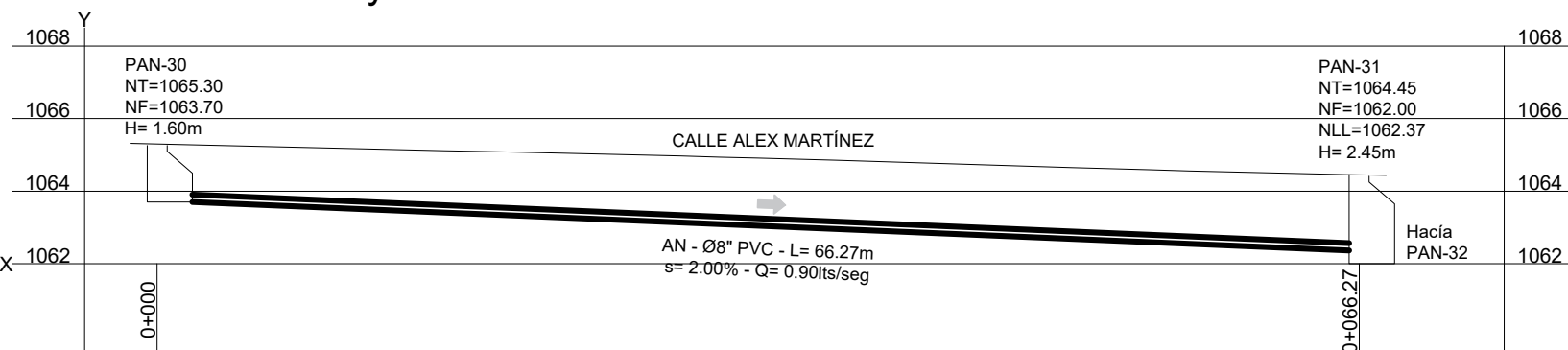
Perfil de tramo de tubería PAN-31, PAN-32 y PAN-33.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-7, PAN-8 y PAN-9.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-30 y PAN-31.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

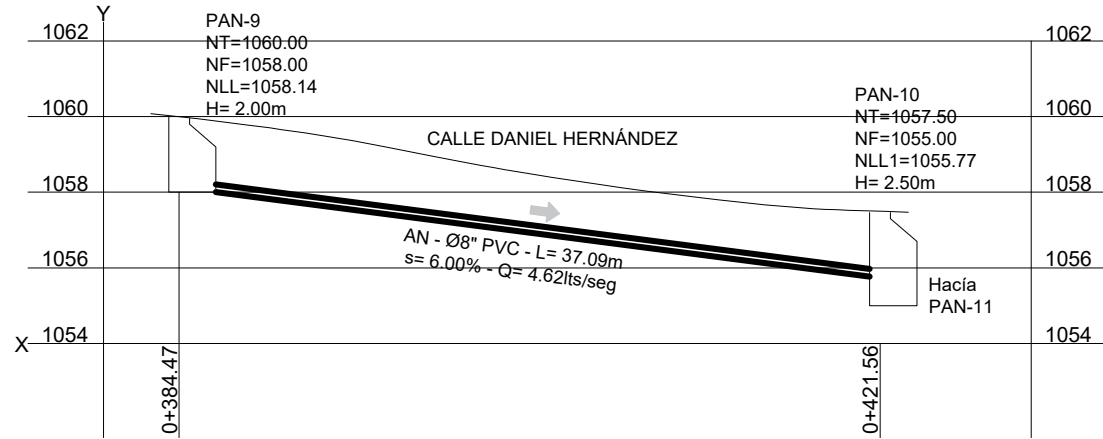
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

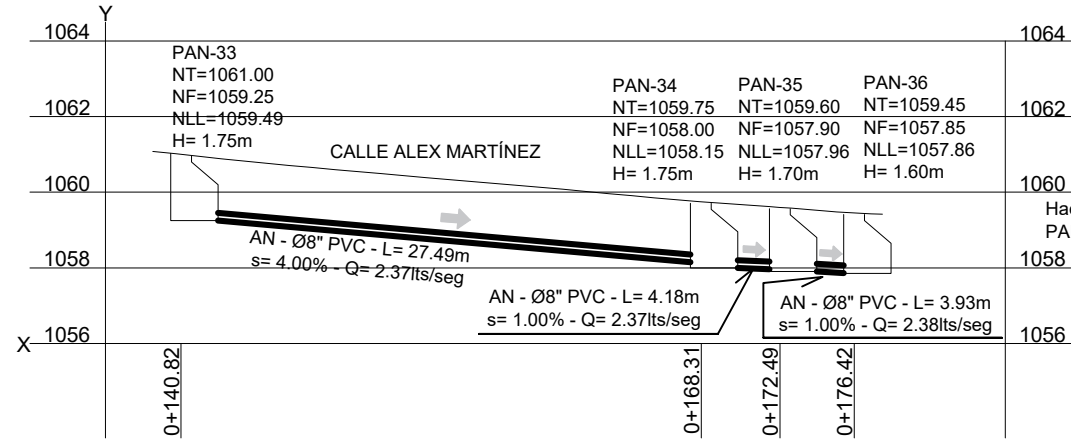
Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 31 / 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

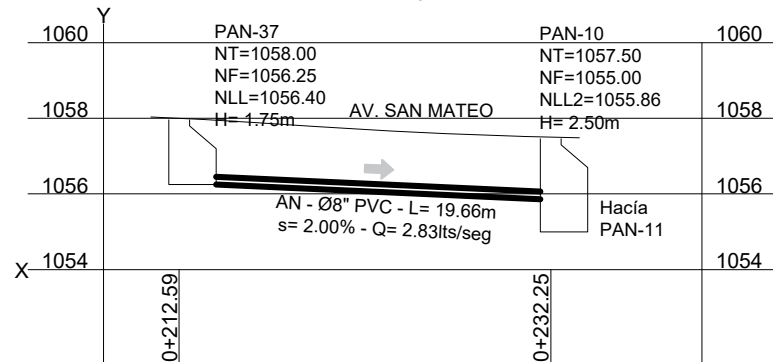
Perfil de tramo de tubería PAN-9 y PAN-10.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



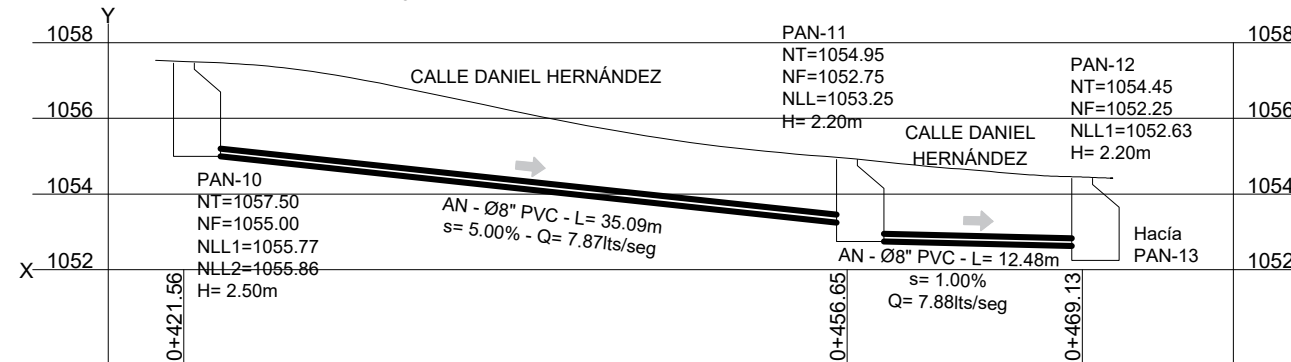
Perfil de tramo de tubería PAN-33, PAN-34, PAN-35 y PAN-36.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



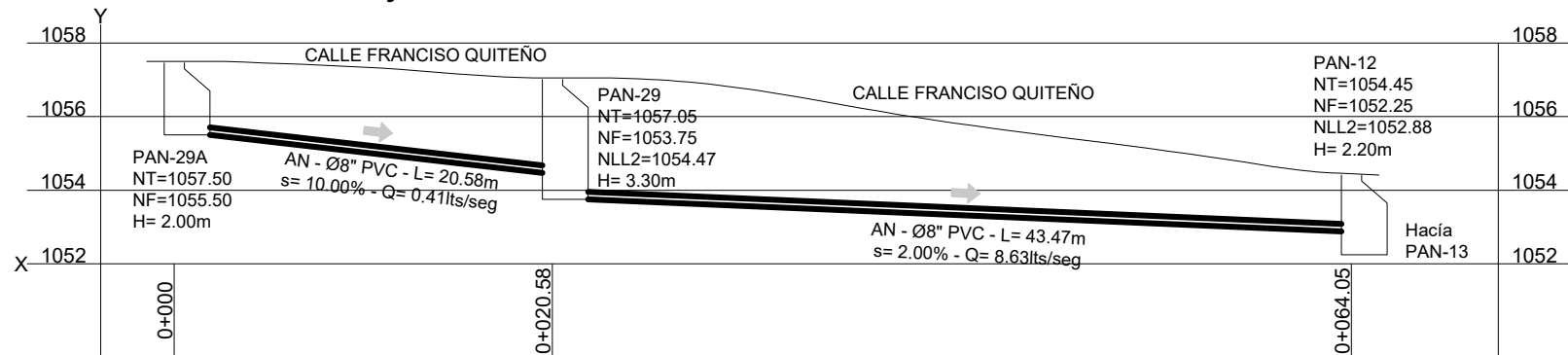
Perfil de tramo de tubería PAN-37 y PAN-10.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-10, PAN-11 y PAN-12.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-29A, PAN-29 y PAN-12.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

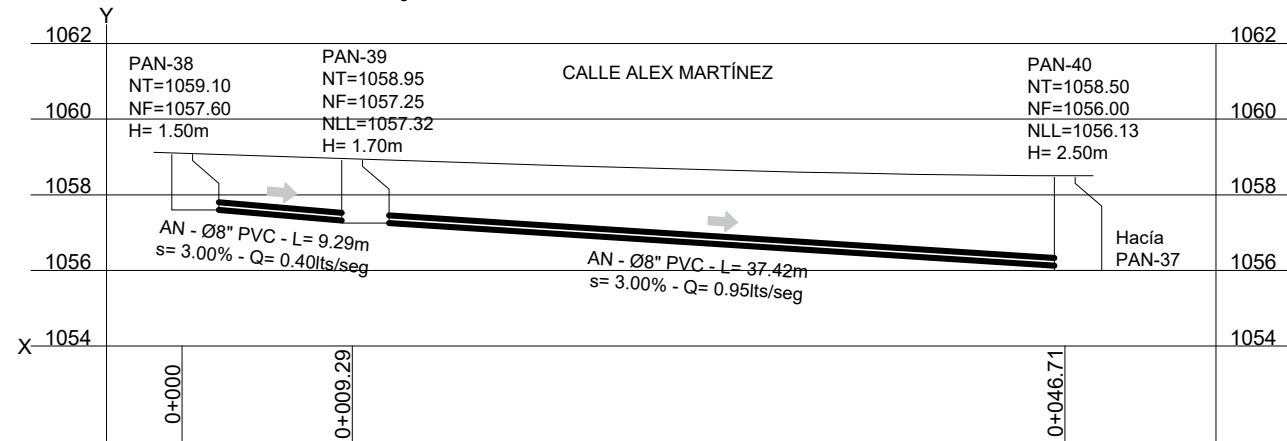
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

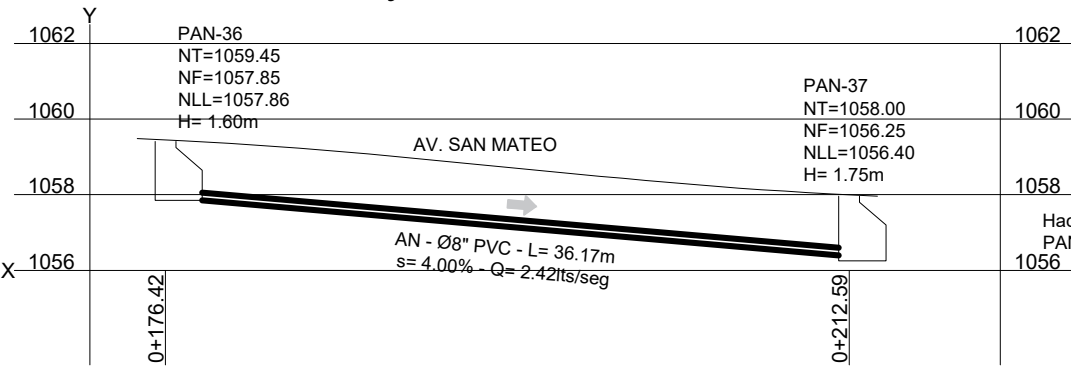
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 32 / 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

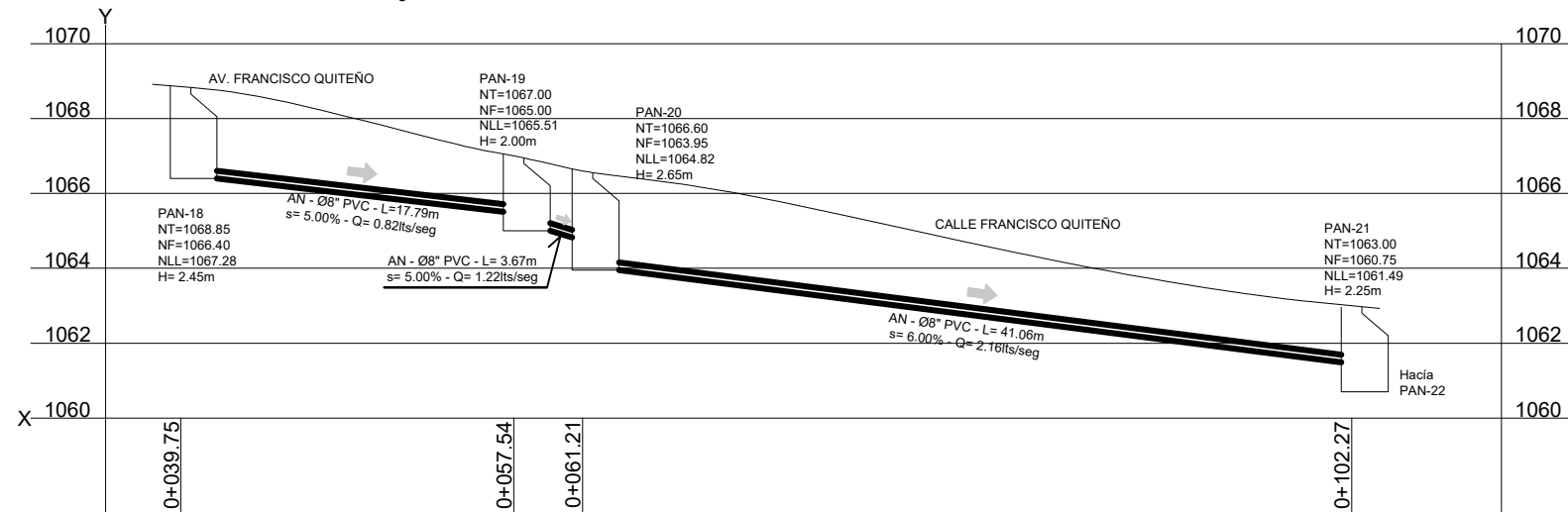
Perfil de tramo de tubería PAN-38, PAN-39 y PAN-40.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



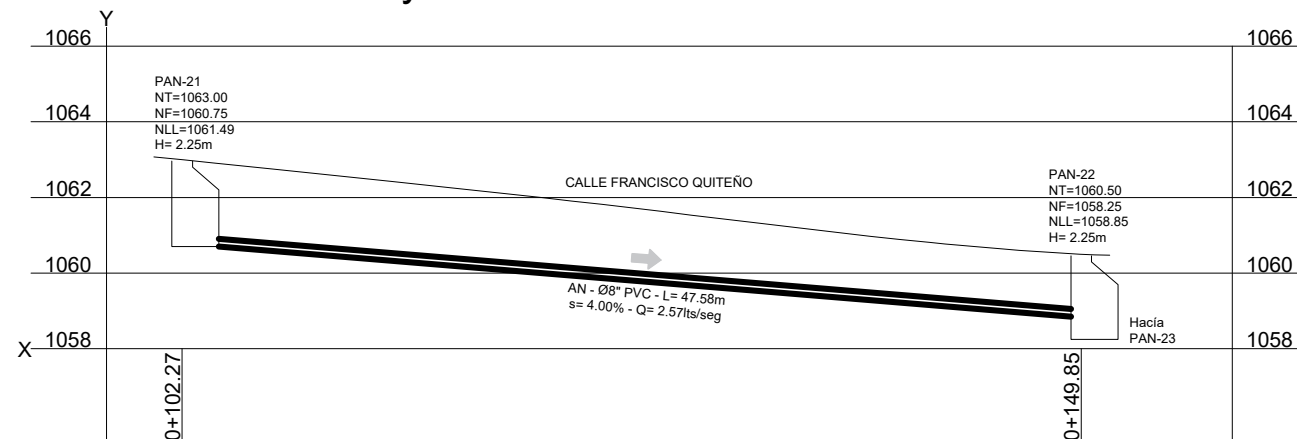
Perfil de tramo de tubería PAN-36 y PAN-37.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-18, PAN-19, PAN-20 y PAN-21.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-21 y PAN-22.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

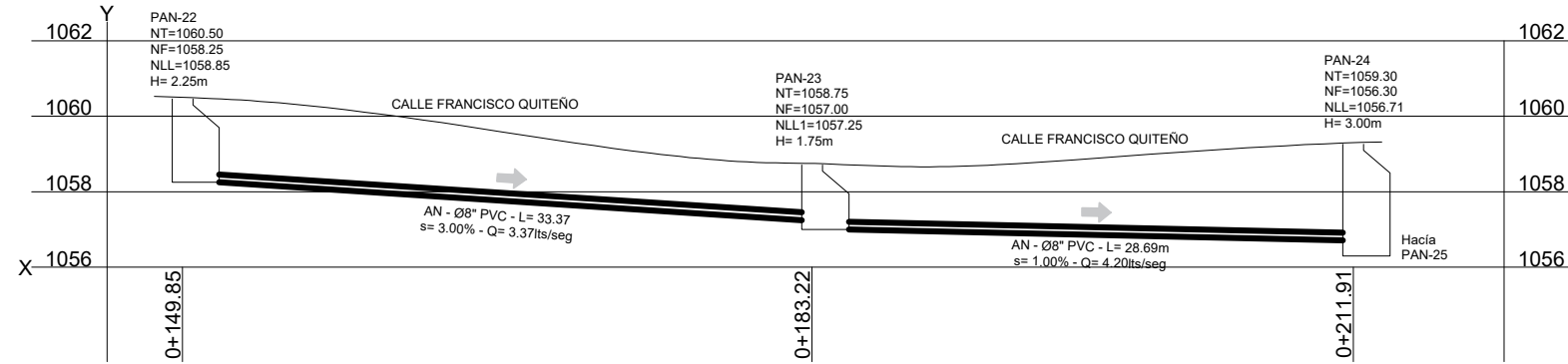
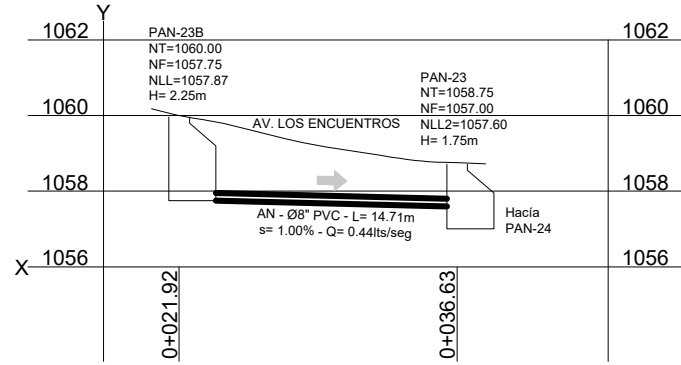
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

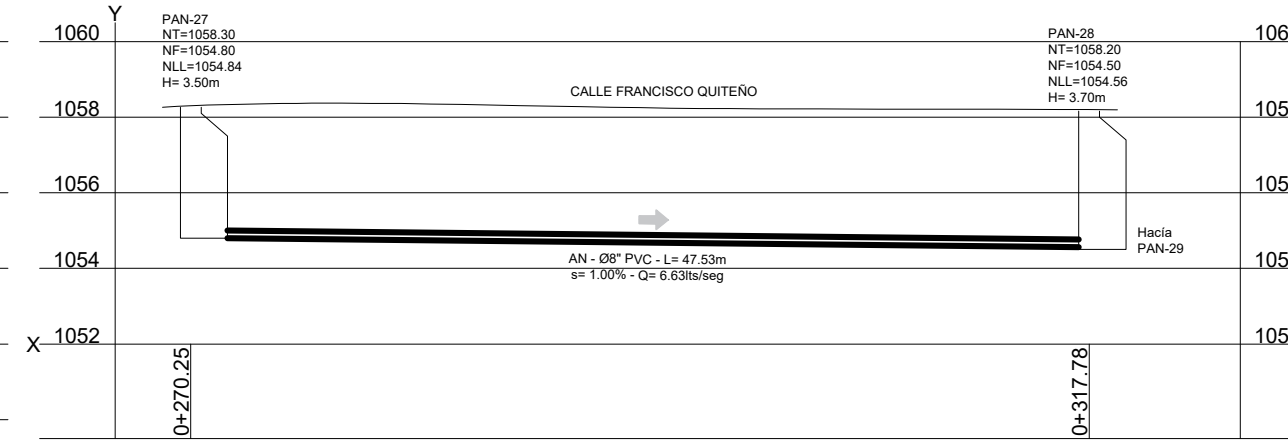
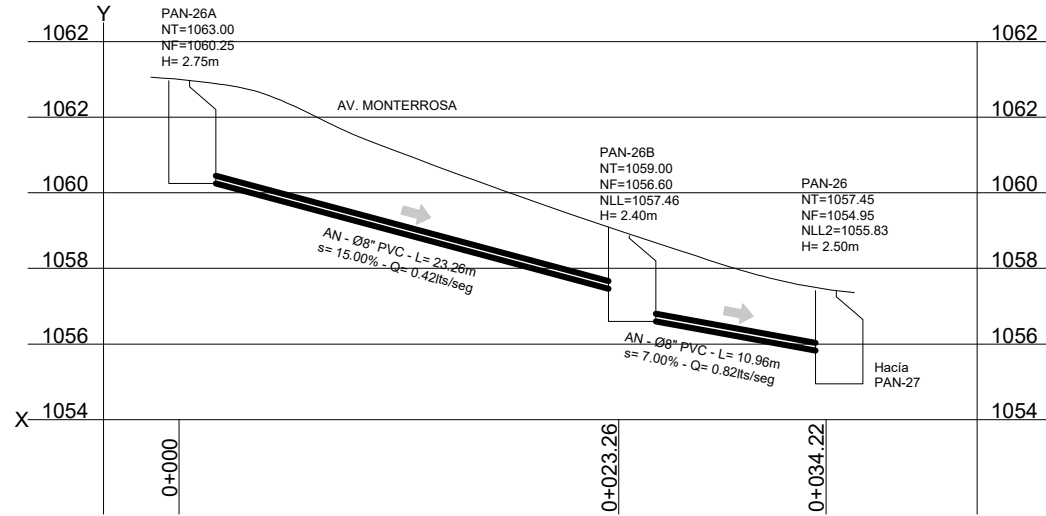
Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Municipio de Comasagua. 33 / 37

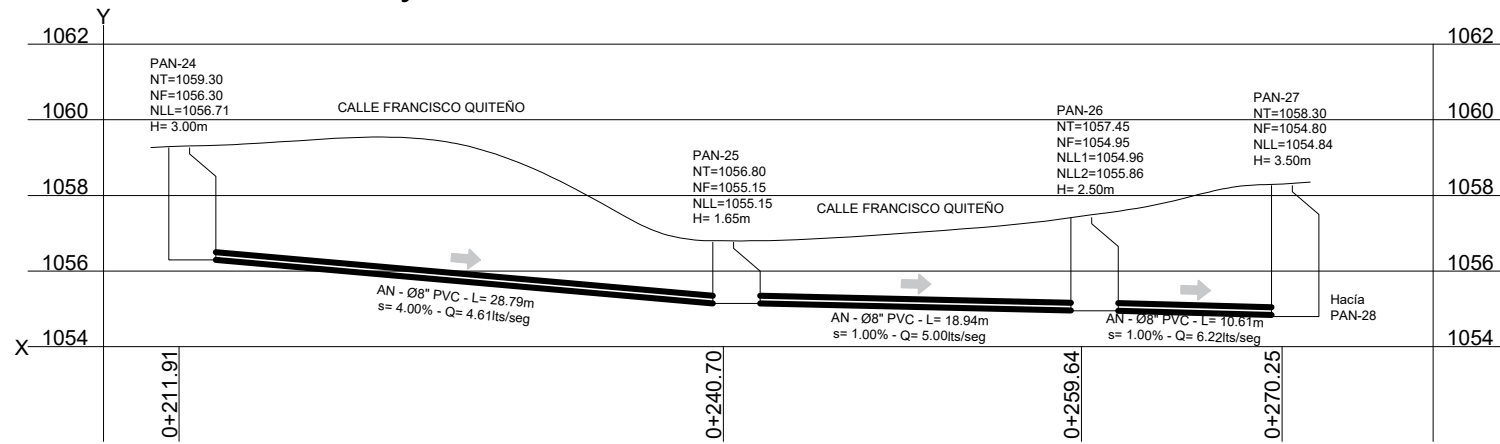
Perfil de tramo de tubería PAN-23B y PAN-23. Perfil de tramo de tubería PAN-22, PAN-23 y PAN-24.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-26A, PAN-26B y PAN-26. Perfil de tramo de tubería PAN-27 y PAN-28.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-24, PAN-25, PAN-26 y PAN-27.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

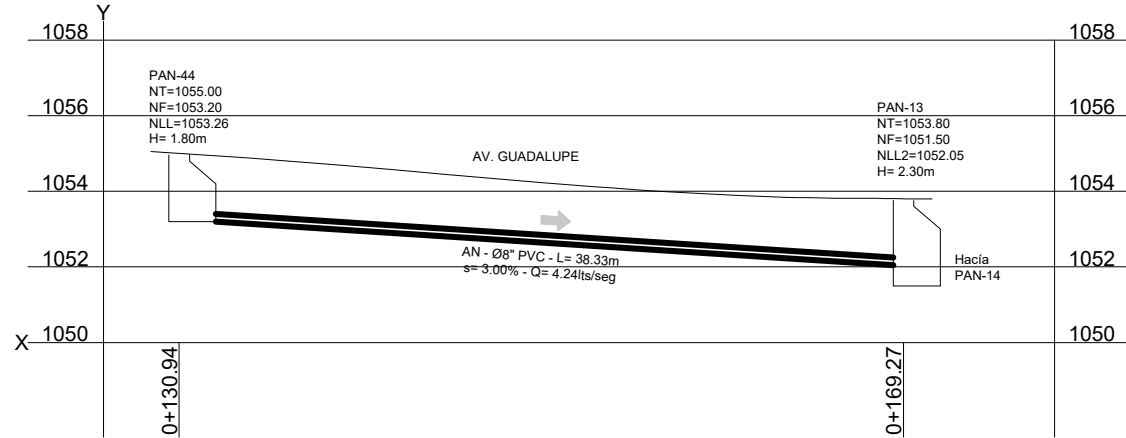
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

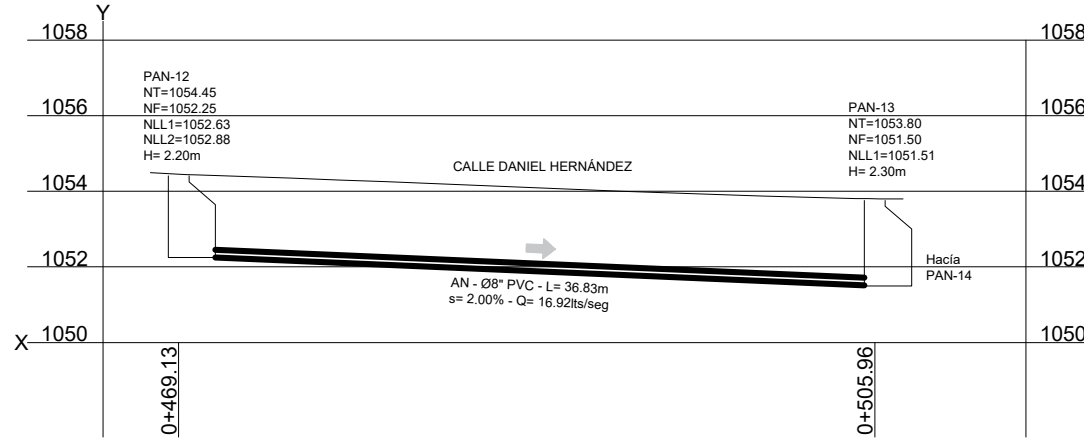
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 34 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

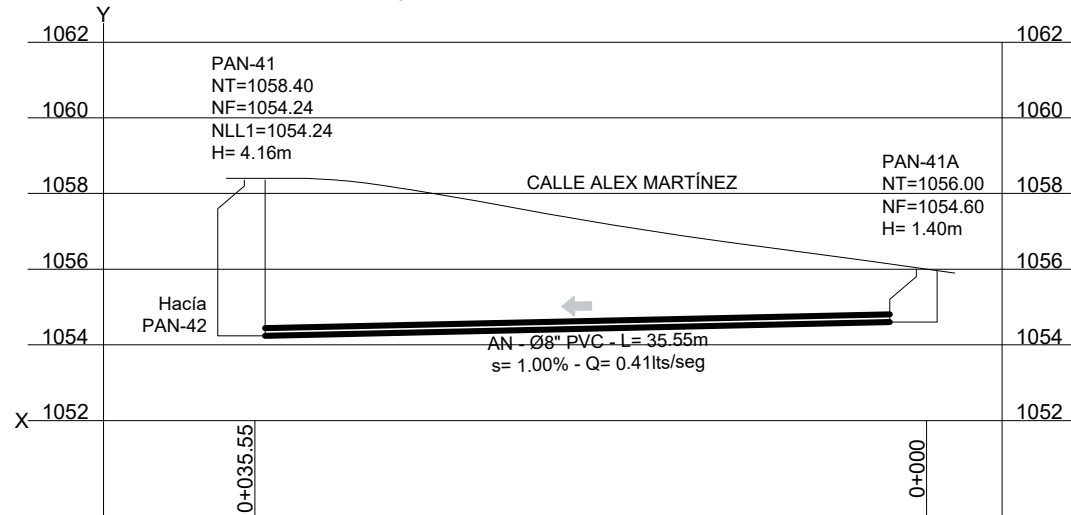
Perfil de tramo de tubería PAN-44 y PAN-13.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



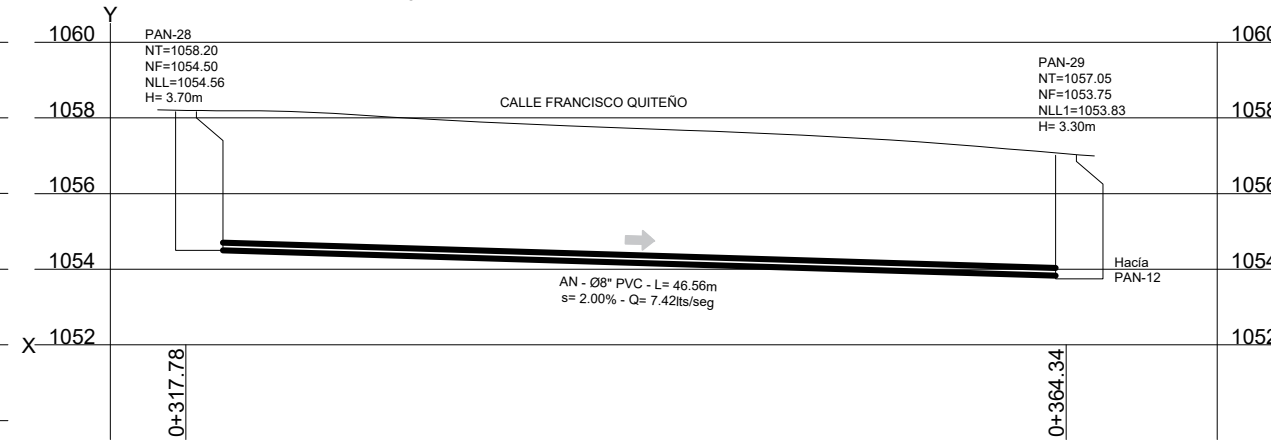
Perfil de tramo de tubería PAN-12 y PAN-13.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



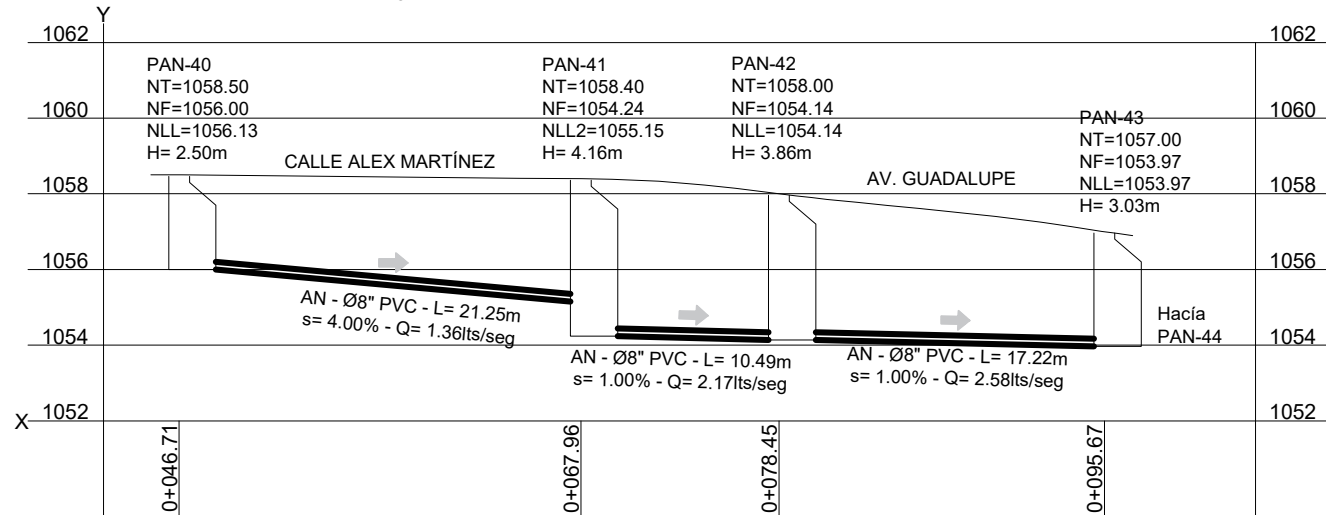
Perfil de tramo de tubería PAN-41A y PAN-41.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-28 y PAN-29.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-40, PAN-41, PAN-42 y PAN-43.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

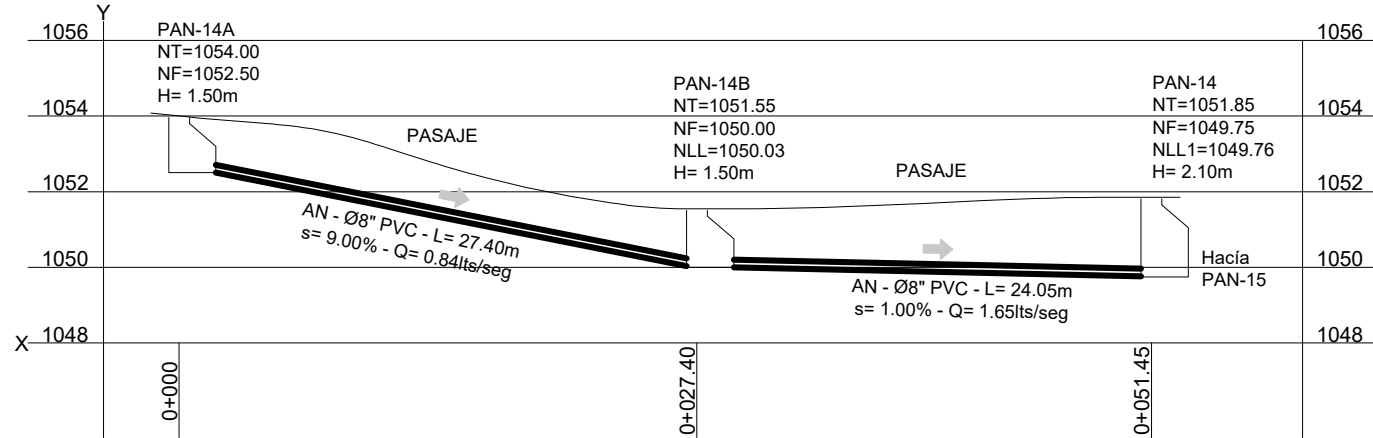
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

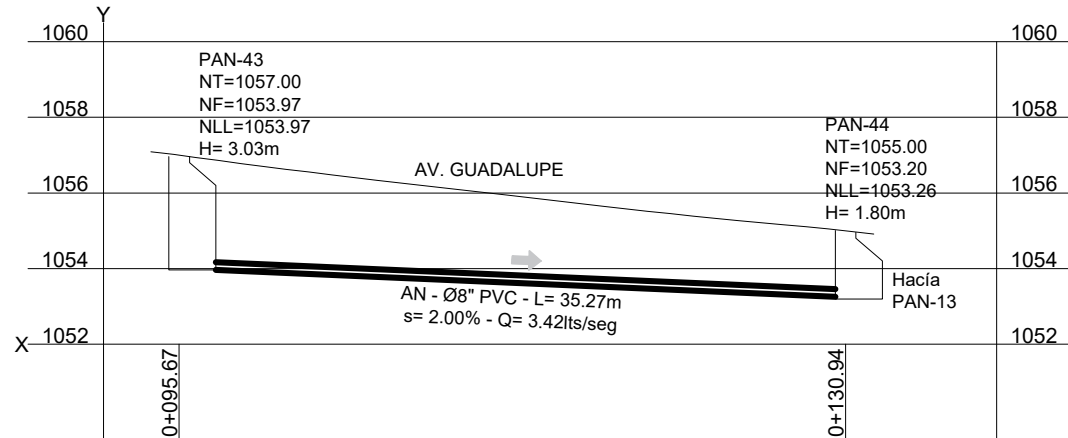
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 35 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

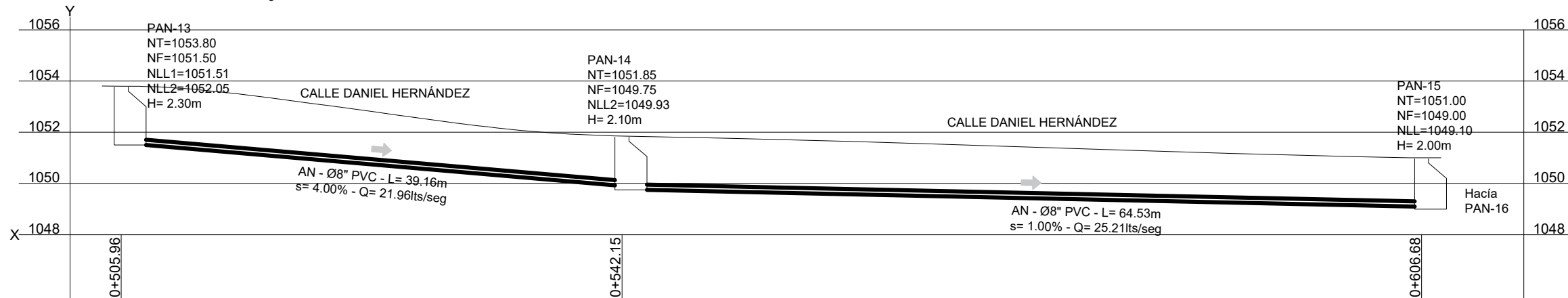
Perfil de tramo de tubería PAN-14A, PAN-14B y PAN-14.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-43 y PAN-44.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-13, PAN-14 y PAN-15.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

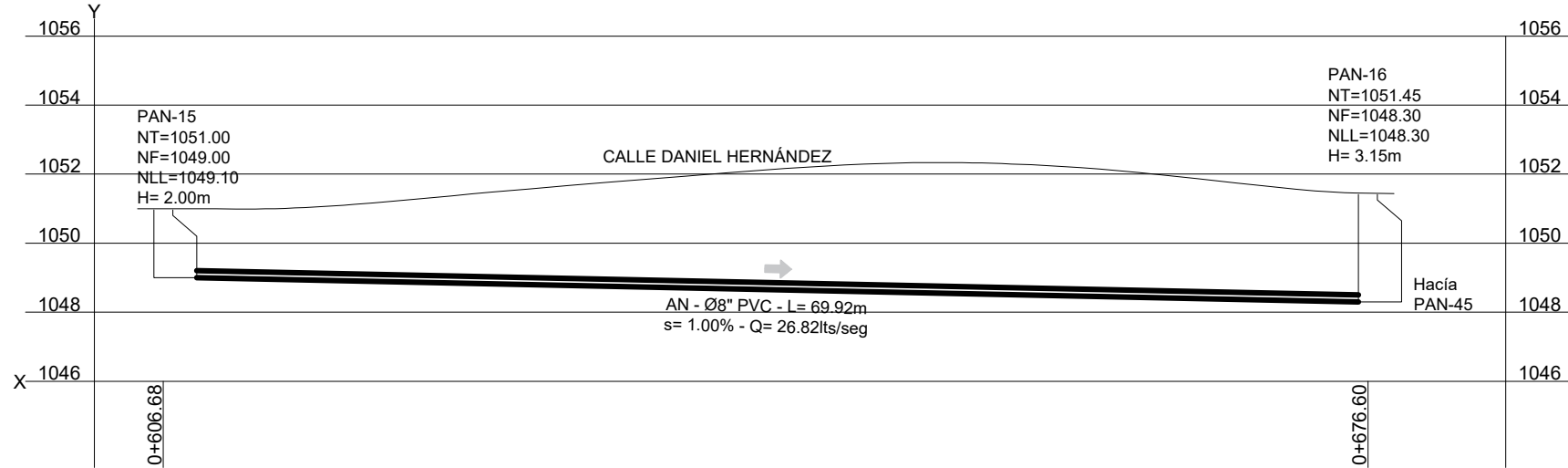
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

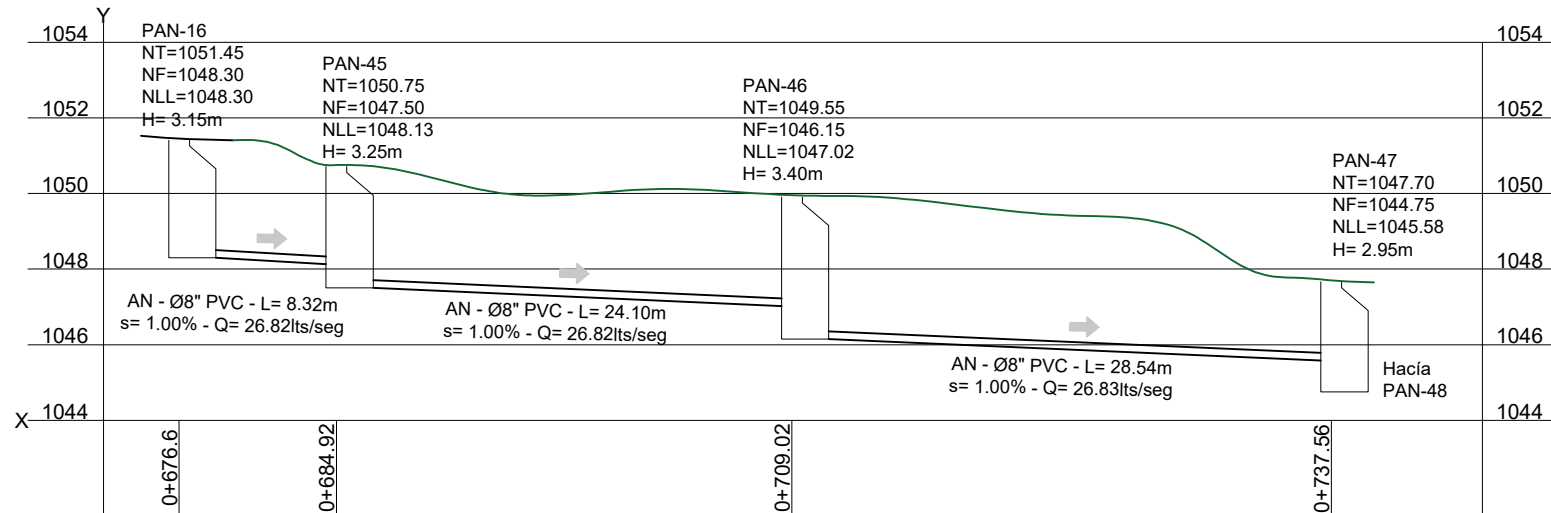
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 36 37
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

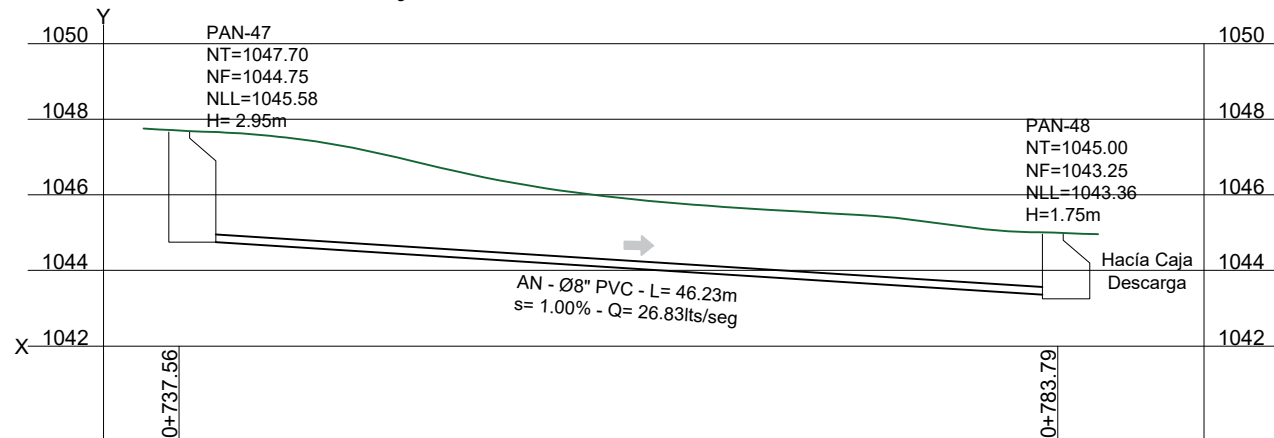
Perfil de tramo de tubería PAN-15 y PAN-16.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-16, PAN-45, PAN-46 y PAN-47.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Perfil de tramo de tubería PAN-47 y PAN-48.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Negras.
	Colectores de Aguas Negras.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Municipio de Comasagua. 37/37

CAPÍTULO

V.

Diseño y Especificaciones Técnicas de la Red de Aguas Lluvias.
Situación Actual del Alcantarillado de Aguas Lluvias en el Municipio de Comasagua.

5.1. Situación Actual del Alcantarillado de Aguas Lluvias en el Municipio de Comasagua.

En el municipio no existe ningún sistema de alcantarillado pluvial o de aguas lluvias en el área urbana o rural del municipio, sino que muchas de las aguas lluvias son depositadas directamente a la calle o cauce de los ríos, factor que se agrava en el área rural donde se encuentran lavaderos directamente en el cauce del río a unos metros de la captación, ver Imagen 5.1.1. No existe en la actualidad ningún sistema de tratamiento de aguas negras, aguas servidas y aguas productos de agroindustrias sistemático en el municipio, sino que la descarga se hace directamente a los afluentes. Los problemas de contaminación anteriores, tienen un impacto directo en el suministro de agua potable, como se pudo comprobar gracias a una serie de análisis de calidad de agua.



Imagen 5.1.1. Lavaderos a orillas del río. Fuente: Implementación de 4 planes de seguridad de agua (PSA) en los sistemas de agua potable de Comasagua, La Libertad, San Luis Talpa, La Paz, Metalio y Comunidad Villa Centenario, Acajutla, Sonsonate, El Salvador.

Esta situación provoca inconvenientes a los habitantes como:

- Degradación de los recursos hídricos subterráneos y el suelo debido a la infiltración de contaminantes y patógenos.
- La falta de un drenaje adecuado para las aguas lluvias, provoca deterioro de las calles y avenidas, además de dificultad en el tránsito de las mismas cuando hay lluvias intensas, representa un peligro a los habitantes más vulnerables que transitan a pie debido a que pueden sufrir accidentes o caídas.

Normativa para el Diseño del Alcantarillado Pluvial.

El alcantarillado pluvial se diseñó en base al Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a parcelaciones y urbanizaciones habitacionales del

Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU). Todos los lineamientos dentro de la norma son importantes, pero se muestra solo lo relativo a alcantarillado pluvial contenido en los artículos 91, 92 y 93. Algunos de los apartados de estos artículos se detallan a continuación:

Art.91:

- El sistema de drenaje de aguas lluvias de toda parcelación será calculado por el urbanizador para intensidades de lluvia que ocurran con frecuencia de una vez cada cinco años (Período de Retorno) tomando en consideración las características especiales del sector en donde se encuentre ubicada. Para aquellas obras de drenaje cuyo diámetro exceda de 72 pulgadas, su diseño será con Períodos de Retorno de diez o veinticinco años según el caso
- El escurrimiento superficial máximo permisible en cordones y cunetas o canaletas será de cien metros. En toda vía de circulación menor, las tuberías de aguas lluvias se instalarán al centro de las mismas.
- La distancia permisible entre la parte superior de las tuberías de aguas lluvias y la rasante de las vías será de 1.50 m, con la finalidad de evitar interferencias con las tuberías de otros sistemas; pero en caso de no existir dichas interferencias, la distancia en mención podrá reducirse como máximo a 1.00 m.

- Si el cambio de dirección de tuberías es de 45 grados o más con respecto a su eje, el pozo de visita deberá contar con una caída de 0.30 m, como mínimo.
- La entrega de aguas pluviales a un colector (quebrada o no), deberá tomar en cuenta el nivel máximo probable de las avenidas de este último, a fin de no obstaculizar la incorporación de las aguas.
- La pendiente mínima en tuberías de aguas lluvias será del 0.5% y la máxima será la que le corresponda a cada tubería según la tabla siguiente:

Diámetro de Tuberías (pulg)	Pendiente Máxima Permisible (%)
12	6.5
15	5.8
18	5.0
24	3.0
30	2.5
36	2.0
42	2.0
48	2.0
60	1.5
72	1.0

Tabla 5.1.1. Pendiente máxima para diferentes diámetros de alcantarilla. Fuente: VMVDU, 2006.

- Por razones de tipo hidráulico, en ningún caso se permitirá pasar de una pendiente mayor a otra menor con el mismo diámetro, en todo caso, deberá utilizar el diámetro inmediato superior. Asimismo, en ningún caso se permitirá pasar de un diámetro de tubería mayor a otro menor.

Art.92:

- Los pozos de visita para aguas lluvias podrán ser de ladrillo de barro repellados o de piedra, cuando su altura no exceda de 6.0 metros. Cuando su altura sea mayor o en el caso de tener caídas iguales o mayores de 3.0 metros éstos deberán ser reforzados adecuadamente, debiendo presentar en los planos respectivos, los detalles y cálculos estructurales.
- La distancia máxima entre pozos de visita será de cien metros, con una variación permisible del 15% en casos especiales.

Art. 93:

- En todas la Vías de Circulación Menor los tragantes serán de ladrillo de barro. Las parrillas de éstos serán de hierro fundido en las vías de circulación vehicular, pudiendo hacerse de concreto armado o de estructura metálica en los Accesos Peatonales. La distancia máxima entre tragantes será de cien metros.

Caudal de Diseño.

Para la determinación del caudal de diseño para cada colector se utiliza el método racional. Para su uso es necesario la determinación previa de las variables que incluye la formula racional las cuales son el coeficiente de escorrentía, la intensidad de lluvia y las áreas tributarias para cada colector. Formula racional a utilizar:

$$Q = \frac{CIA}{60}$$

Donde:

Q : Caudal en l/s.

C : Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I : Intensidad de lluvia en mm/min.

A : Área tributaria para cada tramo en m².

Coeficiente de Escorrentía Ponderado (C_p).

Para el presente análisis se utilizará el coeficiente de escorrentía ponderado en lugar de utilizar diferentes valores de C para cada tipo de cobertura superficial. Debido a la diferencia que existe en densidad de construcción en cinco puntos específicos:

- Calle Alex Martínez frente del Centro Escolar Estados Unidos de América.
- Calle Alex Martínez ubicación del Centro Escolar Estados Unidos de América.
- Parte superior de la intersección entre la Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez.
- Final de Calle Daniel Hernández
- Continuación entre Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez, también Calle Santa Elisa y Calle Francisco Quiteño.

Lo que hace que se determine estos valores por separado para cada uno de ellos un valor de C_p con la ecuación que se explicara más adelante. Para la determinación de las áreas de techos y demás áreas se utilizó el programa gratuito Google Earth y los coeficientes de escorrentía empleados son los valores medios presentados en la tabla siguiente:

Tipo de terreno	Coficiente
Tejados	0.70-0.85
Superficies asfaltadas	0.85-0.90
Superficies pavimentadas adoquinadas	0.75-0.85
Brechas	0.25-0.60
Terrenos deshabitados	0.10-0.30
Parques, jardines, campiñas	0.20-0.50

Tabla 5.1.2. Valores del coeficiente de escorrentía en función de la zona a drenar. Fuente: Manual de Hidráulica, Azevedo J.M & Acosta G., Harper & Row Latinoamericana, México, 1981.

En las tablas siguientes se muestran los valores resultantes de C_p para el casco urbano del municipio de Comasagua.

Tipo de Terreno	Coficiente de Escorrentía (C)	A (m ²)	C*A
Tejados	0.825	0.00	0.00
Superficies asfaltadas	0.875	0.00	0.00
Superficies pavimentadas	0.800	0.00	0.00
Brechas	0.425	0.00	0.00
Terrenos deshabilitados	0.200	634.20	126.84
Parques, Jardines, Campiñas	0.350	1252.02	438.21
	TOTAL	1886.22	565.05
Cp	0.30		

Tabla 5.1.3. Determinación del valor de C_p para la Calle Alex Martínez frente del Centro Escolar Estados Unidos de América. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.

Tipo de Terreno	Coefficiente de Escorrentía (C)	A (m ²)	C*A
Tejados	0.825	367.97	303.58
Superficies asfaltadas	0.875	0.00	0.00
Superficies pavimentadas	0.800	187.97	150.38
Brechas	0.425	37.06	15.75
Terrenos deshabilitados	0.200	737.21	147.44
Parques, Jardines, Campiñas	0.350	140.91	49.32
	TOTAL	1471.12	666.46
Cp	0.45		

Tabla 5.1.4. Determinación del valor de C_p para la Calle Alex Martínez ubicación del Centro Escolar Estados Unidos de América. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.

Tipo de Terreno	Coefficiente de Escorrentía (C)	A (m ²)	C*A
Tejados	0.825	1870.25	1542.96
Superficies asfaltadas	0.875	0.00	0.00
Superficies pavimentadas	0.800	30.90	24.72
Brechas	0.425	0.00	0.00
Terrenos deshabilitados	0.200	0.00	0.00
Parques, Jardines, Campiñas	0.350	99.25	34.74
	TOTAL	2000.40	1602.41
Cp	0.80		

Tabla 5.1.5. Determinación del valor de C_p para la Parte superior de la intersección entre la Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.

Tipo de Terreno	Coefficiente de Escorrentía (C)	A (m ²)	C*A
Tejados	0.825	3266.85	2695.15
Superficies asfaltadas	0.875	0.00	0.00
Superficies pavimentadas	0.800	146.20	116.96
Brechas	0.425	0.00	0.00
Terrenos deshabilitados	0.200	523.45	104.69
Parques, Jardines, Campiñas	0.350	456.70	159.85
	TOTAL	4393.20	3076.65
Cp	0.70		

Tabla 5.1.6. Determinación del valor de C_p para la Final de Calle Daniel Hernández. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.

Tipo de Terreno	Coefficiente de Escorrentía (C)	A (m ²)	C*A
Tejados	0.825	38765.35	31981.41
Superficies asfaltadas	0.875	0.00	0.00
Superficies pavimentadas	0.800	1917.45	1533.96
Brechas	0.425	0.00	0.00
Terrenos deshabilitados	0.200	1637.87	327.57
Parques, Jardines, Campiñas	0.350	3712.58	1299.40
	TOTAL	46033.25	35142.35
Cp	0.76		

Tabla 5.1.7. Determinación del valor de C_p para la Continuación entre Calle Daniel Hernández y Calle Alex Martínez, también Calle Santa Elisa y Calle Francisco Quiteño. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación

5.2. Determinación de la Tormenta de Diseño.

Intensidad de Lluvia (I).

Para la realización del diseño del sistema de aguas lluvias, en lo referente a la determinación de la intensidad de precipitación se ha escogido los datos de la estación pluviográfica más cercana, debido a la falta de una estación en la zona de estudio. Los datos nos representaran de la mejor manera las características de las precipitaciones que se dan en el área de estudio.

La institución SNET elaboro información muy completa de la Estación Santa Tecla que nos será de mucha importancia ya que en base en las curvas IDF se generaron las tormentas o lluvias de diseño para diferentes duraciones de lluvia, teniendo en cuenta el método de bloque alterno, pero con la variación de que no se realizó una distribución alterna de la lluvia, sino que se siguió el patrón de

distribución temporal encontrado para la estación. En la tabla 5.2.1 y los gráficos 5.2.1 se presentan los valores y gráficas de las tormentas de diseño para la estación Santa Tecla para los periodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años con duraciones de lluvia de 30, 60 y 120 minutos.

El gráfico 5.2.1b), presentan la tormenta de diseño para un periodo de retorno de 5 años con duración de lluvia de 120 minutos para las estaciones de Santa Tecla. A continuación, se presentan la información correspondiente a la estación pluviográfica más cercana al municipio de Comasagua, utilizada para la determinación de la intensidad de diseño:

PERIODO DE RETORNO	DURACION (MINUTOS)											
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
2 años	2.61	2.13	1.85	1.65	1.35	1.05	0.81	0.60	0.47	0.32	0.25	0.17
5 años	3.03	2.45	2.16	1.95	1.63	1.28	1.03	0.75	0.58	0.40	0.33	0.23
10 años	3.26	2.62	2.32	2.10	1.77	1.41	1.17	0.85	0.64	0.44	0.37	0.27
15 años	3.37	2.71	2.41	2.18	1.84	1.47	1.24	0.90	0.68	0.47	0.39	0.29
20 años	3.44	2.76	2.46	2.24	1.89	1.51	1.29	0.94	0.71	0.48	0.40	0.30
25 años	3.49	2.80	2.50	2.27	1.92	1.53	1.33	0.96	0.72	0.50	0.41	0.31
50 años	3.65	2.92	2.61	2.38	2.02	1.62	1.45	1.05	0.78	0.54	0.44	0.33
100 años	3.78	3.02	2.71	2.48	2.11	1.69	1.57	1.13	0.84	0.58	0.47	0.35

Tabla 5.2.1. Valores de Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.

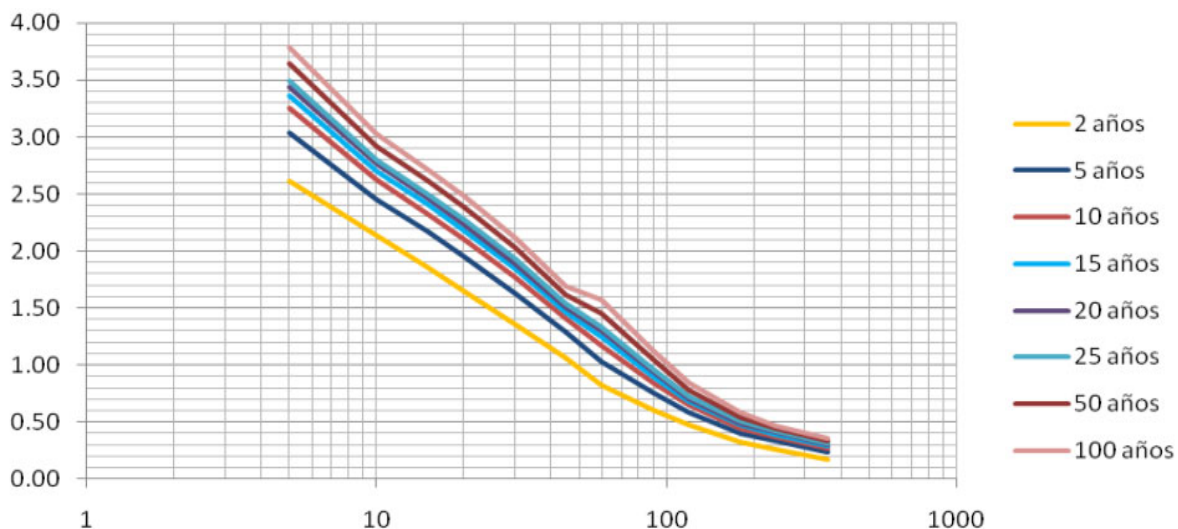


Gráfico 5.2.1a) Curvas Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.

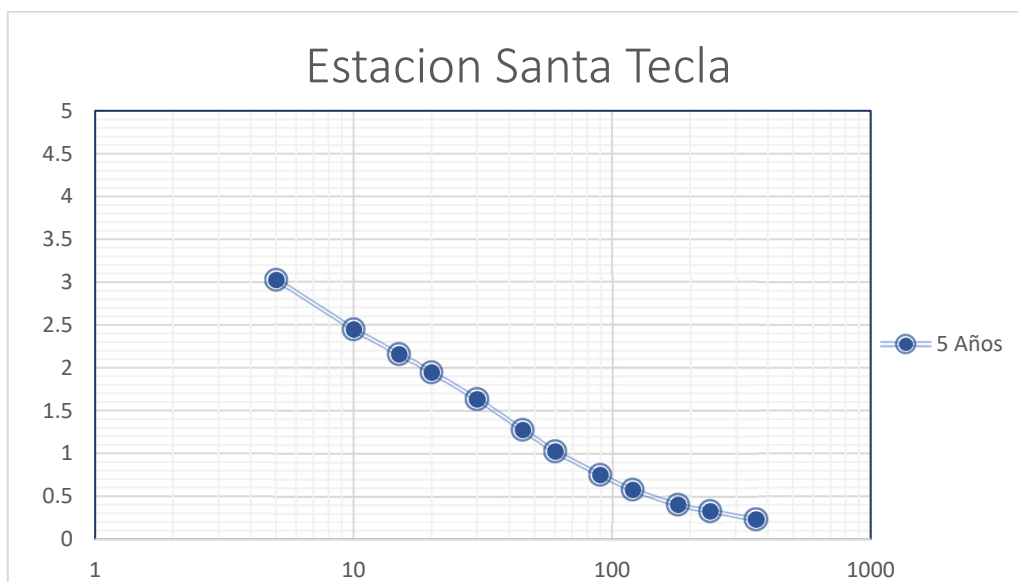


Gráfico 5.2.1b) Curva IDF creada por grupo de investigación para una frecuencia de 5 años estación Santa Tecla. Fuente: grupo de investigación.

El tiempo de concentración para cada área tributaria puede calcularse con la siguiente formula (Kirpich):

$$t_c = 0.0078L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración en min.

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida en pies.

S = Pendiente promedio

Realizando algunas pruebas en diferentes zonas se obtuvieron los siguientes tiempos de concentración:

- Para el tramo PALL-6 --- PALL-7

$L = 27.63$ m

$S = 2.0\%$

$$t_c = 0.0078L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

$$t_c = 0.0078(27.63 * 3.28)^{0.77} \times (0.02)^{-0.385}$$

$$t_c = 1.13 \text{ min}$$

- Para el tramo PALL- 43 --- PALL-44

$L = 50.25$ m

$S = 1.0\%$

$$t_c = 0.0078L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

$$tc = 0.0078(50.25 * 3.28)^{0.77} \times (0.01)^{-0.385}$$

$$tc = 2.34 \text{ min}$$

- Para el tramo PALL- 4 --- PALL-5

$$L= 4.63 \text{ m}$$

$$S= 3.0\%$$

$$tc = 0.0078L^{0.77} \times S^{-0.385}$$

$$tc = 0.0078(4.63 * 3.28)^{0.77} \times (0.03)^{-0.385}$$

$$tc = 0.24 \text{ min}$$

El tramo PALL-4 – PALL-5 en la Calle Daniel Hernández es uno de los que posee menor longitud, por lo que el tiempo de concentración es pequeño, pero la mayoría de las pendientes de los tramos restantes son similares a las de los dos primeros analizados anteriormente. Siendo conservadores se tomaría un tiempo de concentración de 1 minuto para todas las áreas a drenar, pero dado que las curvas IDF que fueron obtenidas de la información que SNET tiene disponible a la población estas registran su primera intensidad a los 5 min de duración de comenzada la lluvia.

Utilizando un periodo de retorno de 5 años como lo establece el artículo 91 del Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción para diámetros menores de 72 pulgadas y ocupando un tiempo de concentración de 5 minutos, se lee de la figura una intensidad de lluvia de 3.05 mm/min.

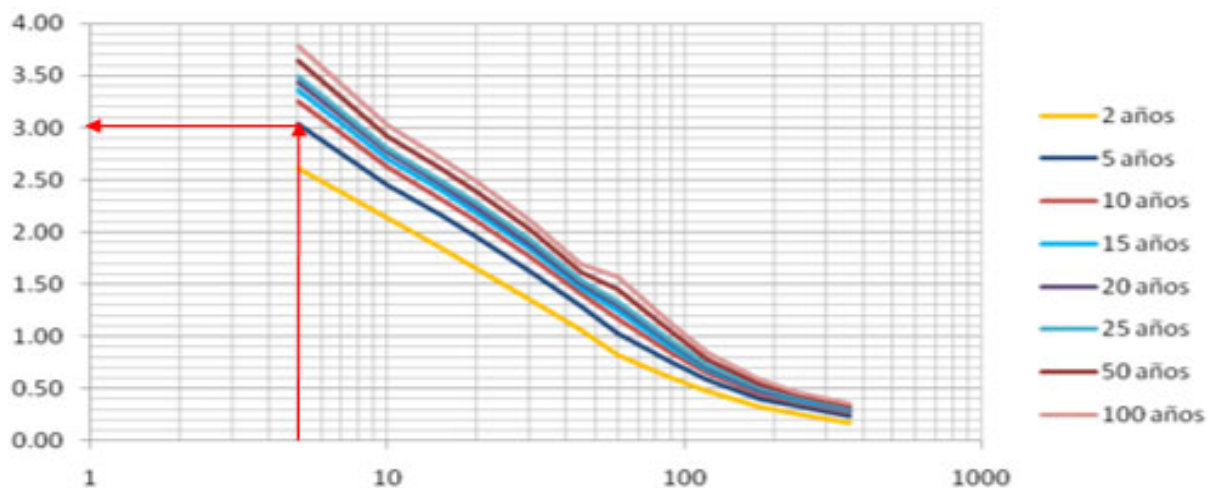


Gráfico 5.2.2. Curvas Intensidad Frecuencia Duración de la estación Santa Tecla. Periodo 1954 – 1984. Fuente: Umbrales de intensidad de lluvia para la generación de un sistema de alerta temprana contra inundaciones en el área metropolitana de san salvador.

La intensidad de lluvia de diseño se toma para un periodo de retorno de 5 años y una tormenta de 5 minutos de duración, dando como resultado (como se muestra en la gráfica) una intensidad de 3.05 mm/min.

Áreas Tributarias (A)

La determinación de las áreas tributarias para cada tramo de colector se realizó con la ayuda de un programa CAD en base a los planos del lugar y según la dirección del flujo como lo indiquen los perfiles de las calles y avenidas. Estas áreas se muestran en la hoja de cálculo 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4.

Diseño de la Red de Alcantarillado Pluvial con Base a Normativas.

El diseño del alcantarillado pluvial inicia con la disposición en planta de pozos y tragantes en calles y avenidas siguiendo los lineamientos del Reglamento del VMVDU, determinando en planta las distancias de cada tramo y la dirección del flujo según lo indiquen las curvas de nivel. Luego se elaboran los perfiles de calles y avenidas para determinar las pendientes del terreno, la profundidad de los pozos de visita y la pendiente necesaria de cada tramo de alcantarilla para lograr una adecuada funcionalidad del sistema de alcantarillado. La disposición en planta y en perfil de los sistemas de alcantarillado pluvial propuestos se presentan en los planos hidráulicos.

Con los caudales acumulados obtenidos para cada colector aplicando la fórmula racional, el diseño del alcantarillado pluvial consiste básicamente en determinar el diámetro necesario de alcantarilla para poder desaguar dicho caudal.

En la escogencia del diámetro de las tuberías de alcantarillado pluvial, se calcula el mínimo diámetro requerido y se selecciona el siguiente diámetro comercial disponible.

Se ha elaborado una hoja de cálculo para el diseño del alcantarillado pluvial en el que se resumen los pasos anteriores. Los resultados se muestran en las tablas 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4.

El contenido de la hoja de cálculo se explica a continuación:

- Columna 1 (TRAMO): Indica el tramo entre pozos consecutivos.

- Columna 2 (LONGITUD): Es la distancia horizontal que hay entre dos pozos medida en metros.
- Columna 3 (AREA DE INFLUENCIA): Es el área de captación que le corresponde al tramo en estudio medida en metros cuadrados.
- Columna 4 (COEFICIENTE DE ESCORRENTIA): Es el coeficiente de escorrentía ponderado calculado en la sección 4.3.1 y que es igual para todos los tramos.
- Columna 5 (INTENSIDAD DE LLUVIA): Es el valor de la intensidad de lluvia en mm/min calculado en la sección 4.3.2 y que es igual para todos los tramos.
- Columna 6 (CAUDAL PARCIAL): Es caudal en litros por segundos, se obtiene del producto de las columnas 3,4 y 5 dividido por 60.
- Columna 7 (CAUDAL ACUMULADO): Es el caudal en litros por segundos que se obtiene de sumar el caudal parcial del tramo en estudio y el caudal de aporte antes de dicho tramo.
- Columna 8 (PENDIENTE): Es el valor de la pendiente de diseño del tramo de alcantarilla en porcentaje obtenido del análisis de los perfiles topográficos.
- Columna 9 (DIAMETRO TEORICO): Es el diámetro en pulgadas necesario para que se produzcan condiciones de flujo a tubo lleno con el caudal acumulado y la pendiente de diseño utilizando la fórmula de Manning.

- Columna 10 (DIAMETRO COMERCIAL): Es el diámetro comercial inmediatamente superior al diámetro teórico.

Ejemplo de Diseño de un Colector.

Ya que el procedimiento de diseño de cada colector es repetitivo solo se presentará como ejemplo el diseño del colector entre los pozos 7 y 8 del sistema de alcantarillado pluvial en el municipio de Comasagua. Los resultados del diseño de los tres sistemas de alcantarillado pluvial se muestran en las tablas 5.2.2, 5.2.3 y 5.2.4.

Para el tramo PALL-7 --- PALL-8

Datos de diseño:

$$A_{\text{tributaria}} = 35.49 \text{ m}^2$$

$$C_p = 0.80$$

$$I = 3.05 \text{ mm/min}$$

$$Q_{\text{PALL-6 --PALL7}} = 1.44 \text{ l/s}$$

$$S = 5.0 \%$$

$$n = 0.011 \text{ (material PVC)}$$

El caudal superficial aportado a este tramo se calcula utilizando la fórmula racional obteniendo:

$$Q = \frac{CIA}{60}$$

$$Q = \frac{0.8 * 3.05 * 279.40}{60}$$

$$Q = 11.36 \text{ l/s}$$

El caudal acumulado para el tramo P7-P8 es la suma del caudal del tramo anterior y el caudal superficial que aporta al tramo en estudio:

$$Q_{PALL7-PALL8} = Q_{PALL6-PALL7} + Q$$

$$Q_{PALL7-PALL8} = 1.44 + 11.36$$

$$Q_{PALL7-PALL8} = 12.81 \text{ l/s}$$

Ahora con la pendiente propuesta, el coeficiente de Manning y el caudal del tramo P7-P8 se determina el mínimo diámetro requerido en condiciones de flujo a tubo lleno con la fórmula de Manning despejada para el diámetro, con el caudal en metros cúbicos por segundo y el diámetro en metros.

$$\phi = \left(\frac{3.21 * Q_{PALL7-PALL8} * n}{\sqrt{S}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\phi = \left(\frac{3.21 * 12.81 * 0.011}{\sqrt{0.05}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\phi = 0.10m * \frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$\phi = 3.84 \text{ pulg}$$

Tomando el diámetro comercial inmediatamente superior al requerido se tiene que para el tramo P7-P8 del sistema de alcantarillado pluvial de la calle Alex Martínez el diámetro de diseño será $\emptyset = 18"$.

TRAMOS		LONGIT UD (m)	AREA (m ²)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	INTENSIDAD DE LLUVIA "I" (mm/min)	CAUDAL PARCIAL Q (l/s)	CAUDAL ACUMULADO Q (l/s)	PENDIENTE (%)	DIAMETRO TEORICO (Pulg)	DIAMETRO COMERCIAL (Pulg)
Inicio	Final									
PALL-1	PALL-2	6.85	4,664.72	0.38	3.05	90.11	90.11	3.00%	8.79	18
PALL-2	PALL-3	37.24	1634.23	0.76	3.05	63.14	153.24	3.00%	10.73	18
PALL-3	PALL-4	18.15	2042.78	0.76	3.05	78.92	232.16	3.00%	12.54	18
PALL-4	PALL-5	4.63	2553.48	0.76	3.05	98.65	330.81	3.00%	14.32	18
PALL-5	Descarga 1	3.71	3191.85	0.76	3.05	123.31	454.12	1.00%	19.82	24
PALL-6	PALL-7	27.63	35.49	0.80	3.05	1.44	1.44	2.00%	2.01	18
PALL-7	PALL-8	46.05	279.40	0.80	3.05	11.36	12.81	5.00%	3.84	18
PALL-8	PALL-9	33.19	1585.51	0.80	3.05	64.48	77.28	3.00%	8.30	18
PALL-9	PALL-10	15.49	100.00	0.76	3.05	3.86	81.15	5.00%	7.68	18
PALL-10	PALL-11	14.42	0.00	0.76	3.05	0.00	81.15	5.00%	7.68	18
PALL-11	PALL-12	13.83	0.00	0.76	3.05	0.00	81.15	5.00%	7.68	18
PALL-13	PALL-14	46.10	2173.68	0.76	3.05	83.98	83.98	1.00%	10.52	18
PALL-14	PALL-12	25.37	3181.18	0.76	3.05	122.90	206.88	1.00%	14.76	18
PALL-15	PALL-16	6.58	730.41	0.76	3.05	28.22	28.22	1.00%	6.99	18
PALL-16	PALL-17	16.68	0.00	0.76	3.05	0.00	28.22	0.50%	7.96	18
PALL-17	PALL-18	22.04	881.86	0.76	3.05	34.07	62.29	0.50%	10.71	18
PALL-18	PALL-12	33.09	1398.98	0.76	3.05	54.05	116.33	0.50%	13.54	18
PALL-12	Descarga 2	3.60	0.00	0.76	3.05	0.00	404.36	1.00%	18.97	24

Tabla 5.2.2. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación.

TRAMOS		LONGITUD (m)	AREA (m ²)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	INTENSIDAD DE LLUVIA "I" (mm/min)	CAUDAL PARCIAL Q (l/s)	CAUDAL ACUMULADO Q (l/s)	PENDIENTE (%)	DIAMETRO TEORICO (Pulg)	DIAMETRO COMERCIAL (Pulg)
Inicio	Final									
PALL-19	PALL-20	50.32	778.91	0.76	3.05	30.09	30.09	5.00%	5.30	18
PALL-20	PALL-21	54.20	1336.63	0.76	3.05	51.64	81.73	5.00%	7.70	18
PALL-22	PALL-23	32.50	777.33	0.76	3.05	30.03	30.03	5.00%	5.29	18
PALL-23	PALL-24	25.77	551.75	0.76	3.05	21.32	51.35	3.00%	7.12	18
PALL-24	PALL-25	29.82	0.00	0.76	3.05	0.00	51.35	4.00%	6.75	18
PALL-25	PALL-26	20.93	1658.64	0.76	3.05	64.08	115.43	5.00%	8.77	18
PALL-26	PALL-27	35.26	977.50	0.76	3.05	37.76	153.19	3.00%	10.73	18
PALL-27	PALL-21	26.27	417.06	0.76	3.05	16.11	169.30	3.00%	11.14	18
PALL-21	PALL-28	33.59	3392.55	0.76	3.05	131.07	382.10	2.50%	15.64	18
PALL-28	PALL-34	11.84	0.00	0.76	3.05	0.00	382.10	2.50%	15.64	18
PALL-29	PALL-30	31.51	310.45	0.76	3.05	11.99	11.99	1.00%	5.07	18
PALL-30	PALL-31	35.02	1552.25	0.76	3.05	59.97	71.96	1.00%	9.93	18
PALL-31	PALL-32	25.70	0.00	0.76	3.05	0.00	71.96	1.00%	9.93	18
PALL-32	PALL-33	29.34	2221.19	0.76	3.05	85.81	157.77	5.00%	9.86	18
PALL-33	PALL-34	11.47	1117.55	0.76	3.05	43.17	200.95	1.00%	14.60	18
PALL-34	PALL-35	38.69	2281.91	0.76	3.05	88.16	583.05	1.00%	21.77	24
PALL-36	PALL-37	33.64	506.49	0.76	3.05	19.57	19.57	1.00%	6.09	18
PALL-37	PALL-38	19.28	2473.09	0.76	3.05	95.54	115.11	1.00%	11.85	18

Tabla 5.2.3. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación

TRAMOS		LONGITUD (m)	AREA (m ²)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	INTENSIDA D DE LLUVIA "I" (mm/min)	CAUDAL PARCIAL Q (l/s)	CAUDAL ACUMULA DO Q (l/s)	PENDIENTE (%)	DIAMETRO TEORICO (Pulg)	DIAMETRO COMERCIAL (Pulg)
Inicio	Final									
PALL-38	PALL-39	27.28	0.00	0.76	3.05	0.00	115.11	1.00%	11.85	18
PALL-39	PALL-40	29.29	1643.42	0.76	3.05	63.49	178.60	3.00%	11.37	18
PALL-40	PALL-35	25.00	1849.26	0.76	3.05	71.44	250.04	3.00%	12.90	18
PALL-35	PALL-41	40.16	1069.73	0.76	3.05	41.33	874.42	2.00%	22.25	24
PALL-41	PALL-42	33.55	2220.80	0.76	3.05	85.80	960.22	2.00%	23.04	24
PALL-42	PALL-43	48.70	1108.29	0.76	3.05	42.82	1003.03	2.00%	23.42	24
PALL-43	PALL-44	50.25	1677.66	0.70	3.05	59.70	1062.73	1.00%	27.26	30
PALL-44	PALL-45	14.49	1102.05	0.70	3.05	39.21	1101.94	1.00%	27.63	30
PALL-45	PALL-46	13.90	0.00	0.70	3.05	0.00	1101.94	1.00%	27.63	30
PALL-46	PALL-47	16.37	454.18	0.70	3.05	16.16	1118.11	1.00%	27.78	30
PALL-47	PALL-48	17.38	0.00	0.70	3.05	0.00	1118.11	1.00%	27.78	30
PALL-48	PALL-49	13.10	787.77	0.70	3.05	28.03	1146.14	1.00%	28.04	30
PALL-49	PALL-50	7.75	371.54	0.70	3.05	13.22	1159.36	1.00%	28.16	30
PALL-50	PALL-51	11.25	0.00	0.70	3.05	0.00	1159.36	2.00%	24.73	30
PALL-51	Descarga 3	3.84	0.00	0.70	3.05	0.00	1159.36	2.00%	24.73	30

Tabla 5.2.4. Hoja de cálculo para diseño hidráulico de colectores. Fuente: Elaborado por equipo de Trabajo de Graduación

En el gráfico 5.2.3 y tabla 5.2.5 se presentan las alturas de precipitación del Hietograma con el que se diseñara la red de aguas lluvias de Comasagua.

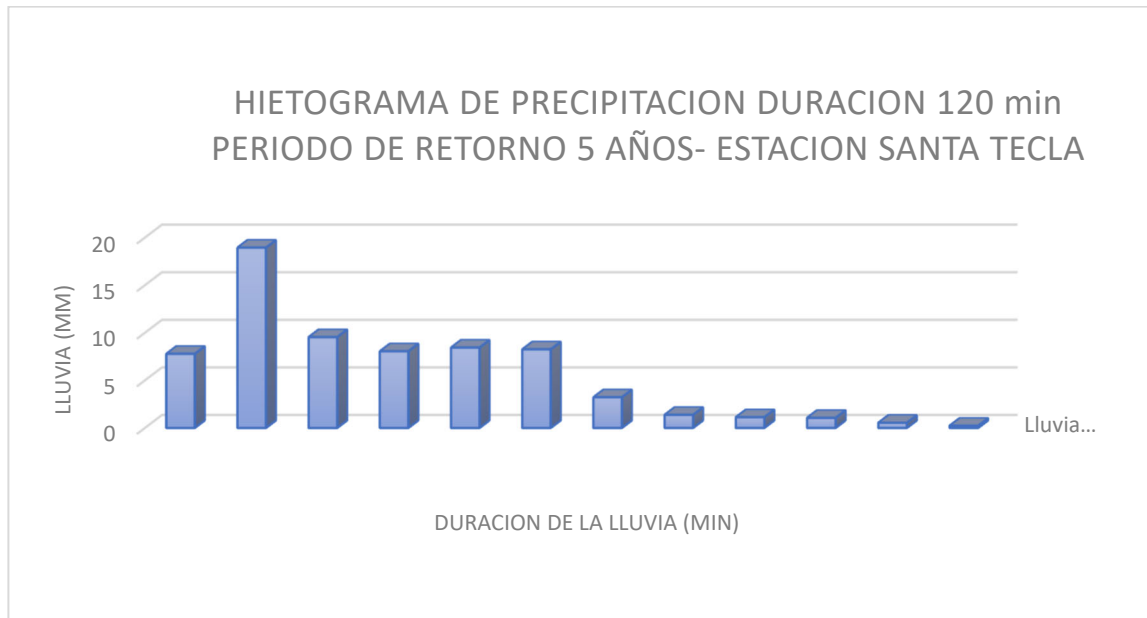


Gráfico 5.2.3. Tormenta de diseño para periodo de retorno de 5 años, duración de lluvia 120 minutos – Estación Santa Tecla. Fuente SNET.

Duración (min)	Lluvia (mm)
0.10	7.78
0.20	18.94
0.30	9.54
0.40	8.05
0.50	8.44
1.00	8.25
1.10	3.22
1.20	1.37
1.30	1.12
1.40	1.06
1.50	0.54
2.00	0.23

Tabla 5.2.5. Hietograma de precipitación duración 120 min, periodo de retorno 5 años – estación Santa Tecla. Fuente Grupo de Investigación.

5.3. Configuración del Proyecto.

El diseño de la red de aguas lluvias para el área urbana del municipio de Comasagua se realizará mediante el uso del programa Stormwater Management Model (SWMM).

El Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido.

El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía de SWMM funciona con una serie de subcuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía.

El módulo de transporte de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada subcuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo. SWMM se desarrolló por primera vez en 1971, habiendo experimentando desde entonces diversas mejoras. La edición actual, que

corresponde a la 5ª versión del programa, es un código reescrito completamente a partir de ediciones anteriores.

Funcionando bajo Windows, EPA SWMM proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para el área de drenaje, simular el comportamiento hidráulico, estimar la calidad del agua y ver todos estos resultados en una gran variedad de formatos. Entre estos, se pueden incluir mapas de contorno o isolíneas para el área de drenaje, gráficos y tablas de evolución a lo largo del tiempo, diagramas de perfil y análisis estadísticos de frecuencia.

La última revisión de SWMM ha sido realizada por la National Risk Management Research Laboratory de Estados Unidos, perteneciente a la agencia para la protección del medio ambiente, contándose con la colaboración de la consultoría CDM, Inc2.

Descripción de los Componentes Físicos de la Modelación en SWMM.

La Imagen 5.3.1 representa los componentes físicos que pueden presentarse en un sistema de drenaje de aguas pluviales. Estos componentes u objetos pueden representarse dentro del mapa de SWMM. Los siguientes apartados describen cada uno estos objetos.

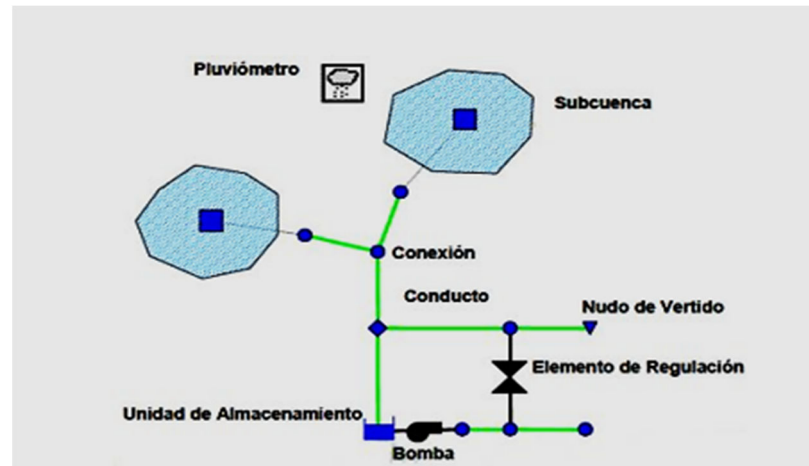


Imagen 5.3.1 Ejemplo de los Componente Físicos empleados en el modelo de un sistema de drenaje. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Pluviómetros.

Los Pluviómetros suministran los datos de entrada de las precipitaciones que ocurren sobre una o varias de las cuencas definidas en el área de estudio. Los datos de lluvia pueden ser definidos por el usuario mediante series temporales de datos o provenir de un archivo externo al programa. En la actualidad SWMM dispone de diferentes formatos de archivos de datos de lluvia, así como un formato estándar definido por el usuario.

Las propiedades principales de entrada de un pluviómetro son:

- Tipo de datos de lluvia (por ejemplo, intensidad de lluvia, volumen o volumen acumulado).
- Intervalo de tiempo de los datos (por ejemplo, cada hora, cada 15 minutos, etc.).

- Origen de los datos de lluvia (especificando si es una serie temporal o un archivo externo).
- Nombre del origen de datos de lluvia.

Cuencas.

Las cuencas son unidades hidrológicas de terreno cuya topografía y elementos del sistema de drenaje conducen la escorrentía directamente hacia un punto de descarga. El usuario del programa es el encargado de dividir el área de estudio en el número adecuado de cuencas e identificar el punto de salida de cada una de ellas. Los puntos de salida de cada una de las cuencas pueden ser bien nudos del sistema de drenaje o bien otras cuencas.

Las cuencas pueden dividirse en subáreas permeables y subáreas impermeables. La escorrentía superficial puede infiltrarse en la parte superior del terreno de las subáreas permeables, pero no a través de las subáreas impermeables. Las áreas impermeables pueden dividirse a su vez en dos subáreas: una que contiene el almacenamiento en depresión y otra que no lo contempla. El flujo de escorrentía desde una subárea de la cuenca puede fluir hacia otra subárea o por el contrario dos subáreas pueden drenar directamente hacia la salida de la cuenca.

La infiltración de lluvia de las zonas permeables de una determinada cuenca sobre la parte superior del suelo no saturado puede describirse utilizando tres modelos diferentes:

- El modelo de infiltración de Horton.
- El modelo de infiltración de Green-Ampt.
- El modelo de infiltración basado en el Número de Curva del SCS.

Para modelar el flujo de aguas subterráneas entre un acuífero situado por debajo de la cuenca y un nudo del sistema de drenaje, es necesario establecer los parámetros de Aguas Subterráneas de la cuenca. La acumulación y el arrastre de contaminantes desde las cuencas pueden asociarse con los Usos del Suelo asignados a la cuenca.

El resto de los parámetros principales de entrada de una cuenca son:

- El pluviómetro asignado.
- El nudo o la cuenca donde descarga la cuenca representada.
- Los usos del suelo asignados.
- Las áreas y superficies tributarias.
- El porcentaje de impermeabilidad.
- La pendiente de la cuenca.
- La anchura característica del flujo en superficie.
- Valor del coeficiente de Manning (n) para el flujo superficial tanto para áreas permeables como para áreas impermeables.
- El almacenamiento en depresión tanto para áreas permeables como áreas impermeables.

- El porcentaje de suelo impermeable carente de almacenamiento en depresión.

Nudos de Conexión.

Las conexiones son nudos del sistema de drenaje donde se conectan diferentes líneas entre sí.

Físicamente pueden representar la confluencia de canales superficiales naturales, pozos de registro del sistema de drenaje, o elementos de conexión de tuberías. Los aportes externos de caudal entran en el sistema a través de las conexiones. El exceso de agua en un nudo se traduce en un flujo parcialmente presurizado mientras las conducciones conectadas se encuentren en carga. Este exceso de agua puede perderse completamente del sistema o por el contrario estancarse en la parte superior para posteriormente volver a entrar de nuevo en la conexión.

Los parámetros principales de entrada de una conexión son:

- Cota de fondo o fondo del pozo que puede encontrarse en la conexión.
- Profundidad del pozo.
- Área superficial del área estancada cuando se produce un fenómeno de inundación. Es un parámetro opcional de entrada.
- Datos de aportes externos de caudal. Es también otro parámetro opcional.

Nudos de Vertido.

Los Nudos de Vertido son nudos terminales del sistema de drenaje utilizados para definir las condiciones de contorno finales aguas abajo del sistema en el caso de utilizar el modelo de flujo de la Onda Dinámica. Para otros tipos de flujo, los nudos de vertido se comportan como conexiones. Una restricción del modelo es que solo es posible conectar una línea con un Nudo de Vertido.

Las condiciones de contorno en los Nudos de Vertido pueden describirse mediante una de las siguientes relaciones:

El calado crítico o el calado uniforme en la conexión con el conducto.

- Un nivel fijo de agua.
- El nivel de mareas representado como los diferentes niveles de la misma a lo largo del día.
- Una serie temporal que represente el nivel de agua en el punto de descarga a lo largo del tiempo.

Los parámetros de entrada principales de un Nudo de Vertido son:

- La cota de fondo.
- La descripción del tipo y estado de la condición de contorno.
- La presencia de una válvula de compuerta para prevenir el flujo inverso desde el Nudo de Vertido.

Conductos.

Los conductos son tuberías o canales por los que se desplaza el agua desde un nudo a otro del sistema de transporte. Es posible seleccionar la sección transversal las distintas variedades de geometrías abiertas y cerradas definidas en el programa. Asimismo, el programa permite también definir áreas de sección transversal irregular permitiendo representar con ello cauces naturales.

Los principales parámetros de entrada para las conducciones son:

- Nombres de los nudos de entrada y salida.
- Alturas del conducto respecto de la cota de fondo de los nudos inicial y final.
- Longitud del conducto.
- Coeficiente de Manning.
- Geometría de la sección transversal del conducto.
- Coeficiente de pérdidas tanto para la entrada como para la salida del conducto.
- Presencia de una válvula de compuerta para prevenir el flujo inverso.






















Nombre	Parámetros	Forma	Nombre	Parámetros	Forma
Circular	Profundidad		Circular Relleno	Profundidad, profundidad del relleno	
Rectangular Cerrado	Profundidad, ancho		Rectangular Abierto	Profundidad, ancho	
Trapezoidal	Profundidad, ancho en la parte superior, pendiente lateral		Triangular	Profundidad, ancho en la parte superior	
Elipse Horizontal	Profundidad		Elipse Vertical	Profundidad	
Arco	Profundidad		Parabólica	Profundidad, ancho en la parte superior	
Potencial	Profundidad, Ancho en la parte superior, exponente		Rectangular - Triangular	Profundidad, ancho	
Rectangular Redondeada	Profundidad, ancho		Cesta de mano modificada	Profundidad, ancho	
Huevo	Profundidad		Huella de caballo	Profundidad	
Gótico	Profundidad		Catenaria	Profundidad	
Semi-elíptica	Profundidad		Cesta de mano	Profundidad	
Semicircular	Profundidad				

Tabla 5.3.1. Diferentes secciones transversales de conductos disponibles en SWMM. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Características Generales del Espacio de Trabajo de SWMM.

La ventana principal de EPA SWMM presenta el aspecto mostrado en la Imagen 5.3.2. Ésta consiste en los siguientes elementos de interacción con el usuario: un

Menú Principal, varias Barras de Herramientas, una Barra de Estado, un Mapa del Área de Estudio, un Visor y el Editor de Propiedades.

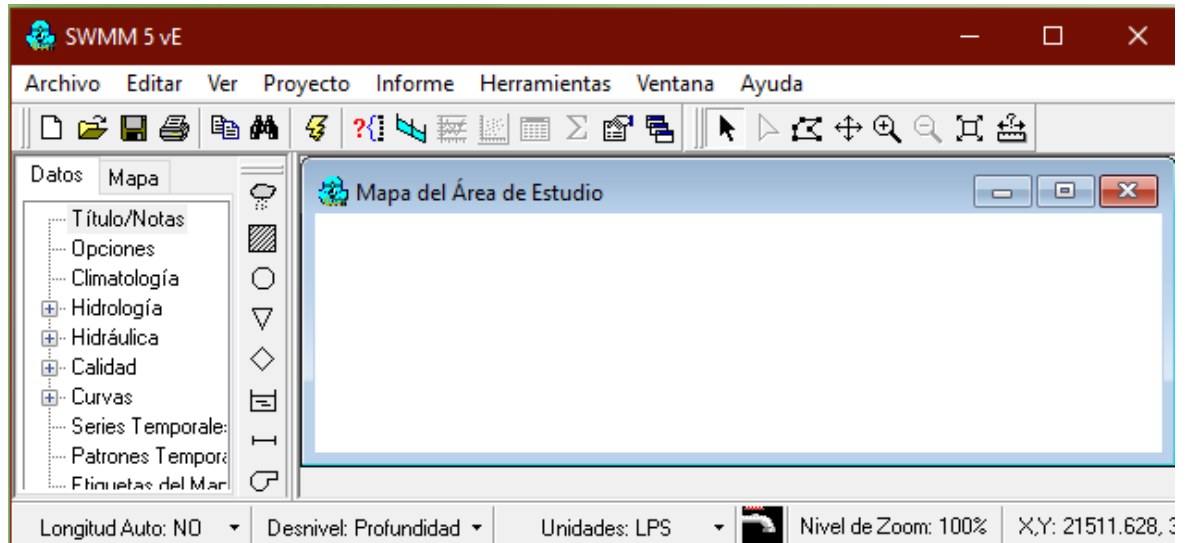


Imagen 5.3.2. Vista general del espacio de trabajo de SWMM. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Principal.

La barra principal de EPA SWMM se sitúa a lo largo de la parte superior de la ventana principal, y contiene una colección de menús utilizados para trabajar con el programa.

Estos menús incluyen:

- *Menú Archivo.*
- *Menú Edición.*
- *Menú Ver.*
- *Menú Proyecto.*
- *Menú Informe.*

- *Menú Ventana.*
- *Menú ayuda.*

Menú Archivo.

El menú Archivo contiene comandos para abrir y salvar archivos de datos, así como para imprimir.

Comando	Descripción
Nuevo	Crear un nuevo proyecto de SWMM
Abrir	Abrir un proyecto existente
Reabrir	Reabrir un proyecto usado recientemente
Guardar	Guardar el proyecto actual
Guardar como	Guardar el proyecto actual con un nombre diferente
Exportar	Exporta un mapa de área de estudio y datos a un archivo
Configurar página	Muestra el margen de la página y la orientación para la impresión
Vista preliminar	Muestra en pantalla como quedaría la impresión de la página actual
Imprimir	Imprime la página actual
Preferencias	Muestra las preferencias del programa
Salir	Salir de EPA SWMM

Tabla 5.3.2. Comandos de Menú Archivo. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Edición.

El menú Edición contiene comandos para editar y copiar.

Comando	Descripción
Copiar a...	Copia la ventana activa (mapa, informe, gráfico o tabla) al portapapeles o a un archivo.
Seleccionar objeto	Permite la selección de un objeto del mapa.
Seleccionar vértice	Permite la selección de los vértices de una subcuena o una línea.
Seleccionar región	Permite al usuario seleccionar el contorno de una región en el mapa, seleccionando así múltiples objetos.
Seleccionar todo	Permite seleccionar todos los objetos cuando la ventana activa es la del mapa, o todas las celdas cuando la ventana activa es la del informe de tabla.
Buscar	Localiza un objeto específico en el mapa
Editar grupo	Edita una propiedad para el grupo de objetos que se encuentran dentro de una región definida en el mapa
Borrar grupo	Borra un grupo de objetos que se encuentran dentro de una región definida en el mapa

Tabla 5.3.3. Comandos de menú Edición. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Ver.

El menú Ver controla cómo se ve el mapa del área de estudio

Comando	Descripción
Dimensiones...	Muestra las dimensiones del área de estudio
Fondo	Permite añadir, ubicar y presentar una imagen de fondo en el mapa.
Desplazar	Desplaza la vista a lo largo del mapa
Zoom acercar	Acerca la vista de una zona del mapa
Zoom alejar	Aleja la vista de una zona del mapa
Zoom extensión	Muestra el mapa en toda su extensión
Consulta	Destaca en el mapa los objetos que cumplen ciertos criterios especificados por el usuario.
Vista general	Presenta una visión completa del mapa.
Objetos	Presenta las distintas clases de objetos del mapa
Legendas	Presenta las leyendas del mapa
Barra de herramientas	Presenta las barra de herramientas
Opciones del plano...	Muestra las distintas opciones de presentación del mapa

Tabla 5.3.4. Comandos de menú Ver. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Proyectos.

El menú proyectos muestra comandos relacionados con el proyecto que se está analizando:

Comandos	Descripción
Resumen	Muestra un resumen con el número de objetos de cada tipo.
Detalles	Muestra una lista detallada sobre todos los datos del proyecto.
Valores por defecto...	Edita las propiedades por defecto del proyecto.
Datos de calibración...	Registra los archivos con datos de calibración del proyecto.
Realizar la simulación	Pone en marcha la simulación.

Tabla 5.3.5. Comandos de menú Proyectos. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Informe.

El menú Informe consta de comandos que se utilizan para mostrar los resultados del análisis en diversos formatos:

Comandos	Descripción
Estado	Presenta un informe del estado de la última simulación realizada.
Gráfico	Presenta los resultados de la simulación de forma gráfica
Tabla	Presenta los resultados de la simulación en forma de tabla
Estadísticas	Presenta un análisis estadístico de los resultados de la simulación.
Opciones	Controla el estilo de la presentación del gráfico activo en ese momento.

Tabla 5.3.6. Comandos de menú Informe. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Ventana.

El menú Ventana contiene comandos para presentar o seleccionar ventanas dentro del espacio de trabajo de SWMM.

Comandos	Descripción
Cascada	Presenta las ventanas en estilo cascada, con el mapa del área de estudio llenando toda la zona de visualización.
Mosaico	Minimiza el mapa del área de estudio y presenta el resto de ventanas formando un mosaico vertical.
Cerrar todo	Cierra todas las ventanas abiertas excepto la del mapa del área de estudio.
Lista de ventanas	Muestra todas las ventanas abiertas; la ventana seleccionada actualmente aparecerá marcada.

Tabla 5.3.7. Comandos de menú Ventana. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Menú Ayuda.

El Menú de Ayuda contiene comandos para obtener ayuda sobre el manejo de EPA SWMM.

Comandos	Descripción
Temas de ayuda	Presenta el índice de contenidos de la ayuda de SWMM.
Cómo hacer...	Presenta preguntas típicas acerca de las operaciones más comunes.
Unidades de medida	Muestra las unidades de medida para todos los parámetros.
Mensajes de error	Muestra el significado de cada posible tipo de error
Tutorial	Presenta un breve manual de SWMM.
Acerca de...	Información acerca de la versión de EPA SWMM.

Tabla 5.3.8. Comandos de menú Ayuda. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Barras de Herramientas.

Las barras de herramientas proporcionan acceso directo a las operaciones más comunes. Hay cuatro tipos de barras de herramientas:














- Barra estándar.
- Barra de mapa.
- Barra de objeto.
- Barra de animación.

Salvo la barra de herramientas de Animación, todas las demás barras de herramientas pueden ser ancladas debajo del menú principal, a la derecha del Mapa del Área de Estudio, o en cualquier localización del área de trabajo de EPA SWMM. Cuando no están ancladas, se puede modificar su tamaño.

Las barras de herramientas pueden hacerse visibles o invisibles seleccionado **Ver >> Barras de Herramientas** desde el Menú Principal.








- ***Barra de herramientas estándar.***

La barra de herramientas estándar contiene botones de acceso rápido para las operaciones más comunes que realiza el programa:

-  Crear un nuevo proyecto.
-  Abrir el proyecto actual.
-  Guardar el proyecto actual.
-  Imprimir la página actual.
-  Copia la selección actual al portapapeles o a un archivo.
-  Localiza un objeto específico en el mapa del área de estudio.
-  Pone en marcha una simulación.
-  Realiza una consulta gráfica en el Mapa del Área de Estudio.
-  Crea un nuevo gráfico con los resultados de la simulación.
-  Crea una nueva tabla con los resultados de la simulación.
-  Presenta un análisis estadístico de los resultados de la simulación.
-  Modifica las opciones de presentación para la ventana activa.
-  Arregla las ventanas en forma de cascada, con el Mapa del Área de estudio llenando toda la zona de visualización.









▪ **Barra de herramientas de mapa.**

La barra de herramientas Mapa contiene botones para visualizar el área de estudio del mapa:

-  Selecciona un objeto en el mapa.
-  Selecciona un vértice de una línea o una subcuenca.
-  Selecciona una región del mapa.
-  Desplazamiento a lo largo del mapa.
-  Zoom acercar en el mapa.
-  Zoom alejar en el mapa.
-  Dibuja el mapa en toda su extensión.

Barra de herramientas objeto.

La barra de herramientas Objeto contiene botones para añadir objetos al mapa del área de estudio.

-  Añade un pluviómetro al mapa.
-  Añade una subárea de captación (subcuenca) al mapa.
-  Añade una unión al mapa.
-  Añade un desagüe al mapa.
-  Añade un divisor de flujo al mapa.
-  Añade un depósito de almacenamiento al mapa.
-  Añade un conducto al mapa.
-  Añade una bomba al mapa.

- ☒ Añade un orificio al mapa.
- ☒ Añade un vertedero al mapa.
- ☒ Añade una descarga al mapa.
- T Añade una etiqueta de texto al mapa.

Barra de Animación.

La barra de animación contiene controles para crear animaciones del Mapa del Área de Estudio y todos los gráficos de perfil a través del tiempo, es decir, actualiza automáticamente el código de colores del mapa y el perfil de la lámina de agua conforme el tiempo de simulación avanza o retrocede. En la siguiente Imagen se muestra la barra de animación y la función de sus distintos controles.



Imagen 5.3.3. Barra de animación y descripción de sus controles. Fuente: Manual de usuario SWMM.

En el arranque del programa la barra de animación queda oculta. Para hacer la barra visible, debe seleccionar **Ver >> Barra de herramientas >> Animación** desde el menú principal.

Barra de estado

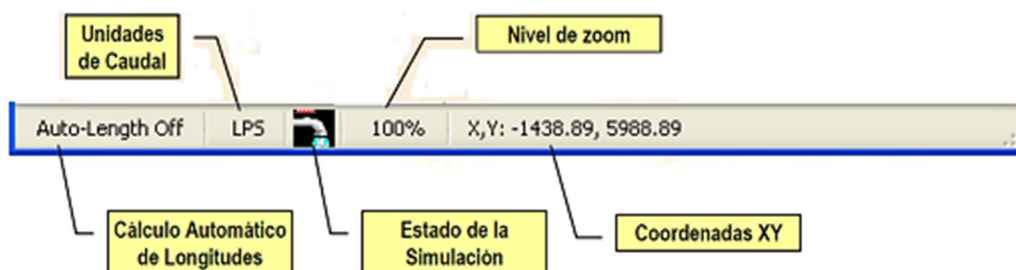


Imagen 5.3.4. Barra de estado. Fuente: Manual de usuario SWMM.

La barra de estado aparece al pie de la ventana principal de EPA SWMM y se divide en cuatro secciones:

- Cálculo automático de Longitudes

Indica si el cálculo automático de la longitud de los conductos y el área de las cuencas se encuentra activado o desactivado. Pulsando el botón derecho del ratón sobre esta sección puede activar o desactivar la opción.

- Unidades de Caudal

Presenta las unidades de flujo utilizadas.

- Estado de la puesta en marcha

Un icono de grifo muestra:

- ✓ Grifo sin agua cuando los resultados del análisis no están disponibles.
- ✓ Grifo con agua corriente si los resultados del análisis están disponibles.

- ✓ Un grifo roto cuando los análisis de resultados están disponibles, pero pueden no ser válidos porque los datos del proyecto hayan sido modificados.

- Nivel de Zoom

Presenta el nivel de Zoom actual en el mapa (100 % corresponde al plano completo)

- Localización XY

Presenta las coordenadas del mapa en la posición actual del puntero del ratón.

Mapa del Área de Estudio.

El Mapa Área de Estudio (Imagen 5.3.5) proporciona un plano esquemático de los objetos que componen una cuenca y su sistema de drenaje.

Algunas de sus características son:

- La ubicación de los objetos y de las distancias entre ellos no tiene por qué coincidir necesariamente con su escala física.
- Las propiedades seleccionadas de estos objetos, como puede ser la calidad del agua en los nudos o el caudal en las líneas, pueden ser presentadas siguiendo un código de colores. El código de colores queda descrito en una leyenda, que debe ser presentada y editada.

- Se pueden añadir nuevos objetos al Mapa, y los ya existentes pueden ser editados, borrados o cambiados de posición.
- Se pueden utilizar imágenes de fondo (como planos callejeros o mapas topográficos) detrás del Mapa para utilizarlas de referencia.
- Se puede realizar un zoom a cualquier escala o encuadrar el Mapa desde una posición a otra.
- Los nudos y las líneas pueden representarse con distintos tamaños, se pueden representar flechas de dirección del flujo, símbolos de los objetos, etiquetas de los identificativos y los valores numéricos de las distintas variables.
- El mapa puede ser impreso, copiado al portapapeles de Windows o exportado como un archivo del tipo DXF o un meta-archivo Windows (EMF).

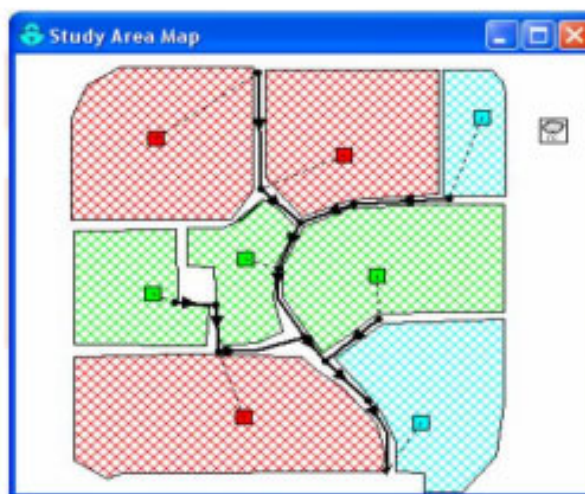


Imagen 5.3.5 Mapa del área de estudio. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Visor de Datos.

El Visor de Datos (Imagen 5.3.6) aparece cuando la pestaña de Datos del panel situado a la izquierda de la ventana principal de EPA SWMM se encuentra activa. Proporciona acceso a los datos de todos los objetos del proyecto.

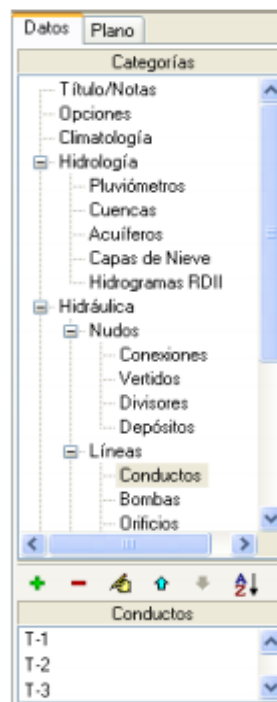


Imagen 5.3.6. Visor de datos. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Las selecciones hechas en el Visor de Datos se coordinan con los objetos resaltados en el Mapa y viceversa. Por ejemplo, seleccionar un conducto en el Visor provocará que el conducto se resalte en el Mapa, mientras que seleccionarlo en el Mapa lo hará convertirse en objeto seleccionado del visor.

La lista de categorías superior (Datos y Plano) presenta las distintas categorías de objetos disponibles en un proyecto de SWMM. La lista de la parte inferior enumera todos los objetos de la categoría actualmente seleccionada.

Los botones entre las dos cajas del visor de datos se utilizan como sigue:



Añade un nuevo objeto.



Borra el objeto seleccionado.



Edita el objeto seleccionado.



Se desplaza al objeto situado arriba en la lista.



Se desplaza al objeto situado abajo en la lista.



Ordena los objetos en orden creciente.

Visor del Mapa.

El Visor del Mapa, mostrado a continuación, aparece cuando la pestaña de Mapa del panel situado a la izquierda de la ventana principal de EPA SWMM se encuentra activa. Éste controla las variables y el instante de tiempo presentados en el Mapa.

A continuación, se describen las selecciones posibles desde el Visor del Mapa:

- *Vista de las Cuencas* - selecciona la variable a presentar para las cuencas mostradas en el Mapa.
- *Vista de los Nudos* - selecciona la variable a presentar para los nudos del sistema de transporte mostrados en el Mapa.

- *Vista de las Líneas* - selecciona la variable a presentar para las líneas del sistema de transporte mostradas en el Mapa.
- *Fecha* - selecciona para qué día del periodo de simulación se están presentando los resultados.
- *Hora* - selecciona la hora del día actual para la cual se están presentando los resultados de la simulación.
- *Tiempo transcurrido* - selecciona el tiempo transcurrido desde el comienzo de la simulación para el cual se están presentando los resultados de la simulación.



The image shows a software interface window with two tabs: 'Datos' (selected) and 'Plano'. The 'Datos' tab contains several sections for configuring simulation parameters:

- VARIABLES DE CUENCAS:** A dropdown menu set to 'Ninguna'.
- VARIABLES DE NUDOS:** A dropdown menu set to 'Ninguna'.
- VARIABLES DE LÍNEAS:** A dropdown menu set to 'Ninguna'.
- DÍA:** A date field set to '07/18/2010' with navigation arrows below it.
- HORA:** A time field set to '09:05:00' with navigation arrows below it.
- TIEMPO TRANSCURRIDO:** A time field set to '0.00:05:00' with up/down arrows on the right.

Imagen 5.3.7. Visor de mapa. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Editor de Propiedades.

El Editor de Propiedades se utiliza para cambiar las propiedades de los objetos que aparecen en el Mapa.

Este aparece cuando uno de estos objetos es seleccionado (bien en el Mapa, bien en el Visor de Datos) y pulsamos dos veces con el botón izquierdo del ratón (doble clic) o bien cuando pulsamos el botón en el Visor de Datos.

Las características más importantes del Editor de Propiedades incluyen:

- El editor es una tabla con dos columnas: una para el de las propiedades y otra para su valor.
- El tamaño de las columnas puede modificarse cambiando con el ratón el tamaño del encabezado en la fila superior.
- En la parte inferior del Editor aparece un área informativa con una descripción más completa de la propiedad seleccionada. El tamaño de esta área puede alterarse desplazando la barra que se encuentra encima de la misma.
- La ventana del Editor puede ser movida o cambiada de tamaño por los métodos normales de Windows.
- Las propiedades que tienen un asterisco al lado son propiedades necesarias para el cálculo y no pueden dejarse en blanco³.
- Dependiendo de la propiedad, el campo de valores puede ser uno de los siguientes:
 - ✓ Un cuadro de texto donde se escribe el valor.

- ✓ Un cuadro desplegable donde se selecciona un valor de una lista de opciones.
- ✓ Un cuadro desplegable donde se puede escribir un valor o seleccionar de una lista de opciones.
- ✓ Un botón que al ser pulsado abre un editor específico.
- La propiedad seleccionada en el Editor será resaltada con un fondo blanco.
- Se pueden utilizar tanto el ratón como las teclas flecha en el teclado (↑ ↓) para desplazarse entre las distintas propiedades.
- Para editar la propiedad resaltada, comience a escribir un valor o presione la tecla Intro (Enter).
- Para hacer que el programa acepte los datos introducidos en una propiedad presione la tecla Intro (Enter) o muévase a otra propiedad. Para cancelar estos cambios presione la tecla Esc.

Diseño de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua Haciendo Uso del Programa SWMM.

La primera tarea consiste en crear un nuevo proyecto SWMM y asegurar que ciertas opciones por defecto han sido establecidas. El uso de estas opciones por defecto puede simplificar notablemente la posterior tarea de introducción de datos.

1. Lanzar el programa EPA SWMM si aún no ha sido iniciado y Archivo→Nuevo en la barra de Menú Principal para crear un nuevo proyecto.
2. Seleccionar la opción Proyecto→Valores por defecto para abrir el formulario de opciones por defecto del proyecto.
3. En la pestaña correspondiente a las Etiquetas ID, deben fijarse prefijos deseados, para nuestro proyecto usaremos los prefijos tal y como muestra en la Imagen 5.3.8. Esto hará que SWMM etiquete automáticamente todos los objetos nuevos con números consecutivos después del prefijo correspondiente especificado.

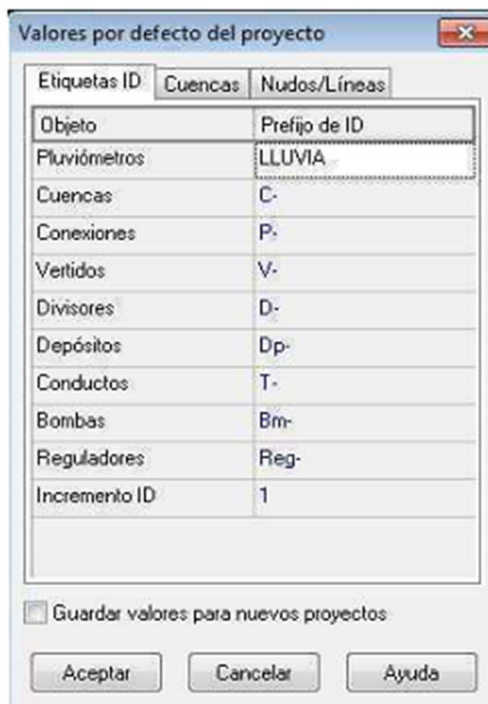


Imagen 5.3.8. Etiquetado. Fuente: Manual de usuario SWMM.

4. En la pestaña correspondiente a las Cuencas no fijaremos valores por defecto para *Área*, *Ancho*, *%Pendiente*, ya que estos valores son diferentes para cada cuenca que se dibujará, en su defecto se dejarán los valores que el programa nos propone como muestra en la Imagen 5.3.10.

Para el caso de *Área impermeable* se considerará de 65%, por ser una zona urbanizada.

Los coeficientes de Manning tanto para áreas permeables como impermeables se obtuvieron de la Tabla 5.3.9, los cuales son:

Superficie	<i>n</i>
Asfalto liso	0,011
Hormigón liso	0,012
Revestimiento de hormigón basto	0,013
Madera pulida	0,014
Ladrillo con mortero de cemento	0,014
Arcilla vitrificada	0,015
Fundición de hierro	0,015
Tuberías de metal corrugado	0,024
Superficie de escombrera	0,024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0,05
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0,06
Cubierta de residuos > 20%	0,17
Pasto natural	0,13
Hierba	
Corta, pradera	0,15
Densa	0,24
Hierba <i>Bermuda</i>	0,41
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0,40
Con cubierta dense de arbustos	0,80

Tabla 5.3.9. Coeficiente *n* de Manning para Escorrentía Superficial. Fuente: Manual del programa SWMM.

- ✓ N *Impermeable* 0.012 que corresponde a superficie de concreto.
- ✓ N *Permeable* 0.13 que corresponde a pasto natural.

No se permitirá almacenamiento en depresión (Estancamiento), por lo cual en las propiedades de *A.Dep. Impermeable* y *A.Dep. Permeable*, no se modificarán los valores que el programa nos presenta.

Como no se permitirán estancamientos en la modelación, en la propiedad % *Área impermeable* sin almacenamiento en depresión colocaremos 100%.

The screenshot shows a dialog box titled "Valores por defecto del proyecto" with three tabs: "Etiquetas ID", "Cuencas", and "Nudos/Líneas". The "Cuencas" tab is active, displaying a table of default values for various properties. Below the table is a checkbox for "Guardar valores para nuevos proyectos" and three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

Propiedad	Valor por defecto
Área	5
Ancho	500
% Pendiente	0.5
Área Impermeable (%)	65
N Impermeable	0.012
N Permeable	0.13
A.Dep. Impermeable	0.05
A.Dep. Permeable	0.05
(%) Área Imperm. sin A.De	100
Modelo de infiltración	CURVE_NUMBER

Guardar valores para nuevos proyectos

Aceptar Cancelar Ayuda

Imagen 5.3.9. Detalle de valores por defecto para cuencas. Fuente: Manual de usuario SWMM.

La propiedad Modelo de Infiltración se utiliza para especificar valores de los parámetros que describen la tasa de lluvia que se infiltra a la capa superior del suelo en el área permeable de una subcuenca.

Los parámetros de infiltración dependen del modelo de infiltración que se haya seleccionado para el proyecto: Horton, Green-Ampt o Número de Curva:

Parámetros de Infiltración de Horton.

En el editor de infiltración para el modelo de Horton aparecen los siguientes parámetros:

- *Tasa infiltración máx.* –Tasa máxima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h).

Los valores típicos de la tasa máxima de infiltración en la ecuación de Horton son:

a) Suelo SECO (con poca o ninguna vegetación):

- ✓ Suelo de arena: 125 mm/h (5 in/h).
- ✓ Suelo de margá: 75 mm/h (3 in/h).
- ✓ Suelo de arcilla: 25 mm/h (1 in/h).

b) Suelo SECO (con vegetación densa):

- ✓ Multiplicar los valores del apartado 1 por 2.

c) Suelo HÚMEDO:

- ✓ Suelos drenantes que no se secaron: dividir los valores de los apartados

- ✓ 1 y 2 entre 3.
 - ✓ Suelos cercanos a la saturación: valores próximos a la tasa mínima de infiltración.
 - ✓ Suelos que se han secado parcialmente: dividir los valores de los apartados 1 y 2 entre 1.5 a 2.5.
-
- *Tasa infiltración mín.* – Tasa mínima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h). Es equivalente a la conductividad hidráulica del suelo saturado.
 - *Constante decaimiento* – Constante de decaimiento del índice de infiltración para la curva de Horton (1/seg). Los valores típicos están entre 2 y 7.
 - *Tiempo de Secado* – Tiempo necesario (en días) para que un suelo completamente saturado se seque. Los valores típicos están entre 2 y 14 días.
 - *Volumen máximo* - Máximo volumen de infiltración posible (en mm o in, 0 si no es aplicable). Puede estimarse como la diferencia entre la porosidad del suelo y el producto del punto de marchitamiento por el espesor de la capa de infiltración.

Parámetros de Infiltración de Green-Ampt.

En el editor de infiltración para el modelo de Green-Ampt aparecen los siguientes parámetros:

- *Altura de Succión* – Valor medio de la capacidad de succión capilar del suelo a lo largo del frente mojado (en mm o in).
- *Conductividad* – Conductividad hidráulica del suelo completamente saturado (mm/h o in/h).
- *Déficit Inicial* – Diferencia entre la porosidad del suelo y la humedad inicial (ambas expresadas como fracción volumétrica). Para un suelo completamente drenado, será la diferencia entre la porosidad del suelo y su capacidad.

Parámetros de Infiltración del Método del Número de Curva.

En el editor de infiltración para el método del Número de Curva aparecen los siguientes parámetros:

- *Número de Curva (CN)* – Este es el Número de Curva del SCS tabulado en la publicación SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2ª Ed., junio 1986; el programa SWMM ya trae en su base de datos las curvas.
- *Conductividad* – Conductividad hidráulica del suelo completamente saturado (mm/h o in/h).

- *Tiempo de Secado* – Tiempo necesario para que un suelo completamente saturado se seque. Los valores típicos están entre 2 y 14 días.

Para el análisis del diseño de las subcuencas del proyecto de red de aguas lluvias de Comasagua, se usará el modelo de infiltración del número de curva, para el cual se abre el Editor de Infiltración mostrado en la Imagen 5.3.10.

- *El número de curva se obtiene de la siguiente manera:*
 - ✓ Primero se escoge el tipo de suelo de la tabla 5.3.10; en nuestro caso al no contar con un estudio de suelos de la zona, se usará suelo con tasa de infiltración media que consideramos adecuado para suelos de origen volcánico como los de nuestro país, según la tabla 5.3.10 corresponde a suelo Tipo B, el cual tiene una conductividad hidráulica saturada (K) entre 3.75 a 7.5 mm/h.

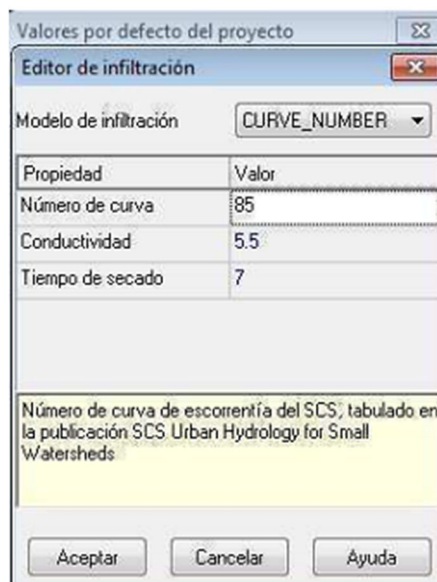


Imagen 5.3.10. Editor de infiltración. Fuente: Manual de usuario SWMM.

Tipo	Descripción	K (mm/h)
A	Bajo potencial de escorrentía. Suelos con una alta tasa de infiltración incluso cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en arenas y gravas con drenaje profundo entre bueno y excesivo.	≥ 11
B	Suelos con tasa de infiltración media cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con drenaje profundo a moderado y textura de grano mediano. Ejemplos: marga arenosa o <i>loess</i> poco profundo.	3,75 – 7,5
C	Suelos con tasa de infiltración baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos con una capa que impide el flujo de agua hacia abajo, o suelos con textura de grano fino. Ejemplos: marga arcillosa o marga arenosa poco profunda.	1,25 – 3,75
D	Alto potencial de escorrentía. Suelos con tasa de infiltración muy baja cuando están completamente mojados. Consisten principalmente en suelos arcillosos con un alto potencial de expansión, con un nivel freático permanentemente alto, con cubierte de arcilla en o cerca de la superficie y suelos poco profundos con una capa impermeable cerca de la superficie.	$\leq 1,25$

Tabla 5.3.10. Definiciones de Tipo de Suelos según el NRCS. Fuente: Manual de usuario SWMM.

- ✓ Se define el tipo de uso del suelo de las subcuencas, el cual para el área urbana de Comasagua corresponde a zona residencial.

- ✓ Luego ya teniendo el tipo de suelo que para nuestro caso es Tipo B (ver tabla 5.3.10) y el uso del suelo que es zona residencial, se busca el número de curva en la Tabla 5.3.11.

Tomaremos la curva 85 que corresponde a suelo Tipo B de uso residencial con tamaño medio de parcela menor a 500 m² y 65% de impermeabilidad. El parámetro de Conductividad hidráulica saturada para suelos tipo B varía entre 3.75 a 7.5 mm/h, en nuestro caso usaremos un valor promedio de 5.5 mm/h.

Descripción del Uso del Suelo	Tipo de Suelos			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastos y prados				
En malas condiciones	68	79	86	89
En buenas condiciones	39	61	74	80
Pradera				
En buenas condiciones	30	58	71	78
Terreno boscoso				
Poco denso, cubierta forestal pobre o inexistente	45	66	77	83
Buena cubierta forestal ³	25	55	70	77
Espacios abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)				
En buenas condiciones (75% o más de hierba)	39	61	74	80
En pobres condiciones (50-75% de hierba)	49	69	79	84
Zonas comerciales (85% impermeable)	89	92	94	95
Polígonos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Zona residencial ⁴				
Tamaño medio de la parcela ⁵ (% Impermeabilidad ⁶)				
< 500 m ² (65%)	77	85	90	92
1000 m ² (38%)	61	75	83	87
1500 m ² (30%)	57	72	81	86
2000 m ² (25%)	54	70	80	85
4000 m ² (20%)	51	68	79	84
Aparcamientos pavimentados, tejados, caminos asfaltados, etc. ⁷	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados, con cunetas y colectores de drenaje	98	98	98	98
Caminos de grava	76	85	89	91
Sucios	72	82	87	89

Tabla 5.3.11. Número de Curva para escorrentía (CN) según el SCS. Fuente: Manual de usuario SWMM.

El parámetro de tiempo de secado varía entre 2 y 14 días, en nuestro caso usaremos un valor promedio de 7 días.

5. En la pestaña de opciones Nudos/Líneas no fijaremos valores por defecto para *Cota de fondo*, *Profundidad máxima*, *longitud de conductos*, esto debido a que cada colector tiene diferentes estas características, en su defecto dejaremos los valores que nos propone el programa Ver Imagen 5.3.11.

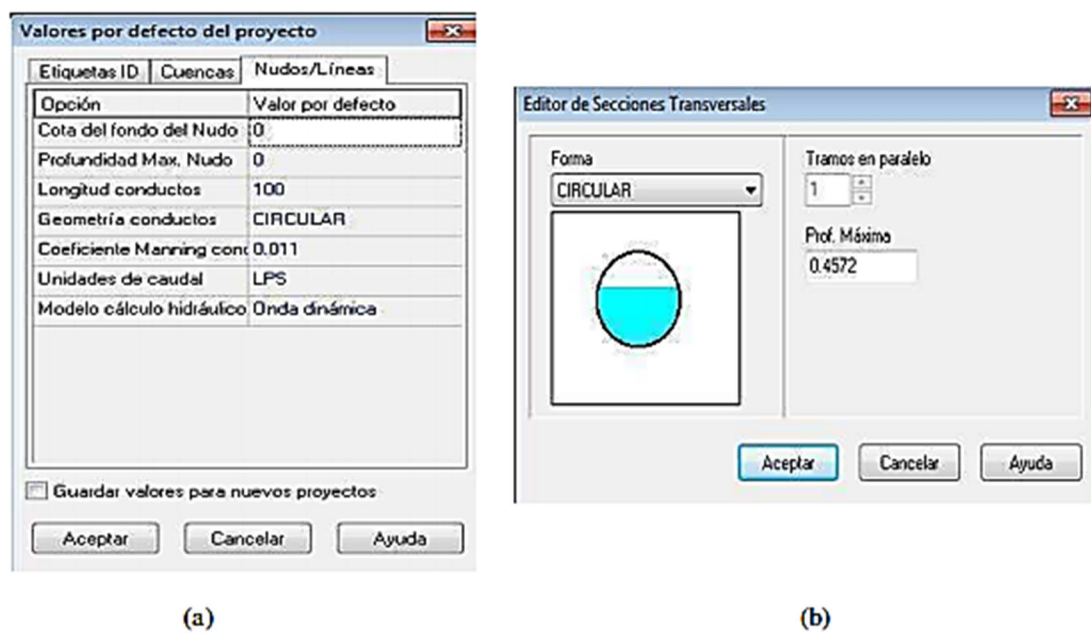


Imagen 5.3.11. (a) Valores por defecto para Nudos/Líneas y (b) Detalle de la Geometría por defecto de los conductos (Prof. Máxima es el diámetro de la tubería 18"=0.4572m). Fuente: Manual de usuario SWMM.

La geometría de los conductos será circular con diámetro de 18" (0.4572m) y n de Manning 0.011 que corresponde a tubería de PVC.

Debido a que no todas las tuberías de la red de Comasagua son de ese diámetro, posteriormente se modificara esa propiedad a los colectores que lo requieran.

Las unidades de caudal que deseamos que nos presente el programa serán en litros por segundo (LPS).

Modelo de Cálculo Hidráulico.

El transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en SWMM está gobernado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio.

El usuario de SWMM puede seleccionar el nivel de sofisticación con que desea resolver estas ecuaciones.

Por ello existen tres modelos hidráulicos de transporte:

- ✓ El Flujo Uniforme.
- ✓ La Onda Cinemática.
- ✓ La Onda Dinámica.

Modelo de Flujo Uniforme.

El modelo de flujo uniforme representa la forma más simple de representar el comportamiento del agua en el interior de los conductos. Para ello se asume que en cada uno de los incrementos de tiempo de cálculo considerados el flujo es uniforme. De esta forma el modelo simplemente traslada los hidrogramas de entrada en el nudo aguas arriba del conducto hacia el nudo final del mismo. Para relacionar el caudal con el área, radio hidráulico y pendiente en el conducto se

emplea la ecuación de Manning. Este modelo de análisis únicamente es apropiado para realizar análisis preliminares.

Modelo de Onda Cinemática.

Este modelo hidráulico de transporte resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento en cada una de las conducciones.

El caudal máximo que puede fluir por el interior de un conducto es el caudal a tubo lleno determinado por la ecuación de Manning. Cualquier exceso de caudal sobre este valor en el nudo de entrada del conducto se pierde del sistema o bien puede permanecer estancado en la parte superior del nudo de entrada y entrar posteriormente en el sistema cuando la capacidad del conducto lo permita.

El modelo de la onda cinemática permite que tanto el caudal como el área varíen tanto espacial como temporalmente en el interior del conducto. Esto origina una cierta atenuación y retraso en los hidrogramas de salida respecto de los caudales de entrada en los conductos. No obstante, este modelo de transporte no puede considerar efectos como el resalto hidráulico, las pérdidas en las entradas o salidas de los pozos de registro, el flujo inverso o el flujo presurizado, así como su aplicación está restringida únicamente a redes ramificadas.

Modelo de Onda Dinámica.

Con este tipo de modelo de transporte es posible representar flujo inverso y el flujo presurizado cuando una conducción cerrada se encuentra completamente llena, de forma que el caudal que circula por la misma puede exceder del valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning.

El modelo de transporte de la Onda Dinámica puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos de registro, el flujo inverso y el flujo presurizado. Dado que resuelve de forma simultánea los valores de los niveles de agua en los nudos y los caudales en las conducciones puede aplicarse para cualquier tipo de imagen de red de saneamiento, incluso en el caso de que contengan nudos con múltiples divisiones del flujo aguas abajo del mismo o incluso mallas en su trazado. Se trata del método de resolución adecuado para sistemas en los que los efectos de resalto hidráulico, originados por las restricciones del flujo aguas abajo y la presencia de elementos de regulación tales como orificios y vertederos, sean importantes.

Por ser el método de la onda dinámica el que teóricamente genera los resultados más precisos, es el que será seleccionado para el análisis de la red de Aguas Lluvias del municipio de Comasagua.

6. Por último, se pulsa el botón de Aceptar para fijar estas opciones y cerrar el formulario. Si se desea que todos los nuevos proyectos tomen estos valores por defecto, debe seleccionarse la casilla inferior (Guardar valores para nuevos proyectos) antes de aceptar.

A continuación, se fijan algunas opciones de presentación del mapa de modo que se muestren las etiquetas con el nombre de los elementos y los símbolos conforme se añaden nuevos objetos al mapa.

También se selecciona la opción de presentar las flechas de dirección de flujo en las líneas.

1. Seleccionar la opción Ver→Opciones del Plano para presentar el formulario de opciones del plano (ver Imagen 5.3.12).
2. Seleccionar la página correspondiente a las cuencas y fijar el estilo de relleno en Diagonal y el tamaño del símbolo en 5.
3. A continuación, seleccionar la pestaña de los nudos y fijar el tamaño del nudo a 5.

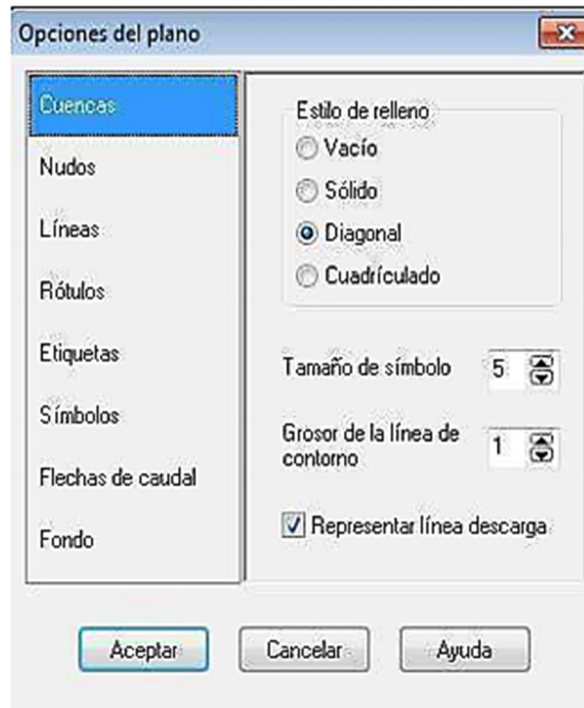


Imagen 5.3.12. Formulario de opciones del plano. Fuente: Manual de usuario SWMM.

4. Seleccionar la pestaña de Etiquetas y marcar las opciones de presentación de los identificativos de Pluviómetros, Cuencas, Nudos y Líneas, dejando el resto sin marcar.
5. Seleccionar la pestaña de Fondo y marcar la opción de fondo color negro.
6. Finalmente, seleccionar la página de Flechas de Caudal y fijar el estilo en flecha rellena y fije el tamaño en 7.
7. Pulsar el botón de Aceptar para validar estas opciones y cerrar el formulario.

5.4. Dibujo de los Objetos.

Antes de iniciar el dibujo de objetos es necesario contar con un plano o mapa de fondo que contenga la distribución de calles del área urbana de Comasagua, esto para facilitar el dibujo de los objetos sobre el área de trabajo de SWMM.

✓ ***Añadir un mapa de fondo:***

La imagen de fondo tiene que ser un metaarchivo de Windows (EMF, Windows Enhanced Metaarchivo) o un mapa de bits (BMP, Windows BitMapa o JPG) creado fuera de EPA SWMM. Una vez importado, sus características no pueden ser modificadas, aunque su escala y área de visión cambiarán si se realiza un zoom sobre la ventana del mapa o se mueve ésta. Por este motivo, los metaarchivos trabajan mejor que los mapas de bits, ya que no pierden resolución cuando se les cambia la escala.

La mayoría de los programas de CAD y GIS tienen la posibilidad de salvar sus dibujos y mapas como metaarchivos.

Al seleccionar Ver→Fondo del Menú Principal aparece un submenú que presenta los siguientes comandos:

- ✓ Cargar: Carga un archivo de imagen de fondo dentro del proyecto.
- ✓ Descargar: Quita la imagen de fondo del proyecto.
- ✓ Alinear: Alinea la red de tuberías con la imagen de fondo
- ✓ Redimensionar: Ajusta las coordenadas de la imagen de fondo.

- ✓ Marca de Agua: cambia la apariencia del fondo entre normal o atenuada.

Para cargar una imagen de fondo seleccionar Ver→Fondo →Cargar en el Menú Principal. Aparecerá un formulario de selección de la imagen de fondo presentado en la Imagen 5.4.1.

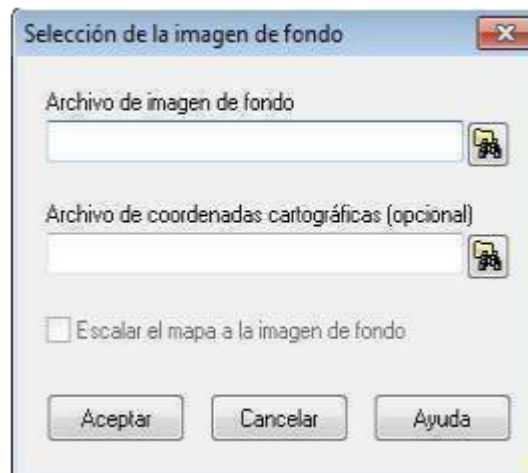



Imagen 5.4.1 Formulario para seleccionar imagen de fondo. Fuente: Grupo de Investigación.



Introducir el nombre del archivo que contiene la imagen. Puede pulsar el botón de  examinar para abrir un cuadro de diálogo estándar para seleccionar archivos en Windows y buscar la imagen desde ahí.

- ✓ **Añadir nudos:**

La red de aguas lluvias que se propone para el área urbana de Comasagua consta de cincuenta y uno pozos de visita numerados del P-1 al P-51 y tres nudos

de vertido (descarga) numerados como V-1 al V-3, distribuidos tal como se muestra en la Imagen 5.4.2 de este capítulo.

La forma de añadir los nudos (pozos de visita) y el Nudo de Vertido de que consta la red de drenaje es la siguiente:

1. Para comenzar a añadir nudos, se selecciona mediante el  ratón el botón en la Barra de Objeto.
2. Mover el ratón a la posición donde se debe insertar el nudo P-1 y pulsar el botón izquierdo del ratón. Realizar el mismo procedimiento para los nudos P-2 a P-51.
3. Para añadir una Descarga (o punto de Vertido), se  selecciona el botón en la Barra de Objeto, desplace el ratón al punto de localización del vertido en el mapa y pulsar el botón izquierdo del ratón. El nudo de vertido recibe de forma automática el nombre V-1. Realizar el mismo procedimiento para los vertidos V-2 Y V-3.


✓ ***Añadir colectores:***

La red de aguas lluvias de Comasagua estará compuesta de cincuenta y uno colectores numerados del T-1 al T-51 tal como se muestra en la Imagen 5.4.2.

Es de tener en cuenta que antes de crear cualquier línea es necesario tener creados previamente los nudos extremos de la misma.

Es requerido dibujar los colectores de forma ordenada ya que el programa automáticamente les colocara su número correlativo.

Para ello se comienza con el conducto T-1 que conecta los nudos P-1 y P-2.


1. Se selecciona el  botón en la Barra de Objetos. El cursor del ratón cambia de aspecto representando una cruz.
2. Dar un clic izquierdo del ratón sobre el nudo P-1. En este momento el cursor del ratón se modifica y adquiere el aspecto de un lápiz.
3. Mover el ratón hacia el nudo P-2 (Se nota como mientras se desplaza el ratón se dibuja una línea representando la futura conducción que se está dibujando) y pulsar el botón izquierdo del ratón para crear la conducción. En cualquier momento puede cancelarse esta operación, bien mediante el botón derecho del ratón, bien mediante la tecla **Esc** del teclado del ordenador.

Aunque todas las conducciones de nuestro ejemplo se representan como líneas rectas, es posible dibujar líneas con curvas o vértices. Para ello no hay más que ir definiendo los diferentes vértices que definen el trazado de la conducción con el botón izquierdo del ratón antes de seleccionar el nudo final de la conducción.

✓ ***Añadir cuencas:***

El proyecto de red de aguas lluvias de Comasagua está compuesto de cincuenta y uno subcuencas, las cuales se han numerado de la C-1 a la C-51, tal como se indica en la Imagen 5.4.2, su forma se ha determinado teniendo en cuenta la escorrentía superficial de las calles.

El procedimiento para dibujarlas en el programa es el siguiente:

1. En primer lugar, se selecciona mediante el ratón  la opción de la Barra de Objeto. En el caso de que esta barra de herramientas no está visible debe seleccionarse la opción Ver→Barras de Herramientas→Objeto. Al seleccionar la opción de Cuencas el cursor del ratón se modifica y adquiere el aspecto de un lápiz.
2. Mover el ratón al punto del mapa donde se desea insertar una de las esquinas de la cuenca C-1 y pulsar el botón izquierdo del ratón.
3. Se realiza el mismo procedimiento para las siguientes esquinas y finalmente se pulsa el botón derecho del ratón (o bien pulse la tecla Enter) para cerrar el contorno que representa a la cuenca C-1. En cualquier momento puede presionarse la tecla **Esc** si se desea cancelar la cuenca parcialmente dibujada y comenzar de nuevo con el dibujo de la misma. No debe suponer un problema que el aspecto y la posición de la cuenca dibujada no sean exactamente los deseados. Posteriormente se pueden modificar tanto la posición como el aspecto.
4. Se repite el proceso para las cuencas C-2 a la C-51.

✓ **Añadir pluviómetro:**

Se añadirá un pluviómetro al cual se le asignan las características de la lluvia de diseño que probará la eficiencia de la red de aguas lluvias de Comasagua. La manera de añadir un pluviómetro es la siguiente:

1. Seleccionar el botón de Pluviómetro en la Barra de Objetos.
2. Desplazar el ratón sobre el Plano del Área de Estudio del programa hasta el lugar donde se desea localizar el pluviómetro y posteriormente accionar el botón izquierdo del ratón, el pluviómetro toma automáticamente el nombre LLUVIA1.

En este momento se dispone de un dibujo completo de la red de aguas lluvias de Comasagua. El programa debe tener en su vista de mapa un aspecto como el mostrado en la Imagen 5.4.2.

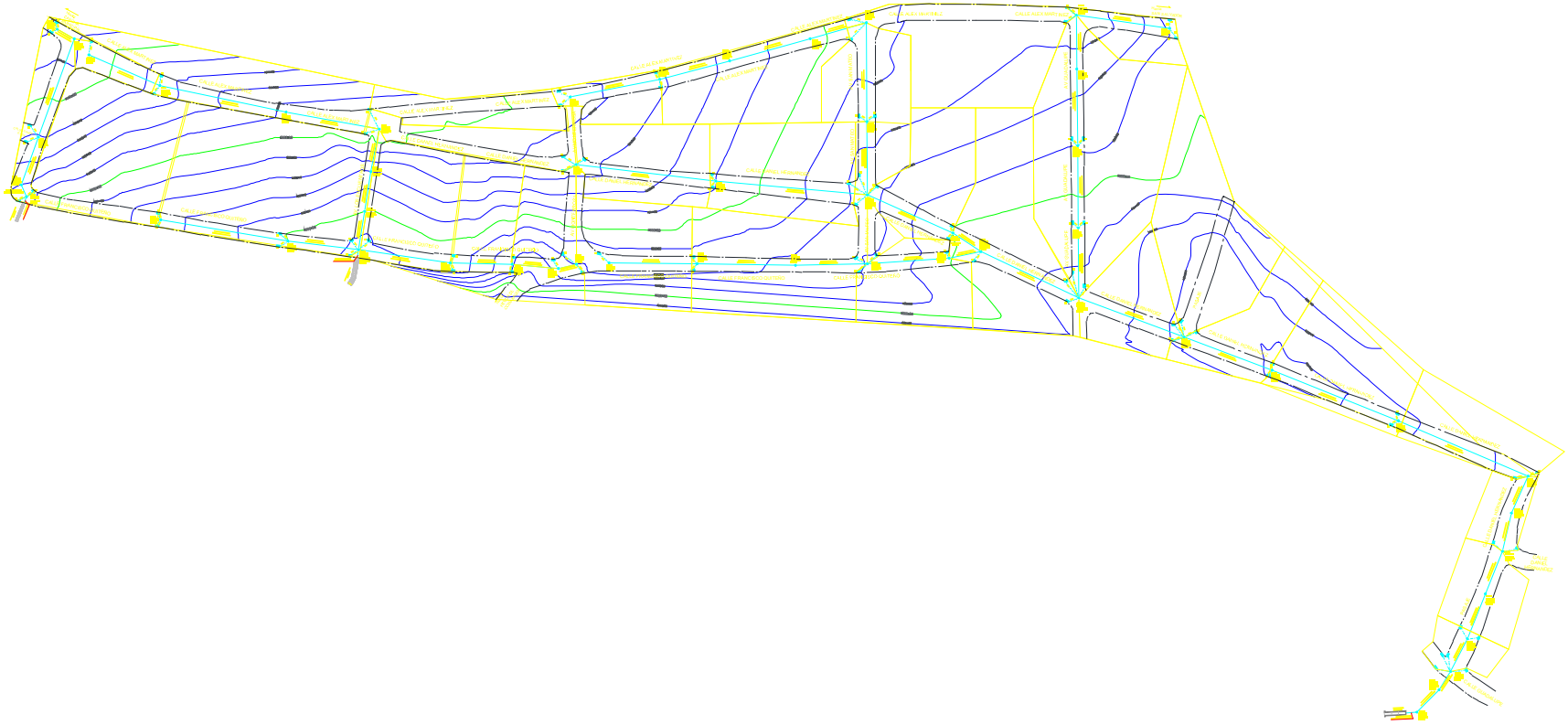



Imagen 5.4.2. Aspecto del mapa del área de estudio en SWMM. Fuente: Grupo de Investigación.

5.5. Introducción de Propiedades a los Objetos.

Conforme se fueron añadiendo los objetos visuales en SWMM el programa les asignó la serie de propiedades y valores por defecto que se habían fijado. Para modificar el valor de algunas de estas propiedades particulares en uno de los objetos debe seleccionarse el Editor de Propiedades del objeto.

Existen diferentes formas de realizar esto. Si el Editor de Propiedades está visible tan solo es necesario seleccionar con el ratón el objeto a editar o bien seleccionarlo desde la página de Datos del Panel de Navegación de la ventana principal del programa.

Si el Editor no está visible puede hacerse que aparezca mediante una de las siguientes acciones:

- ✓ Haciendo doble clic con el ratón sobre uno de los objetos del mapa
- ✓ Haciendo clic con el botón derecho del ratón y seleccionando la opción Propiedades en el menú emergente que aparece.
- ✓ Seleccionando el objeto desde la página de Datos del Panel de Navegación y  seleccionando entonces el botón.

Propiedades del Pluviómetro.


Para establecer en nuestro proyecto una determinada lluvia de entrada es necesario especificar las propiedades del Pluviómetro. Para ello se selecciona el

pluviómetro LLUVIA1 en el Editor de Propiedades y se editan las siguientes propiedades:

- *Formato de Lluvia:* Recoge los datos de lluvia suministrados que pueden ser intensidades en mm/h (INTENSITY), pluviograma de volúmenes de lluvia en mm (VOLUMEN) o pluviogramas de precipitación acumulado en mm (CUMULATE); nosotros utilizaremos la opción VOLUMEN ya que nuestro Hietograma de tormenta de diseño (mostrado en el gráfico 5.2.2) se encuentran los datos de lluvia en mm.
- *Intervalo de Lluvia:* Aquí se coloca el tiempo transcurrido entre cada tiempo de lectura del pluviómetro en hh:mm, debido a que nuestro Hietograma cuenta con intervalos de diez minutos entonces colocaremos 0:10
- *Origen de Datos:* Aquí se especifica la fuente de los datos de la lluvia, esta puede ser una serie temporal editada por el usuario (TIMESERIES) o un archivo externo que contenga la serie temporal (FILE), para nuestro caso editaremos manualmente la serie temporal por lo cual usaremos la opción TIMESERIES.
- *Nombre de la Serie:* Corresponde al nombre que le daremos a la serie temporal que se editará, nosotros la llamaremos LLUVIA

Para ello la serie temporal denominada LLUVIA contendrá las intensidades de lluvia en cada uno de los intervalos horarios definidos en el Hietograma de la tormenta de diseño¹ .


Por ello es necesario crear una serie temporal de datos y rellenar de la siguiente manera:


- A. Desde el Visor de Datos seleccionar la categoría de objetos Series Temporales.
- B. Hacer clic con el botón derecho del ratón  sobre el botón del Visor para abrir el Editor de Series Temporales, tal como muestra la Imagen 5.5.1.
- C. Introducir LLUVIA en el campo Nombre de la Serie Temporal y Estación Santa Tecla en el campo Descripción.
- D. Introducir los valores del Hietograma como se muestra en el Gráfico 5.2.2 en las columnas de Hora y Valor de la rejilla de datos. Nótese que debe mantenerse en blanco la columna de Fecha.
- E. Es posible visualizar el gráfico de los valores introducidos mediante el botón Visualizar. Para aceptar los valores de la serie de datos pulsar el botón Aceptar.

¹ Hietograma de la tormenta de diseño de encuentra en el Grafico 5.2.2.

Editor de Series Temporales [X]

Nombre de la Serie Temporal:

Descripción:
 

Usar archivo externo (especifique el nombre abajo)
 

Introducir datos de la serie temporal en la tabla inferior
 Sin fecha implica tiempos desde el comienzo de la simulación

Fecha (M/D/Y)	Hora (H:M)	Valor
	0:10	7.78
	0:20	18.94
	0:30	9.54
	0:40	8.05
	0:50	8.44
	1:00	8.25
	1:10	3.22
	1:20	1.37
	1:30	1.12

Ver

Aceptar

Cancelar

Ayuda

Imagen 5.5.1. Ventana de diálogo del Editor de Series Temporales. Fuente: Grupo de Investigación.

Propiedades de las Cuencas.

Es necesario introducir en las Cuencas el Indicativo de LLUVIA1 (que recoge los datos de lluvia sobre la cuenca). Dado que todas las cuencas de este ejemplo utilizan el mismo Indicativo de Lluvia, LLUVIA1, se puede emplear un atajo para asignar esta propiedad a todas las cuencas al mismo tiempo:

1. Seleccionar la opción Editar→Seleccionar Todo en el menú principal de la aplicación.
2. Seleccionar entonces la opción Editar→Editar Grupo para hacer que aparezca la ventana de diálogo del Editor de Grupos de Elementos, tal como muestra la Imagen 5.5.2.
3. Seleccionar la opción Cuencas como el tipo de objeto que se pretende editar, Pluviómetro como la propiedad a editar y teclear Lluvia1 como el nuevo valor a introducir.
4. Seleccionar con el ratón el botón de Aceptar para cambiar el Pluviómetro de todas las cuencas. Aparecerá un mensaje pidiendo la confirmación de modificación de los datos de las veinte cuencas. A continuación, seleccionar la opción “No” cuando se realice la pregunta de si se desea continuar editando el grupo de elementos.

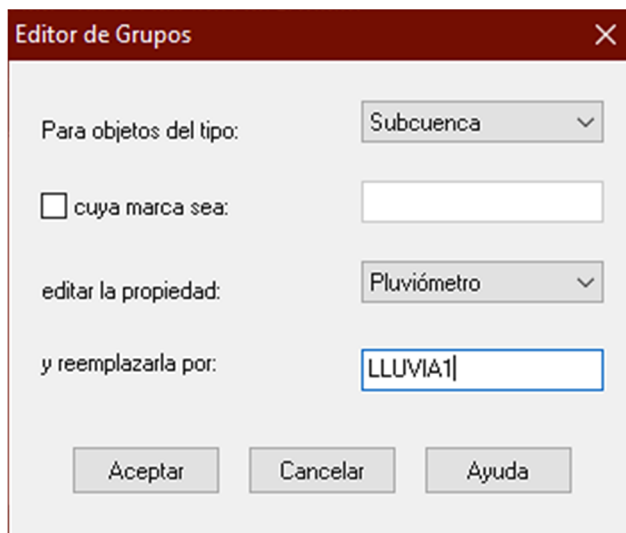



Imagen 5.5.2. Ventana de diálogo del Editor de Grupos. Fuente: Grupo de Investigación.

Dado que el *nudo de descarga*, *área*, *ancho* y *pendiente media* de cada una de las cuencas es diferente, estos datos deben fijarse individualmente de acuerdo al procedimiento siguiente:

1. Hacer doble clic con el ratón en la cuenca C-1 o bien seleccionar esta mediante la ventana de Datos del Visor y  presionar posteriormente el botón para abrir el Editor de Propiedades.
2. Teclear P-1 en el campo Descarga y presionar Enter. Nótese como se dibuja una línea discontinua entre el centroide de la cuenca y el nudo indicado.
3. Introducir los datos (mostrados en la Tabla 5.5.1) de *Área*, *Ancho* y *pendiente media* en sus respectivos campos.
4. El paso 1 al 3 es repetitivo para el resto de cuencas.

Cuenca	Descarga	Área (Ha)	Ancho (m)	Pendiente (%)	% Impermeable	NC
C-1	P-1	0.466472	15.58	8.0	65	85
C-2	P-2	0.163423	14.16	5.9	65	85
C-3	P-3	0.204278	11.33	10.7	65	85
C-4	P-4	0.255348	9.06	15.1	65	85
C-5	P-5	0.319185	7.25	5.4	65	85
C-6	P-6	0.003549	2.48	7.6	65	85
C-7	P-7	0.027940	9.98	5.6	65	85
C-8	P-8	0.158551	0.00	2.4	65	85
C-9	P-9	0.010000	18.50	20.0	65	85
C-10	P-10	0.000000	0.00	13.9	65	85
C-11	P-11	0.000000	10.50	8.7	65	85
C-12	P-12	0.000000	0.00	8.3	65	85
C-13	P-13	0.217368	48.28	5.2	65	85
C-14	P-14	0.318118	44.87	4.7	65	85
C-15	P-15	0.073041	21.11	11.4	65	85
C-16	P-16	0.000000	16.89	0.9	65	85
C-17	P-17	0.088186	40.11	9.5	65	85
C-18	P-18	0.139898	43.13	1.2	65	85
C-19	P-19	0.077891	13.86	4.5	65	85
C-20	P-20	0.133663	28.03	6.6	65	85
C-21	P-21	0.222080	34.10	7.1	65	85
C-22	P-22	0.110829	13.19	3.8	65	85
C-23	P-23	0.167766	16.67	5.2	65	85
C-24	P-24	0.110205	0.00	5.0	65	85
C-25	P-25	0.000000	31.92	4.3	65	85
C-26	P-26	0.045418	31.92	2.7	65	85
C-27	P-27	0.000000	19.61	3.8	65	85
C-28	P-28	0.078777	49.79	4.2	65	85

Tabla 5.5.1 (1). Características de la Cuenca. Fuente: Grupo de Investigación.

Cuenca	Descarga	Área (Ha)	Ancho (m)	Pendiente (%)	% Impermeable	NC
C-29	P-29	0.037154	37.05	0.5	65	85
C-30	P-30	0.000000	37.05	2.1	65	85
C-31	P-31	0.000000	0.00	3.5	65	85
C-32	P-32	0.222119	35.14	6.3	65	85
C-33	P-33	0.111755	31.10	5.2	65	85
C-34	P-34	0.228191	9.41	1.8	65	85
C-35	P-35	0.106973	80.31	5.0	65	85
C-36	P-36	0.050649	15.95	7.9	65	85
C-37	P-37	0.247309	36.98	4.7	65	85
C-38	P-38	0.000000	0.00	5.3	65	85
C-39	P-39	0.164342	49.75	5.6	65	85
C-40	P-40	0.184926	41.70	2.6	65	85
C-41	P-41	0.222080	66.98	2.5	65	85
C-42	P-42	0.110829	50.18	1.7	65	85
C-43	P-43	0.167766	34.16	0.7	65	85
C-44	P-44	0.110205	21.52	3.1	65	85
C-45	P-45	0.000000	0.00	4.7	65	85
C-46	P-46	0.045418	17.36	13.4	65	85
C-47	P-47	0.000000	0.00	13.2	65	85
C-48	P-48	0.078777	27.51	7.3	65	85
C-49	P-49	0.037154	24.72	11.6	65	85
C-50	P-50	0.000000	0.00	11.1	65	85
C-51	P-51	0.000000	0.00	0.0	65	85

Tabla 5.5.1 (2). Características de la Cuenca. Fuente: Grupo de Investigación.

Propiedades de los Nudos.

Los pozos de visita deben tener definida la cota de fondo y su profundidad, y el nudo de vertido del sistema de drenaje requiere tener definida su cota de fondo. Por ello, se selecciona individualmente cada uno de estos nudos y en el Editor de Propiedades y se introducen los valores de Cota de Fondo y Profundidad (Tabla 5.5.2) para pozos y los datos de nudos de vertido (Tabla 5.5.3).

POZOS			
Nº POZOS	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE TAPADERA (m)	COTA DE FONDO (m)
P-1	4.00	1071.70	1067.70
P-2	3.70	1071.15	1067.45
P-3	3.40	1068.95	1065.55
P-4	2.50	1067.00	1064.50
P-5	2.05	1066.30	1064.25
P-6	4.00	1070.60	1066.60
P-7	3.00	1068.50	1065.50
P-8	3.60	1065.90	1062.30
P-9	4.65	1065.10	1060.45
P-10	3.15	1062.00	1058.85
P-11	2.75	1060.00	1057.25
P-12	3.25	1058.80	1055.55
P-13	6.00	1062.40	1056.40
P-14	4.10	1060.00	1055.90
P-15	4.00	1058.00	1054.00
P-16	5.00	1061.05	1056.05
P-17	4.00	1059.90	1055.90
P-18	4.00	1059.75	1055.75
P-19	3.50	1063.25	1059.75
P-20	3.90	1061.00	1057.10
P-21	3.90	1057.40	1053.50

Tabla 5.5.2 (1). Valores de Cotas de Fondo y Profundidad. Fuente: Grupo de Investigación.

POZOS			
Nº POZOS	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE TAPADERA (m)	COTA DE FONDO (m)
P-22	3.00	1064.35	1061.35
P-23	3.40	1063.10	1059.70
P-24	3.00	1061.75	1058.75
P-25	2.75	1060.25	1057.50
P-26	3.05	1059.35	1056.30
P-27	3.25	1058.40	1055.15
P-28	2.50	1055.00	1052.50
P-29	1.80	1058.45	1056.65
P-30	2.35	1058.60	1056.25
P-31	2.35	1057.85	1055.50
P-32	2.35	1056.95	1054.60
P-33	2.35	1055.10	1052.75
P-34	2.35	1054.50	1052.15
P-35	3.40	1053.80	1050.40
P-36	1.65	1055.80	1054.15
P-37	4.65	1058.45	1053.80
P-38	3.95	1057.55	1053.60
P-39	2.80	1056.10	1053.30
P-40	2.45	1054.45	1052.00
P-41	4.00	1053.00	1049.00
P-42	4.00	1051.75	1047.75
P-43	5.10	1051.80	1046.70
P-44	5.25	1051.45	1046.20
P-45	5.50	1051.00	1045.50
P-46	5.50	1050.35	1044.85
P-47	4.15	1048.15	1044.00
P-48	2.85	1045.85	1043.00
P-49	3.00	1044.90	1041.90
P-50	3.25	1044.00	1040.75
P-51	2.75	1042.75	1040.00

Tabla 5.5.2 (2). Valores de Cotas de Fondo y Profundidad. Fuente: Grupo de Investigación.

VERTIDO	COTA DE FONDO (m)
V-1	1064.21
V-2	1055.51
V-3	1039.92

Tabla 5.5.3. Características del Nudos de Vertido. Fuente: Grupo de Investigación.

Propiedades de las Tuberías o Colectores.

Para el caso de los colectores las únicas propiedades que falta editar son longitud, desnivel de entrada y desnivel de salida. Por ello, se selecciona individualmente cada uno de estos conductos y en el Editor de Propiedades y se introducen los valores que se muestran en la Tabla 5.5.4.

TABLA DE COLECTORES							
COLECTOR	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulg)	DESNIVEL		CALLE
					ENTRADA	SALIDA	
T-1	P-1	P-2	6.85	18	0.00	0.21	Av. Santa Elisa
T-2	P-2	P-3	37.24	18	0.00	1.12	Av. Santa Elisa
T-3	P-3	P-4	18.15	18	0.00	0.54	Av. Santa Elisa
T-4	P-4	P-5	4.63	18	0.00	0.14	Av. Santa Elisa
T-5	P-5	V-1	3.71	18	0.00	0.04	Av. Santa Elisa
T-6	P-6	P-7	27.63	18	0.00	0.04	Calle Alex Martínez
T-7	P-7	P-8	46.05	18	0.00	0.55	Calle Alex Martínez
T-8	P-8	P-9	33.19	18	0.00	2.30	Calle Alex Martínez
T-9	P-9	P-10	15.49	18	0.00	1.00	Calle Alex Martínez
T-10	P-10	P-11	14.42	18	0.00	0.77	Av. Los Encuentros

Tabla 5.5.4 (1). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.

TABLA DE COLECTORES							
COLECTOR	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulg)	DESNIVEL		CALLE
					ENTRADA	SALIDA	
T-11	P-11	P-12	13.83	18	0.00	0.00	Av. Los Encuentros
T-12	P-13	P-14	3.60	24	0.00	0.69	Calle Francisco Quiteño
T-13	P-14	P-12	46.10	18	0.00	0.46	Calle Francisco Quiteño
T-14	P-15	P-16	25.37	18	0.00	0.25	Calle Francisco Quiteño
T-15	P-16	P-17	6.58	18	0.00	0.07	Calle Francisco Quiteño
T-16	P-17	P-18	16.68	18	0.00	0.08	Calle Francisco Quiteño
T-17	P-18	P-12	22.04	18	0.00	0.11	Calle Francisco Quiteño
T-18	P-12	V-2	33.09	18	0.00	0.17	Calle Francisco Quiteño
T-19	P-19	P-20	50.32	18	0.00	2.52	Calle Daniel Hernández
T-20	P-20	P-21	54.20	18	0.00	2.71	Calle Daniel Hernández
T-21	P-22	P-23	33.59	24	0.00	0.84	Calle Alex Martínez
T-22	P-23	P-24	32.50	18	0.00	1.63	Calle Alex Martínez
T-23	P-24	P-25	25.77	18	0.00	0.77	Calle Alex Martínez
T-24	P-25	P-26	29.82	18	0.00	1.19	Calle Alex Martínez
T-25	P-26	P-27	20.93	18	0.00	1.05	Av. San Mateo
T-26	P-27	P-21	35.26	18	0.00	1.06	Calle Daniel Hernández
T-27	P-21	P-28	26.27	18	0.00	0.79	Calle Daniel Hernández

Tabla 5.5.4 (2). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.


TABLA DE COLECTORES							
COLECTOR	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulg)	DESNIVEL		CALLE
					ENTRADA	SALIDA	
T-28	P-28	P-34	11.84	24	0.00	0.30	Calle Francisco Quiteño
T-29	P-29	P-30	31.51	18	0.00	0.32	Calle Francisco Quiteño
T-30	P-30	P-31	35.02	18	0.00	0.35	Calle Francisco Quiteño
T-31	P-31	P-32	25.70	18	0.00	0.26	Calle Francisco Quiteño
T-32	P-32	P-33	29.34	18	0.00	1.47	Calle Francisco Quiteño
T-33	P-33	P-34	11.47	18	0.00	0.11	Calle Daniel Hernández
T-34	P-34	P-35	38.69	30	0.00	0.39	Calle Daniel Hernández
T-35	P-36	P-37	40.16	30	0.00	0.80	Calle Alex Martínez
T-36	P-37	P-38	33.64	18	0.00	0.34	Calle Guadalupe
T-37	P-38	P-39	19.28	18	0.00	0.19	Calle Guadalupe
T-38	P-39	P-40	27.28	18	0.00	0.27	Calle Guadalupe
T-39	P-40	P-35	29.29	18	0.00	0.88	Calle Guadalupe
T-40	P-35	P-41	25.00	18	0.00	0.75	Calle Daniel Hernández
T-41	P-41	P-42	33.55	30	0.00	0.67	Calle Daniel Hernández
T-42	P-42	P-43	48.70	30	0.00	0.97	Calle Daniel Hernández
T-43	P-43	P-44	50.25	30	0.00	0.50	Calle Daniel Hernández
T-44	P-44	P-45	14.49	36	0.00	0.14	Calle Daniel Hernández

Tabla 5.5.4 (3). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.

TABLA DE COLECTORES							
COLECTOR	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO (pulg)	DESNIVEL		CALLE
					ENTRADA	SALIDA	
T-45	P-45	P-46	13.90	36	0.00	0.14	Calle Daniel Hernández
T-46	P-46	P-47	16.37	36	0.00	0.16	Calle Daniel Hernández
T-47	P-47	P-48	17.38	36	0.00	1.20	Pasaje El Ranchón.
T-48	P-48	P-49	13.10	36	0.00	0.13	Pasaje El Ranchón.
T-49	P-49	P-50	7.75	36	0.00	0.08	Calle Guadalupe.
T-50	P-50	P-51	11.25	36	0.00	0.22	Servidumbre.
T-51	P-51	V-3	3.84	36	0.00	0.00	Servidumbre.

Tabla 5.5.4 (4). Características de los colectores. Fuente: Grupo de Investigación.

Realizando Simulación.

Después de los datos introducidos ya se está en condiciones de realizar la simulación. Para comenzar con la simulación debe seleccionarse la opción **Proyecto**→**Realizar Simulación** (o bien pulsar el botón ). En el caso de que se produzca algún tipo de problema durante la simulación, aparecerá un Informe de Estado describiendo los errores que han sucedido.

Una vez se completa de forma exitosa la simulación, existen multitud de formas de visualizar los resultados de la simulación ya sea de manera gráfica, como también un resumen completo de los resultados que se presenta en el Informe de Estado.

Revisión del Informe de Estado.

El Informe de Estado (Status Informe) contiene un resumen útil de información relacionada con los cálculos de la simulación. Para visualizar este informe, seleccionar la opción Informe→Estado. Una parte del informe obtenido de la simulación de la red de aguas lluvias para el área urbana de Comasagua es el que se muestra en la Tabla 5.5.5 y Tabla 5.5.6.

Cuando la simulación se completa con éxito, los errores totales de continuidad e itinerario del flujo se muestran en la ventana de estado de la simulación. Estos errores representan la diferencia en porcentaje entre el almacenaje inicial más el flujo que entra y el almacenamiento final más el flujo que sale. Si esta diferencia excede un nivel razonable, (sobre un 10%), los resultados de la simulación tienen que ser puestos en duda.

Para nuestro caso la calidad de la simulación realizada es suficientemente buena, ya que, al revisar el error en la realización del balance de masas en el sistema tanto para la escorrentía como para el flujo, estos errores son despreciables. En la Imagen 5.5.3 se muestra el error en la simulación para la red de Comasagua.

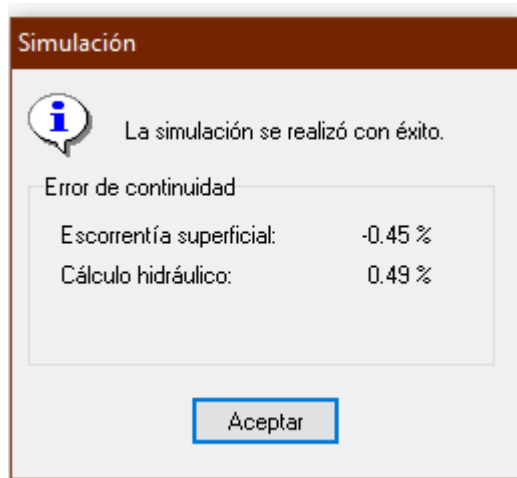


Imagen 5.5.3 Ventana de estado de simulación. Fuente: Grupo de Investigación.

En la tabla 5.5.5 podemos observar que el diseño propuesto es adecuado en cuanto a profundidades de los pozos de visita ya que en la simulación no se presenta inundación en ningún elemento

 Resumen de Nivel en Nudos

Nudo	Tipo	Nivel Medio Metros	Nivel Máximo Metros	Altura Máxima Metros	Instante Nivel Máx. días hr:min
P-1	JUNCTION	0.13	0.20	1067.90	0 00:30
P-2	JUNCTION	0.11	0.17	1067.62	0 00:30
P-3	JUNCTION	0.12	0.18	1065.73	0 00:30
P-4	JUNCTION	0.14	0.23	1064.73	0 00:30
P-5	JUNCTION	0.25	0.38	1064.63	0 00:30
P-6	JUNCTION	0.01	0.01	1066.61	0 00:30
P-7	JUNCTION	0.03	0.04	1065.54	0 00:30
P-8	JUNCTION	0.02	0.04	1062.34	0 00:30
P-9	JUNCTION	0.02	0.04	1060.49	0 00:30
P-10	JUNCTION	0.53	0.68	1059.53	0 00:32
P-11	JUNCTION	1.93	2.28	1059.53	0 00:32
P-12	JUNCTION	0.09	0.14	1058.94	0 00:30
P-13	JUNCTION	2.96	3.32	1059.72	0 00:15
P-14	JUNCTION	3.46	3.81	1059.71	0 00:15
P-15	JUNCTION	2.50	3.27	1059.57	0 00:21
P-16	JUNCTION	2.74	3.48	1059.53	0 00:21
P-17	JUNCTION	2.89	3.60	1059.50	0 00:21
P-18	JUNCTION	3.04	3.74	1059.49	0 00:21
P-19	JUNCTION	0.07	0.10	1059.85	0 00:30
P-20	JUNCTION	0.07	0.11	1057.21	0 00:30
P-21	JUNCTION	0.18	0.31	1053.81	0 00:30
P-22	JUNCTION	0.04	0.06	1061.41	0 00:30
P-23	JUNCTION	0.71	0.78	1060.48	0 00:30
P-24	JUNCTION	0.05	0.08	1058.83	0 00:30
P-25	JUNCTION	0.16	0.25	1057.75	0 00:30
P-26	JUNCTION	0.12	0.20	1056.50	0 00:30
P-27	JUNCTION	0.10	0.15	1055.30	0 00:30
P-28	JUNCTION	0.22	0.36	1052.86	0 00:30
P-29	JUNCTION	0.04	0.07	1056.72	0 00:30

Tabla 5.5.5 (1). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Nivel en Nudos

Nudo	Tipo	Nivel Medio Metros	Nivel Máximo Metros	Altura Máxima Metros	Instante Nivel Máx. días hr:min
P-30	JUNCTION	0.07	0.11	1056.36	0 00:30
P-31	JUNCTION	0.06	0.09	1055.59	0 00:30
P-32	JUNCTION	0.10	0.16	1054.76	0 00:30
P-33	JUNCTION	0.08	0.13	1052.88	0 00:30
P-34	JUNCTION	0.16	0.27	1052.42	0 00:30
P-35	JUNCTION	0.19	0.31	1050.71	0 00:30
P-36	JUNCTION	0.46	0.85	1055.00	0 00:24
P-37	JUNCTION	0.29	0.39	1054.19	0 00:30
P-38	JUNCTION	0.10	0.17	1053.77	0 00:30
P-39	JUNCTION	0.08	0.13	1053.43	0 00:30
P-40	JUNCTION	0.11	0.17	1052.17	0 00:30
P-41	JUNCTION	0.30	1.30	1050.30	0 00:30
P-42	JUNCTION	0.80	2.37	1050.12	0 00:25
P-43	JUNCTION	0.45	0.72	1047.42	0 00:30
P-44	JUNCTION	0.17	0.28	1046.48	0 00:30
P-45	JUNCTION	0.18	0.28	1045.78	0 00:30
P-46	JUNCTION	0.17	0.27	1045.12	0 00:30
P-47	JUNCTION	0.53	0.67	1044.67	0 00:30
P-48	JUNCTION	0.15	0.24	1043.24	0 00:30
P-49	JUNCTION	0.13	0.20	1042.10	0 00:30
P-50	JUNCTION	0.17	0.27	1041.02	0 00:30
P-51	JUNCTION	0.21	0.34	1040.34	0 00:30
V-1	OUTFALL	0.00	0.00	1064.21	0 00:00
V-2	OUTFALL	0.00	0.00	1055.51	0 00:00
V-3	OUTFALL	0.21	0.34	1040.26	0 00:30

Tabla 5.5.5 (2). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Aportes en Nudos

Nudo	Tipo	Aporte	Aporte	Instante	Volumen	Volumen
		Lateral	Total	de Aporte	Aporte	Aporte
		Máximo	Máximo	Máximo	Lateral	Total
		LPS	LPS	días hr:min	10 ⁶ ltr	10 ⁶ ltr
P-1	JUNCTION	105.93	105.93	0 00:30	0.267	0.267
P-2	JUNCTION	39.85	145.58	0 00:30	0.095	0.362
P-3	JUNCTION	49.23	194.10	0 00:30	0.119	0.481
P-4	JUNCTION	60.08	253.81	0 00:30	0.148	0.628
P-5	JUNCTION	67.56	321.28	0 00:30	0.179	0.807
P-6	JUNCTION	0.95	0.95	0 00:30	0.002	0.002
P-7	JUNCTION	7.32	8.26	0 00:30	0.016	0.018
P-8	JUNCTION	0.00	8.20	0 00:30	0.000	0.018
P-9	JUNCTION	2.66	10.80	0 00:30	0.006	0.024
P-10	JUNCTION	0.00	11.84	0 00:29	0.000	0.024
P-11	JUNCTION	0.00	11.74	0 00:33	0.000	0.022
P-12	JUNCTION	0.00	213.66	0 00:30	0.000	0.486
P-13	JUNCTION	56.05	56.05	0 00:30	0.127	0.128
P-14	JUNCTION	79.73	135.79	0 00:30	0.186	0.312
P-15	JUNCTION	19.21	27.18	0 00:20	0.043	0.044
P-16	JUNCTION	0.00	43.12	0 00:18	0.000	0.045
P-17	JUNCTION	23.32	42.53	0 00:30	0.052	0.095
P-18	JUNCTION	35.29	77.82	0 00:30	0.082	0.170
P-19	JUNCTION	19.78	19.78	0 00:30	0.046	0.046
P-20	JUNCTION	34.56	53.99	0 00:30	0.078	0.124
P-21	JUNCTION	84.27	248.31	0 00:30	0.198	0.572
P-22	JUNCTION	19.58	19.58	0 00:30	0.045	0.045
P-23	JUNCTION	14.40	33.86	0 00:30	0.032	0.078
P-24	JUNCTION	0.00	33.69	0 00:30	0.000	0.073
P-25	JUNCTION	42.27	75.67	0 00:30	0.097	0.170
P-26	JUNCTION	25.28	100.32	0 00:30	0.057	0.227
P-27	JUNCTION	10.96	110.99	0 00:30	0.024	0.251
P-28	JUNCTION	0.00	248.16	0 00:30	0.000	0.572

Tabla 5.5.5 (3). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Aportes en Nudos

Nudo	Tipo	Aporte	Aporte	Instante	Volumen	Volumen
		Máximo	Total	de Aporte	Aporte	Aporte
		LPS	LPS	días hr:min	10 ⁶ ltr	10 ⁶ ltr
P-29	JUNCTION	8.13	8.13	0 00:30	0.018	0.018
P-30	JUNCTION	39.21	47.24	0 00:30	0.091	0.109
P-31	JUNCTION	0.00	47.06	0 00:30	0.000	0.109
P-32	JUNCTION	56.57	103.37	0 00:30	0.130	0.239
P-33	JUNCTION	29.08	132.06	0 00:30	0.066	0.304
P-34	JUNCTION	48.63	427.85	0 00:30	0.128	1.004
P-35	JUNCTION	28.34	619.56	0 00:30	0.063	1.439
P-36	JUNCTION	13.29	13.29	0 00:30	0.030	0.030
P-37	JUNCTION	62.23	75.50	0 00:30	0.145	0.170
P-38	JUNCTION	0.00	74.96	0 00:30	0.000	0.169
P-39	JUNCTION	42.91	117.42	0 00:30	0.096	0.265
P-40	JUNCTION	46.86	164.02	0 00:30	0.108	0.373
P-41	JUNCTION	57.11	674.99	0 00:30	0.130	1.568
P-42	JUNCTION	28.75	695.92	0 00:30	0.065	1.632
P-43	JUNCTION	40.22	733.98	0 00:30	0.097	1.728
P-44	JUNCTION	27.83	760.24	0 00:30	0.064	1.788
P-45	JUNCTION	0.00	760.30	0 00:30	0.000	1.788
P-46	JUNCTION	12.01	771.48	0 00:30	0.027	1.814
P-47	JUNCTION	0.00	771.48	0 00:30	0.000	1.814
P-48	JUNCTION	20.72	790.64	0 00:30	0.046	1.858
P-49	JUNCTION	9.87	799.94	0 00:30	0.022	1.879
P-50	JUNCTION	0.00	799.96	0 00:30	0.000	1.879
P-51	JUNCTION	0.00	800.19	0 00:30	0.000	1.879
V-1	OUTFALL	0.00	321.41	0 00:30	0.000	0.807
V-2	OUTFALL	0.00	213.53	0 00:30	0.000	0.485
V-3	OUTFALL	0.00	800.26	0 00:30	0.000	1.879

Tabla 5.5.5 (4). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Inundación en Nudos

No hay inundación en ningún nudo.

Tabla 5.5.5 (5). Informe de estado correspondiente a los pozos de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

En la tabla 5.5.6 podemos observar que ningún colector de la red propuesta trabaja a flujo presurizado, además se obtiene que los mayores caudales en los colectores se presentan a los treinta minutos de la tormenta de diseño.

Resumen de Caudal en Líneas

Línea	Tipo	Caudal Máximo LPS	Instante Caudal Máx días hr:min	Veloc. Máxima m/sec	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno
T-1	CONDUIT	105.87	0 00:30	1.54	0.39	0.44
T-2	CONDUIT	145.41	0 00:30	2.68	0.29	0.37
T-3	CONDUIT	194.25	0 00:30	3.22	0.33	0.40
T-4	CONDUIT	253.98	0 00:30	3.01	0.47	0.51
T-5	CONDUIT	321.41	0 00:30	1.70	4.68	0.62
T-6	CONDUIT	0.95	0 00:30	0.58	0.00	0.03
T-7	CONDUIT	8.20	0 00:30	1.11	0.02	0.09
T-8	CONDUIT	8.18	0 00:30	1.23	0.01	0.08
T-9	CONDUIT	10.79	0 00:30	1.73	0.01	0.08
T-10	CONDUIT	11.74	0 00:33	1.66	0.01	1.00
T-11	CONDUIT	11.77	0 00:33	0.13	0.01	0.53
T-12	CONDUIT	56.16	0 00:30	1.57	0.04	1.00
T-13	CONDUIT	135.84	0 00:30	1.25	0.14	0.63
T-14	CONDUIT	19.21	0 00:30	0.40	1.58	1.00
T-15	CONDUIT	37.44	0 00:18	0.66	0.10	1.00
T-16	CONDUIT	42.58	0 00:30	0.45	0.19	1.00
T-17	CONDUIT	77.83	0 00:30	0.79	0.06	0.58
T-18	CONDUIT	213.53	0 00:30	5.12	0.20	0.30
T-19	CONDUIT	19.52	0 00:30	0.75	0.11	0.21
T-20	CONDUIT	53.74	0 00:30	1.84	0.12	0.23
T-21	CONDUIT	19.49	0 00:30	1.57	0.04	0.13
T-22	CONDUIT	33.69	0 00:30	0.34	0.07	0.59
T-23	CONDUIT	33.67	0 00:30	1.69	0.07	0.18
T-24	CONDUIT	75.31	0 00:30	0.97	1.17	0.48
T-25	CONDUIT	100.28	0 00:30	1.41	0.41	0.45
T-26	CONDUIT	111.01	0 00:30	2.29	0.24	0.34
T-27	CONDUIT	248.16	0 00:30	2.12	0.79	0.67
T-28	CONDUIT	248.34	0 00:30	1.81	1.09	0.78
T-29	CONDUIT	8.05	0 00:30	0.59	0.05	0.14

Tabla 5.5.6 (1). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Caudal en Líneas

Línea	Tipo	Caudal Máximo LPS	Instante Caudal Máx días hr:min	Veloc. Máxima m/sec	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno
T-30	CONDUIT	47.06	0 00:30	1.56	0.13	0.24
T-31	CONDUIT	47.04	0 00:30	2.06	0.08	0.20
T-32	CONDUIT	103.21	0 00:30	2.04	0.26	0.35
T-33	CONDUIT	132.04	0 00:30	3.14	0.18	0.32
T-34	CONDUIT	428.10	0 00:30	4.27	0.65	0.59
T-35	CONDUIT	15.12	0 00:24	0.16	0.04	0.57
T-36	CONDUIT	74.96	0 00:30	0.69	0.33	0.63
T-37	CONDUIT	74.96	0 00:30	1.39	0.28	0.36
T-38	CONDUIT	117.35	0 00:30	3.11	0.17	0.28
T-39	CONDUIT	163.95	0 00:30	2.93	0.30	0.37
T-40	CONDUIT	619.17	0 00:30	4.12	0.51	0.71
T-41	CONDUIT	669.20	0 00:30	3.20	0.67	1.00
T-42	CONDUIT	695.92	0 00:30	4.24	4.88	1.00
T-43	CONDUIT	734.38	0 00:30	1.83	21.72	0.82
T-44	CONDUIT	760.30	0 00:30	5.08	0.28	0.36
T-45	CONDUIT	760.36	0 00:30	4.99	0.29	0.37
T-46	CONDUIT	771.48	0 00:30	6.66	0.27	0.51
T-47	CONDUIT	771.59	0 00:30	2.27	0.52	0.70
T-48	CONDUIT	790.65	0 00:30	6.50	0.21	0.31
T-49	CONDUIT	799.96	0 00:30	20.69	0.16	0.27
T-50	CONDUIT	800.19	0 00:30	7.69	0.27	0.35
T-51	CONDUIT	800.26	0 00:30	6.00	0.40	0.44

Tabla 5.5.6 (2). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

Resumen de Tipo de Flujo

Conducto	Longitud Ajustada /Real	- Fracción de Tiempo en Tipo de Flujo -						Número Froude Medio	Variación Media Caudal	
		Seco (Caudal 0) Todo	Ini.	Final	Sub-Crit.	Super Crit.	Crítico Ini. Final			
T-1	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.27	0.0001
T-2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.39	0.0001
T-3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.78	0.0001
T-4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.86	2.53	0.0001
T-5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.95	0.0011
T-6	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.85	0.0000
T-7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.99	0.0000
T-8	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.26	0.0000
T-9	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.24	0.0000
T-10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.01	0.00	0.11	0.41	0.0000
T-11	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.03	0.0000
T-12	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0001
T-13	1.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.39	0.0001
T-14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.04	0.02	0.0024
T-15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.01	0.03	0.0003
T-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0003
T-17	1.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.92	0.00	0.23	0.0000
T-18	1.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	4.91	0.0001
T-19	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.89	0.0000
T-20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.04	0.0000
T-21	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.31	0.0000
T-22	1.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.94	0.00	0.10	0.0000
T-23	1.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	1.98	0.0000
T-24	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.69	0.0003
T-25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.14	0.0001
T-26	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.12	0.0001
T-27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.45	0.0002
T-28	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.04	0.0003
T-29	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.87	0.0000

Tabla 5.5.6 (3). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

 Resumen de Tipo de Flujo

Conducto	Longitud Ajustada /Real	- Fracción de Tiempo en Tipo de Flujo -						Número Froude Medio	Variac Media Caudal	
		Seco (Caudal 0)		Sub- Crit.	Super Crit.	Crítico				
		Todo	Ini.	Final	Ini.	Final				
T-30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.71	0.0000	
T-31	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48	0.0000	
T-32	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.87	0.0001	
T-33	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.86	3.31	0.0000
T-34	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.08	0.0002
T-35	1.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.04	0.0000
T-36	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.33	0.0001
T-37	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	1.23	0.0001
T-38	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.15	0.0000
T-39	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.58	0.0001
T-40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.93	2.74	0.0001
T-41	1.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.10	0.00	0.75	1.94	0.0002
T-42	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.69	0.0012
T-43	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.72	0.0052
T-44	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.52	0.0001
T-45	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.43	0.0001
T-46	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	1.47	0.0001
T-47	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.74	0.0001
T-48	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.84	0.0001
T-49	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	6.54	0.0000
T-50	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	3.85	0.0001
T-51	1.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	2.57	0.0001

Tabla 5.5.6 (4). Informe de estado correspondiente a los colectores de la Red de Aguas Lluvias de Comasagua. Fuente: Grupo de Investigación.

5.6. Especificaciones Técnicas para los Sistemas de Alcantarillado Pluvial y Sanitario.

5.6.1. Instalaciones Provisionales.

5.6.1.1. Alcance del Trabajo.

Se incluyen todas las operaciones que se deberán realizar para la instalación de todos los servicios temporales que sean necesarios en las obras, tales como bodegas, oficinas, instalaciones provisionales de servicios sanitarios, cercas protectoras, vallas, rótulos, etc. El contratista será quien proporcione el material, mano de obra, herramientas y equipo que sean necesarios para la correcta ejecución de todos los trabajos, así como también será responsable de presentar un plano de ubicación de dichas instalaciones para la subsiguiente evaluación por parte de la supervisión.

5.6.1.2. Materiales.

Todas aquellas instalaciones que deban proporcionar protección contra los agentes atmosféricos deberán ser construidas con materiales de buena calidad. Las estructuras serán de madera de pino o metálicas. Las paredes serán de lámina galvanizada o lámina de fibrocemento. Los techos serán de lámina galvanizada. Las estanterías o tarimas serán de madera. El piso será de suelo cemento.

5.6.1.3. Locales de Bodega y Oficina.

Las dimensiones de la bodega serán tales que se disponga del espacio necesario para almacenar los materiales y equipos necesarios en la construcción de la obra. Su ubicación debe estar lo más cerca posible de los lugares de ejecución de la obra a fin de facilitar el acarreo de materiales de la bodega a los lugares de trabajo. La oficina no tendrá menos de doce metros cuadrados.

5.6.1.4. Servicio de Energía Eléctrica, Agua Potable y Aguas Negras.

Se proveerán las tramitaciones, material, mano de obra y otros gastos necesarios para dotar de energía suficiente a la obra durante el proceso de construcción. La acometida deberá instalarse de manera que no estorbe el transporte de materiales, de preferencia subterránea, con alambre de suficiente calibre instalado dentro de "poliducto" que llegue a un contador y caja de corte, estas deberán ser protegidas por interruptores térmicos, la cual contará con los circuitos necesarios para alimentar la iluminación que sea necesaria utilizar.

Cada uno de los circuitos será independiente y estará protegido por térmicos de amperaje adecuado a cada carga. Las instalaciones provisionales deben estar funcionando antes de dar comienzo a las obras

5.6.1.5. Cercas Protectoras.

Deberán suministrarse los materiales, la mano de obra, herramientas, equipo y todo lo que sea necesario para cerrar en puntos estratégicos a lo largo de toda la tubería proyectada, el acceso al público o a cualquier otra persona que no sean sus trabajadores a los sitios de trabajo, para la cual someterá la aprobación de la supervisión un plano con sitios que se cerrarán.

5.6.2. Trazos y Nivelación.

5.6.2.1. Alcances del Trabajo.

El trazo o replanteo comprende la colocación sobre el terreno de las referencias básicas en las cuales se apoyarán las líneas, niveles, formas, dimensiones, y todos los detalles de las obras que se van a construir para garantizar de que se terminaran tal y como están representadas en los planos.

Se deberá suministrar todo el personal calificado, el equipo, herramientas y los necesarios para levantar la topografía, estacar, calcular y registrar la información requerida para controlar la ejecución de las obras, en su forma, dimensiones, elevaciones y tamaño. El personal, el equipo y los materiales deberán consistir en una cuadrilla de topografía técnicamente calificada, capaz de realizar la actividad en el plazo y con la precisión requerida. La cuadrilla estará en el proyecto siempre que sea necesario actualizar el avance en la ejecución de las

obras. El equipo estará constituido por aparatos e instrumentos de apoyo capaces de conseguir la aproximación requerida para estas mediciones.

5.6.2.2. Materiales.

Se deberá proporcionar el equipo, herramientas y utensilios necesarios; del tipo y en la cantidad necesarias para la magnitud del proyecto.

5.6.2.3. Método de Ejecución.

A. Trazo Preliminar.

El contratista establecerá tanto para el trazo preliminar como para el definitivo, un control horizontal y vertical sobre el terreno donde se ubican las tuberías y obras requeridas. Todos estos puntos se referirán a objetos físicos inamovibles y sus referencias se dejarán indicadas en libretas de topografía y en los planos.

El trazo preliminar consistirá en llevar al terreno los datos mostrados en los planos, fijando las zonas previstos para el trabajo y aquellas destinadas para otros usos, de tal manera que puedan ejecutarse las actividades preparatorias tales como limpieza, desbroces, descapote, construcción de terrazas, y otras que faciliten realizar después el trazo definitivo.

En el estado antes descrito, el contratista juntamente con el supervisor, inspeccionará el proyecto para verificar la ubicación de las obras que se construirán y determinar si con dicha ubicación se obtendrá el funcionamiento

esperado. Conocido lo anterior se levantará un acta que firmarán supervisor y contratista autorizando el trazo definitivo. O se escribirá en la bitácora existente en el lugar del proyecto.

B. Trazo Definitivo.

Para el trazo definitivo, se utilizará la red de control establecida en el trazo preliminar, así como las referencias, ángulos y coordenadas que se dan en los planos para establecer la dirección de los colectores de aguas negras, pozos de inspección, y cajas. La medición y forma de pago será por metro lineal de trazo de tubería.

5.6.3. Excavación y Compactación.

5.6.3.1. Alcance del Trabajo.

Consiste en la excavación y relleno compactado, bajo y sobre las tuberías y obras adicionales que así lo requieran, en los sitios indicados en los planos o por el propietario.

5.6.3.2. Método de Ejecución.

A. Excavación.

La excavación de las zanjas se llevará a cabo con equipo mecánico apropiado cuando sea posible. Los taludes de las excavaciones deben ser verticales o

inclinados hacia el exterior si es necesario para su estabilidad. El ancho de la zanja deberá ser igual o mayor a 1.5 veces el diámetro de la tubería, pero nunca menor a 0.60 m. El material excavado deberá ser colocado a una distancia que no comprometa la estabilidad de la zanja y que no propicie su regreso a la misma, sugiriendo una distancia del borde de la zanja equivalente a la profundidad del tramo no entibado y no menor de 40 cm.

Los taludes de las excavaciones deben ser verticales o inclinados hacia el exterior si es necesario para su estabilidad. El contratista debe proteger las excavaciones de posibles derrumbes que pudieran ocasionar daños al personal que labora en el proyecto, así como a la misma excavación.

Cuando se hagan zanjas en terrenos inestables y/o, profundidades mayores de 1.50 metros o con piedras que sobresalgan de las paredes del zanjo, se colocaran ademes de madera, metal o cualquier material adecuado que soporten los empujes causados por derrumbes de las paredes de la zanja.

Las características, y formas serán definidas por el Supervisor, y el Contratista, siendo este el único responsable de los daños y perjuicios que directamente o indirectamente se deriven por fallas de los ademados. Todos los gastos de compra de materiales de construcción, instalación y desmontaje de los mismos, correrán por cuenta del Contratista.

La medición y forma de pago será por metro cúbico de excavación, tanto manual como de forma mecánica.

B. Compactación con Suelo Natural.

El procedimiento usado será el tendido de capas de suelo de calidad y homogeneidad aprobadas, con un espesor tal que se compruebe que es posible alcanzar la compactación especificada con el equipo usado. El contenido de humedad del suelo deberá estar a $\pm 2\%$ del óptimo y el grado de compactación el 90% del obtenido de acuerdo a la norma AASHTO sección T-180.

La selección y control de calidad del material de relleno será avalada por un laboratorio de suelos y materiales, que deberá ser contratado previo al inicio del proyecto por parte del contratista, para actividades de diseños de mezcla y elaboración de ensayos Proctor.

C. Suelo-Cemento.

Cuando se indique este tipo de mejoramiento por parte de supervisión y/o laboratorio de suelos y materiales, el suelo cemento se elaborará con una mezcla de suelo inorgánico aprobado, mezclando uniformemente en una proporción 20:1 (5%) de cemento con un contenido de humedad de $\pm 2\%$ del óptimo obtenido de acuerdo al ensayo de referencia AASHTO T-134. La mezcla de los componentes se hará con el cemento en seco y el suelo adecuadamente húmedo para que se pueda obtener una mezcla homogénea. El proceso completo de compactación no será mayor a dos horas luego de iniciada la mezcla de suelo con el cemento. La mezcla de suelo cemento debe compactarse uniformemente hasta obtener un

porcentaje del 95% obtenido de acuerdo a norma AASHTO T-134; teniendo en cuenta para este tipo de compactaciones el curado de capas.

Cuando sea necesaria una suspensión parcial de la elaboración de una capa por más de 24 horas, deberá realizarse una junta de construcción transversal, cortando una cara aproximadamente vertical en la capa anteriormente terminada si es de forma longitudinal, si esta se presenta en elevación deberá ranurarse la parte superficial de la última capa y humedecerse para hacer el tendido de la siguiente.

El contenido óptimo de humedad de los diferentes materiales para alcanzar la densidad requerida, será obtenida en base a pruebas de laboratorio; es responsabilidad del ejecutante determinar si la humedad del material al momento de su compactación es o no la conveniente.

Deberán efectuarse ensayos de densidad aleatoriamente, entregando los resultados a la mayor brevedad posible; en caso de resultados inferiores a los especificados, se llevarán a cabo los trabajos necesarios para llegar al grado de densidad especificado.

Antes de ejecutar la prueba de la tubería se compactará manualmente hasta una altura de 0.30 metros sobre el tubo en la forma ya indicada anteriormente. Se deberá dejar libres las juntas espiga-campana para observar las posibles fugas, el resto del relleno se ejecutará en forma descrita en el Relleno Compactado. La medición y forma de pago será por metro cúbico de compactación. Ya sea que esta se realice de forma manual o mecánica.

D. Desalojo de Material de Desplante.

Este trabajo consiste en el desalojo fuera de los terrenos de la construcción del material extraído de las excavaciones y que no pueda ser usado en otras partes de la construcción. El trabajo incluye el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipo y servicios necesarios para la ejecución completa y correcta de los trabajos.

5.6.4. Concreto.

5.6.4.1. Alcance del Trabajo.

El trabajo de esta sección incluye la provisión de todos los materiales, mano de obra, equipo, servicios y cualquier otro trabajo necesario para la completa ejecución de todas las obras de concreto simple o reforzado, según se indica en los planos y en estas especificaciones.

Se deberá de proveer de transporte, colocación, colado, vibración, protección, curado y acabados de la superficie, desencofrados, suministros y colocación de acero de refuerzo.

Sin que esto limite la generalidad de lo anteriormente expuesto, el trabajo incluye los siguientes:

- a. Losetas de protección y canales.
- b. Cimentación de cajas de registro y pozos de visita.

- c. Soleras intermedias y de coronamiento de cajas de registro y pozos de visita.
- d. Cunetas.

5.6.4.2. Composición de Concreto.

El concreto que se utilice en las obras tendrá una resistencia a la compresión a los veintiocho días equivalente a 210 Kg/cm². El control de calidad de concreto será responsabilidad del laboratorio de suelos y materiales que preste los servicios al contratista. El diseño de la mezcla y el proceso de construcción de las estructuras de concreto se deberá regir por todas las normas pertinentes de ASTM, AASHTO y ACI, el promedio de resistencia requerido en el diseño de la mezcla ($f'c$), deberá cumplir la norma ACI-318R 08, sección 5.2, basado en el estudio estadístico de las resistencias obtenidas anteriormente

5.6.4.3. Materiales.

A. Cemento.

Se usará cemento "Portland" tipo I, de calidad uniforme que llene los requisitos de la norma ASTM C-150. El cemento será entregado en la obra en su empaque original y será almacenado bajo techo sobre plataformas que se encuentren 15 cm. por encima del suelo, asegurando protección contra la humedad. No se aceptará el cemento contenido en bolsas abiertas o rotas. El contratista deberá

usar el cemento que tenga más tiempo de estar almacenado, antes de usar el almacenado recientemente.

El cemento en sacos no se almacenará en pilas de más de diez sacos y se dispondrán en forma tal que permita el fácil acceso para la correcta inspección e identificación.

B. Agregados.

Los agregados para concreto llenaran los requisitos descritos en la norma, ASTM C-33. El agregado grueso deberá de ser, de piedra triturada proveniente de roca compacta; no se aceptará grava que presente aspecto laminar. El tamaño máximo de los agregados no será mayor que $1\frac{1}{2}$ veces la dimensión más angosta entre los lados de los encofrados, ni $\frac{3}{4}$ de la separación entre las barras o paquetes de barras de refuerzo. El agregado fino será arena de granos duros, carente de impurezas, su módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.0. La granulometría de los agregados gruesos y finos quedará dentro de los límites indicados en la designación ASTM C-33.

Los tipos y grados de concreto serán los mismos en todo el trabajo; si por alguna circunstancia fuere necesario usar otros, se comunicará a la supervisión, y se hará un nuevo diseño de mezcla por un laboratorio aprobado por la supervisión. La procedencia de los agregados deberá mantenerse durante toda la construcción. Si fuere necesario cambiarla deberá someterse a la aprobación de la supervisión y realizar un nuevo diseño de mezcla.

C. Agua.

El agua será limpia (potable) y sin cantidades nocivas de aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica.

D. Aditivos.

Antes de emplear cualquier aditivo, se efectuarán ensayos previos de cilindros, para verificar el comportamiento del concreto combinado con dicho aditivo. Durante todo el periodo de los trabajos ejecutados con aditivos. Deberá llevar un control continuo de las proporciones de la mezcla y de la calidad del producto adicional usado.

E. Mampostería de Elementos de Barro Cocido.

Los ladrillos de barro macizo hechos a mano tendrán las dimensiones 7x14x28 cm., y cumplirán con las especificaciones AASHTO MI 14 para la clase NW, con la siguiente modificación: Carga mínima de ruptura a compresión 50 Kg/cm² determinada de conformidad a ASTM C67; 90 Kg/cm² para el mortero.

5.6.4.4. Procesamiento de Concreto.

A. Diseño de Mezclas de Concreto.

El concreto de los elementos estructurales primarios deberá ser premezclado y el suministrante garantizará la resistencia y calidad de concreto. Cuando se fabrica en la obra, las mezclas de concreto deberán ser diseñadas por un laboratorio designado por la Supervisión para tal efecto, que tendrá a su cargo un control de la calidad del concreto colocado, tomando muestras cilíndricas y sometiéndolas a pruebas de compresión.

La resistencia cilíndrica a la compresión requerida por el proyecto es de 210 kg/cm². La resistencia promedio requerida para el diseño de las mezclas se determinará de acuerdo a la sección 5.3 del American Concrete Institute (ACI 318). Esta resistencia deberá ser comprobada por medio de especímenes preparados, curados y sometidos a prueba de conformidad con las normas American Society for Testing and Materials (ASTM) C 31, C 39, C 172. Por lo menos se harán tres cilindros por cada 12 metros cúbicos o de acuerdo con las necesidades de la obra. De las tres muestras una se someterá a la prueba de compresión a los 7 días y las otras dos se probarán a los 28 días, excepto cuando se usare algún aditivo acelerante, en cuyo caso las edades de prueba serán 3 y 14 días respectivamente. La aceptación del concreto en cuanto a su resistencia se hará en base a la sección 5.6 del ACI 318. En caso de que los resultados no sean satisfactorios se procederá a pruebas no destructivas. Si persistiese la

duda, se procederá a la extracción y prueba de núcleos de concreto endurecido, según la norma ASTM C 42, y los huecos se rellenarán con mortero epóxico.

Podrán utilizarse aditivos químicos para mejorar las propiedades del concreto, siempre y cuando cumplan con la norma ASTM C 494. Como documento de apoyo en esta sección se adopta el reglamento ACI 318 más reciente al momento de ejecutar el proyecto y los requisitos del Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de la República de El Salvador.

B. Ensayos.

Todo el concreto será controlado y mezclado en proporción tal que asegure una resistencia a la compresión de ruptura a los 28 días igual a la especificada en los planos estructurales o en estas especificaciones. Para ello el promedio de los ensayos debe ser igual o mayor que el f'_c y además cumplir con la norma ACI 318R-92, sección 5.6.

El contratista deberá presentar su proporción y los resultados de los cilindros de prueba correspondientes por lo menos con 30 días de anticipación a su uso, para que se proceda a la fabricación y prueba de los especímenes.

C. Dosificación.

El concreto será dosificado por peso o volumen, de preferencia por peso. El diseño de la mezcla será efectuado por el laboratorio indicado por la supervisión,

usando los materiales que el contratista haya acopiado en el lugar de la obra, con el cemento y el agua que realmente empleará en la construcción. La granulometría y la proporción entre los diferentes componentes serán determinadas por el diseño de la mezcla, a manera de obtener la resistencia especificada.

El concreto deberá fabricarse siguiendo las proporciones de diseño y las mezclas obtenidas deberán ser plásticas y uniformes. El revenimiento de las mismas estará de acuerdo al diseño, al elemento que se fabrica, al sistema de colocación y al uso de aditivos. En la dosificación del agua para la mezcla se tomará en cuenta el estado de humedad de los agregados al momento del uso.

En ningún momento las mezclas podrán contener agua en cantidad mayor de la establecida en el diseño.

El contratista podrá usar concreto premezclado en cuyo caso deberá cumplirse con las normas "Standard Specifications For Ready Mixed Concrete", ASTM C94. Además, el contratista deberá proporcionar a la supervisión copia de las especificaciones técnicas del contrato celebrado con la empresa que efectuará el suministro, así como las curvas de resistencia a la compresión correspondientes a la mezcla contratada.

D. Preparación y Colocación del Concreto.

El concreto se preparará exclusivamente con mezcladoras mecánicas de tipo apropiado y solo en la cantidad que sea necesaria para el uso inmediato. No

podrá usarse el concreto que no haya sido colocado en su sitio a los 30 minutos de haber añadido el agua al cemento para la mezcla. El concreto premezclado que haya sido entregado en la obra en camiones mezcladores podrá colocarse en el término de 90 minutos, calculados desde el momento en que se ha añadido el agua al cemento. Los tiempos aquí indicados serán ajustados adecuadamente en caso de usarse aditivos en la mezcla.

No se colocará ningún concreto hasta que la supervisión haya aprobado la profundidad y condición de las fundaciones, los encofrados y apuntalamiento y la colocación del refuerzo, según sea el caso. El contratista será responsable de dar aviso escrito a la supervisión con 48 horas de anticipación al día en que se requiera la inspección.

El método de colocación del concreto será tal que evite la posibilidad de segregación o separación de los agregados. Si la calidad del concreto, cuando este alcance su posición final, no es satisfactoria, se discontinuará y ajustará al método usado en la colocación, hasta que la calidad del concreto sea satisfactoria.

Todo concreto será compactado por medio de vibradores mecánicos, cuyo diámetro sea adecuado al espaciamiento de la armadura y encofrado con frecuencia de vibración no menor de 3600 rpm, los cuales deberán estar en buenas condiciones de funcionamiento y en cantidad adecuada, para que las operaciones de colocado procedan sin demora. La vibración deberá ser suficientemente intensa para afectar visiblemente el concreto dentro de un radio

mínimo de 60 cm, alrededor del punto de aplicación, pero no deberá prolongarse demasiado para evitar la segregación de los agregados.

Cualquier sección del concreto que se encuentre porosa, o haya sido revocada, o sea defectuosa en algún otro aspecto, deberá removerse y reemplazarse en todo o en parte, enteramente a costa del contratista, según lo ordene la supervisión.

Se permitirán juntas de colado en los puntos de esfuerzos constantes mínimos, en caso de puntos delicados deberán tenerse las precauciones siguientes:

- Escarificar y limpiar la superficie de concreto existente.
- Aplicar resina epóxica para unir concreto nuevo con viejo.
- Proveer estribos diagonales adicionales.

E. Mortero.

El mortero consistirá en una mezcla de una parte de cemento Pórtland bajo la norma ASTM C91 Tipo M; tres partes de agregado fino en proporción volumétrica, de consistencia que pueda manejarse fácilmente. Los morteros tendrán las siguientes proporciones en volumen y según el uso que le dará, en:

MAMPOSTERIA DE PIEDRA	1 cemento : 4 arena
MAMPOSTERIA DE LADRILLO DE BARRO	1 cemento : 3 arena
REPELLOS	1 cemento : 3 arena
AFINADOS	1 cemento : 1 arena
PULIDOS	Pasta de Cemento

Tabla 5.6.1. Proporciones volumétricas para mortero.

F. Repello.

Se aplicará en las paredes de los pozos. Las estructuras de concreto serán picadas, limpiadas y mojadas antes de la aplicación del repello.

Todas las superficies deberán ser humedecidas antes de recibir el repello y éste tendrá un espesor máximo de 1.5 cm. y será curado durante un período de tres días continuos.

Donde se especifiquen repellos éstos deberán ajustarse como en paredes, empleando una proporción cemento a arena (1:3). Cuando se trate de un muro de contención deberá dejarse un espacio no menor de 0.50 m entre el corte y la mampostería.

Los repellos al estar terminados deben quedar nítidos, limpios, sin manchas, parejos, a plomo, sin grietas, depresiones e irregularidades y con las esquinas vivas. No se permitirá el uso de una mezcla que tenga más de 30 minutos de

preparada ni el retemplado de las mismas. La arena deberá ser graduada y pasar al tamiz de 1/16”.

G. Afinado.

Para los afinados se utilizará una mezcla de cemento y arena en las siguientes proporciones: una parte de cemento y una de arena graduada, que será cernida en tamiz de 1/64". Los afinados se harán con acabado a liana de metal y para poder efectuar el afinado, la pared debe estar completamente mojada y previamente repellada.

H. Pulidos.

Para los pulidos se utilizará pasta de cemento de consistencia trabajable y con un espesor máximo de 1.5 milímetros. Para poder efectuar el pulido la pared debe estar completamente mojada y repellada. La pasta no se podrá retemplar, ni se utilizará cuando tenga más de 30 minutos de preparada, su curado durará tres días.

5.6.4.5. Encofrado.

Podrán usarse encofrados de madera, los encofrados de madera, serán diseñados y contruidos con suficiente resistencia para soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos después de su colocación y

para lograr la seguridad de los trabajadores. Los encofrados deberán ser firmes y bien ajustados a fin de evitar escurrimientos y en tal que permanezcan alineados sin deformarse ni pandearse.

Se deben revisar planos de taller para encofrados antes de su autorización, preferiblemente con un diseño que garantice la resistencia estructural de los mismos. Una vez instalados se debe verificar que sus dimensiones coincidan con la sección transversal de los elementos de concreto y que estén limpios interiormente. Conviene recomendar ventanas en el fondo de los moldes para una mejor limpieza previa al colado.

Se deberá verificar la hermeticidad de los moldes antes de autorizar el colado. En el desencontrado la atención de la supervisión debe centrarse en la observación de daños en el concreto, tales como colmenas y segregación (pérdida de helado). No debe permitirse ningún resane sin la aprobación escrita del supervisor. En caso de daños importantes deben aplicarse los criterios que al respecto establezcan las especificaciones técnicas.

Se utilizará madera de pino o moldes metálicos, con una estructuración adecuada y conforme un diseño basado en el ACI 347, de madera que soporten las cargas laterales del empuje del concreto, así como las gravitacionales ocasionadas por el peso de los materiales y la carga viva actuante durante el colado.

5.6.4.5. Curado de Concreto.

Se deberá prestar especial atención a la curación del concreto, iniciando el curado tan pronto como haya fraguado suficientemente como para evitar daños, y nunca después de pasadas 4 horas de su colocación. La curación del concreto deberá durar 7 días como mínimo a menos que se compruebe por medio de la ruptura de cilindros que ha alcanzado la fatiga promedio requerida.

5.6.5. Acero de Refuerzo.

5.6.5.1. Alcance del Trabajo.

El contratista suministrará y colocará todo el acero de refuerzo como está especificado en esta sección o mostrado en los planos.

Todo el trabajo se hará de acuerdo con el código del ACI-318, a menos que se especifique o detalle en otra forma. Se incluye también los amarres, separadores y otros accesorios para soportar y espaciar el acero de refuerzo.

5.6.5.2. Trabajo Incluido.

Deberá cumplir con las especificaciones estándar para varillas de refuerzo en concreto armado ASTM A-615, así como la especificación A-305, para las dimensiones de las corrugaciones su esfuerzo de fluencia de 2800 kg/cm².

El acero de refuerzo deberá estar libre de defectos de manufactura y su calidad deberá estar garantizada por el fabricante y justificado por el contratista, antes de su uso, por medio de pruebas realizadas en el material entregado a la obra.

A. Colocación del Refuerzo.

El contratista cortará, doblará y colocará todo el acero de refuerzo, de acuerdo con lo que indiquen los planos y especificaciones o como ordene la supervisión. Todo el refuerzo deberá estar libre de óxido suelto; de aceite, grasa u otro recubrimiento que pueda destruir o reducir su adherencia con el concreto. Se utilizarán, cubos de concreto, separadores, amarres, etc., para asegurar la posición correcta del refuerzo y evitar su desplazamiento durante el colado.

B. Doblado.

Todas las barras deberán ser rectas, excepto donde se indique en los planos; los dobleces se harán en frío, sin excepción. El doblado de las barras de refuerzo deberá hacerse cumpliendo con las especificaciones ACI 318. Las barras normalmente no llevarán ganchos en sus extremos, excepto donde se indique en los planos.

C. Estribos.

Los estribos se construirán estrictamente en la forma en que están indicados en los planos. No se permitirá calentar las barras antes de doblarlas para formar los estribos; para ejecutar estos dobleces deberán utilizarse dobladores especiales, que no dañen el acero.

D. Limpieza y Protección del Refuerzo.

El acero de refuerzo deberá estar limpio de oxidación, costras de concreto de colados anteriores, aceites, tierra o cualquier elemento extraño que pudiera reducir la adherencia con el concreto. En caso contrario, el acero deberá limpiarse con un cepillo de alambre o con algún disolvente cuando se trate de materias grasosas. Por ningún motivo, una vez aprobada la posición del refuerzo, se permitirá la colocación de cargas y el paso de operarios o carretillas sobre los amarres, debiendo utilizarse pasarelas que no se apoyen sobre el refuerzo y así evitar que se deformen o pierdan la posición correcta en que fueron colocados y aprobados.

E. Almacenaje.

Inmediatamente después de ser entregado el acero de refuerzo será clasificado por tamaño, forma, longitud o por su uso final. Se almacenará en estantes que no toquen el suelo y se protegerá en todo momento de la intemperie.

F. Pruebas del Acero de Refuerzo.

De cada lote de diferente diámetro del acero de refuerzo entregado en la obra, se tomarán tres probetas que deberán ser proporcionadas por cuenta del contratista para ser sometidas a pruebas para acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones ASTM A370.

5.6.6. Red de Tubería.

5.6.6.1. Alcance del Trabajo.

A. Cajas de Conexión.

Este trabajo comprende la construcción de pozos de visita y cajas conexión para aguas negras y aguas lluvias, incluyendo toda la mano de obra, suministro de materiales, herramientas y equipo necesarios para ello.

B. Tubería de PVC (Cloruro de Polivinilo).

Se refiere al suministro y colocación de las tuberías de aguas negras y aguas lluvias que conlleva los distintos ramales de conducción de las mismas.

Incluye toda la mano de obra, suministro de materiales, herramientas y equipo necesarios para la colocación de las tuberías indicadas en los planos, así como el tipo de asiento.

5.6.6.2. Materiales.

A. Cajas de Conexión.

El ladrillo de barro hecho a mano será del tipo calavera de 14 x 28 x 9 cm, el cual se colocará de acuerdo a los planos. El cemento y la arena cumplirán con lo especificado en la sección 5.6.4, y el acero con lo indicado en la sección 5.6.5.

B. Tuberías de PVC.

B.1. Tubería de Aguas Negras y Aguas Lluvias.

Las tuberías de aguas negras tendrán un diámetro de 8" y 6"; y las de aguas lluvias tendrán un diámetro de 15" y 24" y serán colocadas a la profundidad y con la pendiente indicada en los planos, cumplirán con las especificaciones ASTM D-1784 y ASTM D-2321 "Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe Sewers and Other Gravity Flow Applications", por lo que en lugar de junta encementada se utilizará tubería de junta rápida por ser esta opción más práctica y segura de usar.

5.6.6.3. Método de Ejecución.

A. Cajas de Conexión.

Todas las cajas se construirán de ladrillo de barro tipo calavera puesto de lazo, con tapadera de concreto. En las cajas de conexión se construirán primero la fundación que será de concreto reforzado, con una resistencia a la compresión

$f'c=180 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. Sobre la fundación se levantarán las paredes y se picará la losa de fondo para verter sobre ella concreto simple de $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$ el cual será perfilado en forma de canal semicircular para encauzar las aguas hacia el tubo de descarga con una pendiente no inferior a la del mismo tubo.

Sus paredes interiores serán repelladas y afinadas. El mortero para el pegamento de ladrillo y repello será 1:3 (cemento y arena) y el afinado se hará con una proporción de una parte de cemento a 2 de arena, tamizada con malla 1/32". Las tapaderas se harán de concreto de 8 cm de espesor, reforzadas con varillas de 3/8" @ 15 cm en ambas direcciones, el concreto tendrá una resistencia a la compresión de 180 kg/cm^2 a los 28 días.

B. Tubería de PVC.

Antes de colocar la tubería, deberá haberse completado el asiento de conformidad con lo indicado en los planos y estas especificaciones. La tubería debe ensamblarse en la zanja una vez colocada en el fondo, tomando en cuenta las características de flexibilidad de las tuberías termoplásticas.

- **Instalación de Tuberías.**

Las tuberías de PVC deberán instalarse a las cotas, pendientes longitudinales y detalles indicados en los planos. Cuando no se especifique claramente, el fondo de la zanja se deberá conformar cuidadosamente según el perfil de la cara inferior

de la tubería, de manera que al colocar la tubería ésta quede apoyada en todo su cuerpo y no solo sobre sus campanas o uniones, además la superficie de apoyo deberá ser uniforme y libre de piedras o protuberancias que puedan dañar la tubería.

En los casos de zanjas profundas mayores de 2 metros, se recomienda las tuberías sean bajadas por lazos en sus extremos. Las tuberías de PVC se deberán instalar usando herramientas y equipos apropiados y de acuerdo con las instrucciones del fabricante especialmente en lo que se refiere a la limpieza de los extremos, colocación de los empaques, aplicación de los lubricantes, ensamblaje de las juntas y forma de ejecutar la colocación. Los extremos de la tubería deberán ser cortes a escuadra, uniformes y libres de suciedad, aceite o grasa.

Las juntas se deberán unir de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La medición y forma de pago correspondiente a las instalaciones de las será efectuado por metro lineal.

C. Pozos de Visita.

Los pozos de visita se construirán conforme a lo indicado en los planos. Los pozos constan de las siguientes partes:

- ✓ Base del pozo
- ✓ Cilindro Principal
- ✓ Chimenea o cono de acceso

- ✓ Otros elementos: escalones de barras de acero y tapaderas.

Esencialmente se considerarán dos diferentes tipos de pozos llamados:

- ✓ Pozos sin refuerzo
- ✓ Pozos con refuerzo

El pozo sin refuerzo se utilizará, sin importar el diámetro de las tuberías a él conexas, para profundidades menores de 6.0m. El diámetro interno de los pozos sin refuerzo será de 1.20m. La base del pozo será construida en mampostería de piedra con espesor de 0.40m., mientras que el cilindro principal y la chimenea de acceso serán construidos en mampostería de ladrillo.

La mampostería de ladrillo de obra será tipo trinchera como se muestra en los planos y el mortero utilizado será de 1:4. Además las paredes interiores llevarán repello con mortero 1:3 y en su fondo tendrá 5 cm de concreto simple.

En el caso de los pozos con refuerzo se utilizarán soleras de coronamiento de 30x25 centímetros compuestas por 4 varillas de acero de 1/2" de diámetro y estribos con 1/4" de diámetro cada 15cm, según como lo indican los planos. Otro detalle de estos pozos es el uso de vigas como parte del refuerzo, las cuales se detallan en los planos. El concreto usado será $f'c$ de 210 kg/cm².

Además, se construirán cajas de sostén en los dos tipos de pozos de visita siempre que el desnivel entre cualquier tubería de entrada y el fondo exceda de 1.0 metros.

Se colocarán estribos con barras de acero de 5/8" de diámetro para habilitar las escaleras de acceso. Además, se colocará tapaderas de hierro fundido de 0.6 metros de diámetro, para ambos tipos de pozos.

Los pozos de visita deben cumplir con las pruebas de infiltración y estanqueidad que efectuará la supervisión del proyecto.

La medición y forma de pago para los pozos de visita será por metro lineal o por unidad, dependiendo de la parte del pozo que se ha construido.

- **Albañilería.**

El trabajo de esta sección incluye la provisión de todos los materiales, mano de obra, equipo, servicios y cualquier otro trabajo necesario para la ejecución de todas las obras de concreto simple o reforzado, según se indica en los planos y estas especificaciones.

- **Ladrillos de Barro.**

Los ladrillos deberán ser sólidos, sanos, bien formados, de tamaño uniforme y sin grietas o escamas. Deberán cumplir con las normas ASTM C-62 Y C-67. Los ladrillos serán construidos a máquina o a mano, bien cocidos, de dimensiones 7cm x 14cm x 28cm y resistencia a la ruptura por compresión igual o mayor de 80Kg/cm². El mortero a utilizar tendrá una proporción cemento arena de 1:4.

5.6.7. Remoción y Reparación de Adoquinados.

5.6.7.1. Descripción.

En la remoción de pisos o pavimentos adoquinados, obligada por la construcción de las obras, se deberá retirar los adoquines con el cuidado de no dañarlos para utilizarlos de nuevo. Se protegerá los adoquines y arena extraída para su reutilización.

Se evitará asimismo que la erosión provocada por la lluvia dañe el adoquinado inalterado. Los adoquines dañados durante la remoción serán sustituidos por nuevos, de calidad y dimensiones iguales a los existentes. Si es necesario utilizar nueva arena para soporte de los adoquines, deberá ser arena limpia, de río que llene los requisitos de granulometría siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100
No. 4	95 – 100
No.16	45 – 80
No. 50	10 – 30
No.100	2 – 10

Tabla 5.6.2. Granulometría Para Colchón de Arena en Adoquinado. Fuente: Especificaciones técnicas de adoquinado

La arena y tierra para juntas deberá ser material fino y limpio, que llene los requisitos de granulometría siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
No. 8	100
No.50	15 - 40
No. 100	0 - 10
No.200	0 - 5

Tabla 5.6.3. Granulometría para material a usar en Juntas. Fuente: Especificaciones técnicas de adoquinado

La reconstrucción del adoquinado, se hará como sigue:

- a. Sobre la base preparada, que puede requerir un tratamiento de suelo-cemento de acuerdo a la calidad del pavimento a restituir, se colocará una capa soporte de arena de 25 a 35 milímetros de espesor; sobre esta capa de arena se colocarán los adoquines, dejando entre ellos una separación de 5 a 10 milímetros.
- b. Las juntas se rellenarán utilizando el 60% de arena y al 40% de tierra, según las especificaciones anteriores.
- c. Una vez colocadas y selladas las juntas de los adoquines, es conveniente pasar sobre ellos, ya sea una aplanadora de rodillos metálicos o neumáticos, o en su defecto camiones cargados, hasta conseguir la correcta nivelación y acomodo de los adoquines. Si es necesario con ayuda de un rodillo vibratorio se podrá acomodar el material de sellado de las juntas.

- d. Si el pavimento a restituir tiene juntas ligadas o zulaqueado con mortero o pasta de cemento, el pavimento nuevo deberá cumplir con los mismos requerimientos.
- e. El relleno de las juntas se debe repetir hasta lograr una junta perfecta, necesaria para la estabilización de los adoquines. El piso o pavimento terminado, deberá estar de acuerdo con los niveles indicados en los planos con una tolerancia en más o menos de 5 milímetros.
- f. En los lugares donde existen depresiones, que sobrepasen la tolerancia indicada, y que se hayan retirado los adoquines y colocados nuevamente, éstos se retirarán corrigiéndose las deficiencias y repitiendo el proceso de construcción indicado.
- g. Una vez finalizados los adoquinados, deberán dejarse limpios y en perfectas condiciones; toda la grasa, polvo y costras, deberán ser removidas cuidadosamente de su superficie. Además, el Contratista deberá protegerlos de agrietamientos, roturas, y cualquier daño hasta la entrega final de la obra.
- h. Cualquier defecto deberá ser corregido o reemplazado, sin que por ello el Contratista reciba pago adicional alguno.

5.6.8. Remoción y Reparación de Empedrados.

5.6.8.1. Descripción.

En la remoción de empedrados, obligada por la construcción de la obra, se deberá remover el empedrado acopiando las piedras para su reutilización. El empedrado reparado deberá quedar correctamente nivelado y las piedras debidamente acomodadas, y cuando menos en condiciones similares a las que tenía antes de su remoción.

5.6.9. Mampostería de Piedra.

5.6.9.1. Generalidades.

Los trabajos de mampostería se refieren a la construcción de muro, cabezales, protecciones, cimientos, soportes, canales, etc.

5.6.9.2. Materiales.

Las piedras a utilizar tendrán una resistencia a la rotura no inferior a 150Kg/cm^2 y deberán estar libres de grietas, aceites, tierra y otros materiales que reduzcan su resistencia e impidan la adherencia del mortero. El tamaño de las piedras no podrá ser menor de 0.20 metros por lado (0.008 m^3), serán preferiblemente de forma cúbica, pero en caso contrario su lado mayor no podrá ser superior a 1.5 veces el lado menor. En general las piedras serán de cantera y de una dureza

que no de un desgaste mayor al 50% al ser sometido a la prueba de Los Ángeles ASSHTO, designación T-96-65 (ASTM C-131-64-T).

El mortero a utilizar tendrá una proporción cemento-arena de 1:4. No se permitirá el uso del mortero que haya permanecido más de 30 minutos sin usar después de haber iniciado su preparación.

5.6.10. Remoción y Reparación de Asfalto.

El material producto de la ruptura de pavimentos de asfalto no usado posteriormente en la reconstrucción del pavimento, por lo que deberá retirarse hasta el banco de desperdicio.

Después de realizada la compactación de zanjas, deberá reemplazarse la superficie de asfalto donde fue efectuado el corte. Dicho reemplazo se ejecutará con un espesor igual al existente.

Se retirarán los escombros o material sobrante a sitios aceptados por la Supervisión. Su medición y forma de pago será por metro lineal.

5.6.11. Prueba Hidráulica.

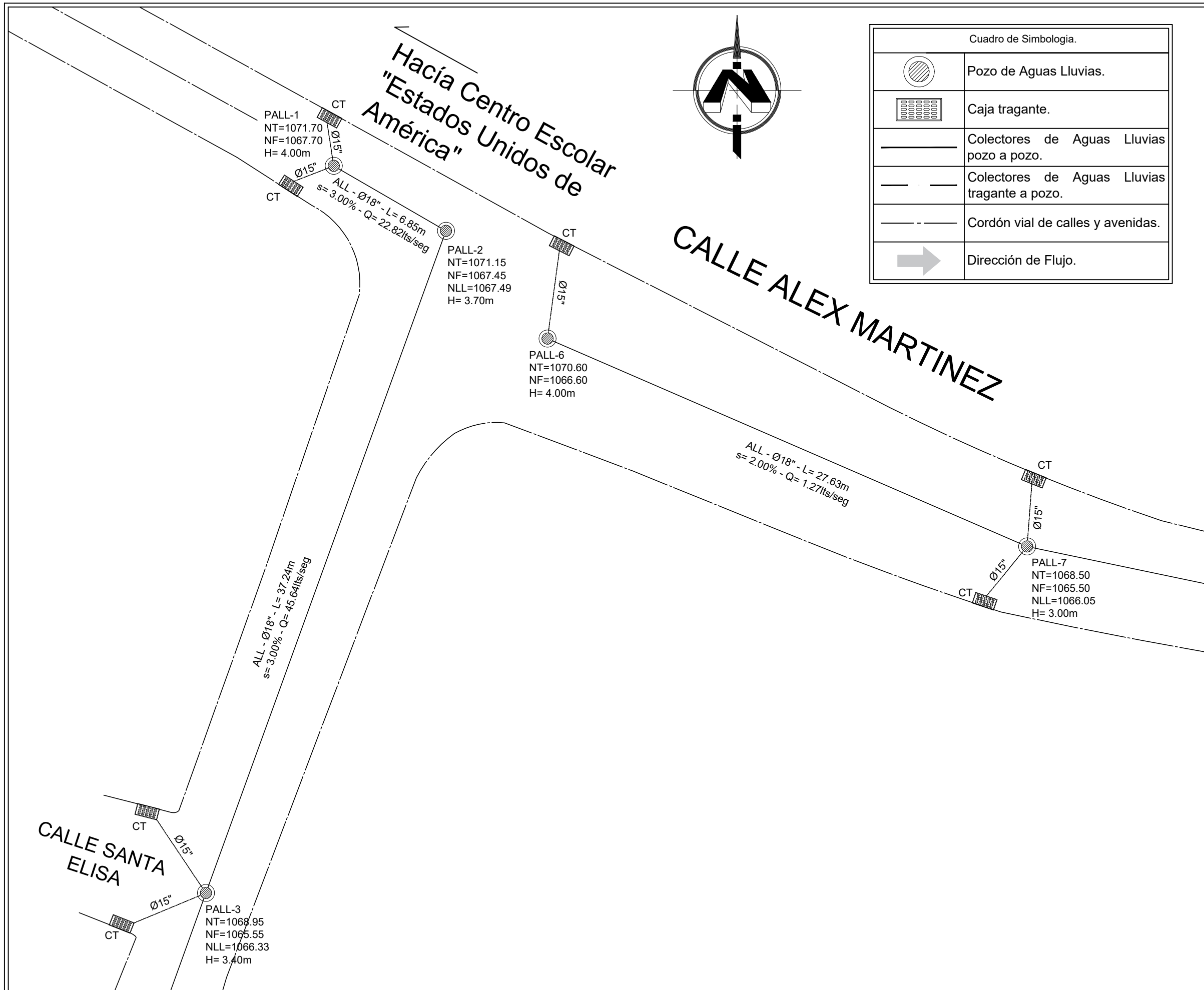
5.6.11.1. Prueba Hidráulica para Alcantarillado.

Para tubería de aguas negras, se comprobará la correcta instalación y estanqueidad de la tubería, juntas, derivaciones y demás accesorios instalados, aplicando al conjunto una presión hidrostática mínima equivalente a la carga que

genera el pozo de mayor nivel con una carga de un metro de profundidad de agua, para lo cual deberá estar taponeado el inferior y así sucesivamente ir probando los diferentes tramos que componen el proyecto, la cual deberá mantenerse sin variación por un lapso no menor de una hora.

Durante la prueba, todas las instalaciones sometidas a ella, deberán estar visibles, a excepción de los tramos lisos (sin juntas, derivaciones o accesorios) de la tubería, los cuales deberán tener el relleno inicial (los primeros 30 centímetros) con el objeto de darle firmeza al conjunto. de pago para la mampostería de piedra será por metro cúbico.

5.7. Planos y Detalles de Alcantarillado Pluvial.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

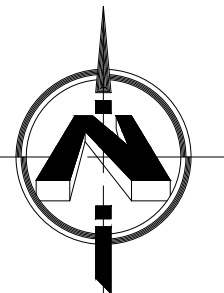
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200 Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Avenida Francisco Quiteño y Calle Alex Martínez. 1/32



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

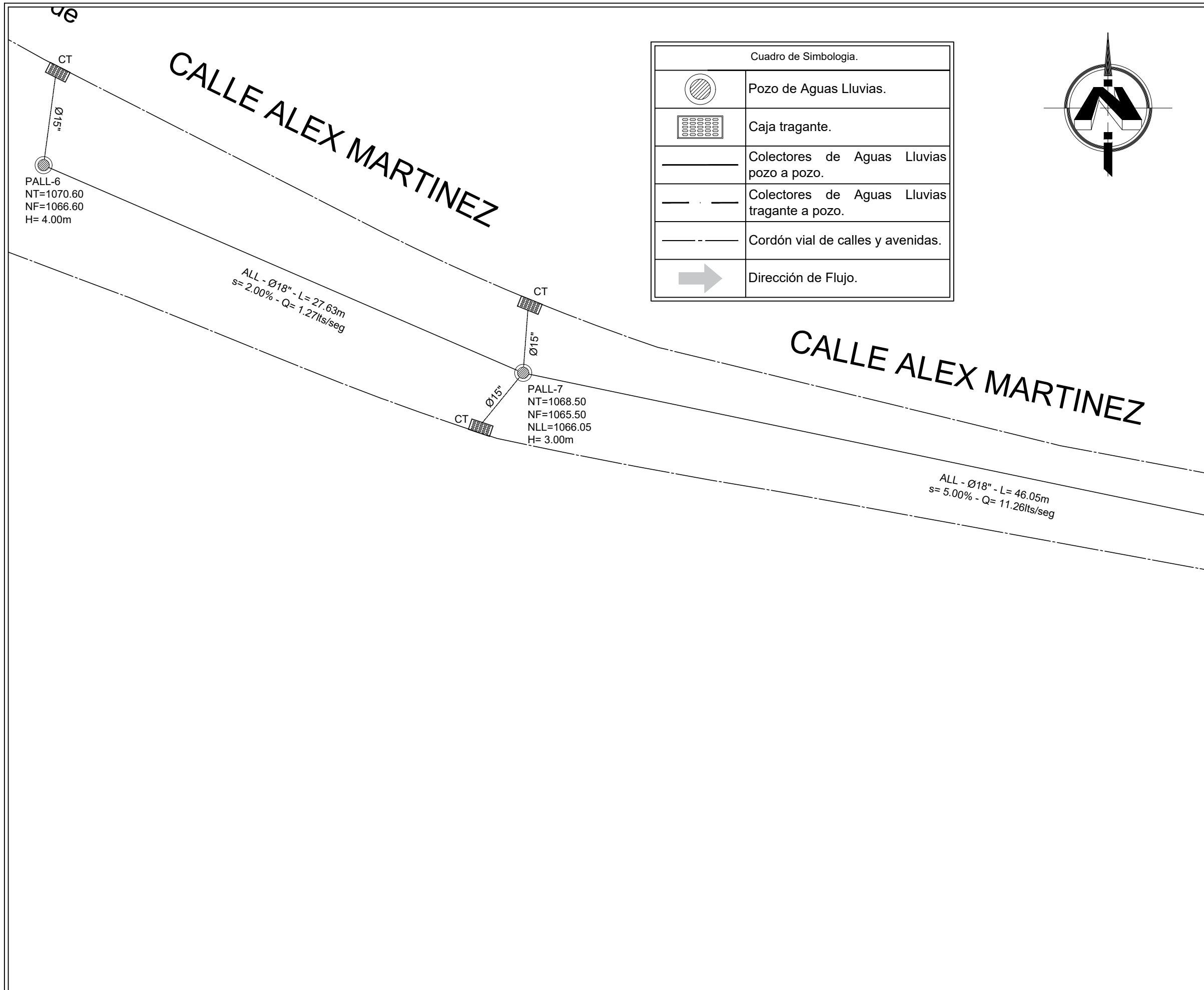
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

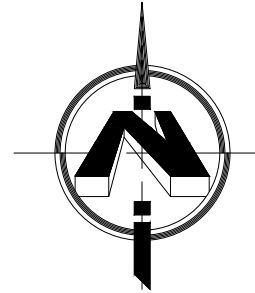
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 2 32
Ubicación: Avenida Francisco Quteño.		



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 3 / 32
Ubicación: Calle Alex Martínez.		

ALEX MARTINEZ

CALLE ALEX MARTINEZ

AV. LOS ENCUENTROS

ALL - Ø18" - L= 46.05m
s= 5.00% - Q= 11.26lts/seg

PALL-8
NT=1065.90
NF=1062.30
NLL=1063.20
H= 3.60m

ALL - Ø18" - L= 33.19m
s=3.00 % - Q= 56.68lts/seg

PALL-9
NT=1065.10
NF=1060.45
NLL=1061.30
H= 4.65m

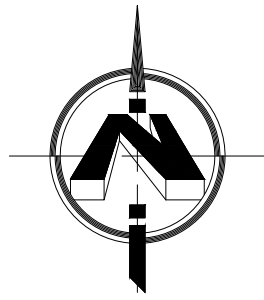
ALL - Ø18" - L= 15.49m
s= 5.00% - Q= 60.26lts/seg

PALL-10
NT=1062.00
NF=1058.85
NLL=1059.68
H= 3.15m

ALL - Ø18" - L= 14.42m
s= 5.00% - Q= 60.26lts/seg

PALL-11
NT=1060.00
NF=1057.25
NLL=1058.13
H= 2.75m

3.83m
6lts/seg



Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

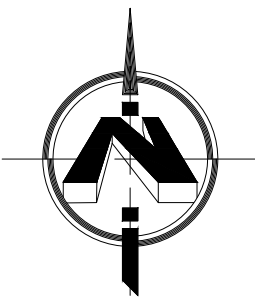
HOJA

Ubicación:
Avenida Los Encuentros y Calle Alex Martínez.

4
32

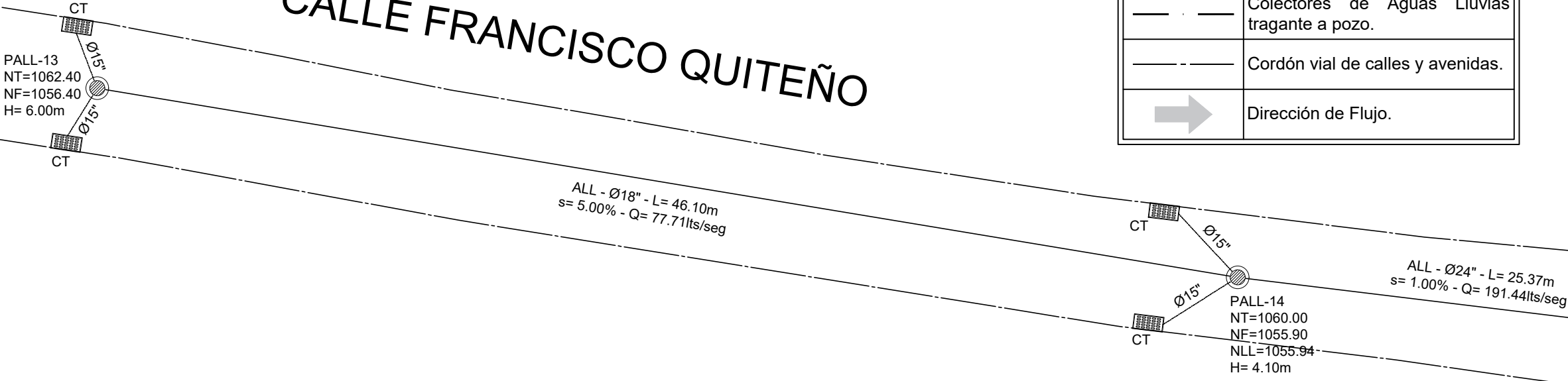
Cuadro de Simbología.

	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

CALLE FRANCISCO QUITIÑO



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 5
------------------	-------------------------	-----------

Ubicación: Calle Francisco Quiteño.	32
--	----



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

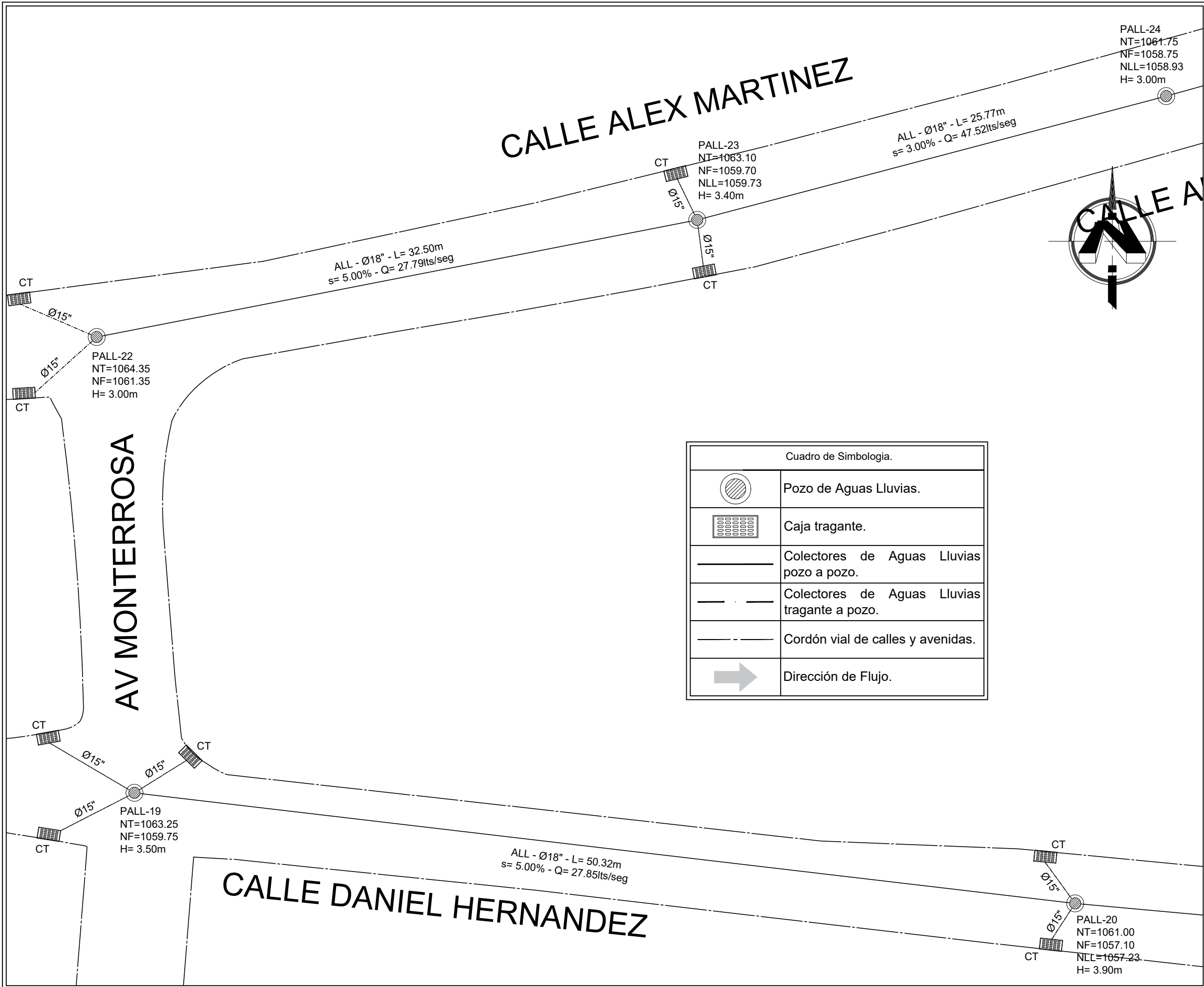
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200 Fecha: Mayo de 2021. HOJA

Ubicación: Ave. Monserrat y Calle Francisco Quiteño. 6 / 32



PALL-24
 NT=1061.75
 NF=1058.75
 NLL=1058.93
 H= 3.00m

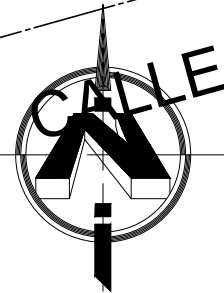
PALL-23
 NT=1063.10
 NF=1059.70
 NLL=1059.73
 H= 3.40m

PALL-22
 NT=1064.35
 NF=1061.35
 H= 3.00m

AV MONTERROSA

PALL-19
 NT=1063.25
 NF=1059.75
 H= 3.50m

CALLE DANIEL HERNANDEZ



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

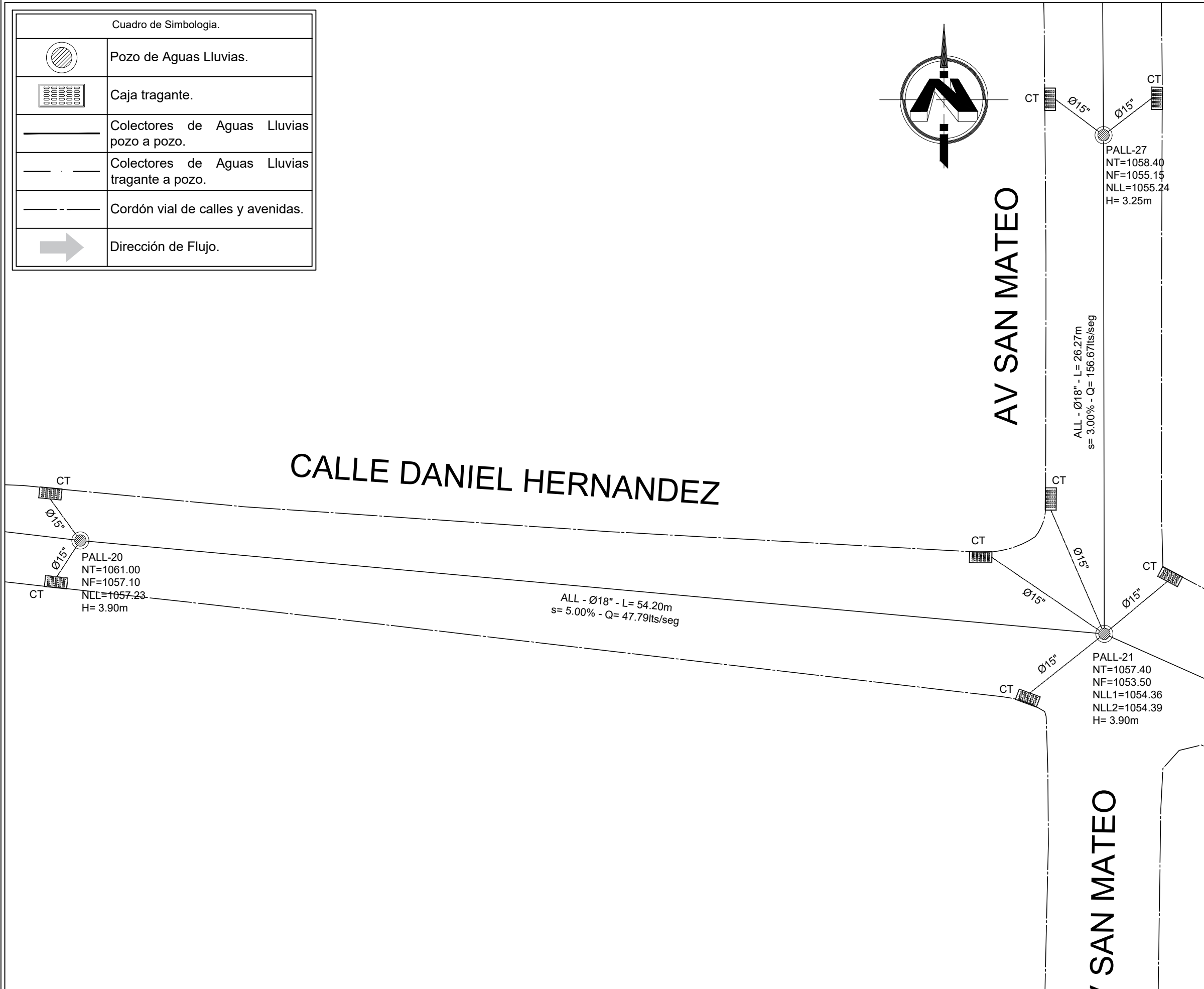
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 8 / 32
Ubicación: Ave. Monserrat, entre Calle Alex Martínez y Calle Daniel Hernández.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala:
 1:200

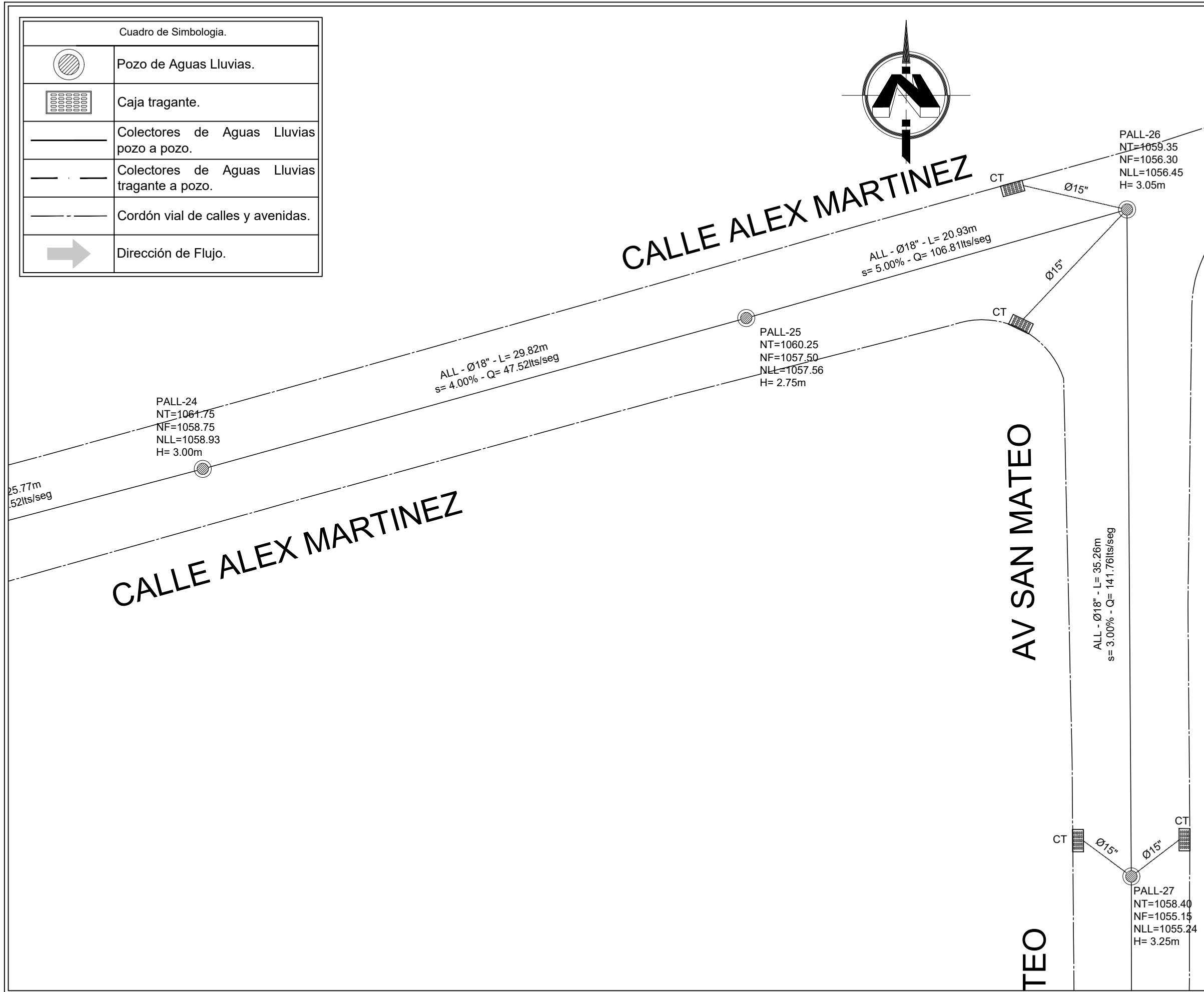
Fecha:
 Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
 Ave. San Mateo y Calle Daniel Hernández.

9
 32

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

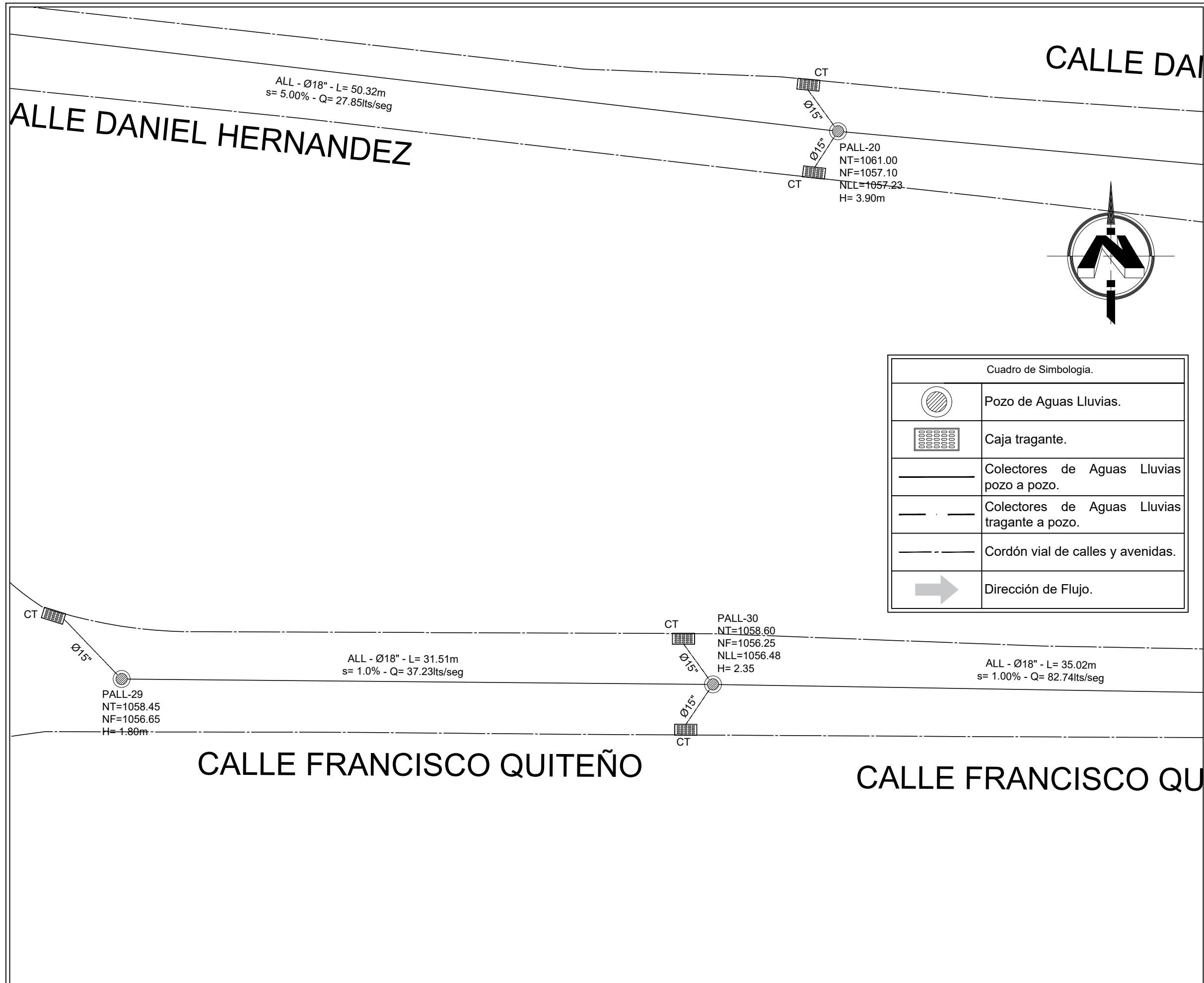
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 10 32
Ubicación: Ave. San Mateo y Calle Alex Martínez.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

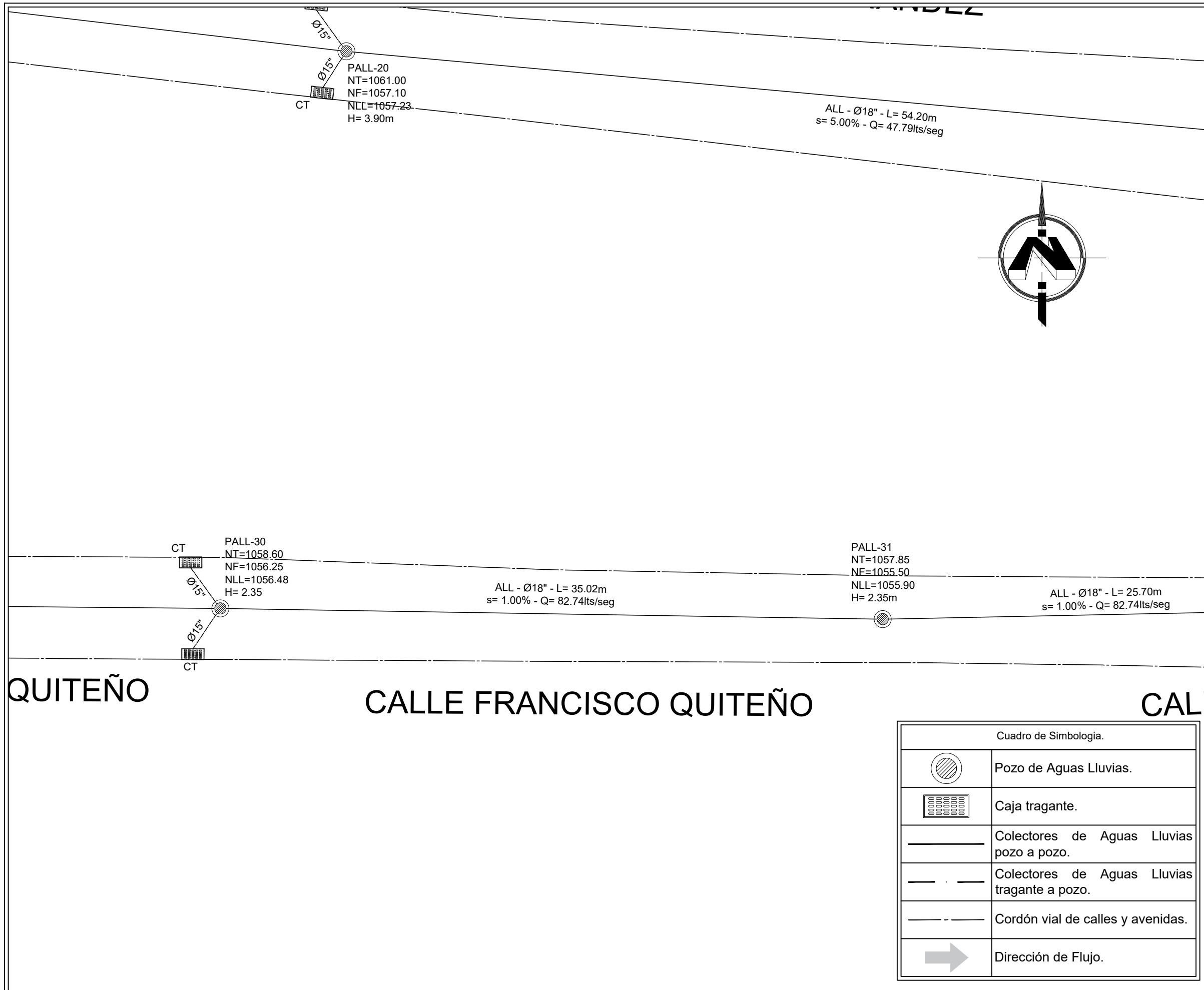
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 11 / 32
Ubicación: Calle Francisco Quiteño.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

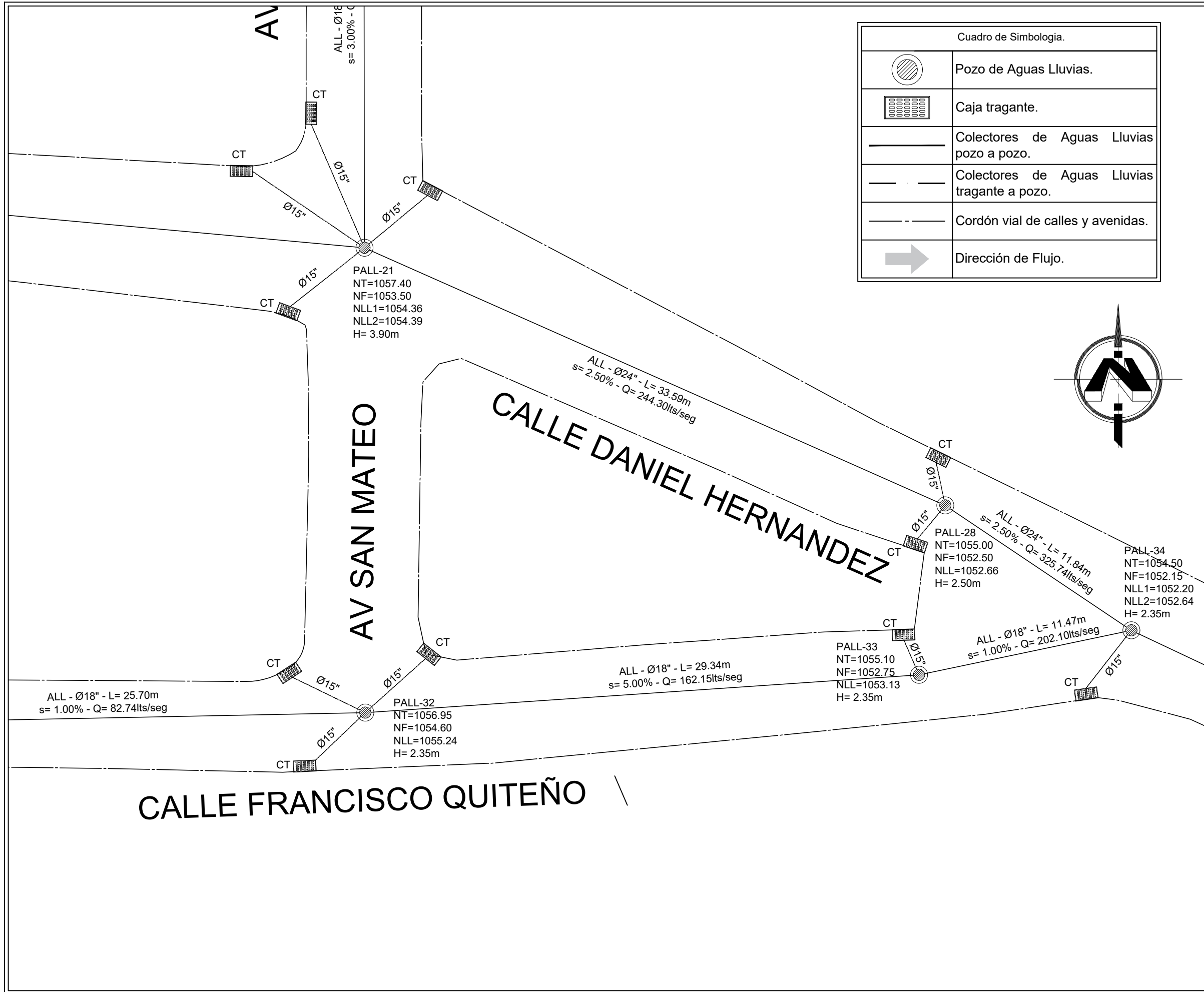
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 12 / 32
Ubicación: Calle Francisco Quiteño.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

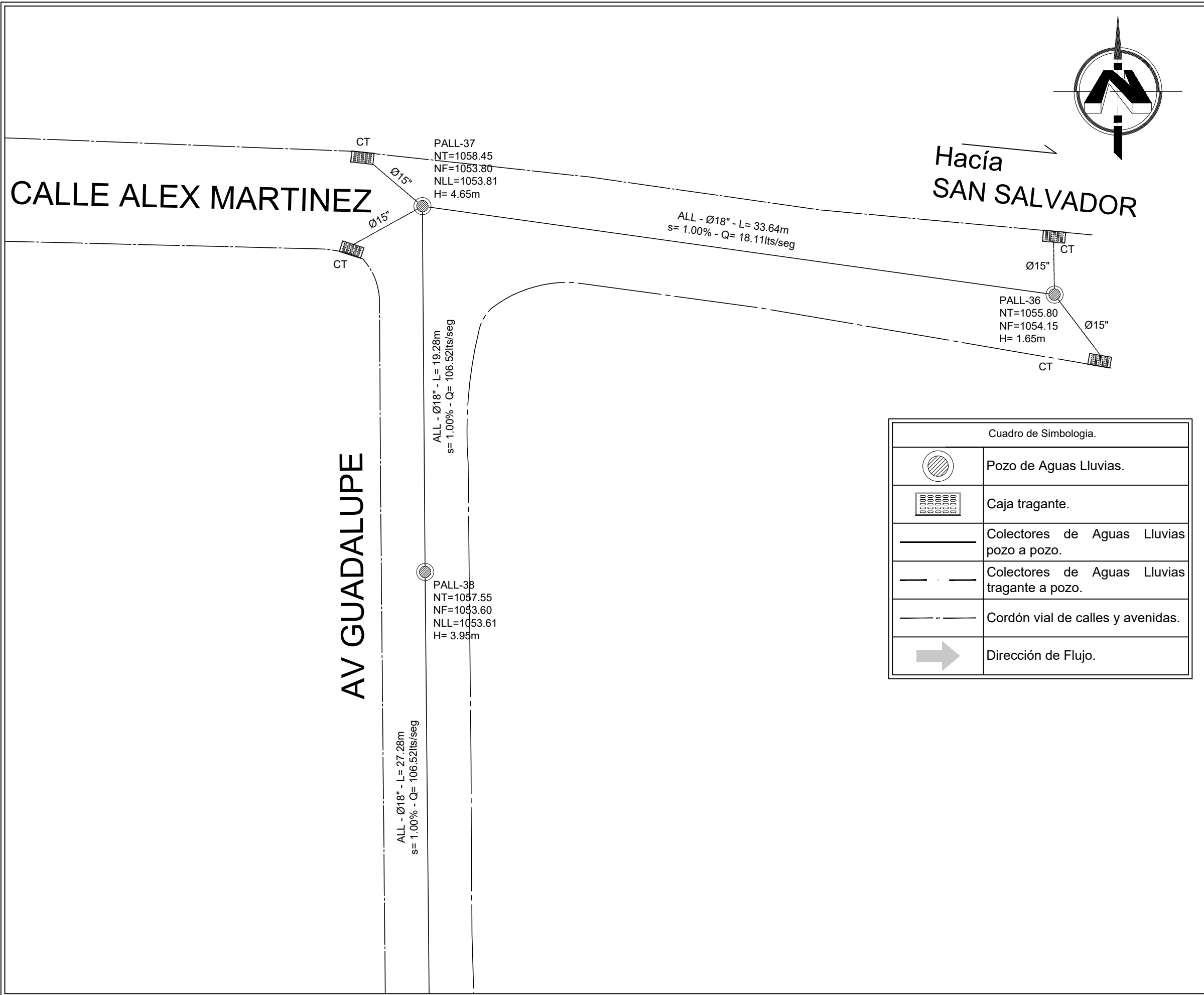
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA
------------------	-------------------------	------

Ubicación: Ave San Mateo y Calle Daniel Hernández y Francisco Quiteño.	13 32
---	----------



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.

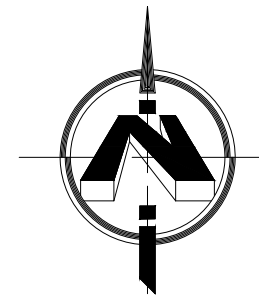
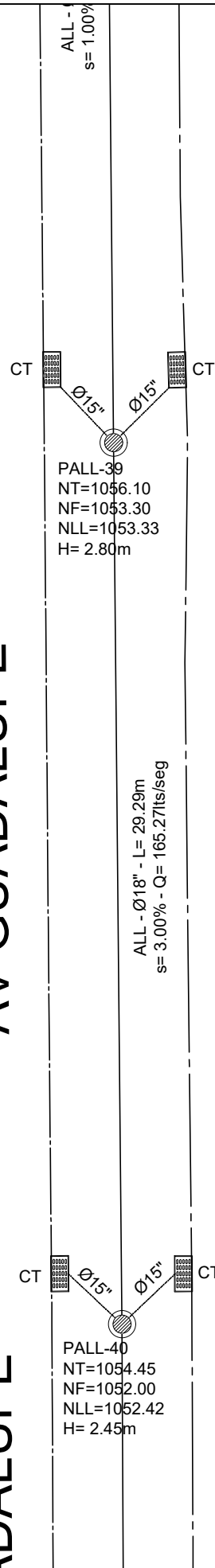
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 14 / 32
Ubicación: Ave Guadalupe y Calle Alex Martínez.		

AV GUADALUPE

ADALUPE



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

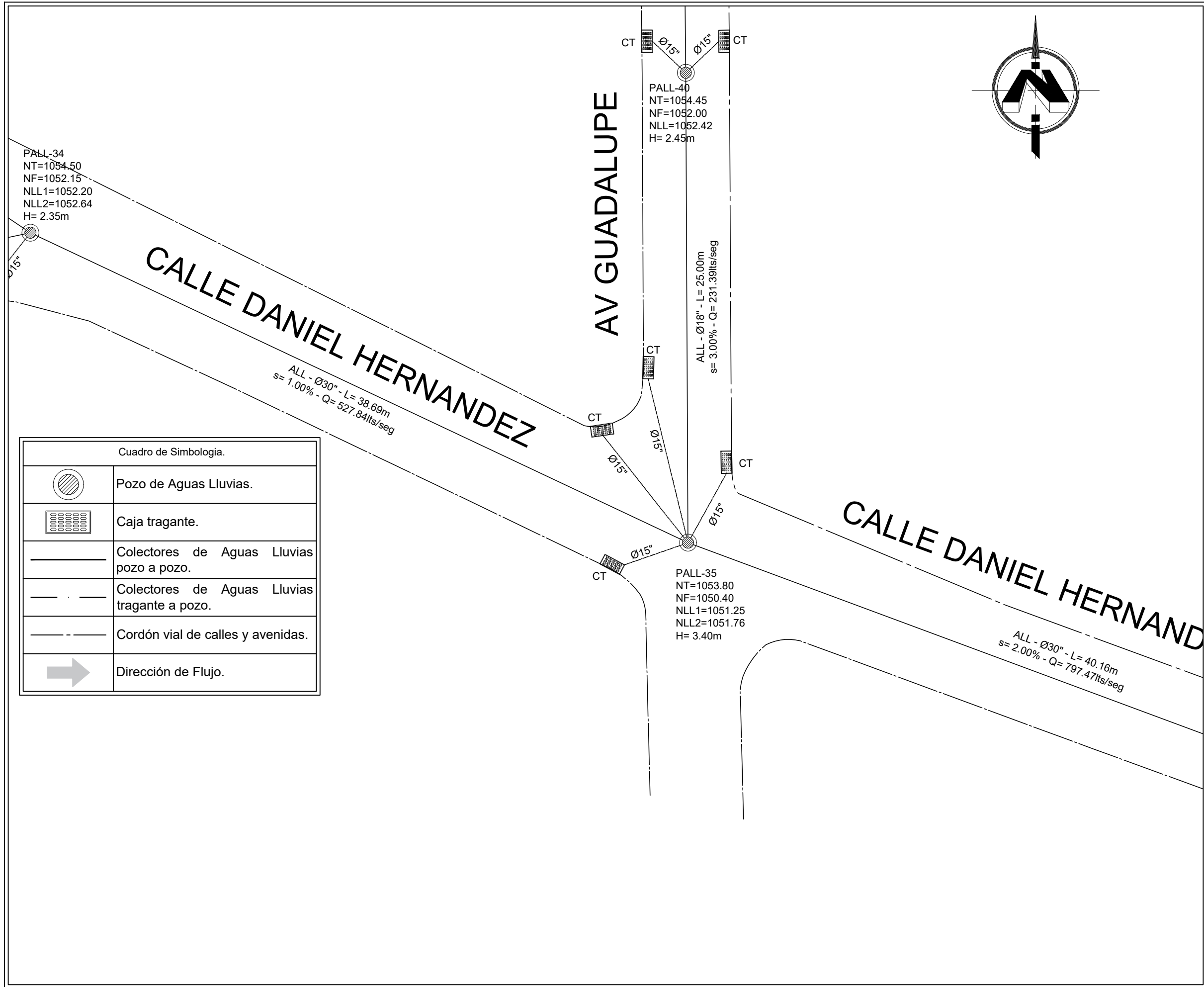
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 15
Ubicación: Avenida Guadalupe.		32



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

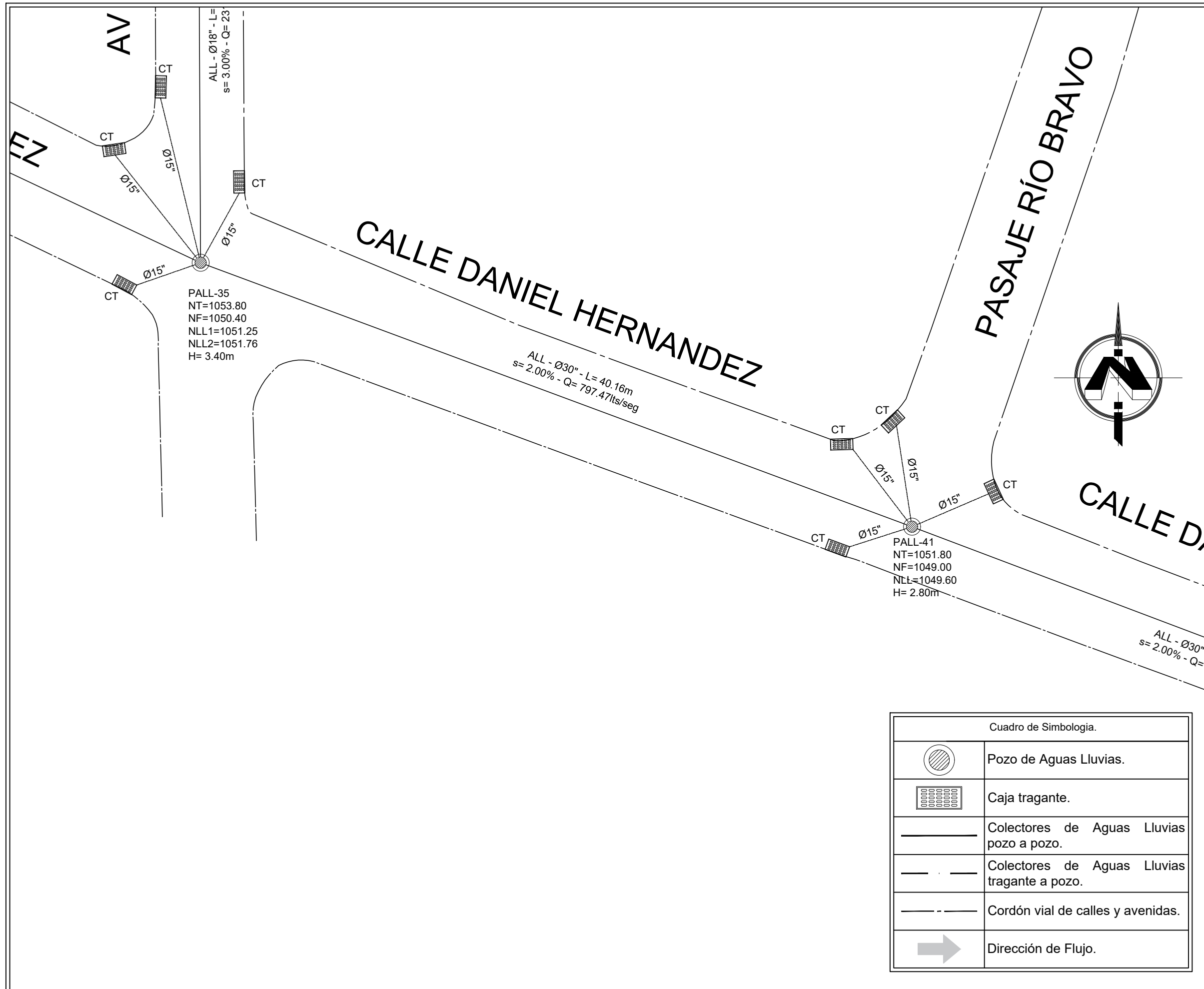
Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.

	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 16 / 32
Ubicación: Avenida Guadalupe y Calle Daniel Hernández.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

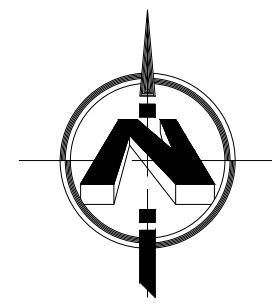
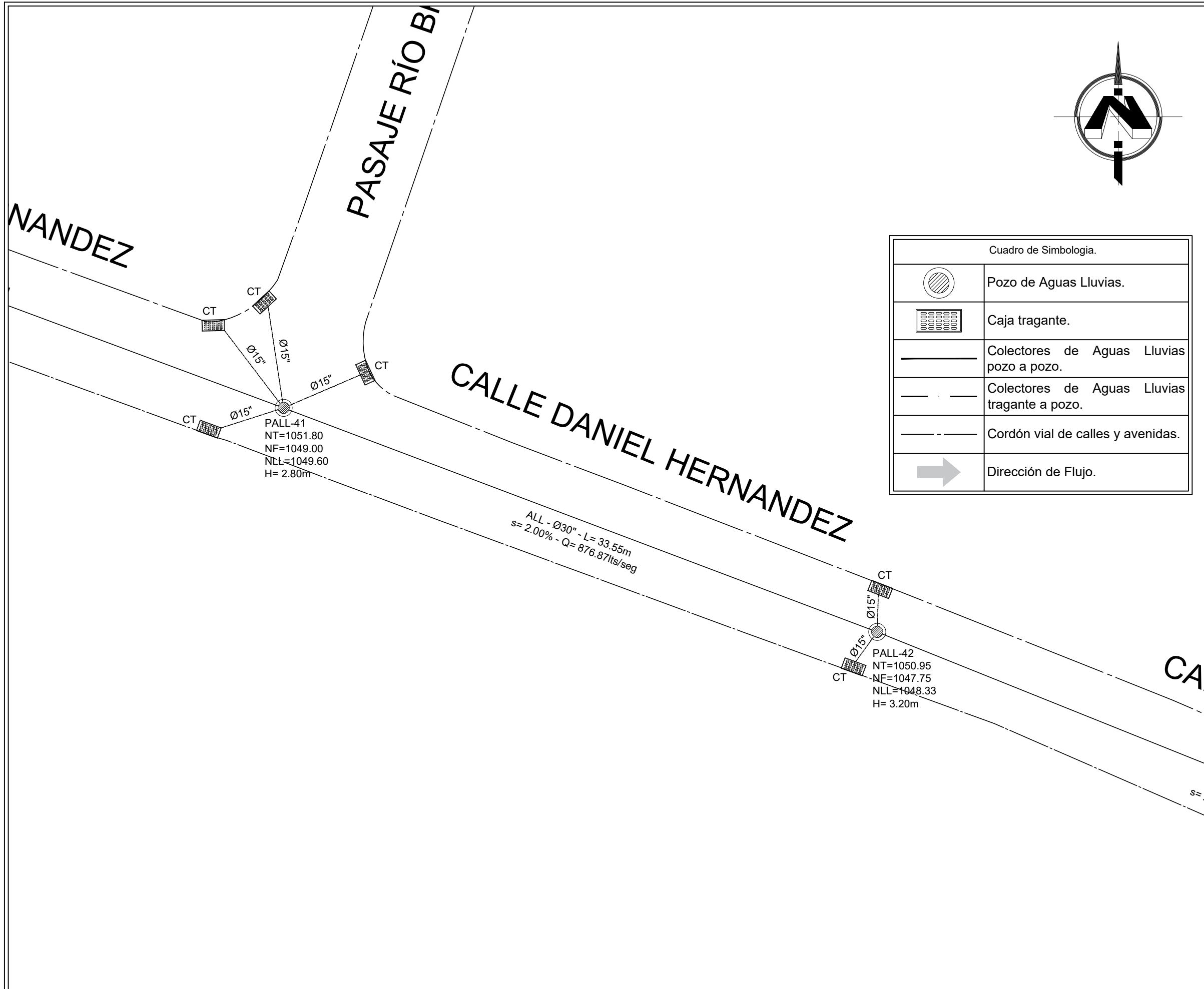
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 17 / 32
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

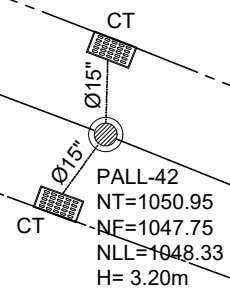
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

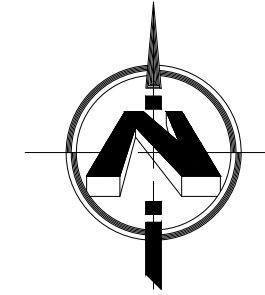
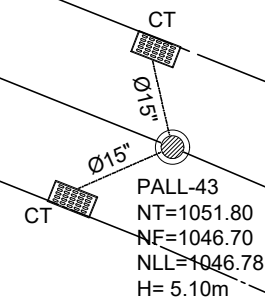
Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 18 / 32
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		

RNANDEZ



CALLE DANIEL HERNANDEZ

ALL - Ø30" - L= 48.70m
s= 2.00% - Q= 916.49lts/seg



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

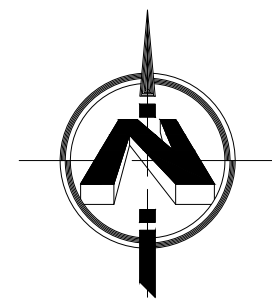
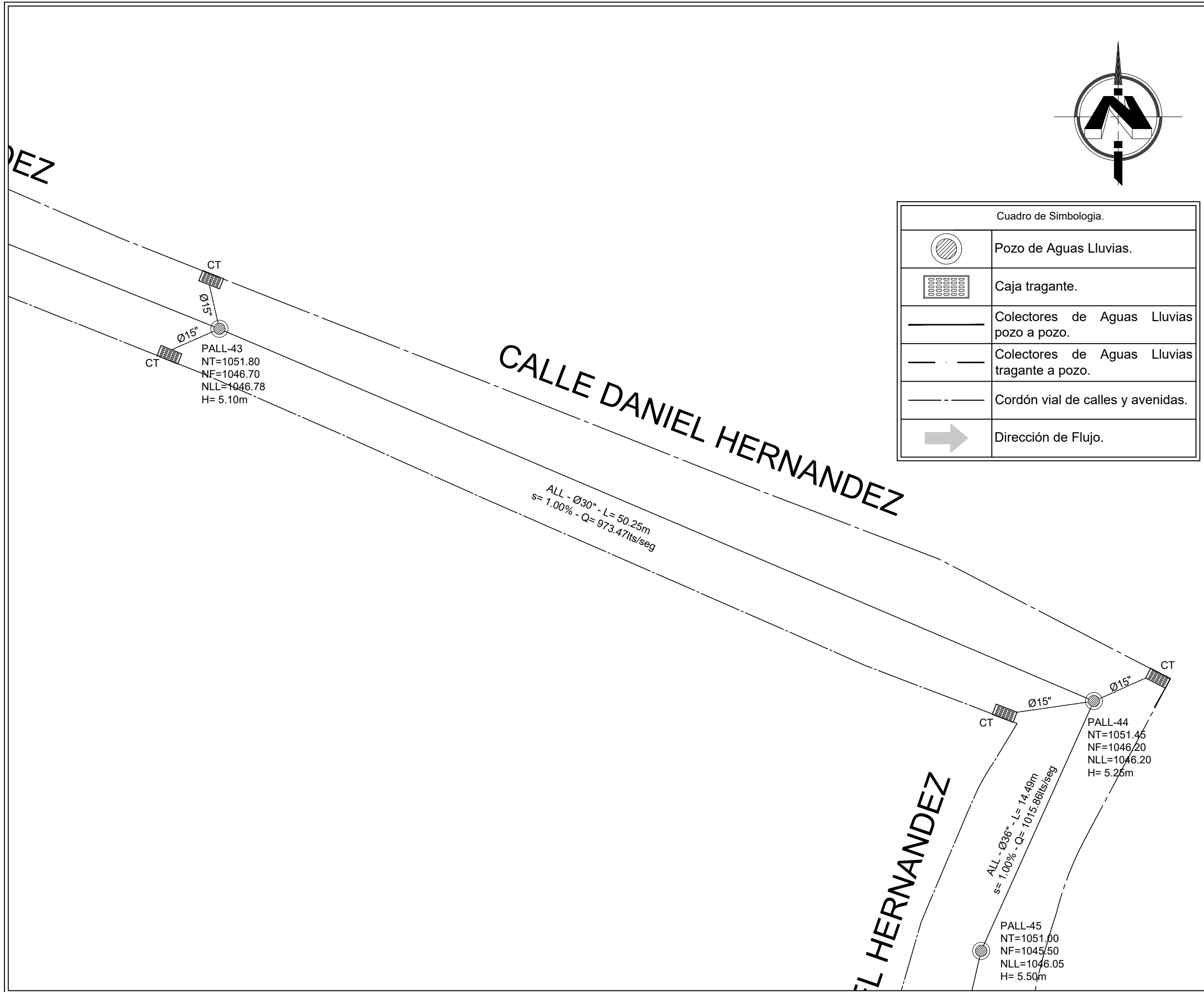
Escala:
1:200

Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

Ubicación:
Calle Daniel Hernández.

19
32



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

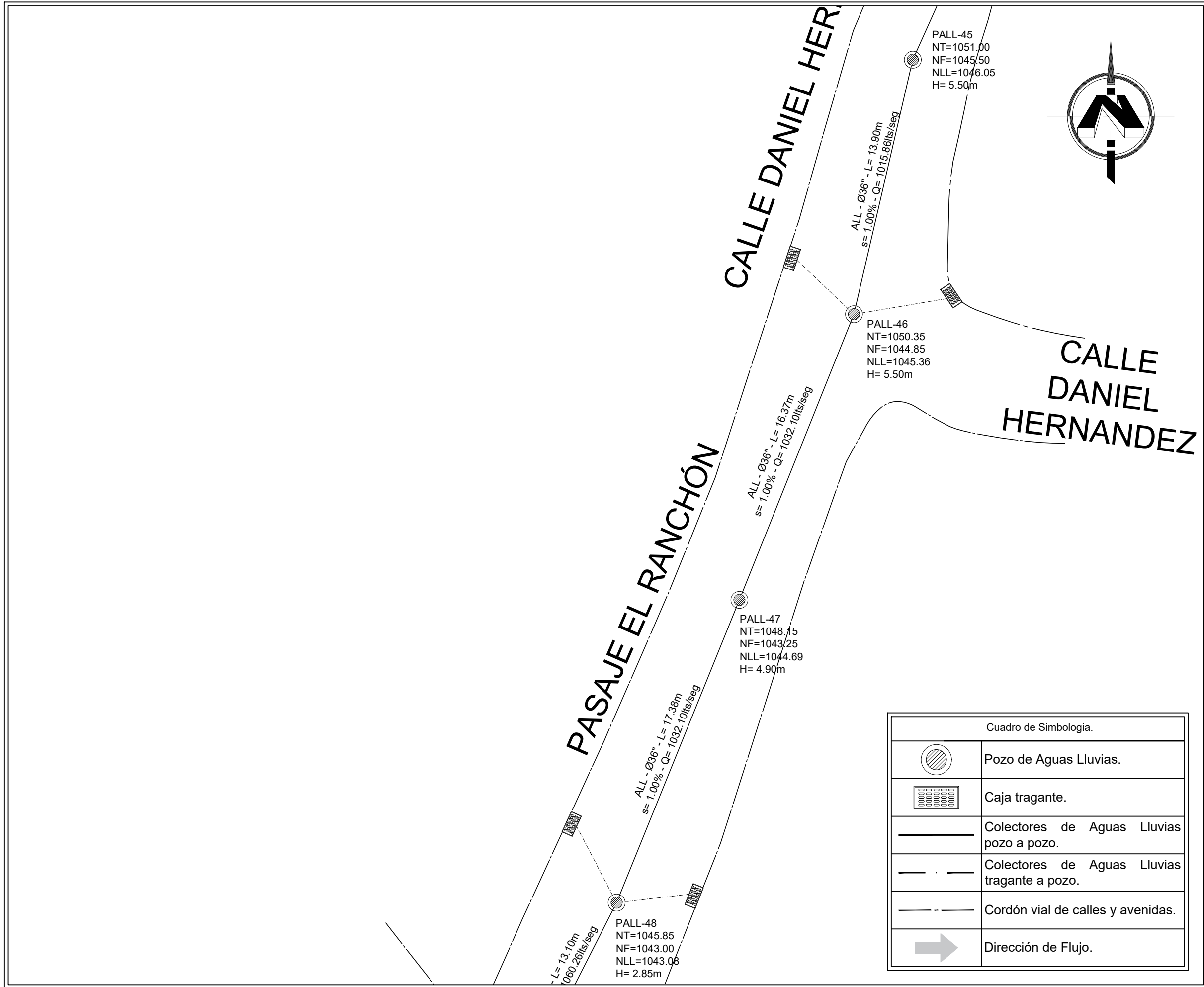
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 20 / 32
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

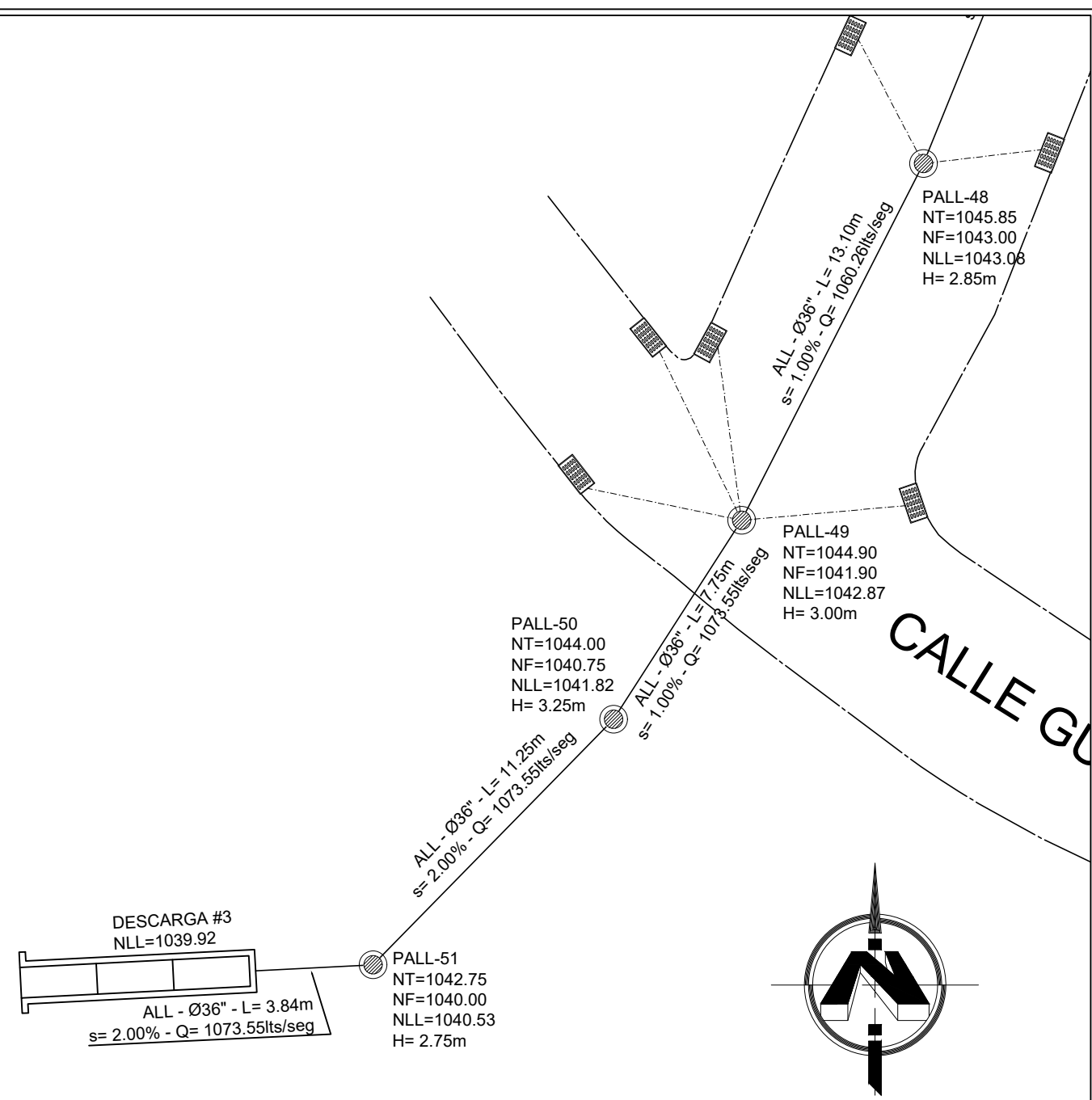
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 21 32
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

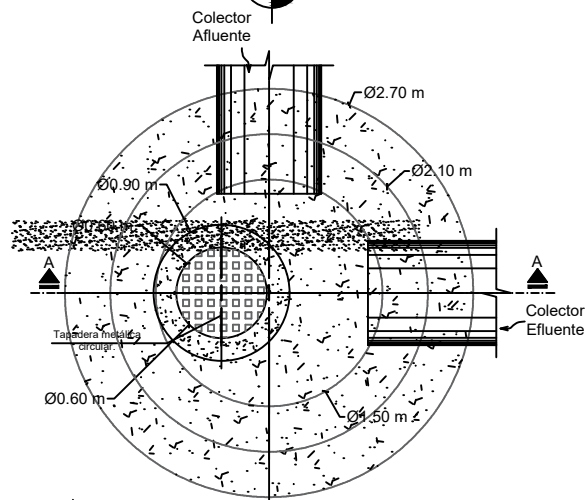
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

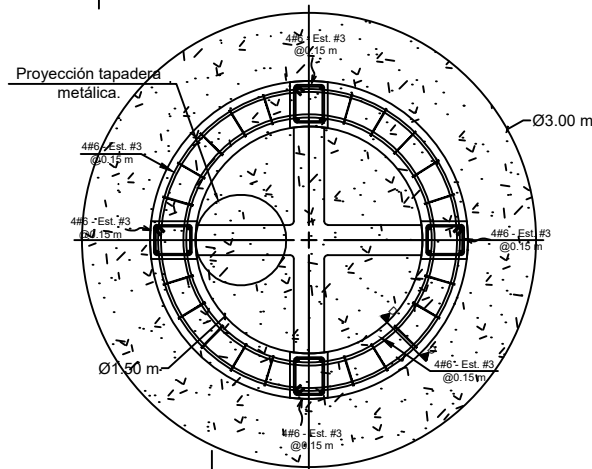
Escala: 1:200	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 22 / 32
Ubicación: Calle Daniel Hernández.		

DETALLES DE POZOS DE AGUAS LLUVIAS.



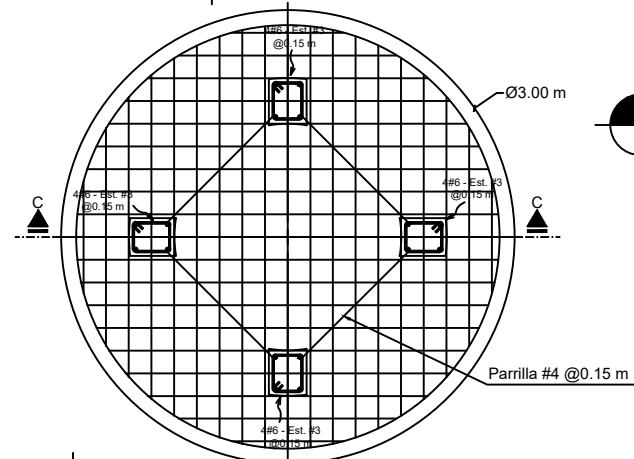
PLANTA DE POZO AGUAS LLUVIAS.

Escala 1:50.



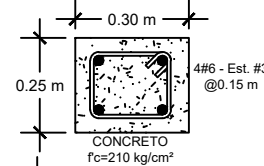
CORTE B-B.

Escala 1:50.



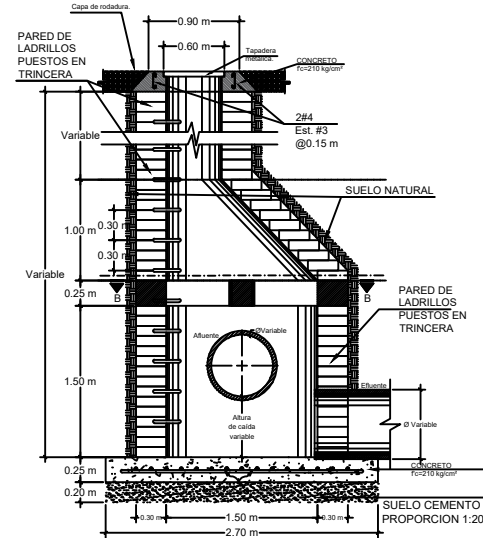
DETALLE DE PARRILLA DE FONDO.

Escala 1:50.



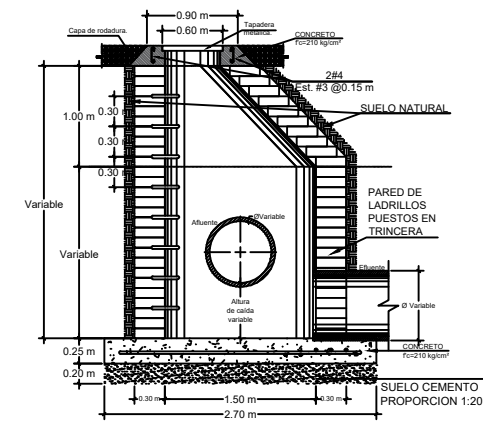
CORTE D-D.

Escala 1:20.



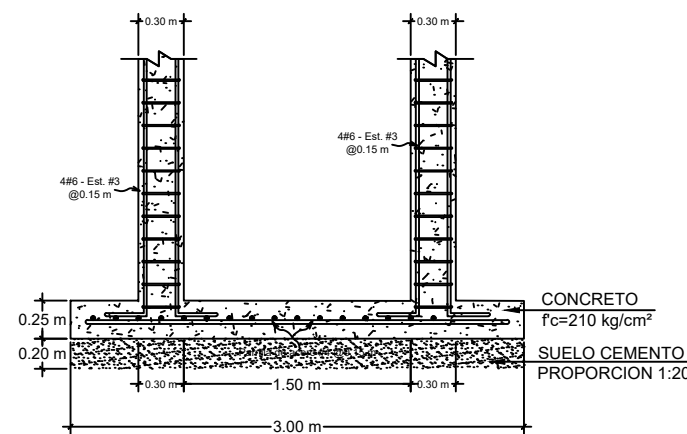
CORTE A-A (Altura de Pozo > 3.00 m).

Escala 1:75.



CORTE A-A (Altura de Pozo < 3.00 m).

Escala 1:75.



CORTE C-C.

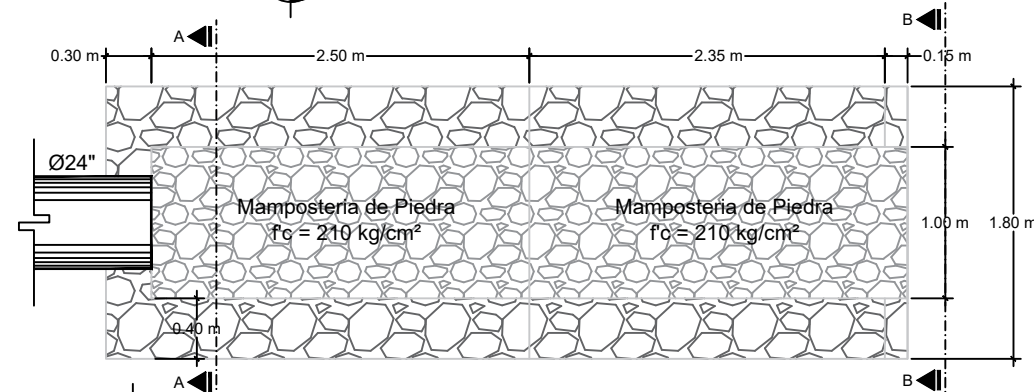
Escala 1:50.

ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES.

Notas Generales:

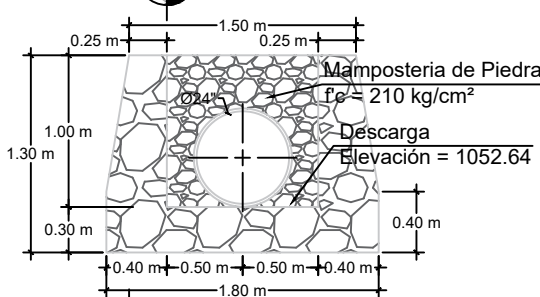
- Las tuberías que viajan de Pozo de Visita a Pozo de Visita serán de doble pared, es decir, tubería Novafort de Ø18", Ø24", Ø30", Ø36" y Ø42" es bajo norma AASTHO M-304. Este tipo de tuberías serán para los tramos de relleno de colector de aguas lluvias mayores a 1.20m, y de igual manera en relleno de colector menores a 1.20m.
- Los tramos de tubería que van de Caja Tragante a Pozo de Visita serán de Ø15" Novafort con norma ASTM F-949.
- Todos los refuerzo de acero para los diferentes elementos estructurales será de resistencia a tensión de 2,800 kg/cm², para los diferentes diámetros, bajo la norma ASTM A-615/A-615M-09.
- El concreto en los diferentes elementos estructurales debe tener una resistencia a compresión de 210 kg/cm², bajo norma ASTM C109/C109M. Los agregados gruesos y finos deberán cumplir la norma ASTM C136-06.
- El punto de Descarga #1 de Aguas Lluvias es punto existente.

DETALLES DE DESCARGA #2.



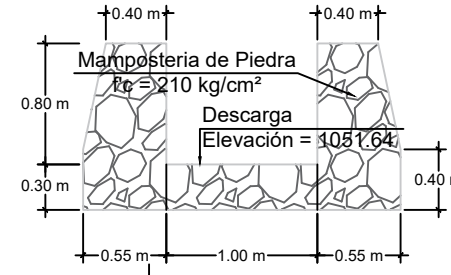
PLANTA DE PUNTO DE DESCARGA #2 DE AGUAS LLUVIAS.

Escala 1:50.



CORTE A-A.

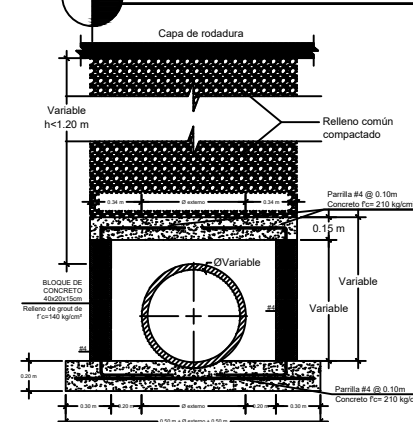
Escala 1:50.



CORTE B-B.

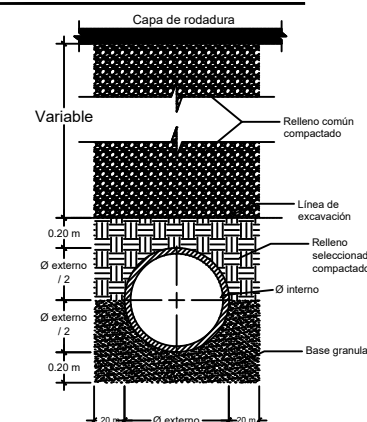
Escala 1:50.

DETALLES DE CIMENTACION DE COLECTOR.



RELLENO MENOR A 1.20 m.

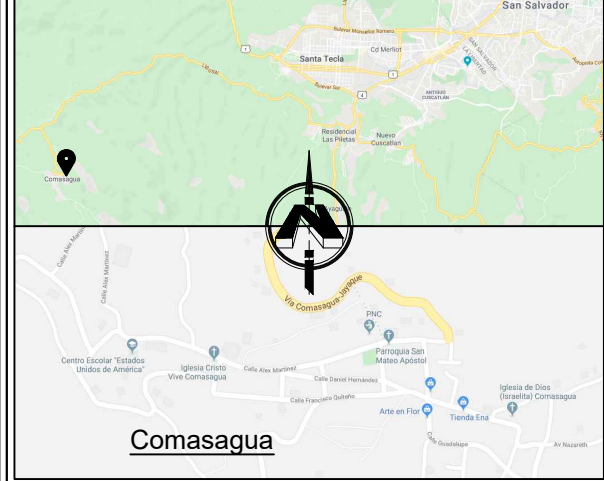
Escala 1:50.



RELLENO MAYOR A 1.20 m.

Escala 1:50.

Esquema de ubicación:



Comasagua



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala:
Indicadas.

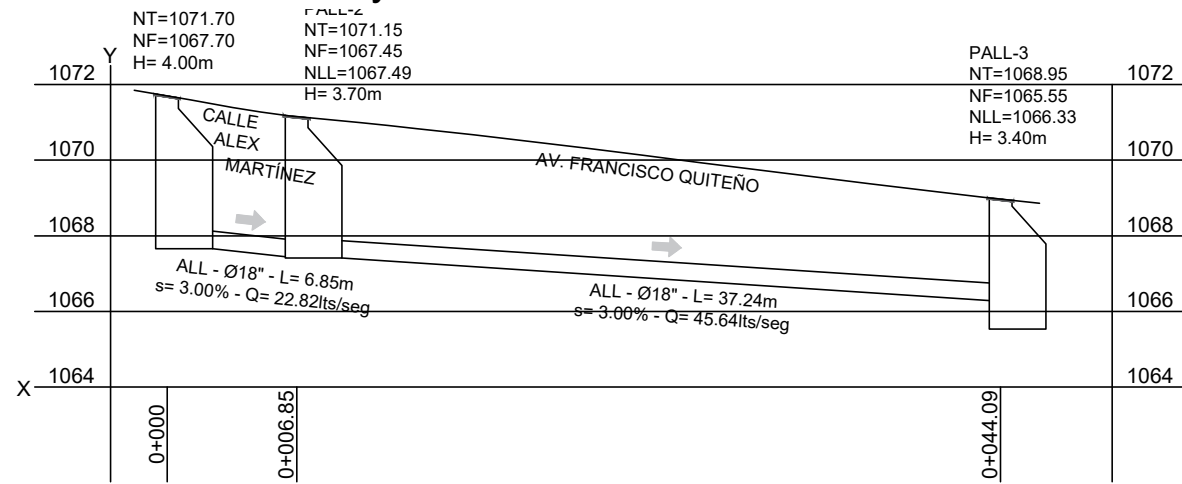
Fecha:
Mayo de 2021.

HOJA

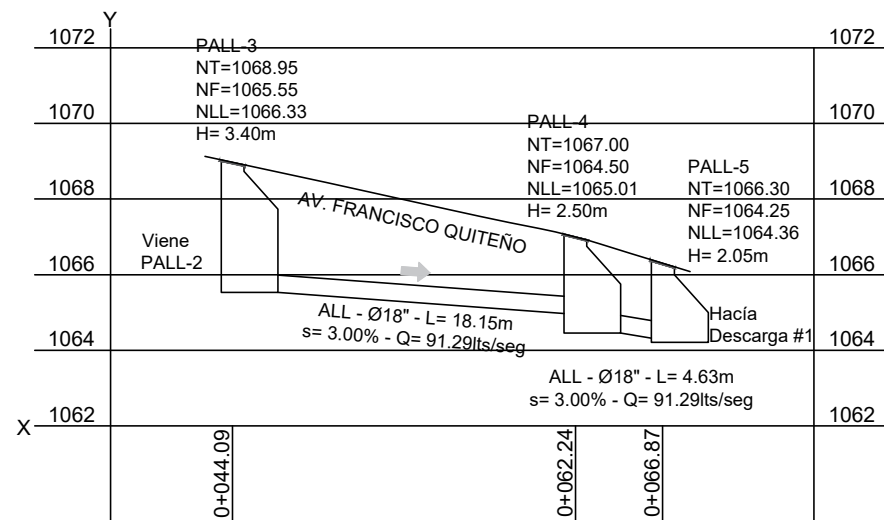
Ubicación:
Municipio de Comasagua, La Libertad.

23
32

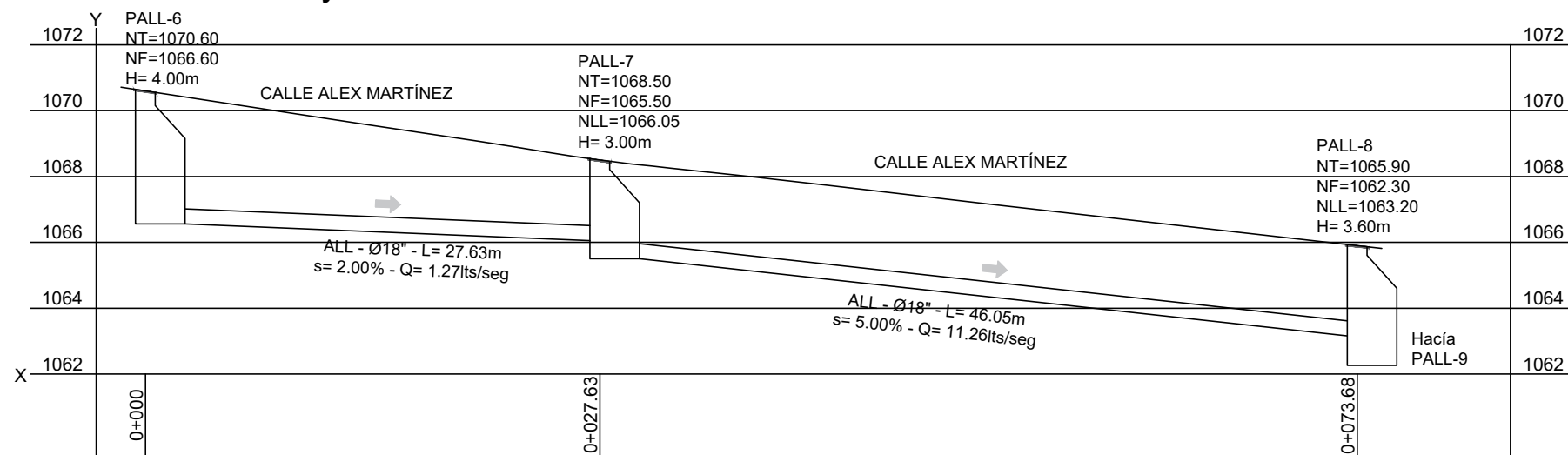
Perfil de tramo de tubería PALL-1, PALL-2 y PALL-3.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-3, PALL-4 y PALL-5.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-6, PALL-7 y PALL-8.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

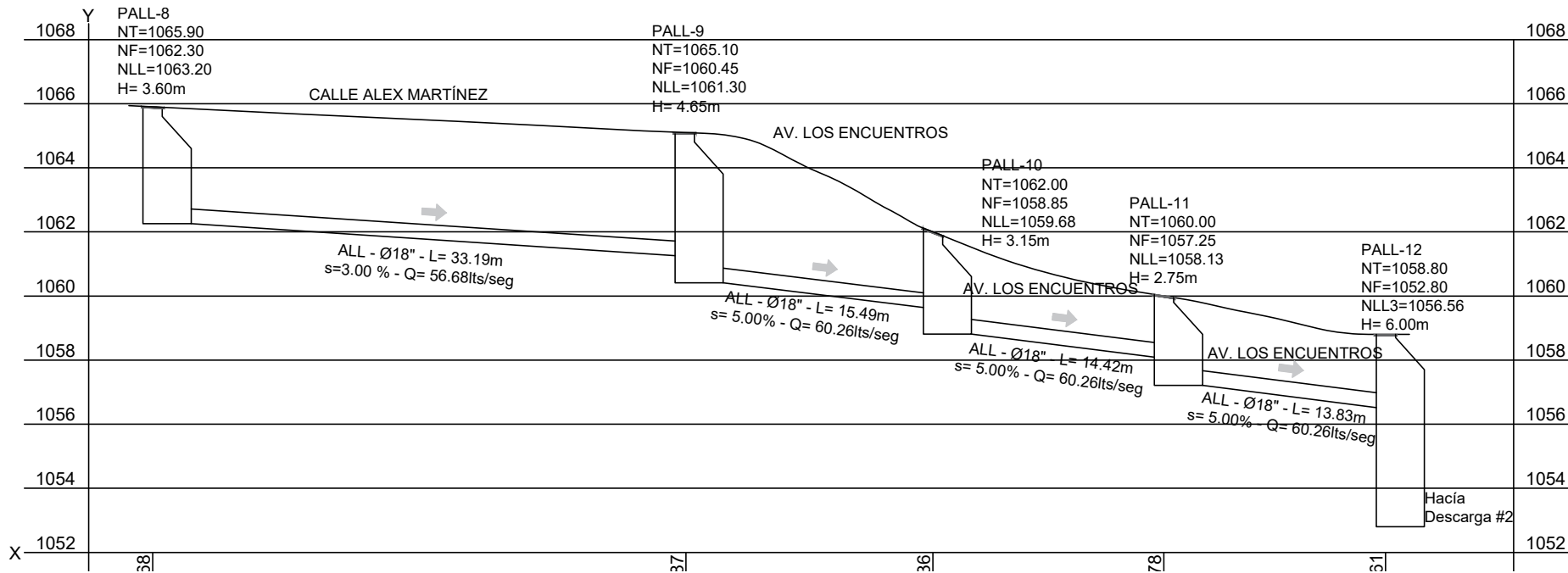
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

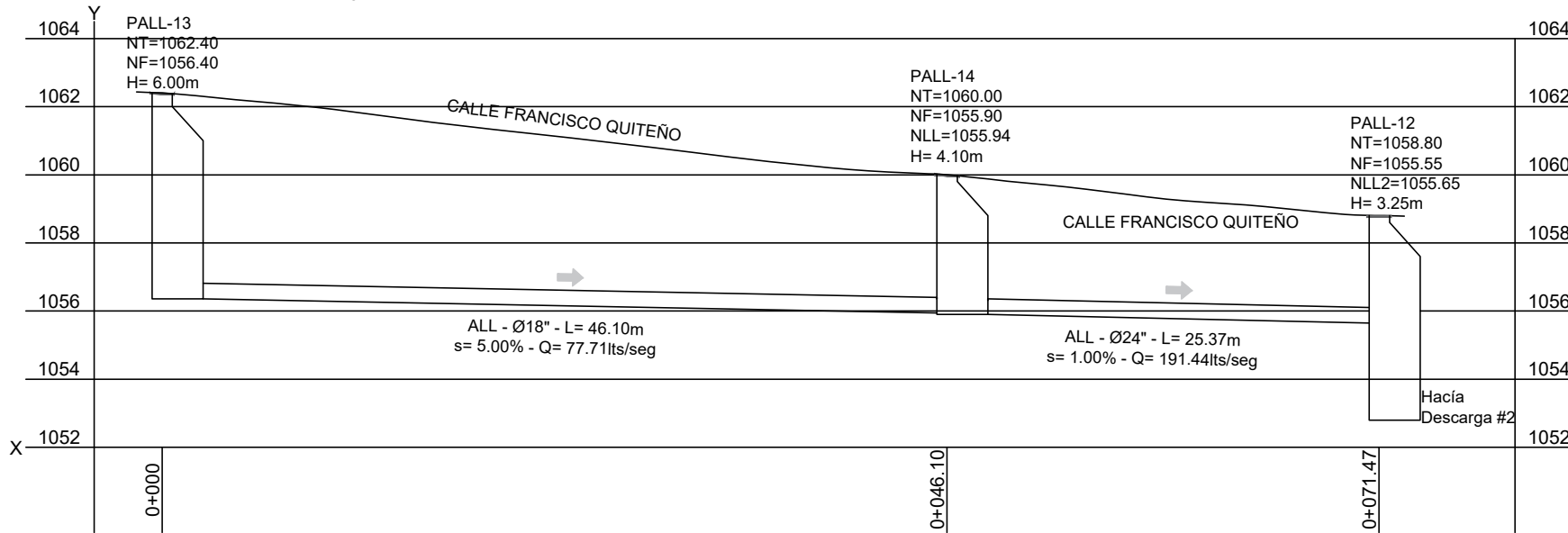
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 25 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

Perfil de tramo de tubería PALL-8, PALL-9, PALL-10, PALL-11 y PALL-12.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-13, PALL-14 y PALL-12.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

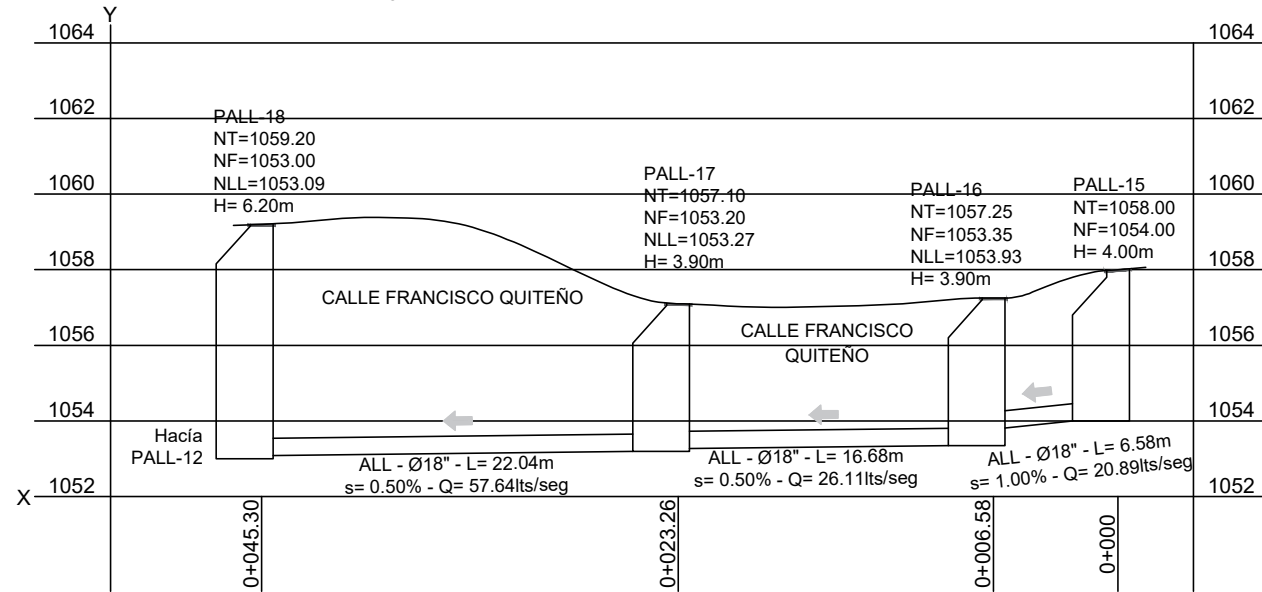
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

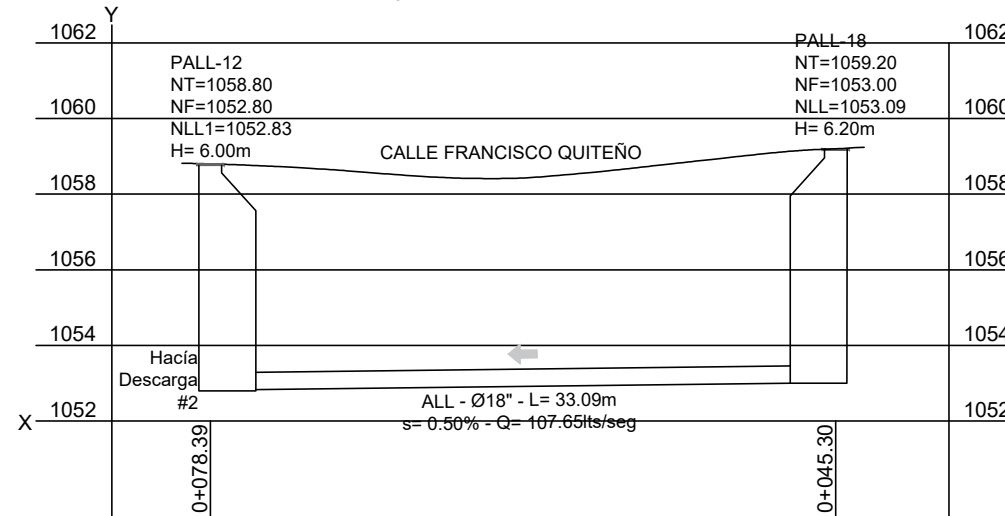
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 26 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

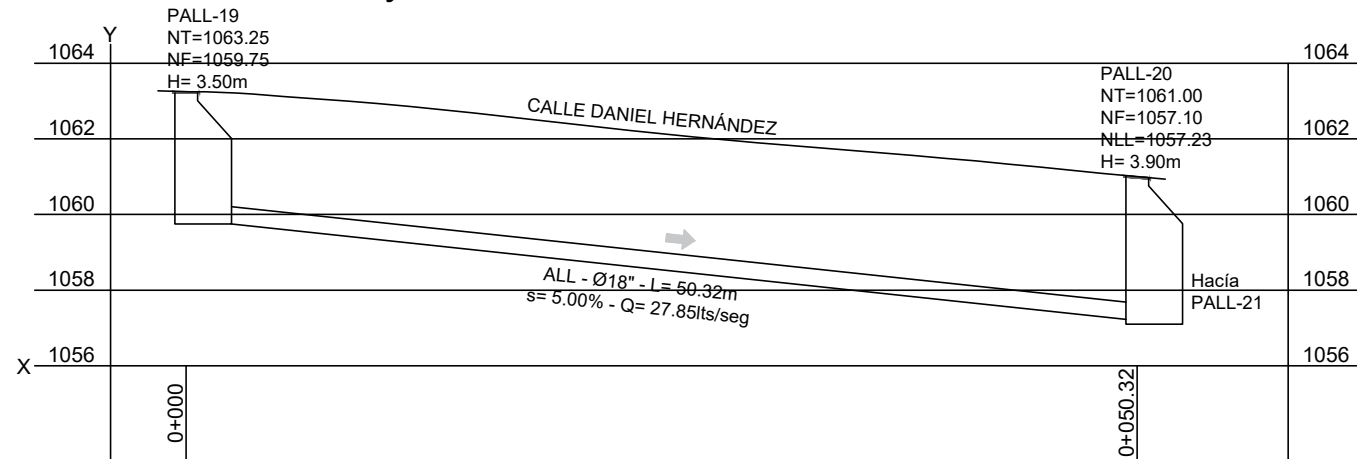
Perfil de tramo de tubería PALL-15, PALL-16, PALL-17 y PALL-18.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



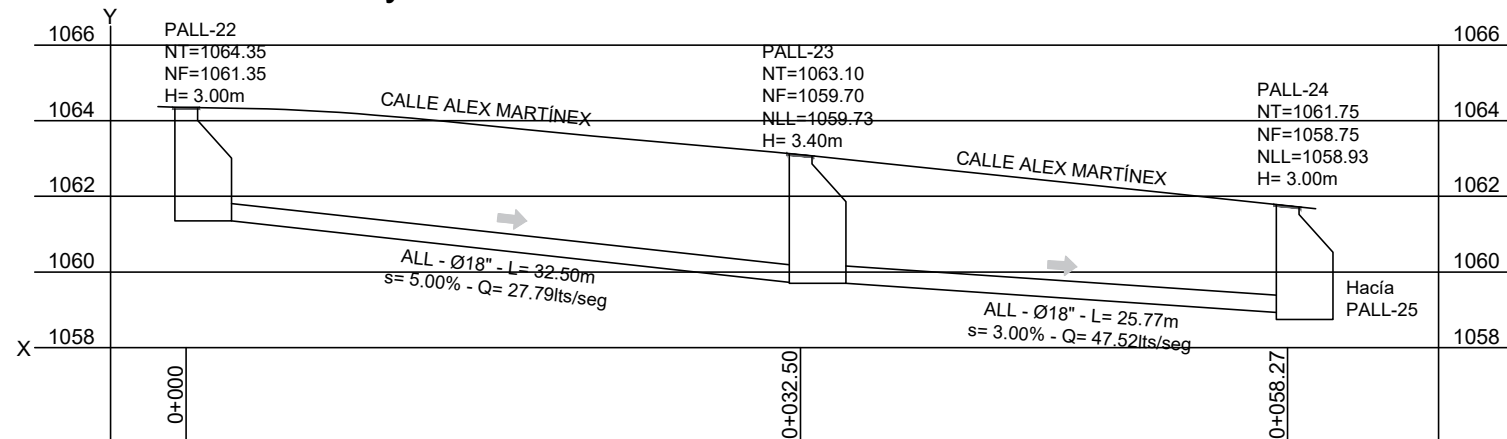
Perfil de tramo de tubería PALL-18 y PALL-12.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-19 y PALL-20.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-22, PALL-23 y PALL-24.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

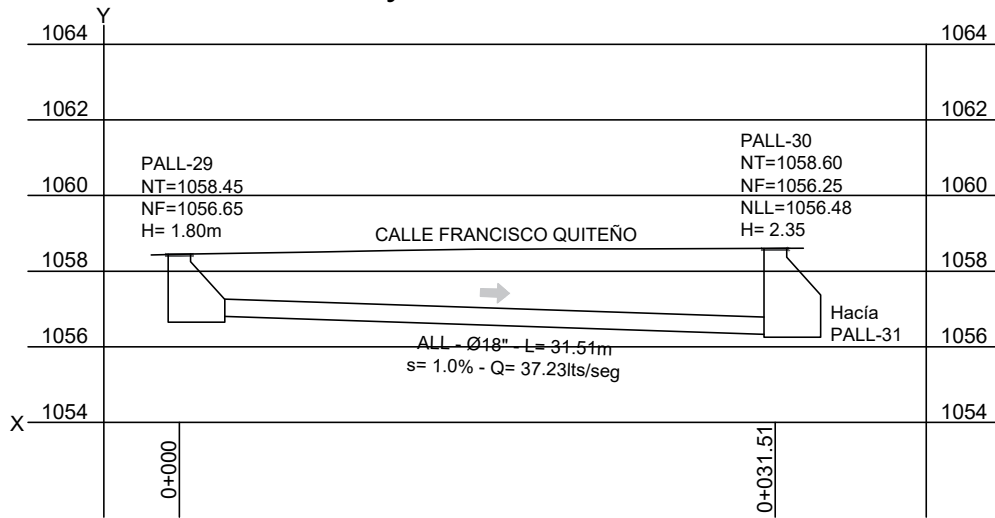
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

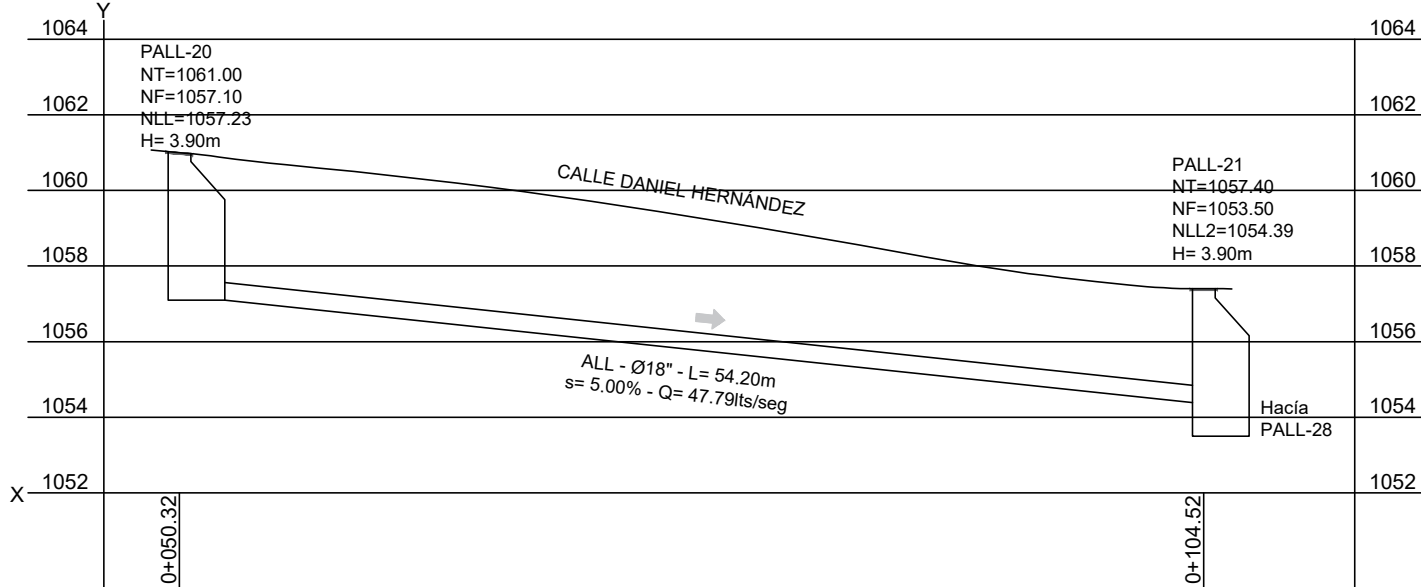
Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 27 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

Perfil de tramo de tubería PALL-29 y PALL-30.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y

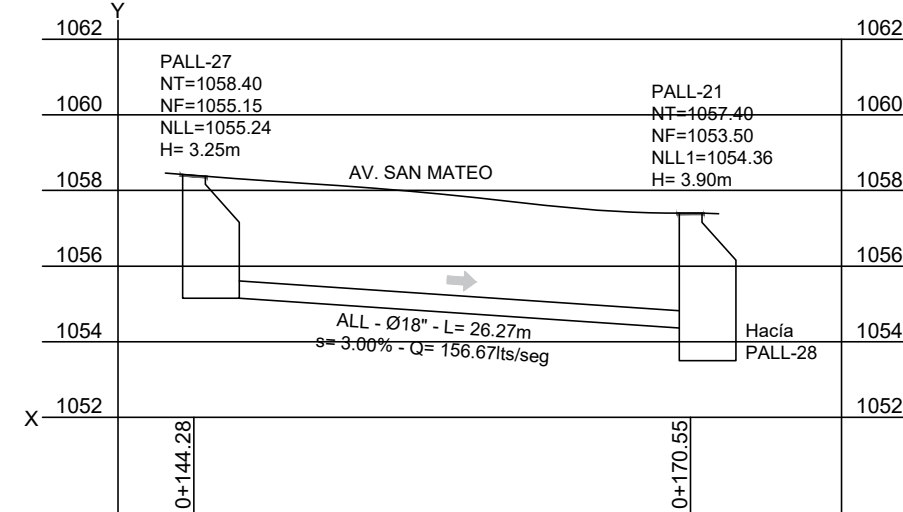


	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

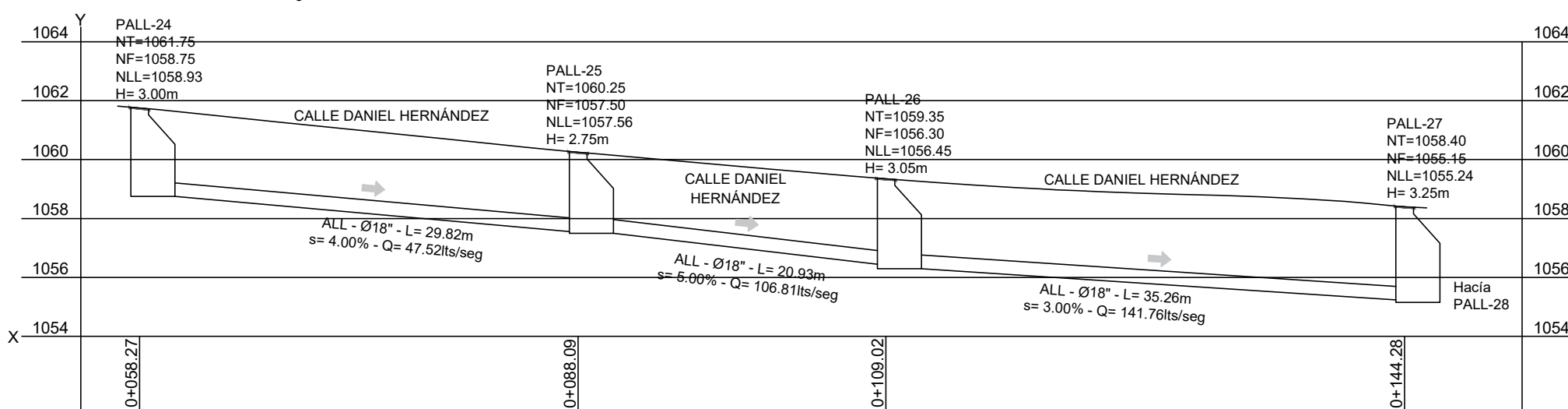
Perfil de tramo de tubería PALL-20 y PALL-21.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-27 y PALL-21.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-24, PALL-25, PALL-26 y PALL-27.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

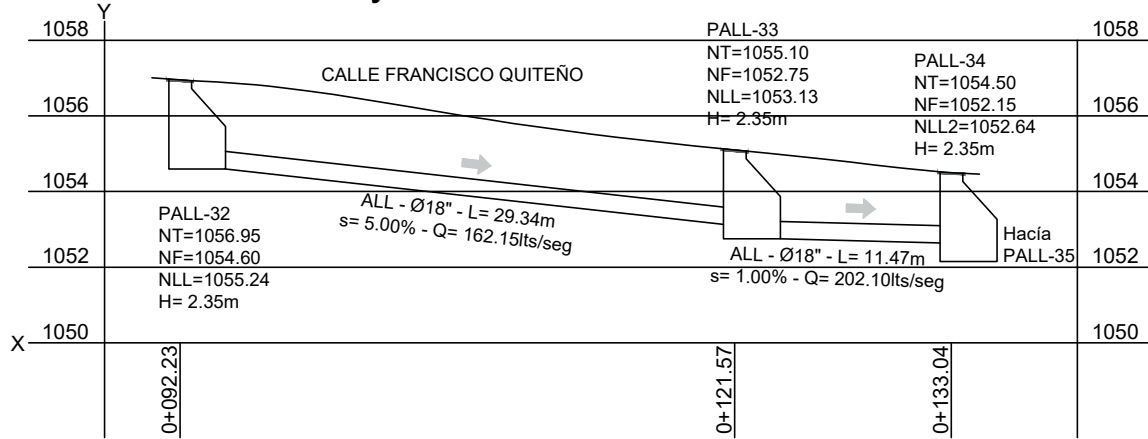
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

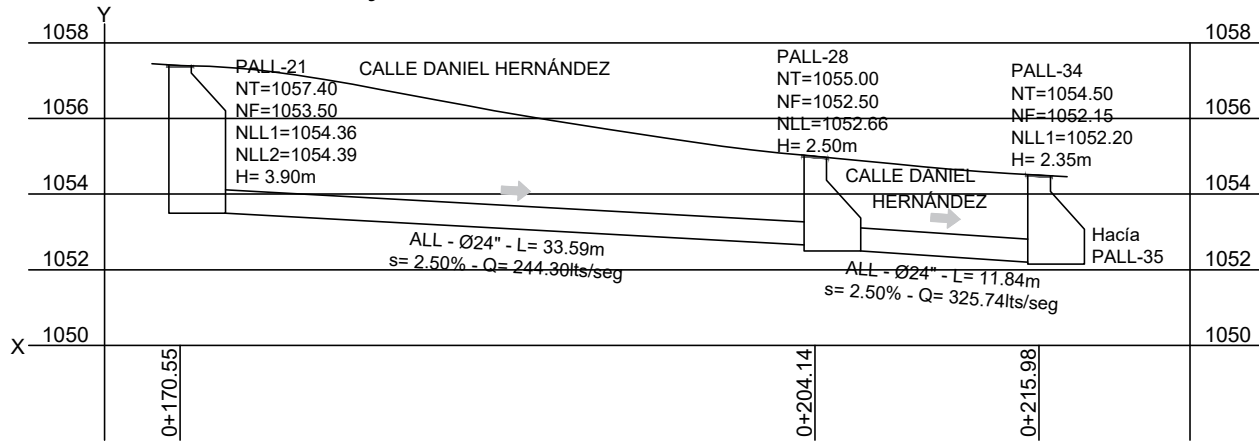
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 28 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

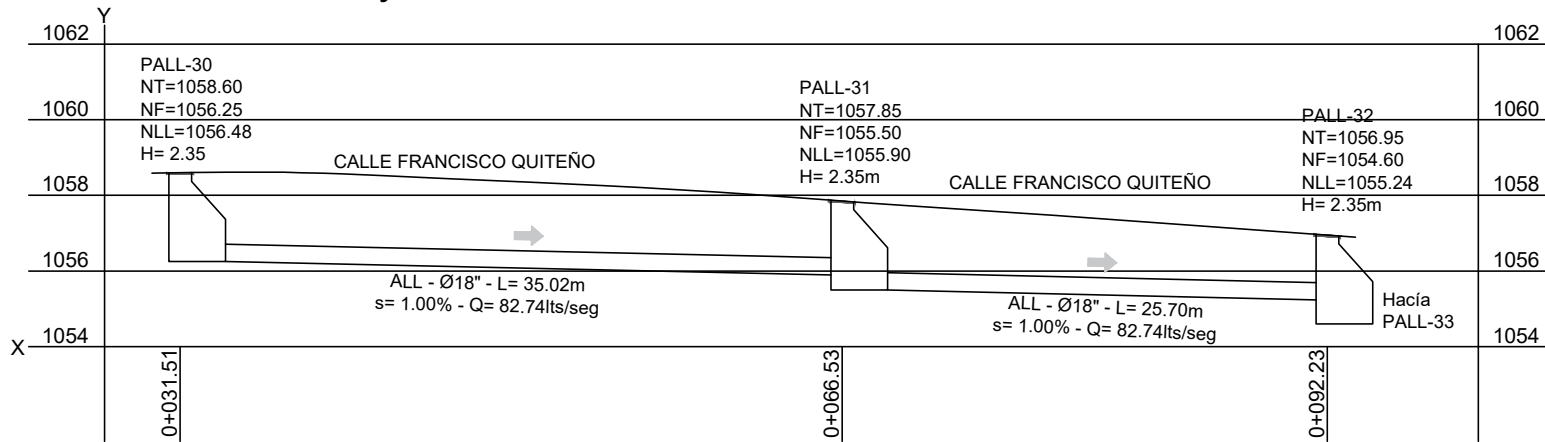
Perfil de tramo de tubería PALL-32, PALL-33 y PALL-34.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-21, PALL-28 y PALL-34.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-30, PALL-31 y PALL-32.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

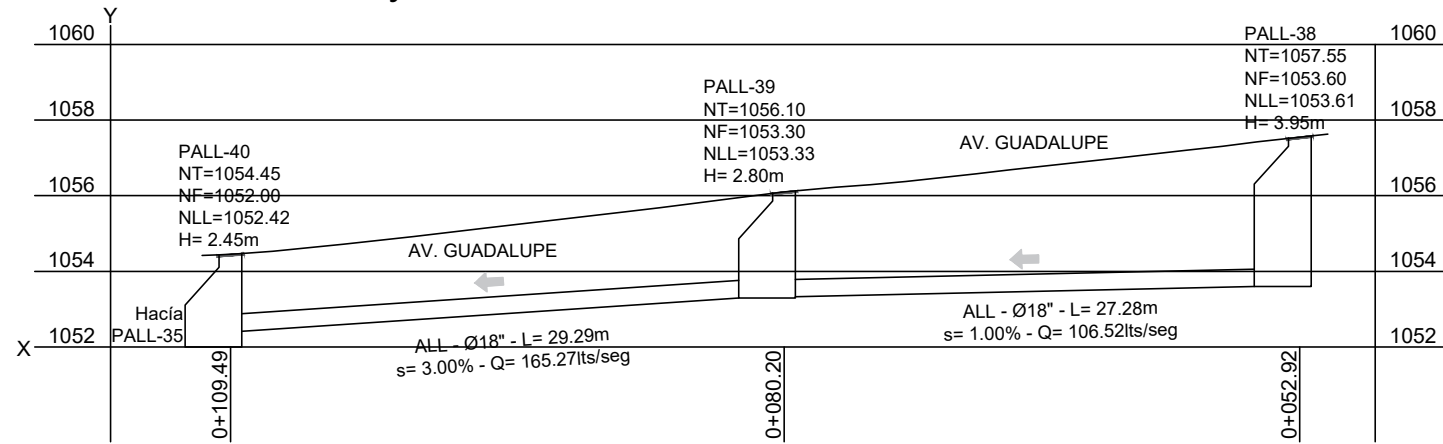
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 29 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

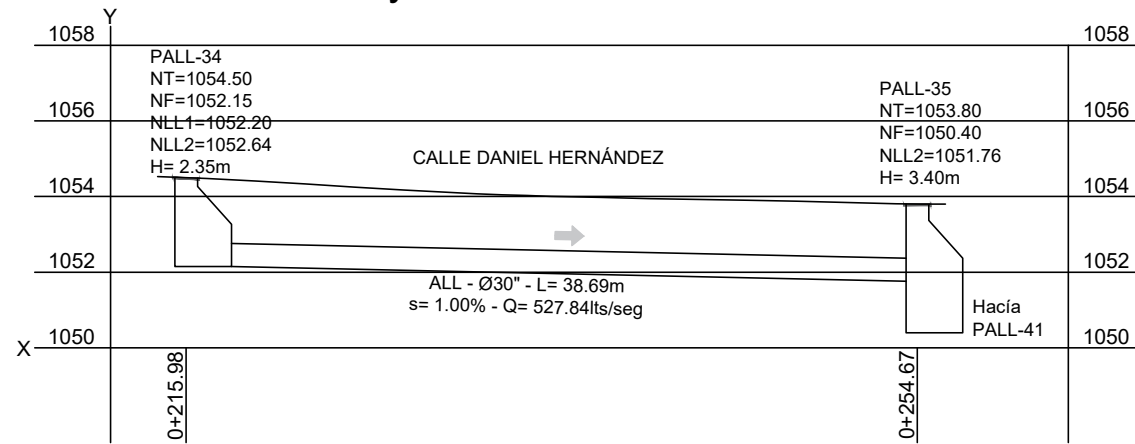
Perfil de tramo de tubería PALL-38, PALL-39 y PALL-40.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



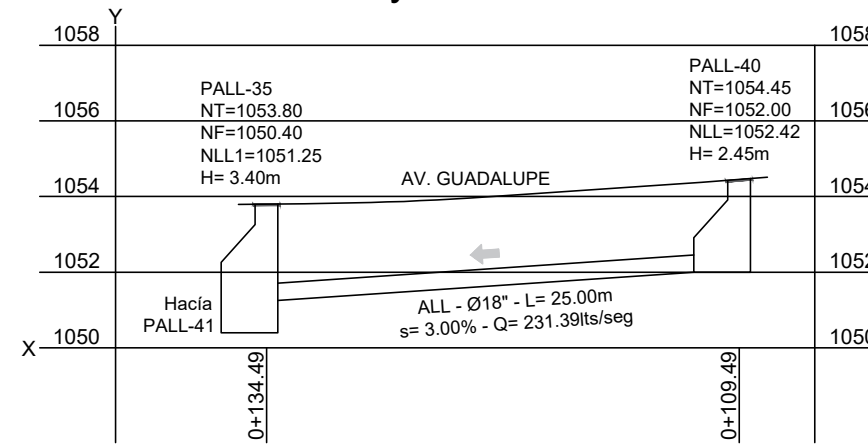
Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.



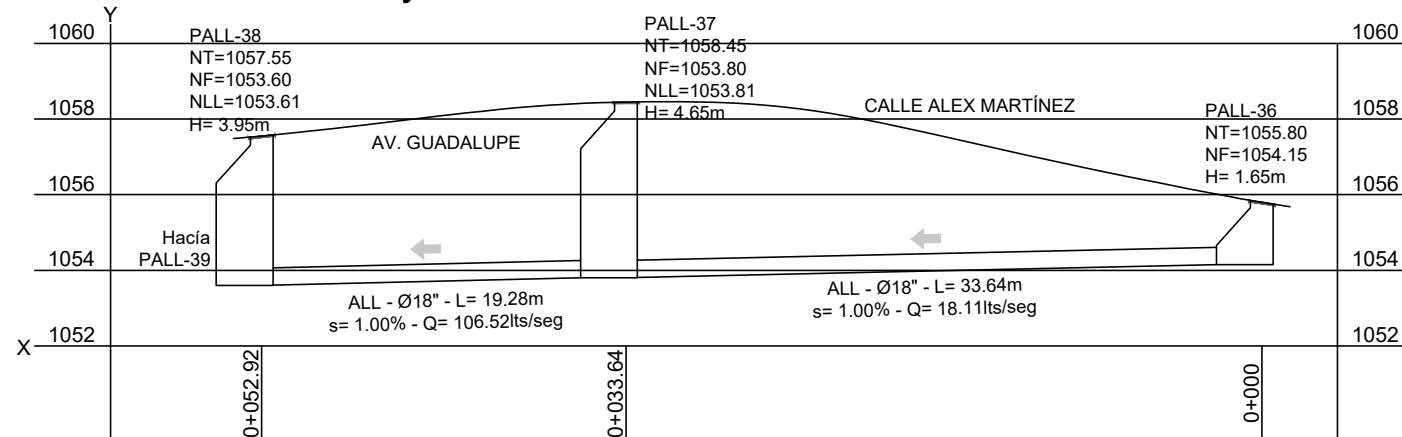
Perfil de tramo de tubería PALL-34 y PALL-35.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-40 y PALL-35.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-36, PALL-37 y PALL-38.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

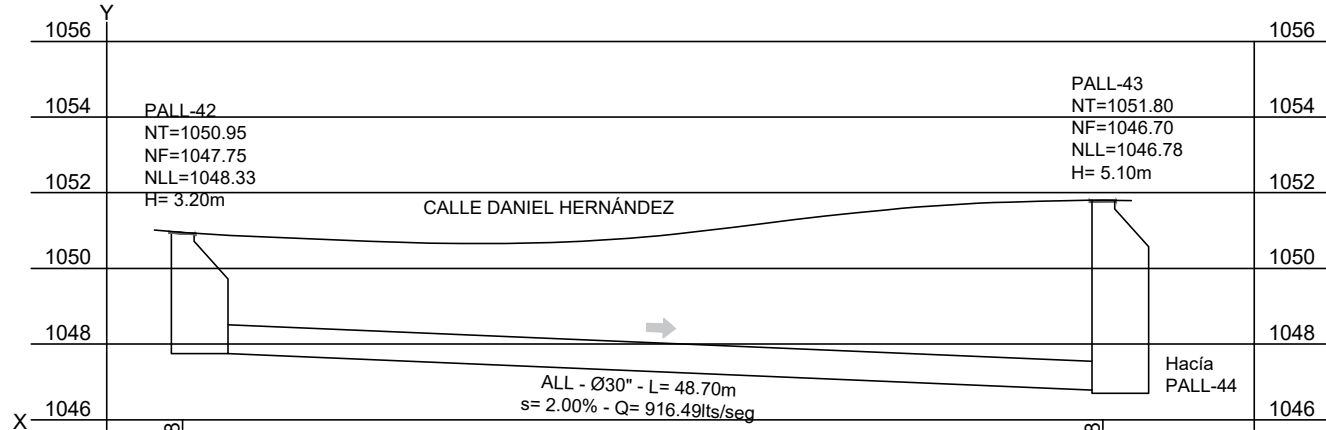
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

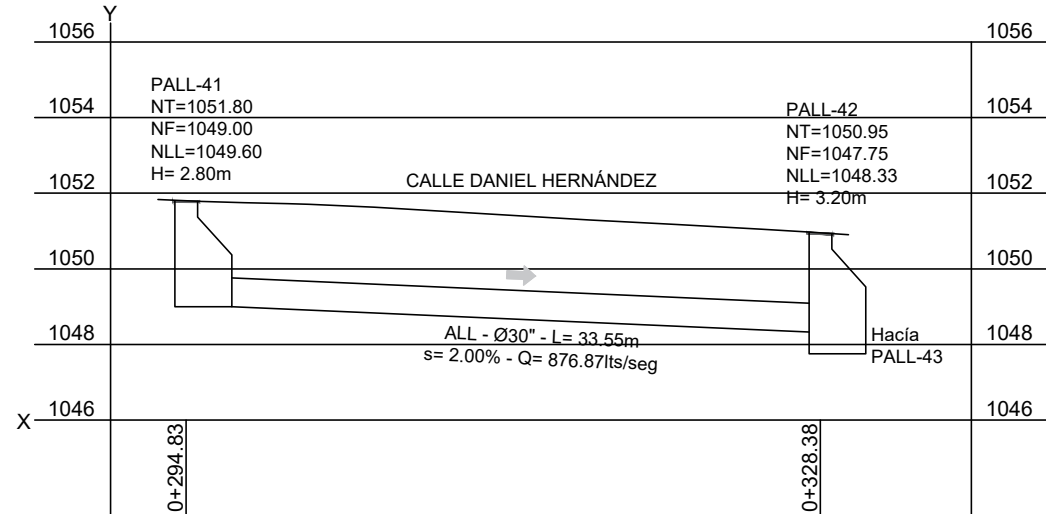
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 30 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

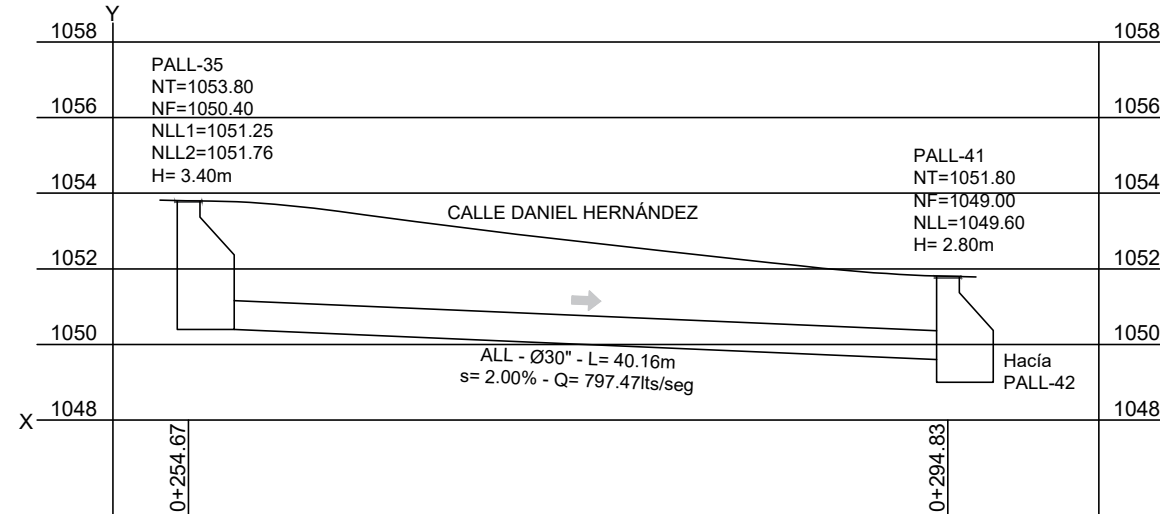
Perfil de tramo de tubería PALL-42 y PALL-43.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



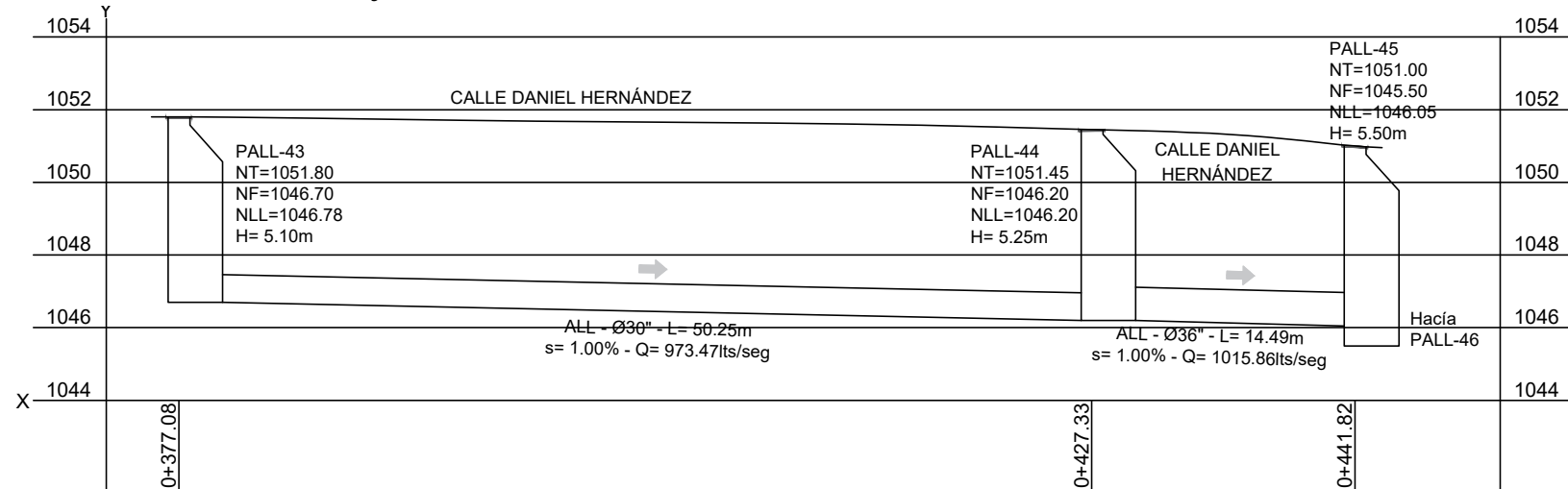
Perfil de tramo de tubería PALL-41 y PALL-42.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-35 y PALL-41.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-43, PALL-44 y PALL-45.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

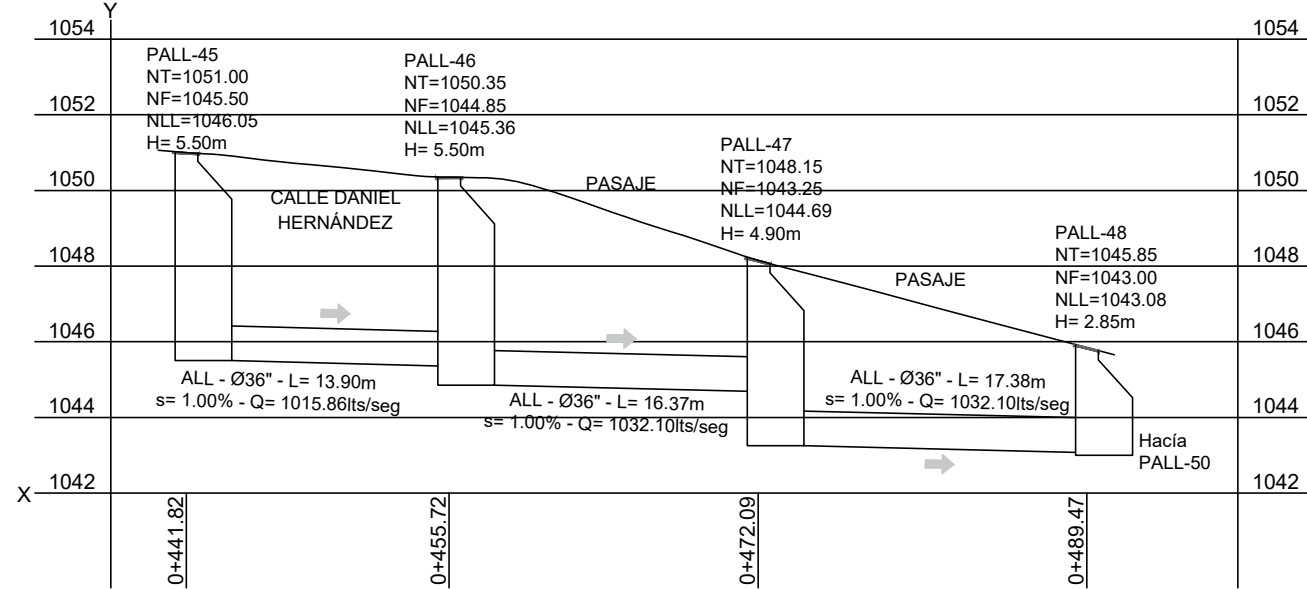
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

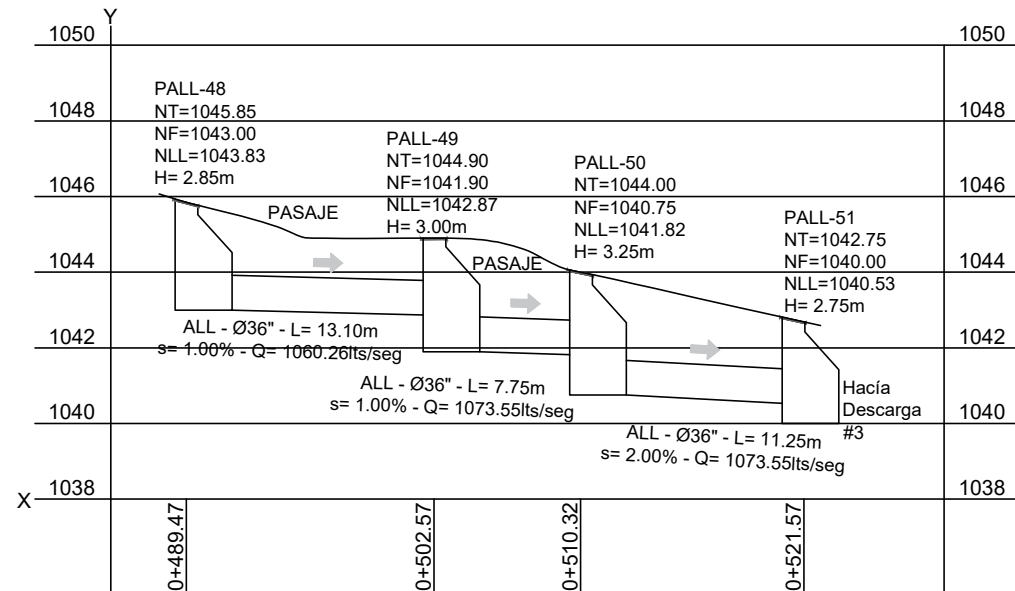
Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA
Ubicación: Municipio de Comasagua.		31 / 32

Perfil de tramo de tubería PALL-45, PALL-46, PALL-47 y PALL-48.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Perfil de tramo de tubería PALL-48, PALL-49, PALL-50 y PALL-51.
Escala 1:400 en X y 1:200 en Y



Cuadro de Simbología.	
	Pozo de Aguas Lluvias.
	Caja tragante.
	Colectores de Aguas Lluvias pozo a pozo.
	Colectores de Aguas Lluvias tragante a pozo.
	Cordón vial de calles y avenidas.
	Dirección de Flujo.

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Red de Drenaje de Aguas Lluvias.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 32 / 32
Ubicación: Municipio de Comasagua.		

CAPÍTULO

VI.

Diseño y Especificaciones Técnicas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

6.1 Características del Lugar.

El terreno donde se propone la instalación de la planta de tratamiento, se ubica al noreste del casco urbano del municipio de Comasagua. El cual posee una superficie que permite que los componentes de la planta puedan ser ubicados de la mejor manera posible para que puedan funcionar adecuadamente, encontrándose cerca el lugar en el que se realizara la descarga del agua residual tratada. El área con que cuenta el inmueble es aproximadamente 6,247.47 m², y se muestra en la Imagen 6.1.1

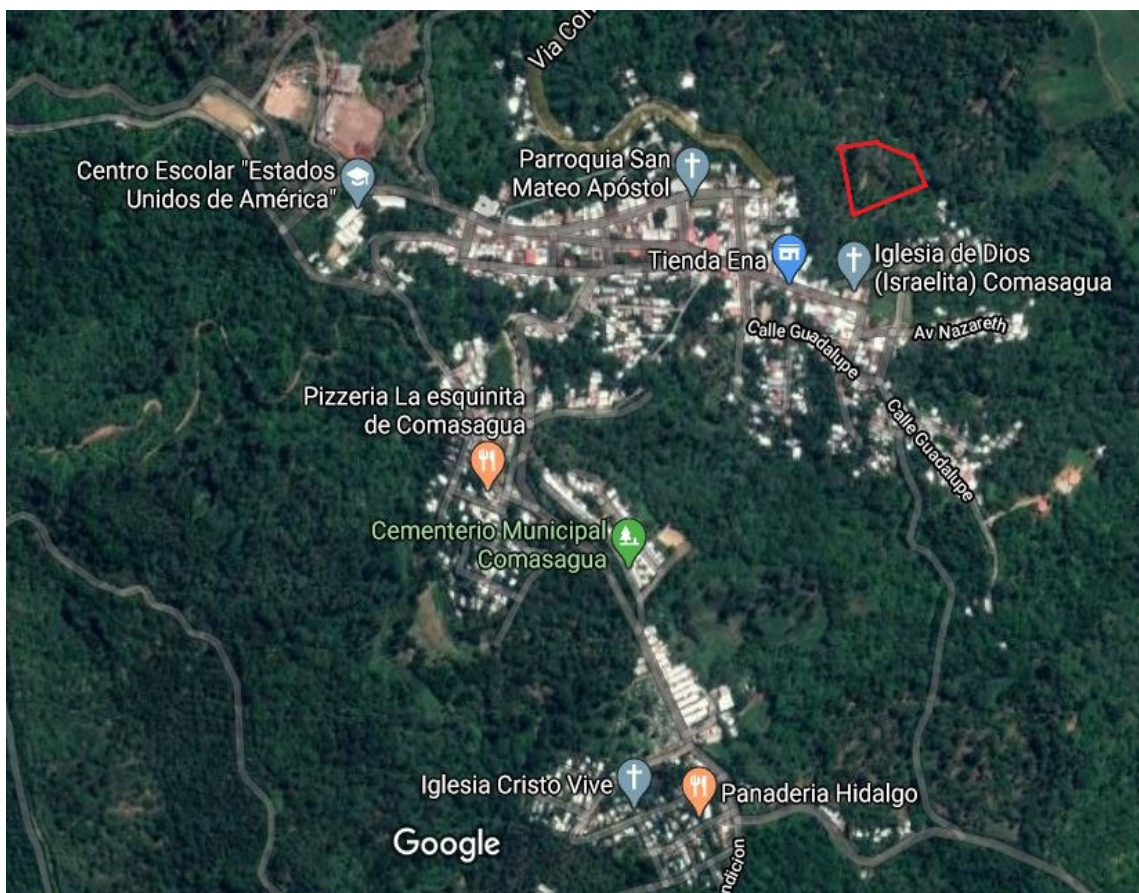


Imagen 6.1.1. Ubicación del terreno propuesto para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Fuente: Google Maps.

Población Futura.

Para el cálculo del caudal se empleó el dato de población futura obtenido de la proyección de población estimada, para un periodo de 20 años.

Según un informe elaborado por DIGESTIC el número de habitantes en el municipio de Comasagua es de 14, 270 habitantes; para saber cuánto es la población estimada para 20 años se considera una tasa de crecimiento para el año 2,041 de 1.16%.

Entonces la población futura para el año 2039 sería:

$$Pob_{2041} = Pob_{2021} \times (1 + \text{tasa de crecimiento})^{(2041-2021)}$$

$$Pob_{2041} = 14270 \times \left(1 + \frac{1.16}{100}\right)^{(2041-2021)}$$

$$Pob_{2041} = 17,973 \text{ habitantes}$$

De esta población total el 24% corresponde al área urbana y el 76% al aérea rural según datos poblacionales de DIGESTIC. La población total que se espera en el 2,041 es de 4,314 habitantes en el área urbana de Comasagua.

6.2. Cálculo del Caudal y Caracterización del Agua Residual.

Caudal Medio.

En el capítulo IV se calculó el caudal máximo horario en un valor de $Q_{\max h}=26.84$ l/s, por tanto, con la ayuda de la siguiente expresión conoceremos el valor del caudal medio diario según Norma de ANDA. Para la constante K_2 se tomó el valor de 2.4 para trabajar con el valor máximo de variación que se puede llegar a tener.

$$Q_{\max h} = K_2 \times Q_{md}$$

Donde:

$K_2 =$ *Coficiente de variacion media horario*

$Q_{\max h} =$ *Caudal maximo horario*

$Q_{md} =$ *Caudal medio diario*

$$Q_{\max h} = 2.4 \times Q_{md}$$

Despejando Q_{md} se tiene lo siguiente:

$$Q_{md} = \frac{Q_{\max h}}{2.4}$$

$$Q_{md} = \frac{26.48}{2.4}$$

$$Q_{md} = 11.03 \text{ l/s}$$

Caudal Mínimo.

Se consideró $K_3 = 0.3$, para trabajar con la variación mínima que se puede alcanzar a tener y así obtenemos el caudal mínimo (Q_{\min}):

$$Q_{\min h} = 0.3 \times Q_{md}$$

Donde:

$Q_{\min h}$ = Caudal mínimo horario

K_3 = Coeficiente de variación mínima horario

Q_{md} = Caudal medio diario

$$Q_{\min h} = 0.3 \times 11.03 = 3.31 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

6.2.1 Caracterización de Agua Residual.

De la misma manera que en las aguas naturales se miden las características físicas, químicas y biológicas, también es necesario medirlas en las aguas residuales, a fin de establecer las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultaran más eficaces y

económicos. La norma salvadoreña NSO 13.49.01:09 “Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”, establece los parámetros y los valores máximos permisibles de los diferentes contaminantes que pueden ser descargados a un cuerpo receptor, provenientes de aguas residuales de origen doméstico, como se muestra en la siguiente Tabla 6.2.1.

PARAMETRO	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	60 mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	150 mg/l
Potencial de Hidrógeno (PH)	5-9
Sólidos suspendidos	60 mg/l
Sólidos sedimentables	1 mg/l
Aceites y grasas	20 mg /l
Fosforo Total	3 mg/l
Temperatura	30 ± 5 °C

Fuente: Norma de especificaciones de calidad del agua residual descargadas a un cuerpo receptor (CONACYT).

Tabla 6.2.1. Parámetros máximos permitidos en el efluente del sistema para aguas residuales domésticas.

6.2.2. Parámetros de Diseño y Características del Efluente.

Como ya se ha mencionado, en un proyecto de tratamiento de aguas residuales es absolutamente necesario conocer la caracterización de las aguas residuales a tratar. Cuando la red de alcantarillado existe, es necesario tomar una serie de muestras y seguir el protocolo de análisis de las mismas, a fin de conocer las concentraciones de los parámetros antes descritos.

Ahora bien, cuando la red de alcantarillado no existe y se pretende desarrollar un proyecto de tratamiento junto al proyecto de la red de alcantarillado, se debe hacer uso de las concentraciones usuales en las aguas residuales domésticas, determinadas de los estudios realizados a otras aguas residuales del mismo tipo, con similares condiciones de las que se encuentran en estudio. Aquí es donde la experiencia tiene validez, ya que un agua residual si es del todo doméstica tendrá características similares a las de otro tipo de agua doméstica de otra región, donde se tengan condiciones similares a las que se están analizando para realizar el proyecto.

Las medidas exactas de los parámetros de un agua residual específica, solo se pueden lograr haciendo un estudio a esa agua en particular.

Es importante mencionar que para la caracterización de las aguas residuales del municipio de Comasagua, se considerará la caracterización de las aguas residuales del municipio de Atiquizaya, departamento de Ahuachapán; ya que el municipio de Comasagua en su casco urbano no cuenta con red de alcantarillado sanitario, para la caracterización de sus aguas residuales no se puede realizar un muestreo y posterior análisis de dichas aguas del municipio, ya que no se cuenta con el equipo y el dinero necesario para realizar dicha actividad. También es importante considerar que las semejanzas entre ambos municipios (Comasagua y Atiquizaya) es bastante grande por lo que la caracterización de las aguas es más cercana a la realidad; aunque Atiquizaya cuenta con mayor

número de habitantes que Comasagua, existe similitud en su infraestructura y actividad económica, como se muestra en la tabla:

Infraestructura Principal	Comasagua	Atiquizaya
Población Total	14,270	34,649
Población Urbana	3,425	15,489
Sede Alcaldía Municipal	1	1
Unidad de Salud	1	1
Sede PNC	1	1
Sede Juzgado	1	1
Centros Educativos Públicos	5	5
Centros Educativos Privados	2	2
Kínder	1	1
Instituto Nacional	1	1

Tabla 6.2.2: Tabla comparativa entre la infraestructura de los municipios de Comasagua y Atiquizaya. Fuente: elaborado por equipo de trabajo de graduación.

La actividad económica principal en el municipio de Comasagua es la agricultura, enfocada a los granos básicos y el cultivo de Café, como en la mayoría de poblaciones del país. Por lo tanto, se concluye que existe gran similitud entre las dos poblaciones por lo tanto si utilizamos las anteriores características como índices comparativos, podemos observar que a pesar de ser un municipio más grande y con más población total, la infraestructura y la actividad económica son similares, casi idénticas a las del municipio de Comasagua, por tanto, podemos concluir que la forma de vida de las personas, la alimentación y el uso del agua es similar en ambos municipios. La siguiente tabla presenta la caracterización de las aguas residuales para el municipio de Atiquizaya:

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE PROPUESTA CONACYT	OBSERVACIONES
Solidos suspendidos	mg/l	870	60	El parámetro se encuentra fuera del rango
Solidos sedimentarios	mg/l	7	1	El parámetro se encuentra fuera del rango
DBO ₅	mg/l	300	60	El parámetro se encuentra fuera del rango
DQO	mg/l	722	150	El parámetro se encuentra fuera del rango
Aceites y Grasas	mg/l	17	10	El parámetro se encuentra fuera del rango

Tabla 6.2.3. Valores de parámetros para estudio de efluente en estado crudo. Fuente: trabajo de graduación, Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de Atiquizaya, Universidad de El Salvador, 2000.

Como se puede observar todos los resultados de la caracterización sobrepasan los valores máximos que están en la norma del CONACYT (NSO 13.49.01.09) por lo tanto, deberán diseñarse unidades cuyas eficiencias garanticen el cumplimiento de la norma.

6.3. Alternativas de Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

6.3.1. Alternativa de Tratamiento N°1.

Debido a la topografía que presenta la ciudad de Comasagua, La alternativa No.1 con el fin de llevar las aguas residuales domesticas del casco urbano por gravedad cuenta con los siguientes elementos según el diagrama siguiente.

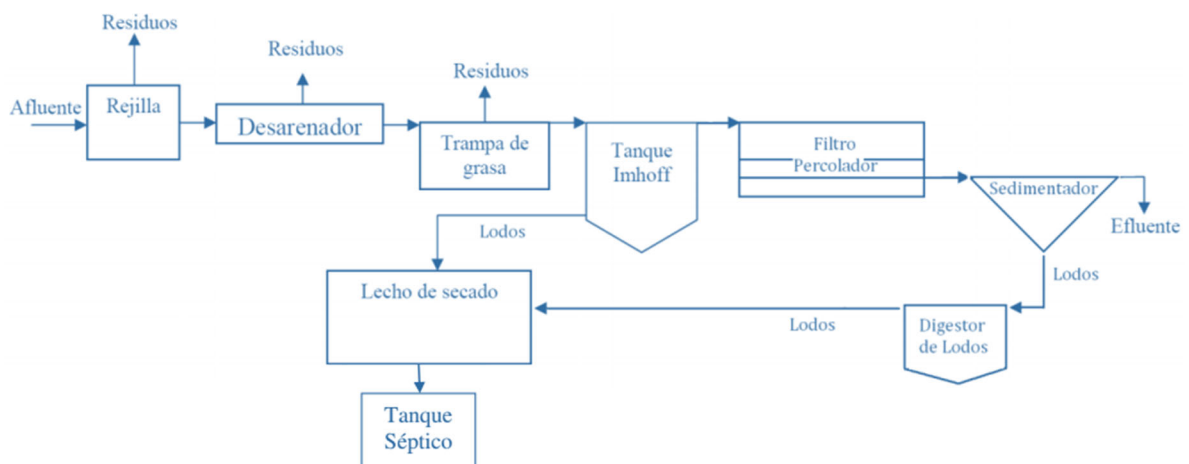


Diagrama 6.3.1. Diagrama de bloque de la planta de tratamiento #1, Fuente: Grupo de Investigación.

Pre – tratamiento (común para alternativa N° 1 y N° 2).

- Sistema de Rejas.
- Desarenador.

- Trampa de Grasa.
- Medidor de Caudal Parshall.

Tratamiento Primario.

- Tanque Imhoff.

Tratamiento Secundario.

- Sistema de Filtro Percolador.
- Sedimentador secundario (común para alternativa N° 1 y N°2).

Tratamiento de Lodos.

- Digestor de Lodos.
- Patio de Secado de Lodos.
- Tanque Séptico.

6.3.1.1. Pretratamiento.

Sistema de Rejas.

Diseño de canal de aproximación o, de entrada.

Canal de entrada.

Para el diseño del canal de entrada se considerará el caudal máximo que pueda tenerse en la planta de tratamiento y éste corresponde al caudal máximo horario que tiene el valor de:

$$Q_{diseño} = 26.48 \frac{L}{s} = 0.02648 m^3/s$$

Para el diseño de los elementos de la planta de tratamiento se tomarán en cuenta parámetros que se encuentran en Normas Internacionales como se presenta a continuación la siguiente Tabla 6.3.1 en resumen:

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro según					
		Norma Boliviana		Norma Colombiana		Norma Mexicana	
Tipo de limpieza	-	Manual	Mecánica	Manual	Mecánica	Manual	Mecánica
Tipo de barra	-	Rectangular				Rectangular	
Espesor de barra	mm.	-	-	-	-	5 -15	-
Ancho de barra	mm.	-	-	-	-	30 - 75	-
Espaciamiento entre barras	mm.			15 a 50	3 y 77	20 y 50	-
Velocidad entre barras Limpias	mm.	-	-	-	0.6 y 1.2	0,60 a 0,75	-
Velocidad de aproximación	m/s	-	-	0.3 y 0.6	0.3 y 0.9	0,30 y 0,60	-
Angulo de inclinación de las barras (con respecto a la horizontal)	grados	-	-	-	-	45 y 60	-

Tabla 6.3.1. Comparación de Normas Internacionales. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.

Tenemos un caudal máximo de 0.02648 m³/s y una velocidad de aproximación de 0.60 m/s, velocidad propuesta por Metcalf – Eddy, para Rejillas de Limpieza Manual, Pág. 447.

Por continuidad y conociendo la velocidad, encontramos el área transversal:

$$Q = A \times v$$

Donde:

Q = caudal de diseño

A = área de la sección del canal

V = velocidad de aproximación

Luego despejando el Área tenemos:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.02648}{0.6} = 0.0441m^2$$

Para encontrar el tirante del flujo considerando un canal de sección rectangular se tiene que:

$$A = T * b$$

Donde:

A = Área transversal del canal (Ver Imagen 6.3.1).

T = Tirante o profundidad de flujo

b = ancho de canal

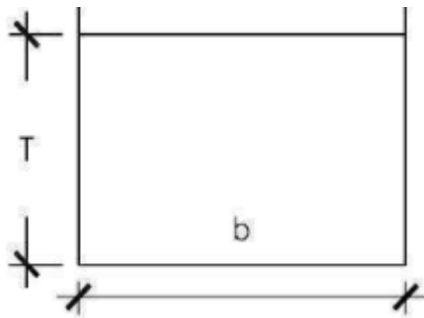


Imagen 6.3.1. Canal de aproximación. Fuente: Grupo de Investigación.

Asumiendo un ancho de canal (b) de 35 cm, agregando un 25% por seguridad, el ancho es:

$$b = 0.437 \approx 0.45 m$$

Despejando T:

$$T = \frac{A}{b} = \frac{0.0441}{0.45} = 0.098 \text{ m} \approx 0.1 \text{ m}$$

T = 0.10 m, se recomienda un borde libre de 0.39m.

Profundidad total del canal:

$$h = bl + T = 0.098 + 0.39 = 0.488 \approx 0.50 \text{ m}$$

Para determinar la pendiente se utilizó la fórmula de Manning (coeficiente de rugosidad $n = 0.015$ para concreto)

$$v = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$v = \frac{\left(\frac{b \times T}{b + 2T}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$v = \frac{\left(\frac{0.45 \times 0.10}{0.45 + 2(0.10)}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Sustituyendo y despejando la pendiente de la fórmula de Manning:

$$0.6 = \frac{\left(\frac{0.45 \times 0.10}{0.45 + 2(0.10)}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{0.015}$$

$$0.6 = \frac{\left(\frac{0.045}{0.65}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{0.015}$$

$$S = \left(\frac{0.6 \times 0.015}{\left(\frac{0.045}{0.65}\right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

$$S = 0.285\% \approx 0.29\%$$

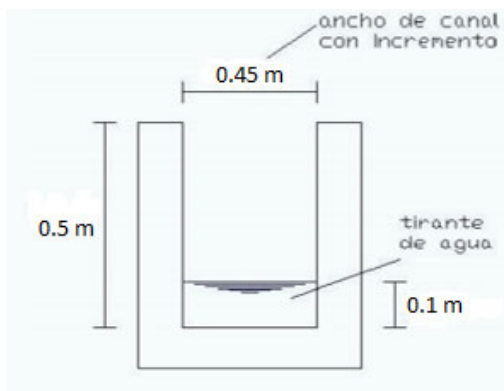


Imagen 6.3.2. Sección del canal de las rejillas para la planta. Fuente: Grupo de Investigación.

Parámetro	Parámetro recomendado
Forma de barra	Rectangular No debe utilizar barras de refuerzo
Ancho de barra	5 – 15 mm
Espesor de barra	25 – 40 mm
Espaciamiento (aberturas) entre barras	25 – 50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras.
Inclinación con la vertical	45 – 60°
Plataforma de drenaje	Suficientemente ancha para realizar el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado y aluminio
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de retención en canal de aproximación	>= 3 s
Largo de canal de aproximación	>= 1.35 m.
Velocidad a través de las barras	<= 0.6 m/s para caudal promedio <= 0.9 m/s para caudal máximo
Perdida de carga máxima	0.15 m.
Cantidad de material retenido	0.008 – 0.038 m ³ /1000 m ³ .
Disposición de material retenido	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

Tabla 6.3.2. Parámetros de diseño para las rejillas. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.

Para obtener el factor de forma ocuparemos sección rectangular obtenida de la tabla siguiente:

Factor de forma	Forma de la sección transversal						
	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Tabla 6.3.3. Factor de forma para rejillas. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.

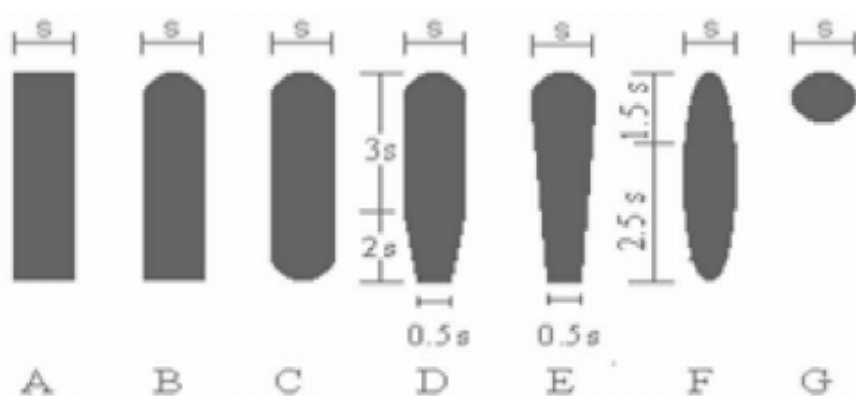


Imagen 6.3.3. Sección de la rejilla. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.

Tipo	Espaciamiento	
	Pulgadas	Milímetros
Gruesa	Por encima de 1 1/2	40 a 100
Media	3/4 a 1 1/2	20 a 40
Fina	3/8 a 3/4	10 a 20

Tabla 6.3.4. Espaciamiento entre rejillas. Fuente: Adaptación de Azevedo Netto y Hess (1973).

- **Parámetros para Diseño:**

- Ancho db = 12.7mm= 13 mm.
- Espacio/barras: e = 20 mm. (Para rejas medias).
- Inclinación: $\Theta = 45^\circ$.
- Coeficiente de sección: $\beta = 1.79$ (sección circular).
- Ancho de canal de conducción = 45 cm.
- Profundidad de canal = 100 cm.

Diseño:

- Longitud de la reja:

$$L = \frac{T + bl}{\text{sen}\theta}$$

$$L = \frac{0.1 + 0.39}{\text{sen}45} = 0.693 \text{ m}$$

- N° de espacios:

$$n = \frac{b - e}{e + db}$$

$$n = \frac{0.45 - 0,02}{0.02 + 0.013} = 13.03 \approx 14 \text{ espacios}$$

- N° de Barras:

$$\# \text{ de barras} = n - 1$$

$$\# \text{ de barras} = 14 - 1 = 13$$

➤ Área de rejas:

$$Ar = \# \text{ de barras} \times db \times T$$

$$Ar = 13 \times 0.013 \times 0.1 = 0.017 \text{ m}^2$$

➤ Velocidad entre rejas:

$$Vr = \frac{Q}{A - Ar}$$

$$Vr = \frac{0.02648}{0.0441 - 0.017} = 0.977 \text{ m/s}$$

➤ Velocidad de acercamiento o aproximación:

$$Va = \frac{Q}{(b - db) \times T}$$

$$Va = \frac{0.02648}{(0.45 - 0.013) \times 0.10} = 0.61 \rightarrow \text{No cumple maximo entonces usar } 0.6 \text{ m/s}$$

➤ Arreglo de barras:

$$\text{Ancho} = 0.45 \text{ m}$$

$$14 \text{ espacios} * 0.02 = 0.28 \text{ m}$$

$$\underline{13 \text{ barras} * 0.01 = 0.16 \text{ m}}$$

$$\mathbf{total = 0.44 \text{ m} \rightarrow 0k}$$

➤ Perdida de carga:

$$h_2 = \beta \left(\frac{db}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{Va^2}{2g} \times \text{sen}\theta$$

$$h_2 = 1.79 \times \left(\frac{0.013}{0.020} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0.6^2}{2(9.81)} \times \text{sen}45 = 0.01308 \text{ m} = 1.31 \text{ cm}$$

Para condición de rejillas sucias en un 50%: Esta condición implica que el espacio libre entre barras (e') será el 50% que al estar limpias. Implica también que el espesor de las barras (b') se verá incrementado en un valor igual a la mitad de la reducción del espacio libre a cada lado de ellas.

$$e' = e \times (0.5)$$

$$e' = 0.02 \times (0.5) = 1 \text{ cm}$$

$$db' = db + (1)$$

$$db' = 0.013 + 0.01 = 0.023$$

➤ Perdida de carga rejillas sucias en un 50%:

La pérdida de carga por la obstrucción de los barrotes será:

$$h_2' = \beta \left(\frac{db}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{Va^2}{2g} \times \text{sen}\theta$$

$$h_2' = 1.79 \times \left(\frac{0.023}{0.01} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0.6^2}{2(9.81)} \times \text{sen}45 = 0.0705 = 7.05 \text{ cm}$$

➤ La pérdida de carga promedio es:

$$\Delta h_{prom} = \frac{h_2 + h_2'}{2}$$

$$\Delta h_{prom} = \frac{1.31 + 7.05}{2} = 4.18 \text{ cm}$$

Diseño de Desarenador.

Para el diseño del desarenador utilizaremos los siguientes criterios establecidos por las normas mexicanas, bolivianas y a colombianas podemos apreciarlo de mejor forma en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor Del Parámetro Según			
	Unidad	Norma Boliviana	Norma Colombiana	Norma Mexicana
Numero de cámaras desarenadoras	Unidad	2	2	2
Velocidad en las cámaras	m/h	0.2-0.4	0.2-0.4	0.3 – 0.36
Tiempo de retención hidráulico	Minutos	20 segundos y 3 minutos	20 segundos y 3 minutos	A definir oportunamente
Tasa de desbordamiento	m ³ /m ² /día	700 y 1600	700 y 1600	1080 y 1680
Tipo de limpieza	-	Manual para Q _{max} inferiores a 50 L/s	Manual para Q _{max} < 50 L/s	Manual
Caudal de diseño	m ³ / día	Q _{max} horario	Q _{max} horario	Q _{max} horario
Frecuencia minima de limpieza	Semana	-	-	1 vez
Estructuras de control de caudal	unidad	Sutro	Sutro	Sutro, Parshall o Palmer

Tabla 6.3.5. Parámetros recomendados para el diseño de desarenadores. Trabajo de graduación, Manual para el Diseño de Unidades de Tipo Biológico en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas en El Salvador, Universidad de El Salvador.

- Sección transversal (S):

Para diseñar el desarenador se utiliza una velocidad de escurrimiento (V_{esc}) menor a 0.5 m/s, ya que se desea provocar sedimentación.

Utilizando velocidad de escurrimiento 0.3 m/s (Velocidad que permite que la arena de 0.2 mm se sedimente, Metcalf – Eddy, página 457) y teniendo que $Q_{max} = 0.1341 \text{ m}^3/\text{s}$ y diseñando para una profundidad del flujo (h) de 0.20 m, entonces:

- Área.

$$S = \frac{Q_{max}}{V_{esc}} = \frac{0.02648 \text{ m}^3/\text{s}}{0.3 \text{ m/s}} = 0.0883 \text{ m}^2$$

- Ancho.

$$Ancho = \frac{S}{h} = \frac{0.0883 \text{ m}^2}{0.20 \text{ m}} = 0.44 \text{ m}$$

Para $Q_{min} = 0.00331 \text{ m}^3/\text{s}$ y diseñando para una profundidad de flujo (h) de 10 cm el área transversal (S) requerida es:

- Área.

$$S = \frac{Q_{min}}{V_{esc}} = \frac{0.00331 \text{ m}^3/\text{s}}{0.3 \text{ m/s}} = 0.011 \text{ m}^2$$

- Ancho.

$$Ancho = \frac{S}{h} = \frac{0.011 \text{ m}^2}{0.10 \text{ m}} = 0.11 \text{ m}$$

El ancho que se utilizará será el ancho promedio obtenido con el caudal máximo y el caudal mínimo.

- Ancho Promedio.

$$Ancho_{prom} = \frac{Ancho_{max} + Ancho_{min}}{2}$$

$$Ancho_{prom} = \frac{0.44 + 0,11}{2} = 0.275 \text{ m}$$

Se usarán dos desarenadores de dimensiones teóricas de ancho de 30 centímetros y una altura de 55 centímetros para tener 20 centímetros de altura de flujo y 35 centímetros altura de borde libre.

Se utilizarán dos desarenadores en momentos de caudal máximo y se cerrara la compuerta de un desarenador en momentos de caudal mínimo.

Longitud del Desarenador.

La longitud será la necesaria para que se produzca la sedimentación de arena de un diámetro de 0.1 mm cuya velocidad de sedimentación se obtiene de la ley de Stokes:

$$V_s = \frac{g(S_s - 1)d^2}{18\nu}$$

Donde:

V_s = Velocidad de sedimentación en m/s

g = 9.81 m/s (Aceleración de la gravedad)

S_s = 1.9 (Gravedad específica de la partícula)

$d = 0.1 \text{ mm}$ (Diámetro de la partícula)

$\nu = 0.893 \text{ E-6 m}^2/\text{s}$ (Viscosidad cinemática)

$$V_s = \frac{9.8(1.9 - 1)(0.0001)^2}{18(0.893 \text{ E}^{-6})} = 0.005493 \text{ m/s}$$

El área superficial y la longitud se obtienen:

Debido a que se tendrán dos desarenadores en momentos de caudal máximo

(Q_{\max}), para dimensionar el desarenador se tiene que dividir el caudal a la mitad.

$$Q = \frac{Q_{\max}}{2} = \frac{0.02648 \text{ m}^3/\text{s}}{2} = 0.01324 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_{\text{superf}} = \frac{Q}{V_s} = \frac{0.01324 \text{ m}^3/\text{s}}{0.005493 \text{ m/s}} = 2.41 \text{ m}^2$$

$$Long = \frac{A_{\text{superf}}}{Ancho} = \frac{2.41 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}} = 8.03 \text{ m}$$

Para asegurar la remoción de las partículas escogidas y por la turbulencia que se produce a la entrada y salida del canal, se añade un 20% de longitud extra.

$$Largo = Long + 20\%Long = 8.03 + (0.2 \times 8.03) = 9.64 \approx 10 \text{ m}$$

Almacenamiento de Arena.

Se genera un promedio de 5.0 l/hab-año.

Diseñando una cuneta de almacenamiento de 25 x 20 centímetros.

- Volumen de Almacenamiento.

Vol de Almacenamiento = L × Area × N° de desarenadores

$$Vol de Almacenamiento = 2(0.25 \times 0.2 \times 10) = 1.0 m^3$$

- Producción Anual:

$$Produccion Anual = 4,314 \text{ hab} \times 0.0050 \frac{m^3}{\text{hab} \times \text{año}} = 21.57 \frac{m^3}{\text{año}}$$

- Limpieza por Año.

$$Limpieza por Año = \frac{21.57 \frac{m^3}{\text{año}}}{1.0 m^3} = 21.57 \text{ remociones al año}$$

$$\frac{365 \text{ dias}}{21.57 \times 2 \text{ remociones al año}} = 8.46 \text{ dias/remocion} = 1 \text{ vez cada 9 dias}$$

Diseño de Trampa de Grasas.

Parámetros a usar:

- Relación Largo/Ancho = 1.8: 1.0
- Tiempo de retención ver tabla 6.7:

Se tomará un tiempo de retención hidráulica (TRH) = 5 min = 300 s

- Tasa de aplicación: 4 l/s/m² = 0.25 m² por cada l/s

Según Manual de Dispositivo de Aguas Residuales (referencia bibliográfica N° 5, página 476).

TRH	Q diseño
3 min.	Hasta 10 l/s
4 min.	10 - 20 l/s
5 min.	Más de 20 l/s

Tabla 6.3.6. Tiempo de retención según caudales. Fuente: Adaptado de Reynolds y Richards, 1996.

- La salida del desarenador debe tener una cubierta contra malos olores de 60 mm. De espesor, pero no debe haber ninguna en la parte lateral de la entrada de agua.

$$Q = 26.48 \text{ l/s}$$

➤ Área Superficial.

$$\text{Area Superficial} = Q \times \text{tasa de aplicacion} = 0.25 \frac{\text{m}^2}{\text{l/s}} \times 26.48 \text{ l/s} = 6.62 \text{ m}^2$$

➤ Volumen.

$$\text{Volumen} = \left(\frac{Q}{1000} \right) \times TRH = \left(\frac{26.48 \text{ l/s}}{1000} \right) \times 300 \text{ s} = 7.94 \text{ m}^3$$

➤ Longitud.

$$\begin{aligned} \text{Longitud} &= \sqrt{\text{Area Superficial} \times \text{relacion largo/ancho}} = \sqrt{6.62 \text{ m}^2 \times 1.8} \\ &= 3.45 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Ancho.

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Relacion largo/ancho}} = \frac{3.45 \text{ m}}{1.8} = 1.92 \text{ m}$$

$$h = \frac{2}{3} \left(\frac{\text{Volumen}}{\text{Area Superficial}} \right) = \frac{2}{3} \left(\frac{7.94 \text{ m}^3}{6.62 \text{ m}^2} \right) = 0.80 \text{ m}$$

$$2h = 2(0.80) = 1.60 \text{ m}$$

Para facilitar el proceso constructivo las dimensiones teóricas calculadas se aproximarán a múltiplos de 5 centímetros, siendo las dimensiones de diseño la siguientes (Ver Imagen 6.3.1.3.1):

$$\text{Longitud} = 3.45 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 1.95 \text{ m}$$

$$h = 0.80 \text{ m} \quad \text{y} \quad 2h = 1.6 \text{ m}$$

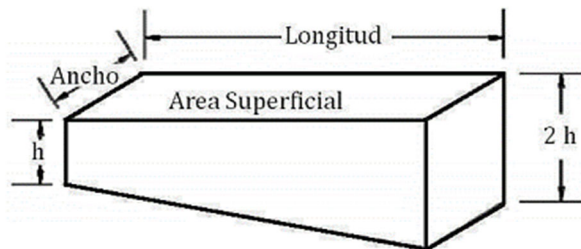


Imagen 6.3.4. Representación de Trampa de Grasas. Fuente: grupo de investigación.

Medidor Parshall.

Tenemos:

$$Q_{maxh} = 26.48 \text{ l/s}$$

$$Q_{min} = 3.31 \text{ l/s}$$

- Condiciones que debe de cumplir un medidor Parshall.

W (Garganta)		Capacidad (l/s)	
Pulg. Pie	cm	Mínimo	Máximo
3"	7.6	0.9	53.8
6"	15.2	1.5	110.4
9"	22.9	2.6	251.9
1'	30.5	3.1	455.6
1.5'	45.7	4.3	696.2
2'	61.0	11.9	936.7
3'	91.5	17.3	1426.3
4'	122.0	36.8	1921.5
5'	152.5	62.8	2422.0
6'	183.0	74.4	2929.0
7'	213.5	115.4	3440.0
8'	244.0	130.7	3950.0
10'	305.0	220.0	5660.0

Tabla 6.3.7. Límites de aplicación, medidores Parshall con descarga libre. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, Página 474, 1ª Edición, 1976).

Se selecciona un W de 3" o 7.6 cm con una capacidad mínima de 0.9 l/s y máxima de 53.8 l/s.

Las dimensiones para este ancho de garganta vienen de la tabla 6.3.8.

	W	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	62.1	61.0	33.0	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	30.5	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1.5'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	192.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	239.2	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	427.0	475.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Tabla 6.3.8 (1). Dimensiones típicas de medidores Parshall (cm). Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).

Las dimensiones en cm consideradas son las siguientes:

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7

Tabla 6.3.8 (2). Dimensiones para garganta. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).

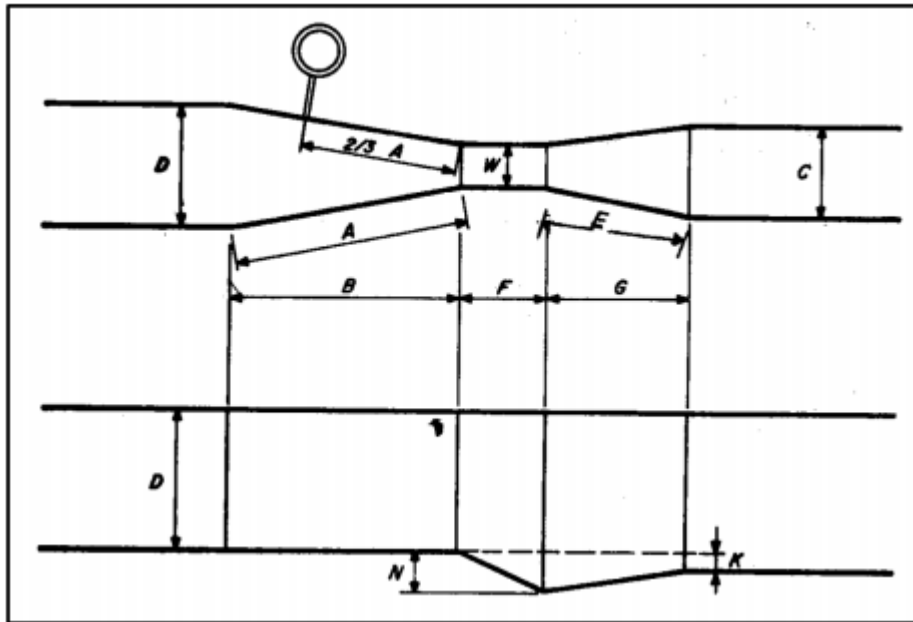


Imagen 6.3.5. Dimensionamiento del medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).

➤ Punto de medición (PM)

La medida de la carga H se recomienda tomarla a $2/3 A$ o $2/3 B$ (Manual de hidráulica, Azevedo Netto, Guillermo Acosta).

En este caso se tomará a $2/3 A$, resultando:

$$PM = \left(\frac{2}{3}\right) \times (A) = \left(\frac{2}{3}\right) \times (46.6 \text{ cm}) \cong 31 \text{ cm}$$

Medición del caudal: El caudal puede ser obtenido empleando la siguiente fórmula propuesta por R.L. Parshall:

$$Q = KH^n$$

Donde:

K= coeficiente que depende de la relación de estrechamiento

H= medida de la carga o altura en la zona de medición

n= es un exponente que depende del tamaño del medidor

Los valores de n y K son tomados de la tabla 6.3.1.3.5

$$Q = 0.176H^{1.547}$$

W		n	K	
Pulg, Pie	m		U. Métricas	U. Inglesas
3"	0.076	1.547	0.176	0.0992
6"	0.152	1.580	0.381	2.06
9"	0.229	1.530	0.535	3.07
1'	0.305	1.522	0.690	4.00
1.5'	0.457	1.538	1.054	6.00
2'	0.610	1.550	1.426	8.00
3'	0.915	1.566	2.182	12.00
4'	1.220	1.578	2.935	16.00
5'	1.525	1.587	3.728	20.00
6'	1.830	1.595	4.515	24.00
7'	2.135	1.601	5.306	28.00
8'	2.440	1.606	6.101	32.00

Tabla 6.3.9. Valores del exponente n y el coeficiente K. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, Página 476).

Con los valores de caudal máximo y caudal mínimo encontramos los valores de

H para ambas situaciones:

$$H_{max} = \sqrt[1.547]{\frac{Q_{max}}{0.176}} = \sqrt[1.547]{\frac{0.02648 \text{ m}^3/\text{s}}{0.176}} = 0.294 \text{ m} \approx 29.4 \text{ cm}$$

$$H_{min} = \sqrt[1.547]{\frac{Q_{min}}{0.176}} = \sqrt[1.547]{\frac{0.00331 \text{ m}^3/\text{s}}{0.176}} = 0.077 \text{ m} \approx 7.7 \text{ cm}$$

➤ Condiciones de descarga

El flujo a través de un medidor Parshall se puede verificar en dos condiciones diferentes, que corresponden a dos regímenes distintos:

- Flujo o Descarga libre (D.L.).
- Ahogamiento o Sumersión (S).

En el caso del flujo libre es suficiente medir la carga H para determinar el caudal (Imagen 6.3.6). Si el medidor es ahogado, será necesario medirse también, una segunda carga H_2 , en un punto próximo a la sección final de la garganta (Imagen 6.3.6).

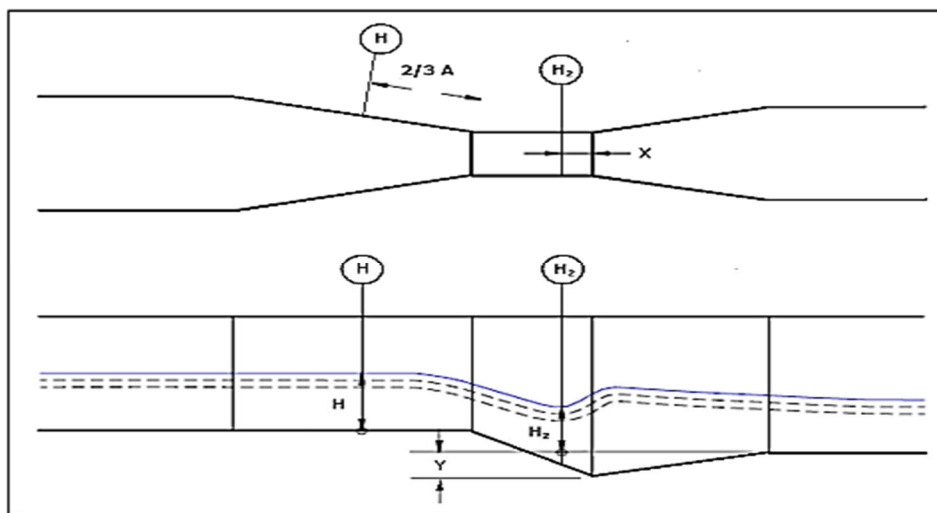


Imagen 6.3.6. Punto de medición del medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).

La relación H_2 / H (grado de sumersión S) constituye la razón de sumersión:

- Si $H_2/H \leq 0.60$ (60%) para los Parshall con $W = 3,6$ ó 9 pulgadas, → D.L.
- Si $H_2/H \leq 0.70$ (70%) para los Parshall con $W = 1$ a 8 pies, → D.L.

Para nuestro caso la relación H_2/H deberá ser menor o igual a 0.6

Si los límites anteriores se exceden será entonces necesario, medir las dos alturas para calcular el caudal. La descarga real será inferior a la obtenida por la fórmula, siendo indispensable aplicar una corrección C negativa a la ecuación de caudal anterior.

$$Q = KH^n - C$$

Donde:

$$C = K \left[H \left(\frac{H_2}{H} \right) \right]^n$$

Luego:

$$Q = K(H^n - H_2^n)$$

De cualquier manera, la sumergencia nunca deberá exceder el límite práctico de 95%, pues arriba de este valor, no se puede contar con la precisión deseable (Manual de Hidráulica, J. M. de Azevedo Netto & Guillermo Acosta, Pág. 473).

- Perdida de Carga

La pérdida de carga que tiene lugar en un medidor Parshall está en función de su tamaño W , del gasto Q y del grado de sumersión S con que trabaja la estructura. Para calcular la pérdida de carga se usó el siguiente nomograma gráfico 6.3.1 recomendado por J. M. de Azevedo Netto & Guillermo Acosta.

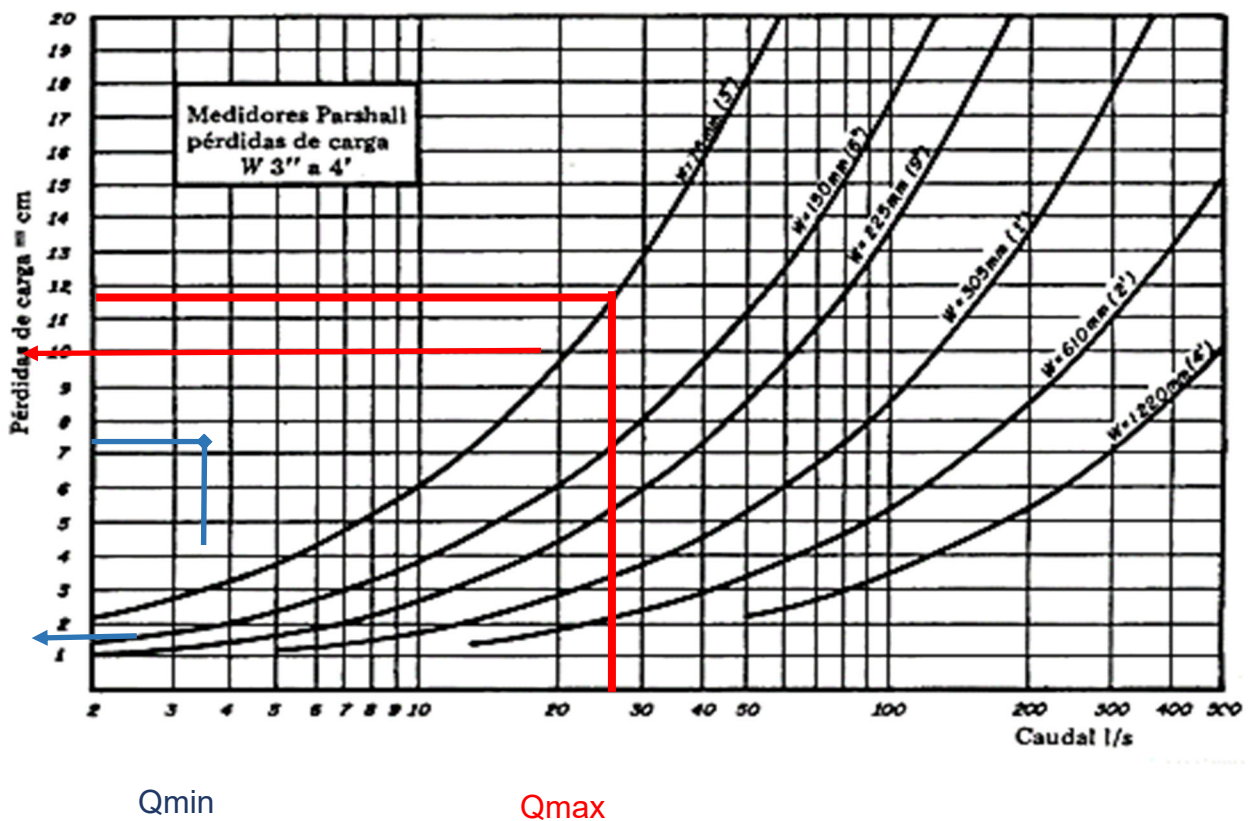


Gráfico 6.3.1. Nomograma de pérdida de carga en función del caudal para medidor de caudal Parshall. Fuente: Manual de Hidráulica (J.M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta, página 472 1ª Edición, 1976).

De acuerdo con el monograma del gráfico 6.3.1. se obtienen las siguientes perdidas:

$$h_f \text{ para } Q_{max} = 11.5 \text{ cm}$$

$$h_f \text{ para } Q_{min} = 3.0 \text{ cm}$$

6.3.1.2. Tratamiento Primario.

Diseño de Tanque Imhoff Rectangular.

El tanque Imhoff es de forma rectangular el cual se divide en tres compartimentos:

- a) Cámara de sedimentación
- b) Área de ventilación y cámara de natas
- c) Cámara de digestión de lodos

Selección de parámetros:

- Relación Largo-Ancho de las cámaras de sedimentación (r): 3:1
- Carga por unidad de superficie (Cs) ($m^3/m^2 \times \text{hora}$):

$$32.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día} = 1.358 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$$

- Período de retención nominal (R) (horas): 3.0 horas
- Número de cámaras a usar (#unid.) = 2 unidades

Utilizaremos el Caudal medio para el cálculo del área de cámaras de sedimentación según la Norma OS090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales:

$$Q_{md} = 11.03 \text{ l/s} = 952.99 \text{ m}^3/\text{día}$$

Diseño del Sedimentador.

Área Superficial (A_s): Se obtiene de dividir el caudal medio (Q_{md}) entre la carga superficial (C_s), que para nuestro caso usaremos 32.6 m³/m²/día que corresponde

al valor usual recomendado en el libro *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones*, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

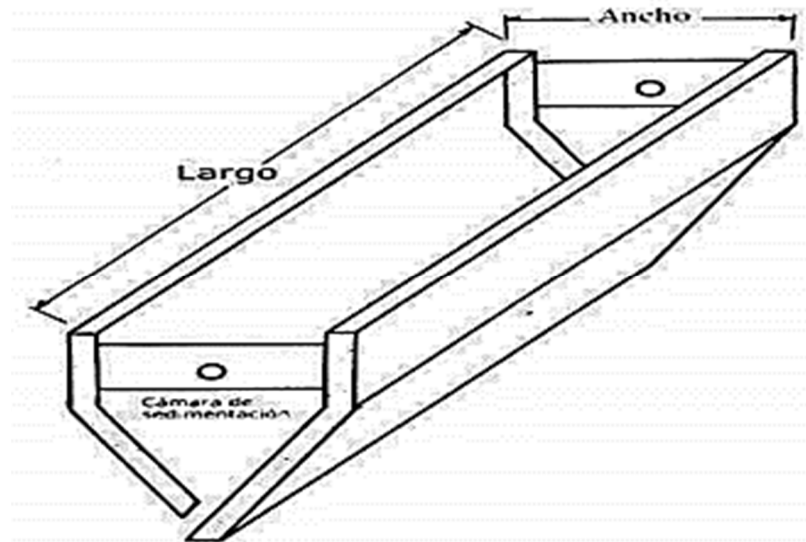


Imagen 6.3.7. Imagen del área superficial del sedimentador. Fuente: *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones*, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

$$A_s = \frac{Q_{md}}{C_s} = \frac{952.99 \text{ m}^3 / \text{día}}{32.6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}} = 29.23 \text{ m}^2$$

Ancho y Largo de la Cámara de Sedimentación.

Usando una relación largo-ancho 3:1 (Tomado de tabla 6.3.1.2.1)

$$A_s = \text{largo} \times \text{ancho} = (3\text{ancho}) \times \text{ancho} = (3)(\text{ancho}^2)$$

$$\text{ancho} = \sqrt{\frac{A_s}{r}} = \sqrt{\frac{29.23 \text{ m}^2}{3}} = 3.12 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = r \times \text{ancho} = 3 \times 3.12 \text{ m}^2 = 9.36 \text{ m} \approx 9.40 \text{ m}$$

Donde:

r: Relación Largo Ancho de una cámara de sedimentación

As: Área superficial de una cámara de sedimentación

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro según		
		Norma Boliviana	Norma Colombiana	Norma Mexicana
Carga superficial	m ³ /m ² /d	24	25 a 40	24
Periodo de retención	horas	1.5 a 2	2 a 4	1.5 a 2
Forma del fondo del tanque de sedimentación	-	Forma de V	Forma de V	Forma de V
Pendiente del fondo respecto de la horizontal	-	1.2:1 a 1.75:1	1.25:1 a 1.75:1	1.2:1 a 1.75:1
Abertura para paso de sólidos	m	0.15 a 0.20	0.15 a 0.30	0.15 a 0.20
Prolongación de Transición	m	0.15 a 0.20	0.15 a 0.30	0.15 a 0.20
Borde libre mínimo	m	0.30	-	0.30
Altura de la cámara de sedimentación	m	2.0 a 3.5	-	2.0 a 3.5
Relación Largo-Ancho	-	3:1 a 10:1	2:1 a 5:1	3:1 a 10:1
Relación Largo-Profundidad	-	5.0 a 30.0	-	5.0 a 30.0
Longitud máxima de la cámara de sedimentación	m	30.0	-	30.0

Tabla 6.3.10. Parámetros de diseño para cámaras de sedimentación de un Tanque Imhoff.
Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

Volumen de cámaras sedimentadoras (Vs)

$$V_s = \frac{Q_{md} \times Tr}{\# \text{ de Unidades}}$$

Usando un periodo de retención (T_r) de 3 horas = 0.125 días y 2 cámaras de sedimentación se tiene:

$$V_s = \frac{952.99 \text{ m}^3 / \text{dia} \times 0.125 \text{ dia}}{2} = 59.56 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento de las Cámaras Sedimentadoras.

- El área transversal ($A_{\text{transversal}}$) será:

$$A_{\text{transversal}} = \frac{V_s}{\text{Largo}} = \frac{59.56 \text{ m}^3}{9.40 \text{ m}} = 6.34 \text{ m}^2$$

- Altura del triángulo ($h_{\text{triangulo}}$) si $\Phi=50^\circ$ será:

$$h_{\text{triangulo}} = \frac{\text{ancho}}{2} \times \tan \phi = \frac{3.15 \text{ m}}{2} \times \tan 60 = 2.73 \text{ m} \approx 2.75 \text{ m}$$

- El área del triángulo ($A_{\text{triangulo}}$) será:

$$A_{\text{triangulo}} = \frac{\text{ancho} \times h_{\text{triangulo}}}{2} = \frac{3.15 \text{ m} \times 2.75 \text{ m}}{2} = 4.33 \text{ m}^2$$

- El área del rectángulo ($A_{\text{rectangulo}}$) será:

$$A_{\text{rectangulo}} = A_{\text{transversal}} - A_{\text{triangulo}} = 6.34 \text{ m}^2 - 4.33 \text{ m}^2 = 2.01 \text{ m}^2$$

- Altura del rectángulo ($h_{\text{rectangulo}}$) será:

$$h_{\text{rectangulo}} = \frac{A_{\text{rectangulo}}}{\text{ancho}} = \frac{2.01 \text{ m}^2}{3.15 \text{ m}} = 0.64 \text{ m} \approx 0.65 \text{ m}$$

- Altura de transición ($h_{\text{transicion}}$):

$$h_{\text{transicion}} = 0.20 \text{ m}; \text{ tomado de parametros de diseño (Imagen 6.3.9)}$$

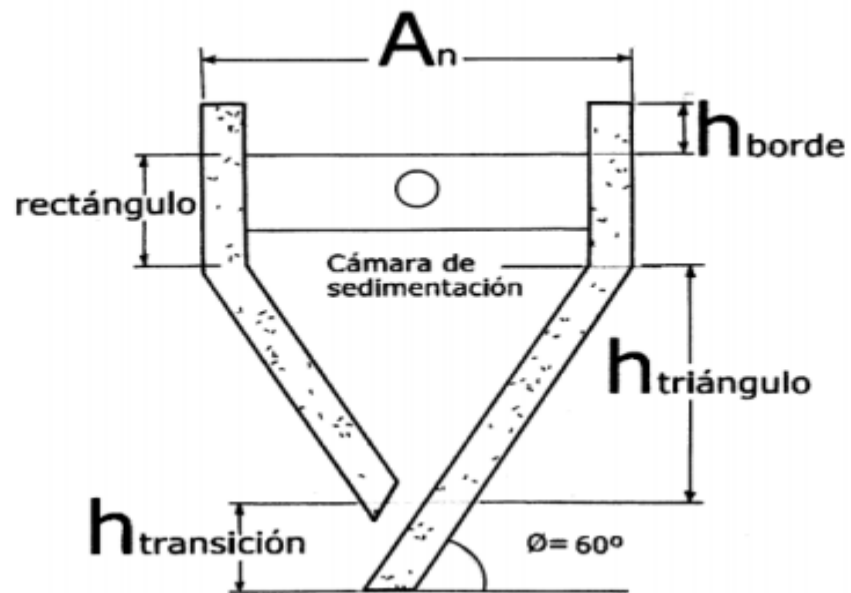


Imagen 6.3.8. Dimensiones de cámara sedimentador. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

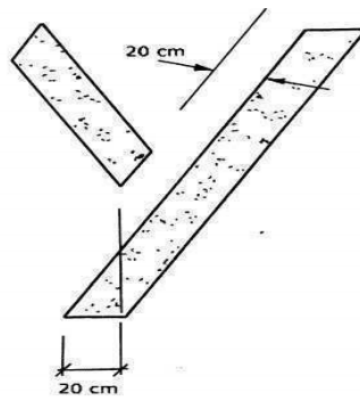


Imagen 6.3.9. Dimensiones de la altura de transición. Fuente: grupo de investigación.

- Altura de total del sedimentador ($h_{\text{sedimentacion}}$) dejando un borde libre de 0.5 metro será:

$$h_{sedimentacion} = h_{borde} + h_{rectangulo} + h_{triangulo} + h_{transicion}$$

$$h_{sedimentacion} = 0.5 \text{ m} + 0.65 \text{ m} + 2.75 \text{ m} + 0.20 \text{ m} = 4.10 \text{ m}$$

La altura anterior (altura calculada de sedimentación) debe de encontrarse en un rango cercano (ligeramente mayor) a la altura calculada con la siguiente relación:

$$h_{sedimentacion} = Cs \times Tr = (32.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}) \times 0.125 \text{ dia} = 4.08 \text{ m}$$

El dimensionamiento es adecuado ya que $4.08 \text{ m} < 4.10 \text{ m}$

Diseño del Área de Ventilación y Cámara de Natas.

Área de ventilación.

En este caso como se han tomado 2 unidades o cámaras de sedimentación tenemos. Ver Imagen 6.3.10:

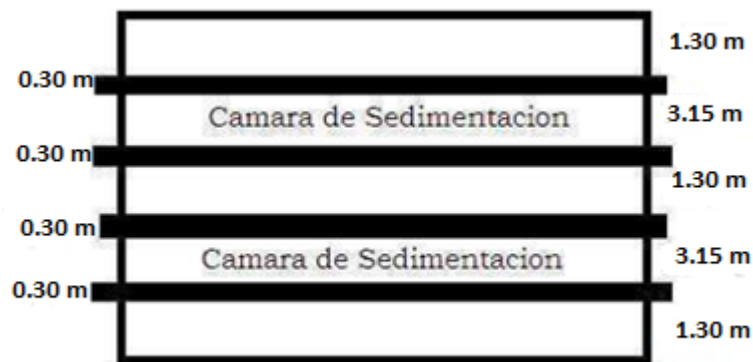


Imagen 6.3.10. Dimensionamiento del área de ventilación. Fuente: Grupo de Investigacion.

- Ancho efectivo (A_{efectivo}):

$$A_{\text{efectivo}} = 0.30 \text{ m} \times 4 + 3.15 \text{ m} \times 2 + 1.30 \times 3 = 11.40 \text{ m}$$

- Área superficial libre conocida también como área de ventilación y natas (A_{natas}):

$$A_{\text{natas}} = [A_{\text{efectivo}} - \# \text{unidades} \times (\text{ancho} + 0.5)] \times \text{Largo}$$

Donde:

A_{natas} = Área de ventilación y natas.

A_{efectivo} = Ancho efectivo del tanque Imhoff.

Ancho = Ancho interno de la cámara de sedimentación.

unid = Numero de cámaras de sedimentación.

Largo = Largo del tanque Imhoff y cámaras de sedimentación.

$$A_{\text{natas}} = [11.40 \text{ m} - 2 \times (3.15 \text{ m} + 0.5\text{m})] \times 9.40 \text{ m} = \mathbf{38.54 \text{ m}^2}$$

Se debe de comprobar que el área que se encontró represente por lo menos el 30% del área total superficial del tanque Imhoff, si no es así, se debe dimensionar con un ancho mayor la zona de ventilación.

$$\frac{A_{\text{natas}} \times 100}{\text{Largo} \times A_{\text{efectivo}}} \% > 30\%$$

$$\frac{38.54 \text{ m}^2 \times 100}{9.40 \text{ m} \times 11.40 \text{ m}} \% > 30\%$$

$$31.78 \% > 30\%$$

Por lo cual, se concluye que el área de ventilación está bien dimensionada.

Cámara de Natas:

- Volumen de natas (V_{natas}):

$$V_{natas} = 30 \text{ l/hab} \times 4,215 \text{ hab} = 126,450 \text{ l} = 126.45 \text{ m}^3$$

- Altura de natas y gases ($h_{natas \text{ y gases}}$):

$$h_{natas \text{ y gases}} = \frac{V_{natas}}{A_{natas}} = \frac{126.45 \text{ m}^3}{38.54 \text{ m}^2} = 3.28 \text{ m}$$

Esta altura debe compararse con la altura que se ha calculado para el sedimentador:

$$h_{natas \text{ y gases}} < h_{sedimentacion}$$

$$3.28 < 4.10 \text{ m}$$

El dimensionamiento de la cámara de sedimentación es la correcta.

Diseño de la Cámara de Digestión.

Volumen de Almacenamiento y Digestión.

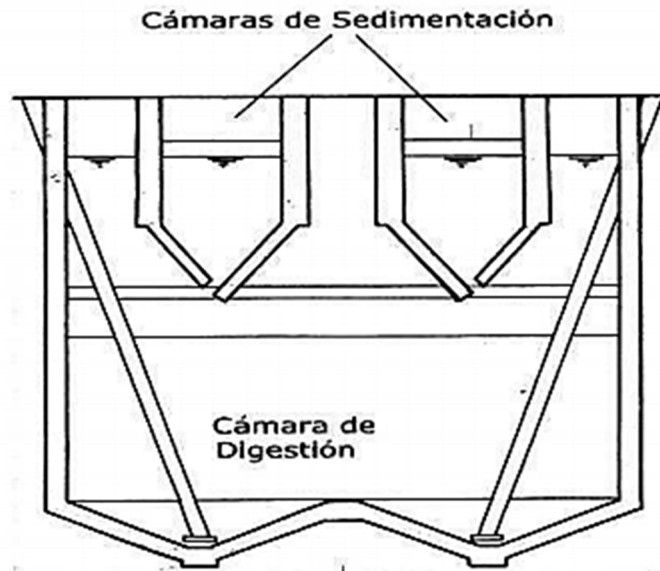


Imagen 6.3.11. Cámaras de digestión y sedimentación. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglo.us, Mc Graw Hill.

Para el dimensionamiento del compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la tabla 6.3.11 y el uso de la siguiente fórmula:

$$Vd = \frac{70 \times Poblacion \times f_{cr}}{1000}$$

Donde:

Vd = Volumen de almacenamiento y digestión.

fcr = Factor de capacidad relativa.

Temperatura (°C)	Factor de Capacidad Relativa (f_{cr})
5	2.00
10	1.40
15	1.00
20	0.70
>25	0.50

Tabla 6.3.11. Factor de capacidad relativa de acuerdo a la temperatura. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

Usando un f_{cr} de 0.5 (de Tabla 6.3.12) se tiene:

$$Vd = \frac{70 \times 4,314 \text{ hab} \times 0.5}{1000} = 150.99 \text{ m}^3$$

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro según		
		Norma Boliviana	Norma Colombiana	Norma Mexicana
Distancia mínima desde el fondo del sedimentador al lodo	m		0.30 a 0.90	0.50
Forma de la tolva de lodos	-	Pirámide truncada	-	Pirámide truncada
Inclinación de las paredes del fondo	°	35 a 40	-	15 a 30
Tasa per cápita de acumulación de lodo para periodos de 6 meses	l/hab	50 a 100	55 a 100	-
Profundidad del tanque desde la superficie hasta el fondo	m	-	7 a 10	-
Diámetros mínimos de tubería de remoción de lodos	mm	200	-	200
Distancia mínima de la tubería de extracción de lodos con respecto al fondo del tanque	m	0.15	-	0.15
Carga hidráulica mínima para lograr la remoción de lodos	m	1.8	-	1.8

Tabla 6.3.12. Parámetros de diseño para cámaras de digestión de un Tanque Imhoff. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Dimensionamiento de Tolvas.

- Numero de tolvas (# tolvas):

$$\# \text{ tolvas} = \frac{2 \times \text{Largo}}{A_{\text{efectivo}}}$$

Donde:

L = Largo del tanque Imhoff (dimensión interna sin incluir paredes)

A_{efectivo} = Ancho efectivo del tanque Imhoff (sin incluir paredes)

tolvas = Numero de tolvas

$$\# \text{ tolvas} = \frac{2 \times \text{Largo}}{A_{\text{efectivo}}} = \frac{2 \times 9.40 \text{ m}}{11.40 \text{ m}^2} = 1.65 \approx 2 \text{ tolvas}$$

Se usarán dos líneas con dos tolvas cada una (Imagen 6.3.12).

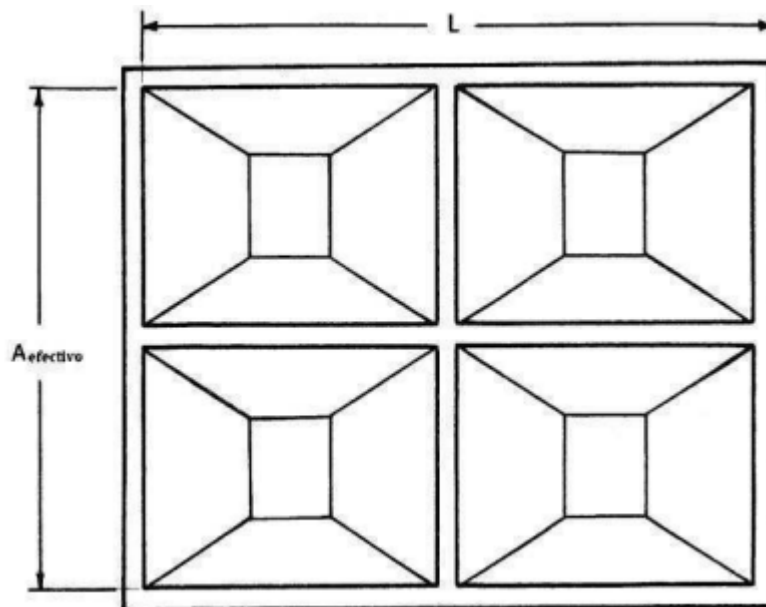


Imagen 6.3.12. Número de tolvas. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

- Ancho de tolvas (LT_2) (Imagen 6.3.13).

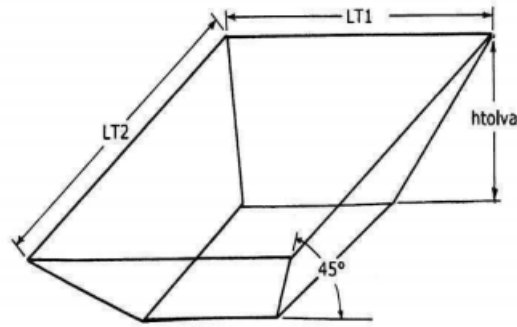


Imagen 6.3.13. Anchos de tolva. Fuente: Grupo de Investigación.

$$LT_2 = \frac{A_{efectivo} - 0.25(\#unidades\ sed. - 1)}{\#unidades\ sed.}$$

$$LT_2 = \frac{11.40\ m^2 - 0.25(2 - 1)}{2} = 5.58\ m$$

- Largo de tolvas (LT_1) (Ver Imagen 6.3.13):

$$LT_1 = \frac{Largo - 0.25(\#tolvas/linea - 1)}{\#tolvas/linea}$$

$$LT_1 = \frac{9.40 - 0.25(2/1 - 1)}{2} = 4.58\ m$$

- Altura de tolvas (h_{tolvas}):

$$h_{tolvas} = \frac{LT_2}{4} = \frac{5.58 \text{ m}}{4} = 1.40 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen por tolva (V_{tolva}):

$$V_{tolvas} = \frac{(LT_1) \times (LT_2) \times h_{tolvas}}{3} = \frac{(4.58 \text{ m}) \times (5.58 \text{ m}) \times 1.40 \text{ m}}{3} = 11.93 \text{ m}^3$$

- Volumen total de tolvas ($V_{total \text{ de tolvas}}$):

Usando fórmula para el cálculo del volumen de una pirámide:

$$V_{total \text{ tolvas}} = \# \text{ tolvas} \times V_{tolvas} = 2 \times 11.93 \text{ m}^3 = 23.86 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento de la Parte Rectangular de la Cámara de Digestión.

- Volumen de la parte rectangular de la cámara de digestión ($V_{rectangular}$)

$$V_{rectangular} = V_{digestion} - V_{total \text{ tolvas}}$$

Donde:

$V_{rectangular}$ = Volumen en la parte rectangular de la cámara de digestión.

$V_{digestion}$ = Volumen de almacenamiento y digestión.

$V_{total \text{ tolvas}}$ = Volumen total de tolvas.

$$V_{rectangular} = 150.99 \text{ m}^3 - 23.86 \text{ m}^3 = 127.13 \text{ m}^3$$

- Altura de la parte rectangular de la cámara de digestión ($h_{rectangular}$):

$$h_{rectangular} = \frac{V_{rectangular}}{A_{efectivo} \times Largo} = \frac{127.13 \text{ m}^3}{11.40 \text{ m}^2 \times 9.40 \text{ m}} = 1.19 \text{ m}$$

- Altura de la zona neutra ($h_{zona\ neutra}$):

La altura máxima de los lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador (Tomado de tabla 6.3.12).

$$h_{zona\ neutra} = 0.5 \text{ m}$$

- Altura total del Tanque Imhoff ($h_{tanque\ imhoff}$):

$$h_{tanque\ imhoff} = h_{rectangular} + h_{tolvas} + h_{sedimentacion} + h_{zona\ neutra}$$

$$h_{tanque\ imhoff} = 1.19 \text{ m} + 1.40 \text{ m} + 4.10 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 7.19 \text{ m}$$

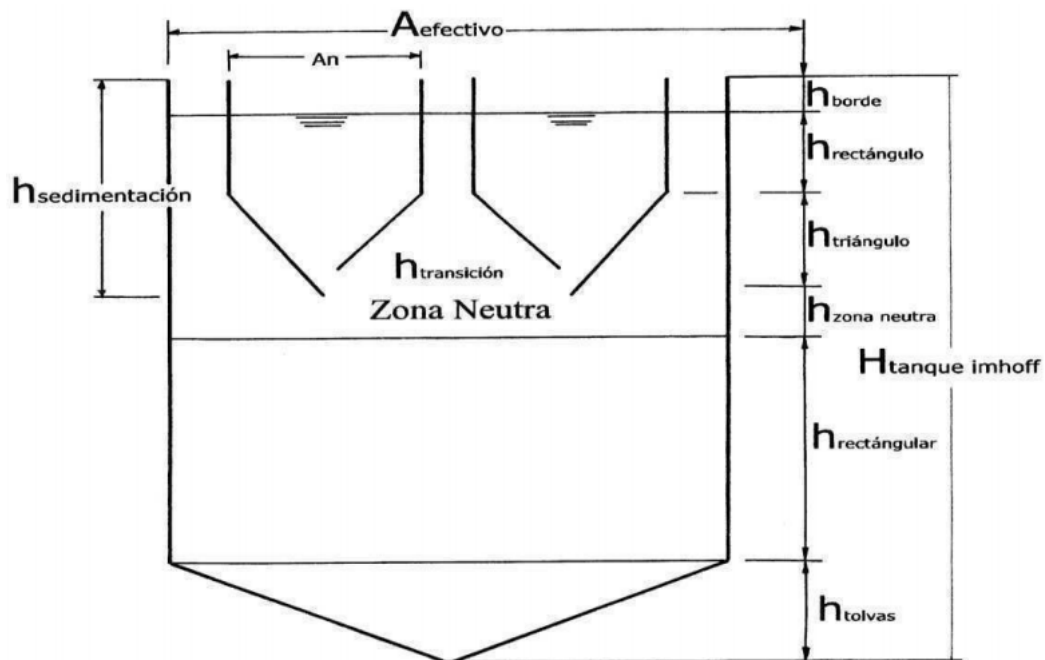


Imagen 6.3.14. Esquema de dimensionamiento de un tanque Imhoff. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Determinación de la tasa de remoción:

$$R = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

Esta ecuación es tomada de Tchobanoglous, página. 303 y 304.

Donde:

R = Porcentaje de Remoción esperado %

t_0 = Tiempo Nominal de retención

a, b = Constantes Empíricas (Tabla 6.3.14).

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Tabla 6.3.13. Valores de las constantes empíricas "a" y "b". Fuente: Adaptado de Crites & Tchobanoglous, página. 304.

Se utilizan las siguientes fórmulas para las remociones:

$$R_{DBO} = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

$$R_{SST} = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

Donde:

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno

SST = Sólido Suspendidos Totales

En un tiempo $t_0 = 3.0$ horas.

$$R_{DBO} = \frac{3.0}{0.018 + 0.020 \times 3.0} = 38.46\%$$

$$R_{SST} = \frac{3.0}{0.0075 + 0.014 \times 3.0} = 60.61\%$$

Como la remoción de la DBO es de 38.46% nos quedan:

$$DBO \text{ salida de Imhoff} = 300 - \frac{300 \times 38.46}{100} = 184.62 \text{ mg/l}$$

6.3.1.3 Tratamiento Secundario.

Filtro Percolador Sin Recirculación.

Debido a la reducción de DBO del 38.46 % en el tanque Imhoff se tiene una DBO de entrada al filtro percolador de 184.62 mg/l y una carga orgánica de 0.5 kg DBO/día. Las características de diseño se tomaron de la tabla 6.3.15 presentada a continuación. Los filtros percoladores sin recirculación se diseñará tomando en cuenta que serán en serie y con volúmenes iguales para ayudar a disminuir los costos de construcción.

Considerando que el límite máximo de la norma de CONACYT es de 60 mg/l de DBO, para nuestro caso diseñaremos para una DBO de 40 mg/l del límite que establece la "Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)" en la descarga del cuerpo receptor, para la cual obtenemos una eficiencia en la remoción de DBO (E_T) de:

Donde:

DBO_i = DBO a la entrada del filtro percolador

DBO_f = DBO a la salida del filtro percolador

$$E_T = \frac{DBO_{inicial} - DBO_{final}}{DBO_{inicial}} \quad (\text{Tomado de Tchobanoglous Pág. 438})$$

$$E_T = \frac{184.62 - 40}{184.62} = 0.7833$$

$E_T = 78.33\% \approx 80\% \rightarrow \text{Ok! Cumple con criterios de diseño}$

Las características de diseño a tomar en cuenta son las siguientes:

	TASA BAJA	TASA INTERMEDIA	TASA ALTA	TASA SUPERALTA	RUGOSO	DOS ETAPAS
medio filtrante	roca escoria	roca escoria	roca	plástico	plástico madera roja	roca plástico
Carga hidráulica, $m^3/(m^2 \cdot d)$	0.9 - 3.7	3.7 - 9.4	9.4 - 37.4	14 - 84.2	46.8 - 187.1 (no incluye recirculación)	9.4 - 37.4- (no incluye recirculación)
carga orgánica $kgDBO_5/(m^3 \cdot d)$	0.1 - 0.5	0.2 - 0.5	0.5 - 1	0.5 - 1.6	1.6 - 8	1 - 1.9
profundidad, m	1.8 - 2.4	1.8 - 2.5	0.9 - 1.8	3 - 12.2	4.6 - 12.2	1.8 - 2.4
tasa de recirculación	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 4	0.5 - 2
eficiencia de remoción de $DBO_5, \%$	80 - 90	50 - 70	65 - 85	65 - 80	40 - 65	85 - 95
efluente	bien nitrificado	parcialmente nitrificado	poca nitrificación	poca nitrificación	no hay nitrificación	bien nitrificado
desprendimiento	intermitente	intermitente	continuo	continuo	continuo	continuo

Tabla 6.3.14. Características de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Dimensionamiento:

- Si consideramos que no habrá recirculación, entonces $R = 0$ y encontramos un factor de seguridad (F), tenemos:

$$F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$$

$$F = \frac{1 + 0}{\left(1 + \frac{0}{10}\right)^2} = 1$$

- Calculando carga orgánica de DBO:

Donde:

w= carga de DBO.

C_{DBO} = Concentración de DBO del afluente en mg/l.

Q= caudal medio en m^3/s .

Sustituyendo

$$\omega = \frac{C_{DBO}Q}{1000}$$

$$\omega = \frac{184.62 \frac{mg}{l} \times 0.01103 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{dia}}{1000}$$

$$\omega = 175.94 \text{ kg DBO/dia}$$

Para determinar la eficiencia del Filtro 1 es de la siguiente manera.

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}}}$$

Donde:

E_1 = Eficiencia del primer filtro.

w_1 = Carga de DBO del primer filtro.

F = Factor de Recirculación.

v_1 = volumen del primer filtro.

Se despeja el v_1 de la ecuación de Eficiencia 1 del primer filtro percolador, su resultado en décimas:

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}}}$$

$$E_1 \left(1 + 0.4425 \sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}} \right) = 1$$

$$E_1 + 0.4425 E_1 \sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}} = 1$$

$$0.4425 E_1 \sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}} = 1 - E_1$$

$$\sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}} = \frac{1 - E_1}{0.4425 E_1}$$

$$\left(\sqrt{\frac{\omega_1}{v_1 F}} \right)^2 = \left(\frac{1 - E_1}{0.4425 E_1} \right)^2$$

$$\frac{\omega_1}{v_1 F} = \left(\frac{1 - E_1}{0.4425 E_1} \right)^2$$

$$\frac{\omega_1}{v_1 F} = \frac{(1 - E_1)^2}{(0.4425 E_1)^2}$$

$$\frac{\omega_1 \times (0.4425 E_1)^2}{F \times (1 - E_1)^2} = v_1$$

$$\frac{\omega_1 \times 0.19581 E_1^2}{F \times (1 - E_1)^2} = v_1 \rightarrow \text{Ecuacion (1)}$$

En el dimensionamiento del filtro 2 se procede obteniendo la eficiencia con la siguiente expresión:

$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}}}$$

Donde:

E_2 = Eficiencia del segundo filtro.

w_2 = Carga de DBO del segundo filtro.

F = Factor de Recirculación.

V_2 = volumen del segundo filtro.

Se despeja el v_2 de la ecuación de Eficiencia2 del segundo filtro percolador, su resultado en décimas:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}}}$$

$$E_2 \left(1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}} \right) = 1$$

$$E_2 + \frac{0.4425 E_2}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}} = 1$$

$$\frac{0.4425 E_2}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}} = 1 - E_2$$

$$\sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}} = \frac{(1 - E_2)(1 - E_1)}{0.4425 E_2}$$

$$\left(\sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}} \right)^2 = \left(\frac{(1 - E_2)(1 - E_1)}{0.4425 E_2} \right)^2$$

$$\frac{\omega_2}{v_2 F} = \left(\frac{(1 - E_2)(1 - E_1)}{0.4425 E_2} \right)^2$$

$$\frac{\omega_2}{v_2 F} = \frac{((1 - E_2)(1 - E_1))^2}{(0.4425 E_2)^2}$$

$$\frac{\omega_2 \times (0.4425 E_2)^2}{F \times (1 - E_2)^2 \times (1 - E_1)^2} = v_2$$

$$\frac{\omega_2 \times 0.19581 E_2^2}{F \times (1 - E_2)^2 \times (1 - E_1)^2} = v_2 \rightarrow \text{Ecuacion (2)}$$

Si $v_1 = v_2$ entonces igualamos la Ecuación (1) y (2), quedando de la siguiente manera:

$$v_1 = v_2$$

$$\frac{\omega_1 \times 0.19581 E_1^2}{F \times (1 - E_1)^2} = \frac{\omega_2 \times 0.19581 E_2^2}{F \times (1 - E_2)^2 \times (1 - E_1)^2} \rightarrow \text{Ecuacion (3)}$$

Luego de la fórmula de Eficiencia Total despejamos E_2 :

$$E_1 + E_2(1 - E_1) = 0.7833$$

$$E_2 = \frac{0.7833 - E_1}{(1 - E_1)} \rightarrow \text{Ecuacion (4)}$$

La fórmula de Carga de DBO del segundo filtro percolador la colocamos en función de la Eficiencia 1 al sustituir el valor de la Carga de DBO del primer filtro percolador:

$$\omega_2 = (1 - E_1)\omega_1$$

$$\omega_2 = (1 - E_1)175.94 \rightarrow \text{Ecuacion (5)}$$

Luego procedemos a sustituir la Ecuaciones (4) y (5) en la ecuación (3) y colocando que F=1, queda de la siguiente manera:

$$\frac{175.94 \times 0.19581E_1^2}{1 \times (1 - E_1)^2} = \frac{(1 - E_1)175.94 \times 0.19581 \left(\frac{0.7833 - E_1}{(1 - E_1)}\right)^2}{1 \times \left(1 - \left(\frac{0.7833 - E_1}{(1 - E_1)}\right)\right)^2 \times (1 - E_1)^2}$$

$$\frac{34.45081E_1^2}{1 \times (1 - E_1)^2} = \frac{(175.94 - 175.94E_1) \times 0.19581 \left(\frac{0.7833 - E_1}{(1 - E_1)}\right)^2}{1 \times \left(1 - \left(\frac{0.7833 - E_1}{(1 - E_1)}\right)\right)^2 \times (1 - E_1)^2} \rightarrow \text{Ecuacion (6)}$$

Debido a que la ecuación 6 está en función solo de E₁, podemos encontrar el valor de esta eficiencia 1, obteniéndose el siguiente resultado:

$$E_1 = 0.585963$$

$$E_1 = 58.60\%$$

Con este valor podemos encontrar el volumen para ambos filtros percoladores, sustituyéndola en la ecuación (1)

$$\frac{\omega_1 \times 0.19581E_1^2}{F \times (1 - E_1)^2} = v_1$$

$$\frac{175.94 \times 0.19581(0.585963)^2}{1 \times (1 - 0.585963)^2} = v_1$$

$$v_1 = 69.00m^3$$

Se debe asumir una profundidad (h en metros) comprendida en el rango propuesto, para obtener el área del filtro, por lo que tomaremos un h= 1.80 m que se encuentra dentro de los parámetros de las normas.

$$A_1 = \frac{v_1}{h} = \frac{69.00m^3}{1.80 m} = 38.33m^2$$

Recordando que la geometría del filtro es cuadrada se tiene:

$$L_1 = \sqrt{A_1} = \sqrt{38.33m^2} = 6.19 m \approx 6.20 m$$

Se verifica con:

$$Vol_1 = L_1^2 \times h_1 = (6.20 m)^2 \times 1.80 m = 69.19m^3$$

Como el V_1 es igual que el v_2 para este diseño de filtro percolador en serie. Ya podemos determinar el valor de la eficiencia 2 con la siguiente fórmula:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}}}$$

Antes de sustituir valores determinaremos el valor de w_2 :

$$\omega_2 = (1 - E_1)175.94 = (1 - 0.585963)175.94 = 72.85$$

Ahora sustituimos los valores conocidos quedando:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - 0.585963} \sqrt{\frac{72.85}{69.00 \times 1}}} = 0.4766 = 47.66\%$$

Comprobamos con la fórmula de Eficiencia Total:

$$E_T = E_1 + E_2(1 - E_1)$$

$$E_T = 0.585963 + 0.4766(1 - 0.585963)$$

$$E_T = 0.7833$$

$$E_T\% = 78.33\%$$

Verificando la carga hidráulica como el área es la misma para el filtro 1 y 2 tenemos entonces que:

$$Carga\ Hidráulica = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.01103 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{dia}}{38.33m^2} = 24.86 m^3/m^2 \times dia$$

→ cumple

Debido a la reducción de DBO del 78.33% en los filtros percoladores en serie se obtiene una DBO final:

$$DBO\ removida = 184.62(0.7833) = 144.61 \text{ mg/l}$$

$$DBO\ al\ final\ de\ los\ filtros\ en\ serie = 184.62 - 144.61 = 40.01 \text{ mg/l}$$

Diseño de Sedimentador Secundario.

Los parámetros considerados para el diseño de este proceso son los indicados en la tabla 6.3.15.

Considerando un período de retención (t_r) de 1.2 horas que es un valor usual recomendado en libro Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill, y diseñando con el caudal medio diario de 11.03 l/s.

El volumen del sedimentador se calcula considerando el volumen de almacenamiento de agua durante el período de retención seleccionada y el volumen necesario para almacenar durante 7 días los lodos.

El volumen de almacenamiento de agua (V_{ar}) se calcula así:

$$V_{ar} = Q \times tr$$

$$V_{ar} = 0.01103 \frac{m^3}{s} \times 3600 \frac{s}{h} \times 1.2 h = 47.65 m^3$$

Las cantidades de lodo producidas por el filtro percolador se toma de la tabla 6.3.16, siendo el correspondiente valor de $0.745 m^3/1000 m^3$ de A.R.

Parámetro	Intervalo
Carga superficial , m³/m²/d	
Gasto medio	32 - 48
Gasto máximo	80 - 120
Dimensiones en metros	
Rectangular	
Profundidad	3 - 5
Longitud	15 - 90
Ancho	3 - 24
Circular	
Profundidad	3 - 5
Diámetro	3.6 - 60
Pendiente de fondo, mm/m	60 - 160

Tabla 6.3.15. Valores recomendados para diseño de sedimentadores Fuente: Metcalf & Eddy.

Con este dato obtenemos el volumen de lodos producidos en el sedimentador secundario cada día (V_{lss}).

$$V_{lss} = \frac{0.745m^3}{1000m^3} \times 0.01103 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{d}$$

$$V_{lss} = 0.71 \frac{m^3}{d}$$

Considerando remociones cada 7 días, se obtiene un volumen de almacenamiento de lodos (V_{al}):

$$V_{al} = V_{lss} \times 7d = 0.71 \frac{m^3}{d} \times 7d = 4.97m^3$$

El volumen del sedimentador (V) será:

$$V = V_{ar} + V_{al}$$

$$V = 47.65m^3 + 4.97m^3 = 52.62 m^3$$

Procesos de tratamiento	Cantidad normal de fango			Humedad (%)	Peso específico de S. del fango	Peso específico del fango	Sólidos secos	
	m ³ /miles de m ³ de A.R.	t/miles de m ³ de A.R.	m ³ /1000 personas y día				Kg/miles de m ³ de A.R.	Kg/1000 personas y día
Sedimentación primaria								
Sin Digerir	2.950	3.300	1.090	95.0	1.4	1.02	150	56
Digeridos en tanques separados	1.450	1.650	0.530	94.0	-	1.03	90	34
Digerido y deshidratado en lechos de arena	-	0.250	0.160	60.0	-	-	90	34
Digerido y deshidratado en filtro de vacío	-	0.360	0.120	72.5	-	1	90	34
Filtro percolador	0.745	0.830	0.270	92.5	1.33	1.025	57	22
Precipitación química	5.120	5.800	1.900	92.5	1.93	1.03	396	150
Deshidratado en filtro de vacío	-	1.580	0.550	72.5	-	-	396	150
Sedimentación primaria y fango activado								
Sin Digerir	6.900	7.800	2.550	96.0	-	1.02	280	106
Sin digerir y deshidratado en filtro de vacío	1.480	1.550	0.560	80.0	-	0.95	280	106
Digerido en tanque separado	2.700	3.000	1.000	94.0	-	1.03	168	63
Digerido y deshidratado en lechos de arena	-	0.450	0.500	60.0	-	-	168	63
Digerido y deshidratado en filtros de vacío	-	0.920	0.330	80.0	-	0.95	168	63
Fango Activado								
Fango Húmedo	19.400	20.000	7.200	98.5	1.25	1.005	270	102
Deshidratado en filtro de vacío	-	1.500	0.530	80.0	-	0.95	270	102
Secado por calentadores térmicos	-	0.300	0.080	4.0	-	1.25	270	102
Fosas sépticas, digerido	0.900	-	0.320	90.0	1.4	1.04	97	37
Tanque Imhoff, digerido	0.500	-	0.180	85.0	1.27	1.04	83	31

Tabla 6.3.16. Cantidad normal de lodo producido por distintos procesos de tratamiento. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Considerando una carga superficial de $45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d$ (Tomado de tabla 6.3.16) y sabiendo que el área superficial (A_s) es igual al caudal (Q) entre la carga superficial (C_s) tenemos:

$$A_s = \frac{Q}{C_s} = \frac{0.01103 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}}{45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times d} = 21.18 \text{ m}^2$$

Utilizando el área superficial se obtiene el diámetro (D), del sedimentador secundario:

$$D = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 21.18 \text{ m}^2}{\pi}} = 5.19 \text{ m} \approx 5.20 \text{ m}$$

Para calcular la altura del cono del sedimentador (h_c) se utilizó el ancho efectivo del sedimentador (A_e); que corresponde al diámetro encontrado anteriormente más el ancho de las dos pantallas deflectoras (0.15 cm cada una), y la inclinación del fondo de 45° con respecto a la horizontal entonces:

$$h_c = \frac{A_e}{2} = \frac{5.50 \text{ m}}{2} \times \tan 45^\circ = 2.75 \text{ m}$$

Entonces el volumen del cono (V_c) es:

$$V_c = \frac{\pi r^2 \times h_c}{3} = \frac{\pi \times (2.6)^2 \times (2.75)}{3} = 19.47 \text{ m}^3$$

Restando al volumen del sedimentador el volumen del cono se obtiene un volumen necesario para el almacenamiento adicional al cono (V_{cl}), que será proporcionado por un cilindro cuyo volumen y altura (h_{cl}) se determina así:

$$V_{cl} = V - V_c = 52.62 \text{ m}^3 - 19.47 \text{ m}^3 = 33.15 \text{ m}^3$$

$$h_{cl} = \frac{V_{cl}}{As} = \frac{33.15 \text{ m}^3}{\pi(2.6)^2 \text{ m}^2} = 1.56 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = h_c + h_{cl} = 2.75 + 1.56 = 4.31 \text{ m} = 4.35 \text{ m}$$

La profundidad total del sedimentador será de 4.35 m.

El volumen del sedimentador es suficiente para almacenar al agua durante el periodo de retención considerado junto con el volumen de lodos producidos.

6.3.1.4. Tratamiento de Lodos.

Digestor de Lodos.

De Tabla 6.3.17, se retoman la cantidad de lodo generado en los procesos. Y para los diferentes cálculos utilizaremos el caudal medio diario (Qmd) con valor de 0.01103 m³/s

Volumen de Lodos Generados del Sedimentador Secundario por Días (Vlss).

$$V_{lss} = V_l \times Q_{md}$$

$$V_{lss} = \frac{0.745 \text{ m}^3}{1000 \text{ m}^3} \times 0.01103 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}$$

$$V_{lss} = 0.70998 \text{ m}^3/\text{d}$$

Volumen total por día (VTPD).

$$V_{TPD} = V_{lfp}$$

$$V_{TPD} = 0.70998 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Período de retención:

Para determinar este tiempo se interpolarán los datos de la tabla siguiente para una temperatura promedio del municipio de Comasagua de 28°C que es donde se ubicará la planta.

Digestión discontinua de los lodos de sedimentación libre a diferentes temperaturas.						
Temperatura (°F)	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
Temperatura (°C)	10.0	15.6	21.1	26.7	32.2	37.8
Periodo de Digestión, días	75.0	56.0	42.0	30.0	25.0	24.0
Tipo de Digestión	Mesofílica					

Tabla 6.3.17. Interpolación de temperaturas para diferentes periodos de digestión. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

$$T = T_1 + (t - t_1) \times \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

T_1 = periodo de retención para (temp. 1)= 30 días.

t_1 = temperatura inferior a "t"=26.7 °C.

T_2 = periodo de retención para (temp. 2)=25 días.

t_2 = temperatura superior a "t"=32.2 °C.

$$T = 30 + (28 - 26.7) \times \frac{25 - 30}{32.2 - 26.7}$$

$$T = 28.82 \text{ días} \approx \mathbf{29 \text{ días}}$$

Volumen del Digestor.

De lo anterior obtenemos que el cálculo del digestor sea:

$$V_d = V_{TPD} \times T$$

$$V_{TPD} = 0.70998 \frac{m^3}{días} \times 29 \text{ días} = \mathbf{20.59 m^3}$$

Área Superficial de Digestor (A_d).

Asumiendo para este caso una profundidad (h) de 3.0m

Con la profundidad y el volumen del digestor (V_d) podemos determinar que el área superficial (A_d) del digestor será:

$$A_d = \frac{V_d}{h} = \frac{20.59 \text{ m}^3}{3.0 \text{ m}} = 6.86 \text{ m}^2$$

Diámetro de Digestor Circular (D_d).

Consideraremos el diseño de un digestor circular cuyo diámetro será:

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \times A_d}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 6.86 \text{ m}^2}{\pi}} = 2.96 \text{ m}$$

Se considerará una pendiente de fondo(s) de 1:6.

Para determinar el volumen del cono del fondo del digestor se calculó primero la altura de este cono (h_c) considerando una pendiente del fondo (m) de 1:6 (recomendación de “Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable

y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 habitantes” de La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias).

Altura de cono:

$$h_c = \frac{D_d}{2} \times m = \frac{2.96 \text{ m}}{2} \times 1/6 = 0.25 \text{ m}$$

Patio de Secado de Lodos.

El volumen de lodos a verter en los patios de secado (V_{lps}) se obtiene de la suma de lodos producidos por el sedimentador primario y secundario más los producidos por el tanque Imhoff.

Debido a que se obtiene un valor de 0.5 m³ de lodos /1000 m³ de agua residual para lodos de Tanque Imhoff. Con este dato se calcula el volumen de lodos producidos en el tanque Imhoff cada día (V_{li}): retenidos por un periodo de 29 días:

$$V_{li} = \frac{0.50 \text{ m}^3}{100 \text{ m}^3} \times 0.01103 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} = 0.4765 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

El volumen de lodos producidos por el tanque Imhoff (V_{limhoff}) para el periodo de digestión de 29 días es:

$$V_{limhoff} = V_{li} \times \text{dias}$$

$$V_{limhoff} = 0.4765 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 29 \text{ d} = 13.82 \text{ m}^3$$

El volumen de lodos a verter en los patios de secado (V_{lps}) se obtiene de la suma de los lodos producidos por el tanque Imhoff ($V_{limhoff}$) y los lodos producidos en el digester de lodos ($V_{digester}$):

$$V_{lps} = V_{limhoff} + V_{digester} = 13.82m^3 + 20.59 m^3 = \mathbf{34.41 m^3}$$

Considerando que serán vertidos formando una capa de 40 centímetros de espesor obtenemos un área superficial (A_s).

$$A_s = \frac{34.41 m^3}{0.4 m} = \mathbf{86.03 m^2}$$

Considerando dos patios de secado de 43.02 m².

Asumiendo una relación $L/A=2$

$$A_s = 2An^2$$

$$An = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$An = \sqrt{\frac{86.03m^2}{2}}$$

$$\mathbf{An = 6.56 m}$$

Entonces= **L=6.56 m y A=3.12 m**.

Se asumen 2 patios con dimensiones de:

Longitud = 6.70 m.

Ancho = 3.20 m.

Teniendo un área por patio real de 21.44 m².

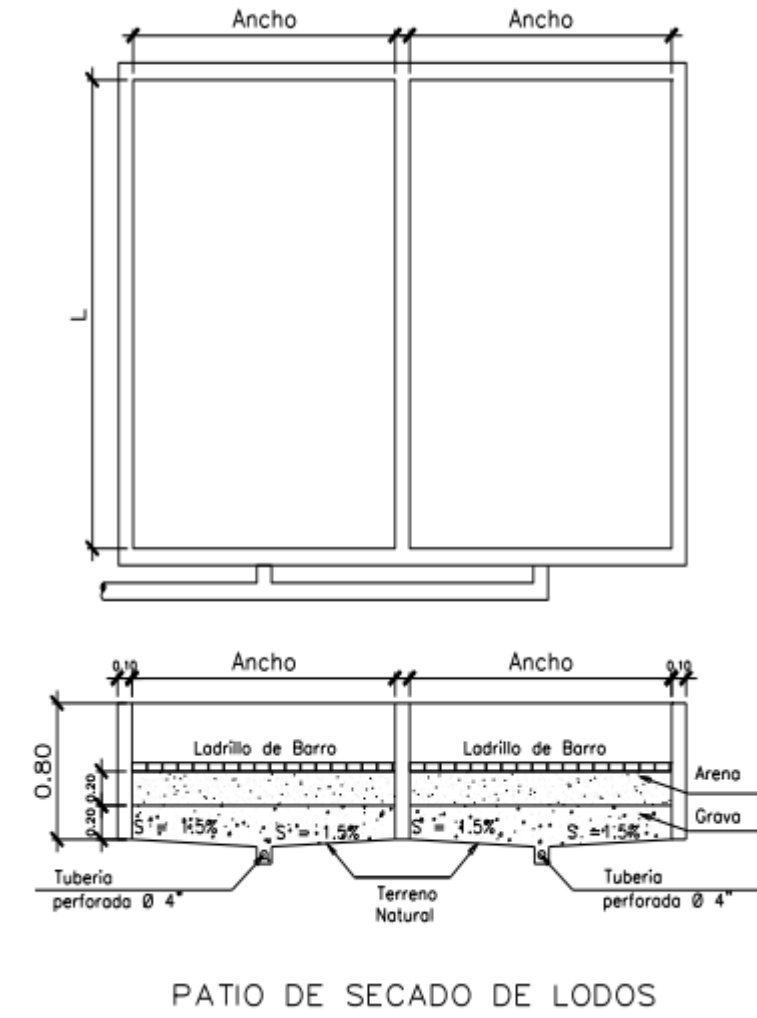


Imagen 6.3.15. Esquemas del patio de secado de lodos Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Diseño de Tanque Séptico.

Para el tratamiento de las aguas drenadas en el patio de secado de lodos se usará un tanque séptico. De la tabla 6.3.17, se observa que el porcentaje de

humedad de lodos provenientes de digestión en tanque Imhoff, digerido y después de filtro percolador son 85.0% y 92.5% respectivamente, con estos valores obtenemos el volumen de agua a tratar por día en el tanque séptico.

Cálculo de lodos que se depositan en los patios de secado.

De tanque imhoff = 0.48 m³/día

De digestor de lodos = 0.71 m³/día.

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro según		
		Norma Boliviana	Norma Colombiana	Norma Mexicana
Tanque Séptico				
Distancia de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración	m		1.50	
Distancia de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.	m		3.0	
Distancia de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza	m		15.0	
Profundidad útil del tanque séptico	m	1.20 a 2.80*	1.20 a 2.80*	
Largo interno mínimo	m		0.80	
Relación Largo/ Ancho	-	2:1 a 4:1	2:1 a 4:1	
Número de cámaras	u	2	2	
Tiempo de retención	días	0.5 – 1.0 *		

* Ver "Manual para el diseño de unidades de tipo biológico y en planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en El Salvador" Pág.247-253.

Tabla 6.3.18. Comparación de parámetros para el diseño de Sistemas de Fosa Séptica. Fuente: Manual para diseño de unidades de tipo Biológico y en planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en El Salvador.

Calculando el Volumen de Agua.

$$\text{Agua} = V_1 - \frac{V_1}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

Donde:

V_1 = Volumen de lodos, m^3 .

w = humedad de lodos %

$$\text{Tanque Imhoff: Agua} = 0.48 - \frac{0.48}{\left(1 + \frac{85}{100}\right)} = 0.22 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Digestor de Lodos: Agua} = 0.71 - \frac{0.71}{\left(1 + \frac{94}{100}\right)} = 0.34 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.56 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Se tendrá un periodo de retención de 24 horas.

$$T = 24 \text{ horas} = 1.0 \text{ dias}$$

$$VTS = (\text{Agua})(T) = \left(0.56 \text{ m}^3/\text{dia}\right)(1.0 \text{ dia}) = 0.56 \text{ m}^3$$

Se considerará un volumen de 1.0 m^3 .

Se podrá disponer de un tanque séptico prefabricado igual al recomendado a sectores inaccesibles al alcantarillado sanitario, con una capacidad de 1,000 litros que se instalará para tratar el agua conjunta de ambos patios de la alternativa N°1.

6.3.2. Alternativa de Tratamiento N° 2.

6.3.2.1. Pretratamiento.

Se mantienen los procesos de pretratamiento de alternativa 1:

- Rejas
- Desarenador
- Trampa de grasas

6.3.2.2. Tratamiento Primario.

Diseño de Sedimentador Primario.

1. Establecer el diámetro del sedimentador que puede variar, según las normas, de 3.0 m a 60.0 m.; en los tanques de sedimentación se proyectan para que proporcionen un tiempo de retención de 1.5 a 2.5 horas.
2. Determinar la carga superficial a usar. Según las normas y literatura analizada esta carga superficial puede variar en un rango de 30 a 60 m³/m²/día. Se tomará el valor de 50m³/m²/día o 2.08 m³/m². h.
3. Cálculo del área superficial. Al igual que en los tanques rectangulares esta área se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\frac{Q}{A} = \text{Carga (Página 298 Metcalf - Eddy)}$$

Donde se deduce la siguiente fórmula:

$$A_s = \frac{Q_{md}}{V_s} = \frac{0.01103 \frac{m^3}{s}}{2.08 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} \times 3600 \frac{s}{h} = 19.09 m^2$$

Donde:

A_s : Área superficial

Q_{md} : Caudal medio diario

V_s : Carga superficial

4. Dimensionamiento de la zona de sedimentación (Imagen 6.3.16):

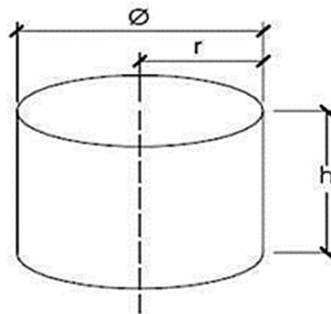


Imagen 6.3.16. Dimensionamiento de zona sedimentador. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

Como el tanque es circular, con el área encontrada se debe determinar el radio y el diámetro del sedimentador.

$$\varnothing = 2r = 2 \times \sqrt{\frac{A_s}{\pi}}$$

$$\varnothing = 2 \times \sqrt{\frac{19.09m^2}{\pi}} = 4.93m \approx 4.95 m$$

Con este diámetro, se debe calcular el área de la superficie del sedimentador.

5. Cálculo del tiempo de retención

Asumiendo una profundidad de 3.2 metros se calcula:

$$t_0 = \frac{h}{V_s}$$

Donde:

t_0 : Tiempo de retención.

h : Profundidad del tanque.

V_s : Carga superficial.

$$t_0 = \frac{3.2 m}{50 m/dia} = 0.064 dia = 1.53 horas$$

6. Calcular la velocidad de arrastre o velocidad crítica horizontal con la siguiente fórmula, que ya fue descrita en el presente texto (Tomado de Crites – Tchobanoglous, página 312).

$$V_h = \left[\frac{8k(s-1)gd}{f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

V_h = Velocidad horizontal a la cual se inicia el arrastre de las partículas de $\varnothing = 100$ μm ó $>$.

k = constante de cohesión que depende de material arrastrado (0.04 para arena uní granular - 0.06 para partículas más aglomeradas).

s = Gravedad específica de las partículas.

g = Aceleración debida a la fuerza de la gravedad.

d = Diámetro de las partículas \emptyset .

f = Factor de fricción de Darcy – Weisbach (valores más usuales desde 0.02 hasta 0.03).

Sustituyendo la fórmula con los siguientes valores:

$$K = 0.05, S = 1.05 \text{ kg/m}^3, g = 9.8 \text{ m/s}^2, d = 100 \text{ }\mu\text{m}, f = 0.025$$

$$V_h = \left[\frac{8 \times 0.05(1.05 - 1) \times 9.8 \times 0.001}{0.025} \right]^{\frac{1}{2}} = 0.089 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

7. Comprobando la velocidad de arrastre con la velocidad horizontal " V_H "

bajo condiciones del caudal máximo horario = $Q_{\text{máx. h}}$

$$V_H = \frac{Q_{\text{max}}}{A_{\text{flujo}}} = \frac{0.02648 \text{ m}^3/\text{s}}{24.88 \text{ m}^2} = 0.00106431 \text{ m/s}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo horario

A_{flujo} = Es el área del flujo.

$$A = \pi \times r \times h$$

$$A = \pi \times 2.475 \text{ m} \times 3.2 \text{ m} = 24.88 \text{ m}^2$$

Comentario: el valor de V_H es menor que la velocidad de arrastré razón por la cual el material sedimentado no será resuspendido.

8. Determinación de la tasa de remoción (Ver tabla 6.3.19).

$$R = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

Esta ecuación tomada de Tchobanoglous, Pág. 303 y 304.

Donde:

R = Porcentaje de Remoción esperado %.

t_0 = Tiempo Nominal de retención.

a, b = Constantes Empíricas (Tabla 6.3.19).

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Tabla 6.3.19. Valores de las constantes empíricas "a" y "b". Fuente: Adaptado de Crites & Tchobanoglous, página 304.

Se utilizan las siguientes fórmulas para las remociones:

$$R_{DBO} = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

$$R_{SST} = \frac{t_0}{a + b \times t_0}$$

Donde:

DBO = Demanda Bioquímica de Oxígeno

SST = Sólido Suspendidos Totales

En un tiempo $t_0 = 3.0$ horas.

$$R_{DBO} = \frac{1.53}{0.018 + 0.020 \times 1.53} = 31.48\%$$

$$R_{SST} = \frac{1.53}{0.0075 + 0.014 \times 1.53} = 52.90\%$$

Como la remoción de los sólidos suspendidos es de 52.90% nos quedan:

$$SST \text{ final del sedimentador primario} = 870 - \frac{870 \times 52.90}{100} = 409.77 \text{ mg/l}$$

Como la remoción de la DBO es de 31.48% nos quedan:

$$DBO \text{ final del sedimentador primario} = 300 - \frac{300 \times 31.48}{100} = 205.56 \text{ mg/l}$$

PARAMETRO EN ESTUDIO	ENTRADA SEDIMENTADOR	REMOCION %	SALIDA DEL SEDIMENTADOR
DBO	300 mg/l	31.48%	205.56 mg/l
Solidos Suspendidos	870 mg/l	52.90%	409.77 mg/l

Tabla 6.3.20. Concentraciones obtenidas. Fuente: Grupo de Investigación.

9. Calcular la altura de tolva (Ver Imagen 6.3.2.2.2)

$$h_{tolva} = \tan \theta \times r = \tan 45^\circ \times 2.475m = 2.475 m = 2.50m$$

Angulo respecto a la horizontal (θ) es de 45° .

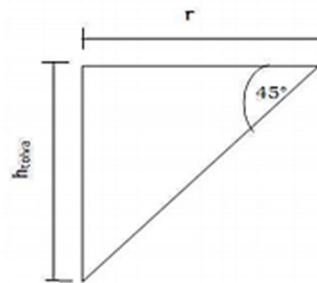


Imagen 6.3.17. Altura de Tolva. Fuente: Grupo de Investigación.

10. Diámetro de la zona de entrada en el centro del tanque.

$$\varphi_{\text{entrada}} = 0.20 \times 4.95\text{m} = 0.99\text{m} \text{ (Ver Imagen 6.3.18)}$$

11. Altura total del sedimentador.

$$H_{\text{total}} = h_{\text{tova}} + h$$

$$H_{\text{total}} = 2.50\text{ m} + 3.20\text{ m} = 5.70\text{ m}$$

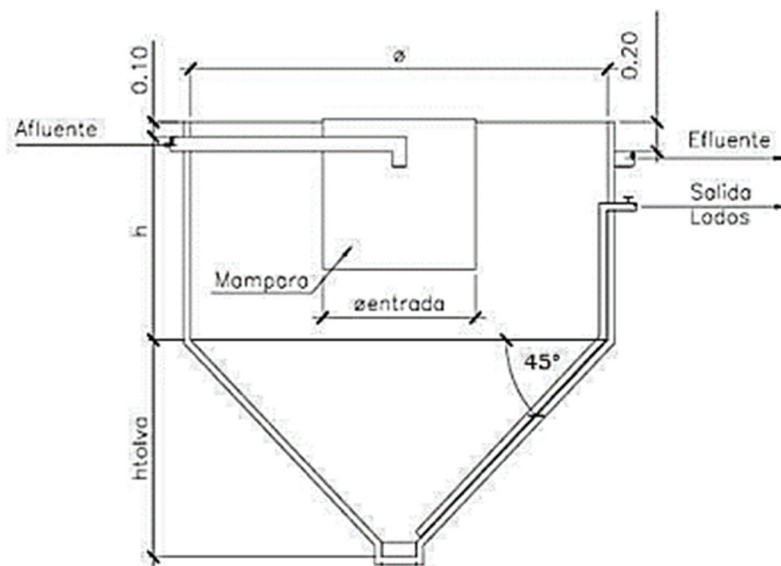


Imagen 6.3.18. Dimensiones de sedimentador primario. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill.

6.3.2.3. Tratamiento Secundario.

Filtro Percolador Sin Recirculación.

Debido a la reducción de DBO del 31.48 % obtenido en el tratamiento primario se tiene una DBO de entrada al filtro percolador de 205.56 mg/l y una carga orgánica de 0.5 kg DBO/día. Las características de diseño se tomaron de la 6.3.17 que se encuentra en la Alternativa 1 en la parte de diseño de filtros percoladores sin recirculación.

Los filtros percoladores sin recirculación se diseñarán tomando en cuenta que serán en serie y con volúmenes iguales para ayudar a disminuir los costos de construcción.

Considerando que el límite máximo de la norma de CONACYT es de 60 mg/l de DBO, para nuestro caso diseñaremos para una DBO de 30 mg/l en la descarga al cuerpo receptor, obtenemos una eficiencia en la remoción de DBO (E_T) de:

Donde:

DBO_i = DBO a la entrada del filtro percolador

DBO_f = DBO a la salida del filtro percolador

$$E_T = \frac{DBO_{inicial} - DBO_{final}}{DBO_{inicial}} \quad (\text{Tomado de Tchobanoglous Pág. 438})$$

$$E_T = \frac{205.56 - 30}{205.56} = 0.8541$$

$$E_T = 85.41\%$$

Dimensionamiento:

- Si consideramos que no habrá recirculación, entonces $R = 0$ y encontramos un factor de seguridad (F), tenemos:

$$F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$$

$$F = \frac{1 + 0}{\left(1 + \frac{0}{10}\right)^2} = 1$$

- Calculando carga orgánica de DBO

Donde:

w = carga de DBO.

C_{DBO} = Concentración de DBO del afluente en mg/l.

Q = caudal medio en m^3/s .

Sustituyendo.

$$\omega = \frac{C_{DBO} Q}{1000}$$

$$\omega = \frac{205.56 \frac{mg}{l} \times 0.01103 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{dia}}{1000}$$

$$\omega = 195,90 \text{ kg DBO/dia}$$

Debido a que ya se tienen despejadas las fórmulas de volúmenes en la en las ecuaciones (1) y (2) se procede igualar los volúmenes como en la ecuación (3),

ver ecuaciones en Alternativa 1 parte de diseño de Filtros Percoladores sin recirculación.

$$\frac{\omega_1 \times 0.19581E_1^2}{F \times (1 - E_1)^2} = \frac{\omega_2 \times 0.19581E_2^2}{F \times (1 - E_2)^2 \times (1 - E_1)^2} \rightarrow \text{Ecuacion (3)}$$

Luego de la fórmula de Eficiencia Total despejamos E_2 :

$$E_1 + E_2(1 - E_1) = 0.7833$$

$$E_2 = \frac{0.8541 - E_1}{(1 - E_1)} \rightarrow \text{Ecuacion (4b)}$$

La fórmula de Carga de DBO del segundo filtro percolador la colocamos en función de la Eficiencia 1 al sustituir el valor de la Carga de DBO del primer filtro percolador:

$$\omega_2 = (1 - E_1)\omega_1$$

$$\omega_2 = (1 - E_1)195.90 \rightarrow \text{Ecuacion (5b)}$$

Luego procedemos a sustituir la Ecuaciones (4) y (5) en la ecuación (3) y colocando que $F=1$, queda de la siguiente manera:

$$\frac{195.90 \times 0.19581E_1^2}{1 \times (1 - E_1)^2} = \frac{(1 - E_1)195.90 \times 0.19581 \left(\frac{0.8541 - E_1}{(1 - E_1)} \right)^2}{1 \times \left(1 - \left(\frac{0.8541 - E_1}{(1 - E_1)} \right) \right)^2 \times (1 - E_1)^2}$$

$$\frac{38.35918E_1^2}{1 \times (1 - E_1)^2} = \frac{(195.90 - 195.90E_1) \times 0.19581 \left(\frac{0.8541 - E_1}{(1 - E_1)}\right)^2}{1 \times \left(1 - \left(\frac{0.8541 - E_1}{(1 - E_1)}\right)\right)^2 \times (1 - E_1)^2} \rightarrow \text{Ecuacion (6b)}$$

Debido a que la ecuación 6b está en función solo de E_1 , podemos encontrar el valor de esta eficiencia 1, obteniéndose el siguiente resultado:

$$E_1 = 0.6792$$

$$E_1 = 67.92\%$$

Con este valor podemos encontrar el volumen para ambos filtros percoladores, sustituyéndola en la ecuación (1).

$$\frac{\omega_1 \times 0.19581E_1^2}{F \times (1 - E_1)^2} = v_1$$

$$\frac{195.9 \times 0.19581(0.6792)^2}{1 \times (1 - 0.6792)^2} = v_1$$

$$v_1 = 171.95m^3$$

Se debe asumir una profundidad (h en metros) comprendida en el rango propuesto, para obtener el área del filtro, por lo que tomaremos un $h = 1.80$ m que se encuentra dentro de los parámetros de las normas.

$$A_1 = \frac{v_1}{h} = \frac{171.90m^3}{1.80 m} = 95.5 m^2$$

Recordando que la geometría del filtro es cuadrada se tiene:

$$L_1 = \sqrt{A_1} = \sqrt{95.5 \text{ m}^2} = 9.77 \text{ m} \approx 9.80 \text{ m}$$

Se verifica con:

$$Vol_1 = L_1^2 \times h_1 = (9.8 \text{ m})^2 \times 1.80 \text{ m} = 172.87 \text{ m}^3$$

Como el v_1 es igual que el v_2 para este diseño de filtro percolador en serie. Ya podemos determinar el valor de la eficiencia 2 con la siguiente fórmula:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \sqrt{\frac{\omega_2}{v_2 F}}}$$

Antes de sustituir valores determinaremos el valor de w_2 :

$$\omega_2 = (1 - E_1)195.9 = (1 - 0.6792)195.9 = 62.84$$

Ahora sustituimos los valores conocidos quedando:

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - 0.6792} \sqrt{\frac{62.84}{171.95 \times 1}}} = 0.5453 = 54.53\%$$

Comprobamos con la fórmula de Eficiencia Total:

$$E_T = E_1 + E_2(1 - E_1)$$

$$E_T = 0.6792 + 0.5453(1 - 0.6792)$$

$$E_T = 0.8541$$

$$E_T\% = 85.41\%$$

Verificando la carga hidráulica como el área es la misma para el filtro 1 y 2 tenemos entonces que:

$$Carga\ Hidráulica = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.01103 \frac{m^3}{s} \times 86400 \frac{s}{dia}}{95.5 m^2} = 9.98 m^3 / m^2 \times dia$$

Debido a la reducción de DBO del 85.41% en los filtros percoladores en serie se obtiene una DBO fina:

$$DBO\ removida = 205.56 (0.8541) = 175.57 mg/l$$

$$DBO\ al\ final\ de\ los\ filtros\ en\ serie = 205.56 - 175.57 = 29.99 mg/l$$

Diseño de Sedimentador Secundario.

Es el mismo de la alternativa 1 para el caso de la Alternativa 2, debido a que en ambos casos el elemento que le antecede es un filtro percolador sin recirculación.

6.3.2.4. Tratamiento de Lodos.

Digestor de Lodos.

De Tabla 6.3.17, se retoman la cantidad de lodo generado en los procesos. Y para los diferentes cálculos utilizaremos el caudal medio diario (Q_{md}) con valor de $0.01103 m^3/s$.

Volumen Total de Lodos Producidos por Día (VTPD):Volumen de Sedimentador Primario por día (Vlsp).

Retomando de Tabla 6.3.1.3.2 un volumen de lodo sin digerir (VI) con un valor de 2.950m³/1000 m³ de agua residual y su correspondiente cálculo será:

$$V_{lsp} = VI \times Qmd$$

$$V_{lsp} = \frac{2.950 \text{ m}^3}{1000 \text{ m}^3} \times 0.01103 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}} = 2.81 \text{ m}^3/\text{d}$$

Volumen de Sedimentador Secundario por día (Vlss).

Retomando de Tabla 6.3.17, volumen de lodo producido después del filtro percolador, (VI) con un valor de 0.745m³/1000 m³ de agua residual y su correspondiente cálculo será:

$$V_{lss} = \frac{0.745 \text{ m}^3}{1000 \text{ m}^3} \times 0.01103 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}$$

$$V_{lss} = 0.70998 \text{ m}^3/\text{d}$$

Volumen Total por Día (VTPD).

$$V_{TPD} = V_{lsp} + V_{lss}$$

$$V_{TPD} = 2.81 \text{ m}^3/\text{d} + 0.70998 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$V_{TPD} = 3.52 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Período de retención.

Para determinar este tiempo se interpolarán los datos de la tabla siguiente para una temperatura promedio del municipio de Comasagua de 28°C que es donde se ubicará la planta.

Digestión discontinua de los lodos de sedimentación libre a diferentes temperaturas.						
Temperatura (°F)	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
Temperatura (°C)	10.0	15.6	21.1	26.7	32.2	37.8
Período de Digestión, días	75.0	56.0	42.0	30.0	25.0	24.0
Tipo de Digestión	Mesofílica					

Tabla 6.3.21. Interpolación de temperaturas para diferentes periodos de digestión. Fuente Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones, Ron Crites, George Tchobanoglous, Mc Graw Hill

$$T = T_1 + (t - t_1) \times \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

T_1 = periodo de retención para (temp. 1)= 30 días

t_1 = temperatura inferior a "t"=26.7 °C

T_2 = periodo de retención para (temp. 2)=25 días

t_2 = temperatura superior a "t"=32.2 °C

$$T = 30 + (28 - 26.7) \times \frac{25 - 30}{32.2 - 26.7}$$

$$T = 28.82 \text{ días} \approx \mathbf{29 \text{ días}}$$

Volumen del digestor.

De lo anterior obtenemos que el cálculo del digestor sea:

$$V_d = V_{TPD} \times T$$

$$V_{TPD} = 3.52 \frac{m^3}{días} \times 29 \text{ días} = \mathbf{102.08 m^3}$$

Área Superficial de Digestor (A_d).

Asumiendo para este caso una profundidad (h) de 3.0m

Con la profundidad y el volumen del digestor (V_d) podemos determinar que el área superficial (A_d) del digestor será:

$$A_d = \frac{V_d}{h} = \frac{102.08 m^3}{3.0 m} = 34.03 m^2$$

Diámetro de Digestor Circular (D_d).

Consideraremos el diseño de un digestor circular cuyo diámetro será:

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \times A_d}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 34.03 m^2}{\pi}} = 6.58 m$$

Se considerará una pendiente de fondo(s) de 1:6. Para determinar el volumen del cono del fondo del digestor se calculó primero la altura de este cono (h_c) considerando una pendiente del fondo (m) de 1:6 (recomendación de "Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas

residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” de La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias. Altura de cono:

$$h_c = \frac{D_d}{2} \times m = \frac{6.58 \text{ m}}{2} \times 1/6 = \mathbf{0.55 \text{ m}}$$

Diseño de Patio de Secado de Lodos.

El volumen de lodos a verter en los patios de secado (V_{lps}) se obtiene de la suma de lodos producidos por el sedimentador primario y secundario que son los lodos producidos en el digestor de lodos ($V_{l_{digestor}}$) retenidos por un periodo de 29 días:

$$V_{lps} = V_{l_{digestor}} = \mathbf{102.08 \text{ m}^3}$$

Considerando que serán vertidos formando una capa de 40 centímetros de espesor obtenemos un área superficial (A_s).

$$A_s = \frac{102.08 \text{ m}^3}{0.4 \text{ m}} = \mathbf{255.2 \text{ m}^2}$$

Considerando dos patios de secado de 127.60 m^2

Asumiendo una relación $L/A=2$

$$A_s = 2An^2$$

$$An = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$An = \sqrt{\frac{127.60 \text{ m}^2}{2}}$$

$$\mathbf{An = 7.99 \text{ m}}$$

Entonces= **A=7.99 m y L=15.98 m**

Se asumen 2 patios con dimensiones de:

Longitud = 16.00 m

Ancho = 8.00 m

Teniendo un área por patio real de 21.44 m²

Diseño de Tanque Séptico.

Para el tratamiento de las aguas drenadas en el patio de secado de lodos se usarán tanques sépticos. De la tabla 6.19, se observa que el porcentaje de humedad de lodos provenientes de digestión en tanques separados y después de filtro percolador son 94.0% y 92.5% respectivamente, con estos valores obtenemos el volumen de agua a tratar por día en el tanque séptico.

Cálculo de lodos que se depositan en los patios de secado.

De digester de lodos = 3.52 m³/día, humedad = 94.0 % (por ser combinada entre sedimentador primario y secundario).

Calculando el volumen de agua.

$$\text{Agua} = V_1 - \frac{V_1}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

Donde:

V₁= Volumen de lodos m³

w = humedad de lodos %

$$\text{Digestor de Lodos: Agua} = 3.52 - \frac{3.52}{\left(1 + \frac{94}{100}\right)} = 1.71 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Se tendrá un periodo de retención de 22 horas.

$$T = 22 \text{ horas} = 1.0 \text{ dias}$$

$$VTS = (\text{Agua})(T) = \left(1.71 \text{ m}^3/\text{dia}\right)(0.92 \text{ dia}) = 1.57 \text{ m}^3$$

Se considerará un volumen de 2.0 m³.

Se podrá disponer de dos tanques sépticos prefabricados iguales a los recomendados a sectores inaccesibles al alcantarillado sanitario de un volumen igual a 1,000 litros cada uno, para tratar el agua proveniente de cada patio de la alternativa N° 2.

6.4. Especificaciones Técnicas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Al contar con el diseño de las plantas de tratamiento ya definido, se procede a describir las especificaciones técnicas necesarias para la construcción de dicha

obra. En esta parte se definen las normas, exigencias y procedimientos para ser empleados y aplicados en todas las actividades de construcción del proyecto.

6.4.1. Obras Preliminares.

En esta partida se incluye todas las operaciones necesarias para iniciar el proceso constructivo, tales como: limpieza del terreno, construcción de bodega y oficina, construcción de cerca de seguridad, instalaciones hidráulicas y sanitarias e instalaciones eléctricas provisionales etc.

Las bodegas del contratista serán de dimensiones adecuadas al volumen de equipos y materiales que se usarán en la obra. Se deberá construir con techo de lámina galvanizada: paredes y estructuras de madera o lámina; piso de mortero (cemento y arena). Sin embargo, debido a la cercanía de los terrenos a la Ciudad, es una opción factible rentar alguna casa para mantenerla como bodega y oficinas.

Se deberá proveer en todos los sitios de trabajo los servicios básicos que requieren tanto el personal como los procesos constructivos involucrados.

Debido a que las zonas donde se ejecutaran los trabajos no cuentan con instalaciones públicas para el suministro de agua potable, se proveerán todos los equipos, accesorios y mano de obra necesarias para abastecerse de agua potable para el consumo de su personal, asimismo los depósitos para el almacenamiento y distribución, así como el agua misma, deberán ser higiénicos y sanitariamente seguros.

Para el manejo y disposición de las aguas negras, se contratará, el servicio de sanitarios portátiles (un sanitario por cada 20 personas), lo cual tendrá que incluir la evacuación periódica y disposición final y adecuada de los desechos fuera de los lugares de trabajo. La forma de evacuación y disposición final de las aguas residuales, será realizada por medio de camiones recolectores de la empresa contratista o subcontratista que preste los servicios de arrendamiento y deberá contar con todos los permisos exigidos por la legislación vigente para la República de El Salvador.

Si en la zona donde se desarrollaran los trabajos no se cuenta con un servicio público de energía eléctrica, el Contratista será el responsable de suministrar todo el material, equipo y mano de obra para conectarse a las instalaciones existentes, y en las aéreas que no se pudiese conectar deberá de proveerse de equipos de generación portátil para garantizar el suministro de este servicio para el desarrollo de los trabajos encomendados.

El material, equipo y servicios en general, serán de buena calidad y deberá estar en buen estado de funcionamiento.

6.4.2. Limpieza, Chapeo y Destronque.

No se removerá ningún árbol, aunque se haya incluido en la lista correspondiente, mientras no sea específicamente marcado por el Ingeniero. La limpieza y chapeo deberá hacerse con cuadrillas de personal, utilizando herramientas manuales y no se permitirá el uso de maquinaria pesada, salvo para la operación de

destroncado, la cual se hará posteriormente al chapeo manual o cuando lo autorice el Ingeniero.

Todos los materiales, los troncos enterrados, las raíces, los matorrales, los troncos de desecho, las ramas y copas de los árboles o cualquier otro desperdicio resultante de las operaciones de limpieza y chapeo, se dispondrán según lo determine el Ingeniero, de manera que no se perjudique o ponga en peligro la propiedad pública o privada.

6.4.3. Trazo y Nivelación.

El contratista establecerá las referencias planimétricas y altimétricas (bancos de marca) necesarias para replantear ejes y niveles presentados en los planos. El trazo se realizará mediante el uso de teodolito y niveletas de madera.

El contratista desarrollara estos trabajos con procedimientos que garanticen la seguridad de las personas, evitando daños en las colindancias y sin menoscabo del medio ambiente.

6.4.4. Excavación y Relleno.

El trabajo de esta partida incluye el suministro de materiales, mano de obra, herramientas y equipo necesarios para la ejecución de los trabajos de excavación y relleno en la construcción de fundaciones, tuberías y demás instalaciones enterradas.

A. Excavación.

La excavación llegará a las profundidades indicadas en los planos y se extenderá lo apropiado a cada lado de las paredes para permitir la colocación de encofrados, arrostramientos y la inspección de la obra terminada. Los suelos adecuados o material selecto, deberán reservarse para su uso en los rellenos, acopiándolos en sitios protegidos de la lluvia y contaminación orgánica o arcillosa. Los materiales inadecuados deberán desalojarse de la obra.

Si existieran suelos sueltos o inapropiados o mantos de rocas, el contratista deberá removerlos antes de realizar un colado, si así lo indica el supervisor. A la vez habrá que compactar un espesor de 20 cm con suelo cemento 1:20. El material para rellenos y compactación deberá estar libre de contaminación, y deberá ser evaluado por un laboratorio de control de calidad de suelos.

Estos volúmenes de sobre excavación y compactado serán pagados al precio unitario aceptado en el plan de propuesta.

Las paredes de excavación se tomarán las precauciones necesarias para evitar derrumbes ocasionados por cortes y rellenos.

Para las tuberías, se deberá compactar en caso de que el suelo resulte suelto o inapropiado, una capa de suelo cemento de proporción 1:20, con un alto y ancho equivalente a 1.5 veces el diámetro de la tubería.

B. Relleno, Nivelación y Compactación.

El material a utilizar en la compactación de fundaciones o tuberías deberá ser sometido a pruebas de laboratorio y al no ser adecuado, se utilizará limo arenoso o tierra blanca en su sustitución.

El relleno será depositado en capas no mayores de 15cm, compactando cada capa con el equipo aprobado por el supervisor. En caso de que se utilicen apisonadores manuales o mecánicos, se deberá tener cuidado de no dañar las estructuras o tuberías.

El compactado sobre estructuras se realizará después de 7 días de haber realizado el colado o cuando el supervisor lo estime conveniente.

El control de densidad y humedad de la compactación se efectuará hasta alcanzar el 90% de la densidad máxima, obtenida mediante la norma AASHTO T-180.

Cuando haya cambios de pendientes, se redondearán los bordes.

6.4.5. Suelo-Cemento.

Cuando sea necesario la aplicación de suelo cemento se realizará con una proporción de 20 partes de tierra blanca y una parte de cemento, esta mezcla deberá realizarse en volumen suelto.

El control de densidad y humedad de la compactación deberá alcanzar el 90% de la densidad máxima, obtenida mediante la norma AASHTO T-180.

6.4.6. Concreto Estructural.

En esta partida están comprendidas todas las obras de concreto indicadas en los planos y sus respectivos procesos de construcción, tales como: fabricación, colocación, curado y resanado de concreto.

A. Materiales.

- Cemento.

Todo el cemento debe ser del tipo Portland y cumplirá con las especificaciones ASTM C-150 Tipo I o II Portland bajo la norma ASTM C-1157 GU. El cemento será entregado en el sitio en bolsas selladas por el fabricante, no se aceptará el cemento contenido en bolsas abiertas o rotas.

El cemento se almacenará en un lugar seco con suficientes previsiones para evitar que absorba humedad. Las bolsas deberán ser colocadas sobre plataformas de madera, levantadas 15cm sobre el piso. Además, no se dispondrán en pilas de más de diez sacos. No se permitirá el uso de cemento endurecido por almacenamiento o parcialmente fraguado, en ninguna parte de la obra. El contratista deberá usar el cemento que tenga más tiempo de estar almacenado antes de usar el almacenado recientemente.

- Agregados.

Arena.

Estará formada por partículas sanas, duras, exentas de polvo, grasas, sales, álcalis, sustancias orgánicas y otros perjudiciales para el concreto. La granulometría de los agregados gruesos y finos quedará dentro de los límites indicados en la norma ASTM C-33, no deberá contener más del 1½ % de arcilla, no menos del 85% deberá pasar por la malla de ¼", no más del 30% deberá pasar por el cedazo #50 y no más del 5% pasar por el cedazo #100.

Grava.

Deberá ser roca dura y cristalina, libre de pizarra, lajas o piezas en descomposición, será sin material adherido y limpia. El tamaño máximo del agregado no será mayor de 1/5" de la dimensión menor entre los lados de los moldes de los miembros en el cual se va a usar el concreto y no mayor de ¾" de los espacios libres entre las barras, dicha grava es comúnmente conocida como Grava No.1. Además, la granulometría deberá corresponder a una de las indicadas en la tabla No. 2 de las especificaciones ASTM C-33. Estos agregados se almacenarán y mantendrán en una forma tal manera que impida la segregación y contaminación.

- Agua

El agua al momento de usarse debe ser limpia y estar libre de aceite, ácidos, sales, álcalis, cloruros, materias orgánicas y otras sustancias.

- Acero de refuerzo.

Todo el acero corrugado de refuerzo deberá cumplir con la norma para varilla de refuerzo en concreto armado ASTM A-615, y tendrán un límite de fluencia $f_y=2800 \text{ Kg/cm}^2$ (Grado 40). Se exceptúa el acero de refuerzo #2 ($\varnothing \frac{1}{4}$ ") que será liso. El acero de refuerzo deberá estar libre de defectos de manufactura y su calidad garantizada por el fabricante. En el armado de cualquier miembro estructural no se permitirán barras de refuerzo cuyo diámetro nominal difiera del indicado en los planos en más del 5%.

- Colocación del acero de refuerzo.

El Contratista cortará, doblará colocará todo el acero de refuerzo de acuerdo con lo que indiquen los planos y los criterios del reglamento ACI 318-95. Todo el refuerzo deberá estar libre de óxido suelto, de aceite, grasa u otro recubrimiento que pueda reducir su adherencia con el concreto. Se utilizarán cubos de concreto, separadores y amarres, para asegurar la posición correcta del refuerzo y evitar el desplazamiento durante el colado.

Todos los dobleces (inclusive coronas, estribos, ganchos) serán hechos en frío sobre una espiga de diámetro no menor de cuatro veces el diámetro de la barra que se dobla, en el caso de estribos; ni menor de seis veces el diámetro de la barra que se dobla, en el caso del refuerzo principal.

Los traslapes serán desplazados entre sí a una longitud no menor de 30 veces el diámetro nominal para varilla corrugada, y 40 diámetros de longitud para varilla lisa. Los cierres de las coronas y estribos contiguos deberán quedar alternados.

- Aditivos

Los aditivos deberán ser usados en las proporciones indicadas en las instrucciones impresas de los fabricantes. El Supervisor autorizará caso por caso el uso de los aditivos. No habrá pago adicional cuando los aditivos sean usados a opción del Contratista o cuando sean requeridos por el Supervisor como medida de emergencia para remediar las negligencias, errores, o atrasos en el progreso de la obra imputables al Contratista.

B. Dosificación y Control de Mezcla.

El contratista proporcionará concreto con resistencia mínima a la ruptura por compresión a los 28 días de 210 kg/cm^2 , cuya proporción es de una parte de cemento, 3.25 partes de arena y 3.5 partes de grava.

El diseño será efectuado por un laboratorio que posea la experiencia en este campo, y lo efectuará usando materiales que el contratista haya acopiado en el

lugar de la obra, con el cemento y el agua que realmente empleará en la construcción.

El concreto será dosificado preferiblemente por peso, pero se podrá también dosificar por volumen, de acuerdo a las proporciones por peso estipuladas en el diseño de las mezclas.

El contratista deberá obtener la resistencia del concreto especificada, las cuales deberán comprobarse por medio de especímenes preparados curados y sometidos a prueba, de conformidad con las normas ASTM C-31 y C-39. Estas pruebas se harán en seis cilindros por cada muestreo.

Se hará un muestreo por día de colado por cada 10 m³ o menos de concreto vaciado o de acuerdo a la necesidad que establezca el laboratorio. Los cilindros serán tomados de la siguiente manera: 2 para ensayar a los 7 días y 2 para ensayar a los 28 días.

Se asume que la resistencia a los 7 días corresponde al 70% de la resistencia a los 28 días.

Una prueba de resistencia debe ser el promedio de la resistencia de tres cilindros hechos de la misma muestra de concreto y probados ambos a la misma edad.

Cabe mencionar, que antes de la colocación deben tomarse las muestras de concreto necesarias para realizar las pruebas de revenimiento, el cual deberá de tener entre 4 y 5 pulgadas sin el uso de aditivos. Si los resultados de estas pruebas caen fuera de las tolerancias permitidas, el Supervisor podrá rechazar el concreto u ordenar las medidas correctivas necesarias.

C. Preparación de Concreto.

Se usarán mezcladores del tipo apropiado y se preparará el concreto sólo en la cantidad que sea necesaria para el uso inmediato. Ninguna mezcladora se operará más allá de su capacidad indicada. El contenido total de la mezcladora deberá ser removido del tambor antes de colocar allí los materiales para la carga siguiente.

No se podrá utilizar el concreto que no haya sido colocado en su sitio a los 30 minutos de haberse agregado el cemento al agua para la mezcla, o el cemento al agregado. El concreto premezclado que haya sido entregado en la obra en camiones mezcladores o agitadores podrá colocarse en el término de 60 minutos, calculados desde el momento en que se ha agregado el agua al cemento.

D. Colocación de Concreto.

El concreto se depositará hasta donde sea posible, en su posición final. Los colados se harán a tal velocidad y altura (menor de 1.00 metro) que el concreto se conserve todo el tiempo en estado plástico y se evite la segregación. Donde las operaciones de colocación impliquen verter el concreto directamente desde una altura de más de 1.00 metro, se deberá depositar a través de tubos o canales de metal u otro material aprobado.

No se depositará concreto que se haya endurecido parcialmente o que esté contaminado con sustancias extrañas, ni se revolverá nuevamente a menos que el Supervisor dé su aprobación.

El recubrimiento mínimo para el acero de refuerzo en estructuras de concreto en contacto con el terreno deberá ser de 5 centímetros., y en los demás elementos 2.5 centímetros.

El concreto se consolidará con ayuda de un equipo vibrador adecuado.

E. Encofrados.

El Contratista colocará los moldes de tal manera que produzcan alineamientos correctos del concreto y que no permitan filtraciones. Los encofrados serán contruidos con suficiente rigidez para soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos después de su colocación y para lograr la seguridad de los trabajadores. Los encofrados deberán ser firmes y bien ajustados a fin de evitar escurrimiento de la lechada y en tal forma que permanezcan sin deformarse, ni pandearse. Se utilizará madera de pino o moldes metálicos, con una estructuración adecuada.

El Contratista será el único responsable por el desencofrado de las estructuras, por lo que debe cumplir con los plazos mínimos siguientes, contados a partir del fraguado del concreto:

- Sedimentadores: 3 días.
- Pedestales: 2 días.

F. Curado.

El concreto deberá protegerse de la pérdida de humedad durante un período mínimo de 7 días, cubriéndolo permanentemente con una capa de agua o con algún recubrimiento que garantice un curado efectivo durante el proceso de fraguado.

6.4.7. Reparación de Defectos del Colado.

Todos los defectos superficiales que resulten en el concreto al retirar los moldes deberán ser corregidos. Las colmenas cuya profundidad no exceda de $1/5$ de la sección de concreto, así como las rajaduras y de laminaciones superficiales, deberán picarse hasta encontrar concreto compacto, después serán lavadas y resanadas con un mortero epóxico. En caso de agrietamiento se podrá realizar una inyección con resina epóxica de baja viscosidad.

Si la colmena excede $1/5$ de la sección transversal se procederá a la demolición total o parcial del elemento colado. En caso que sea parcial, la zona demolida será restaurada con un concreto de igual resistencia, pero se aplicará una resina epóxica para unir concreto nuevo con viejo y un estabilizador volumétrico de buena calidad.

6.4.8. Albañilería y Acabados.

En esta partida están incluidas todas las obras de albañilería y acabados, el Contratista proveerá materiales, equipo y servicios necesarios para ejecutar las obras que indiquen los planos y especificaciones.

A. Morteros.

- Materiales

Todo el cemento a utilizar para mortero será Portland, tipo I, según especificaciones ASTM C-150 o Portland bajo la norma ASTM C-1157 GU. El agregado fino, arena, deberá cumplir la norma ASTM C-144 Y C-40.

El agua al momento de usarse debe estar limpia, libre de aceite, ácidos, sales, álcalis, cloruros o cualquier otro material o sustancia que la contamine. La cantidad de agua que se usará en la mezcla será la mínima necesaria para obtener un mortero plástico y trabajable.

No se permitirá el uso de mortero que haya permanecido 30 minutos sin usar después de agregar el cemento; no podrá retemplarse el mortero por medio de adición de más cemento.

- Proporciones

Los materiales a usar tendrán proporciones en volumen según el siguiente cuadro tabla 6.4.1.

DESCRIPCION	PROPORCION
Mampostería de ladrillo de barro o de concreto	1:4
Repellos	1:4
Afinados	1:2
Mampostería de piedra	1:3

Tabla 6.4.1. Clasificación de proporciones de mortero según el uso. Fuente: Especificaciones ASTM C-150

No se permitirá por ningún motivo batir mezcla en el suelo de tierra.

6.4.9. Mampostería de Bloques de Concreto.

Las paredes del tipo de bloque de concreto deberán cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-90, para el tipo de bloque hueco, y deberá de ser del grado estructural (N), con una resistencia última a la rotura por compresión de 70 kg/cm² en promedio de 3 unidades.

Las paredes especificadas en los planos como bloque de concreto serán de 20x20x40 centímetros. Los bloques se colocarán con refuerzos verticales y horizontales tal como se muestra en los planos.

El contratista debe incluir todos los movimientos de materiales y personas para la correcta instalación de las piezas. Deberá incluir andamios, reglas y cualquier otro material o equipo necesario.

Los bloques serán almacenados en la obra en un lugar seco, sin contacto con el suelo y serán protegidos de la lluvia y de la humedad. Las paredes se dejarán a plomo, alineadas correctamente para que la junta horizontal sea uniforme. Los bloques se colocarán sin mojarse, con un mortero de proporción 1:4, las juntas no podrán ser mayores de 1.5 cm., ni menores de 0.5 cm. El trabajo será ejecutado en forma limpia y nítida, debiendo removerse diariamente las rebabas, derrames, chorretes y cualquier otro exceso de mortero. No se permitirán bloques que no tengan como mínimo 28 días de edad. El acero de refuerzo será conforme a lo especificado en los Planos

- Grout (lechada de relleno).

El ACI define el grout como una mezcla de material cementicio (cementante) y agua, con o sin agregados, dosificados para obtener una consistencia que permita su colocación sin que se produzca la segregación de los constituyentes. El grout se utiliza para rellenar los huecos de los bloques de concreto y éste debe cumplir con la norma ASTM C 476 y tener una consistencia fluida, con un revenimiento mínimo de 15cm, y un tamaño máximo de agregados de 3/4".

Para evitar la segregación en los huecos de los bloques se deberá vibrar mediante el uso de una varilla de hierro en forma vertical.

6.4.10. Mampostería de Ladrillo de Barro.

Los ladrillos a utilizar serán de mampostería confinada de barro cocido, del tipo calavera; las dimensiones mínimas serán de 9x14x28 centímetros y deben presentar una resistencia última por compresión de 40 Kg/cm².

El mortero a utilizar para el pegamento de ladrillos de barro cocido deberá cumplir con la especificación ASTM C-270, con una proporción de 1:4.

En las paredes de ladrillo las hiladas deberán asentarse completamente sobre un lecho de mortero, debiendo estar perfectamente alineadas, niveladas y a plomo.

Entre ladrillo y ladrillo habrá siempre una capa de mortero que cubrirá completamente las caras adyacentes. Las juntas deberán quedar completamente llenas, siendo su espesor no menor de 10 milímetros, ni mayor de 15 milímetros.

El mortero de las juntas deberá quedar bien compactado y se removerá inmediatamente todo el excedente, dejando una superficie limpia y bien perfilada.

Los ladrillos serán humedecidos por inmersión antes de su colocación, hasta su completa saturación.

6.4.11. Acabados de Paredes.

Los repellos se harán con mortero de cemento Pórtland tipo I y arena de río de granos menores de 1/16", en una proporción volumétrica 1:4. Los afinados se harán con llana metálica aplicando un mortero de cemento Pórtland tipo I y arena con granos menores de 1/64", en proporción volumétrico 1:2.

Antes de repellar deberán limpiarse y mojarse las paredes y cuando haya que repellar estructuras de concreto, deberá picarse previamente para mayor adherencia del repello, deberán formarse fajas verticales de mezcla de 0.15 metros de ancho a cada 2 metros, que sirvan de referencia para la superficie a repellar. Después de 24 horas se deberá azotar la mezcla de mortero en capas hasta lograr el espesor requerido y se eliminarán los excesos por medio del codal apoyado en las fajas de referencia.

El repello deberá curarse por lo menos durante tres días, después de los cuales podrá procederse al afinado con llana metálica, hasta lograr una superficie tersa y uniforme. El afinado deberá curarse por lo menos durante 5 días.

6.4.12. Estructuras Metálicas.

El alcance del trabajo incluye la construcción de los elementos estructurales metálicos, con la combinación de perfiles metálicos y varillas de acero indicados en los planos, para formar elementos de alma abierta o llena. Se incluyen los detalles de conexión.

- Material

Todos los perfiles metálicos indicados en estos planos deberán cumplir con los requisitos de calidad de la designación ASTM A-36.

- Requerimientos constructivos

Para la fabricación y montaje de la estructura metálica se deberá desarrollar planos de taller y en la ejecución deberá garantizarse la estabilidad de la estructura por medio de puntales y arrostramientos laterales.

Las soldaduras se realizarán con el proceso de arco eléctrico con electrodo protegido del tipo E-7018.

6.4.13. Instalación de Tuberías.

Se incluyen todas las instalaciones de tuberías mostradas en el plano, así como sus accesorios, cajas, pozos y cualquier otro elemento indicado.

- Material.

Los planos constructivos indicarán el tipo de tubería y diámetro que se emplearán. En el caso de usarse tuberías de PVC deberán ser fabricadas bajo norma para una presión de 100 PSI.

- Requerimientos constructivos

En el caso de tuberías enterradas, la excavación deberá tener un ancho mínimo de 30 centímetros, en tuberías de diámetros menores a 6", y en diámetros mayores según la tabla 6.4.2.

El relleno sobre tuberías deberá realizarse con material limo arenoso, depositado en capas de 15 centímetros, y compactado hasta tener un 80% de la densidad máxima.

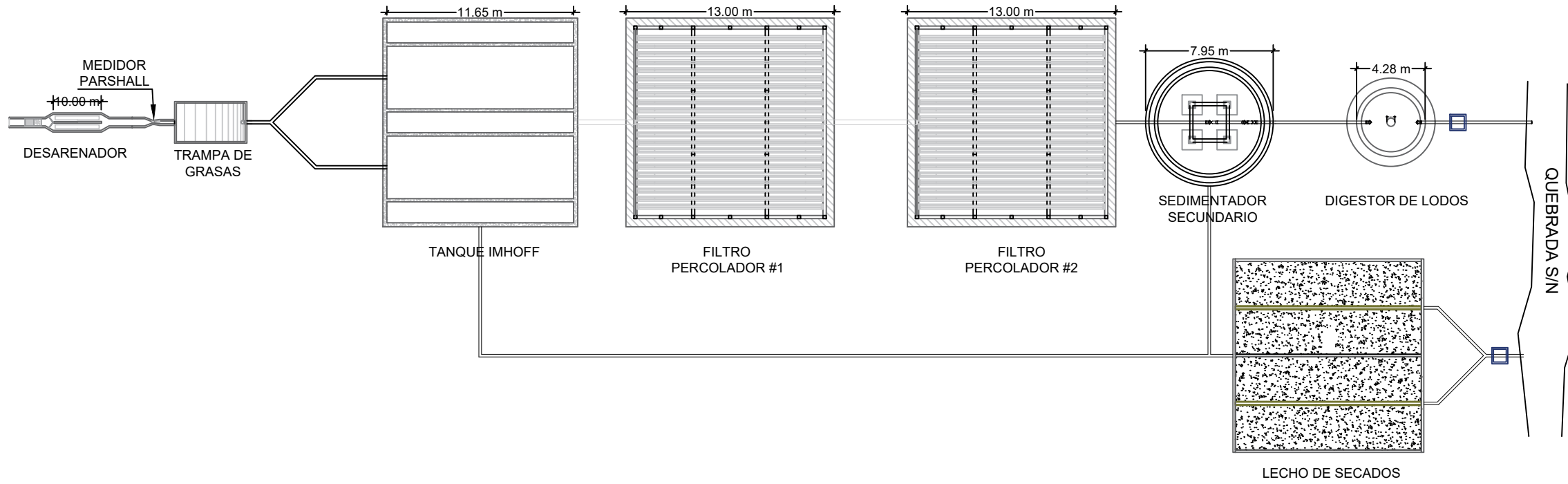
<i>Diámetros de la tubería</i>	<i>Ancho de la excavación</i>
6"	60 cm
8"	70 cm
10"	75 cm
12"	80 cm

Tabla 6.4.2. Ancho de excavación a partir de diámetros de tuberías. Fuente: Normas técnicas de ANDA

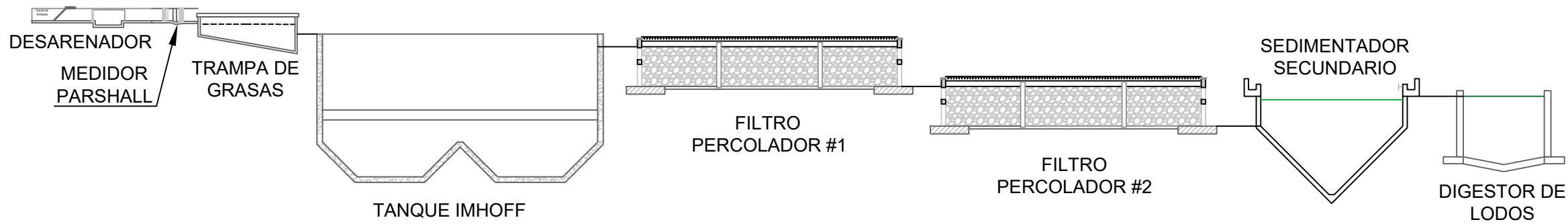
En el caso de ser necesario la construcción de cajas y pozos se hará de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas de ANDA.

6.5. Planos y Detalles de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

PLANTA.



PERFIL.



ESQUEMA GENERAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO (Alternativa #1).

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

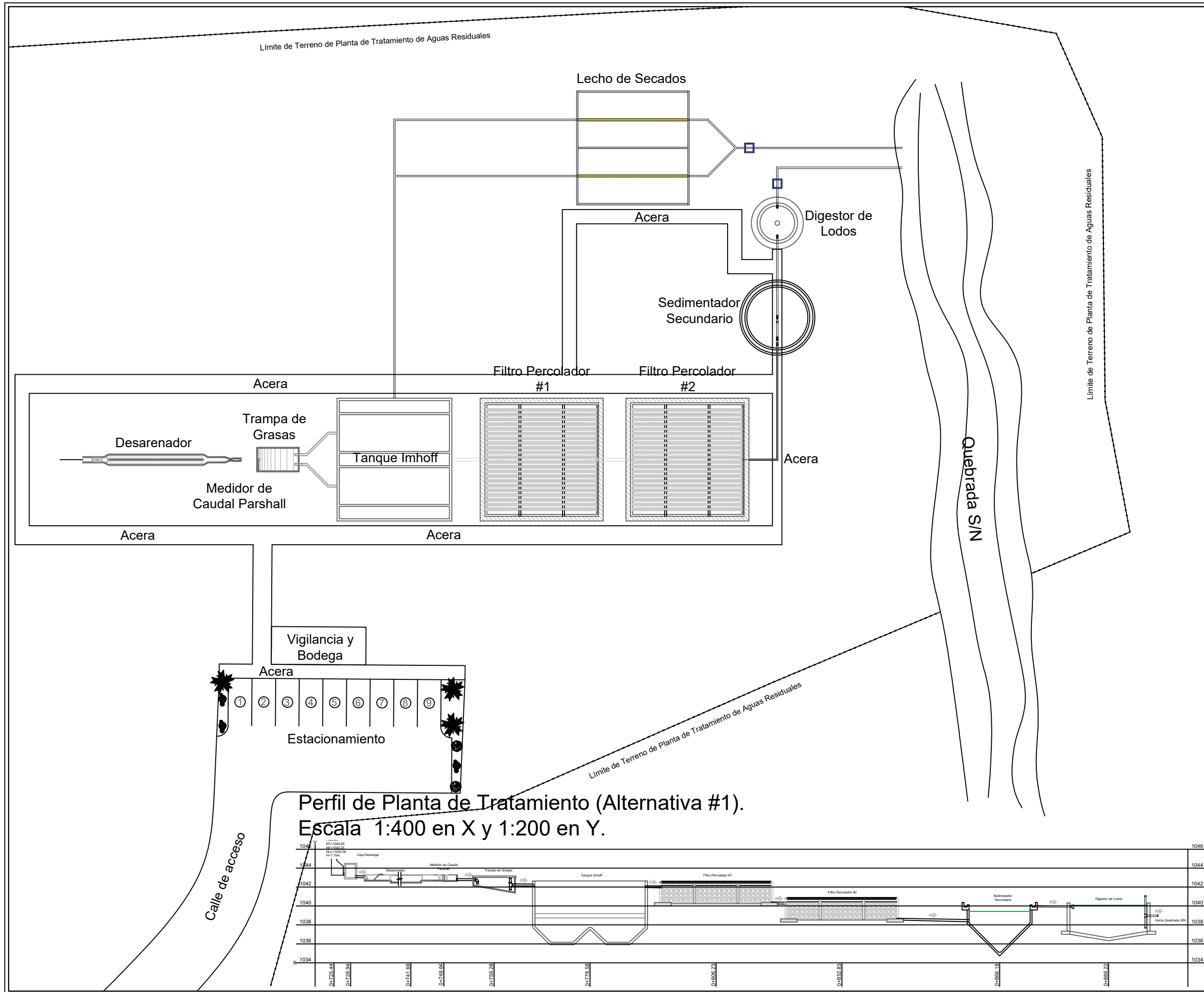
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Esquema General de Planta de
Tratamientos de Aguas Residuales (Alternativa #1).

Escala: Sin Escala.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 1 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, La Libertad.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

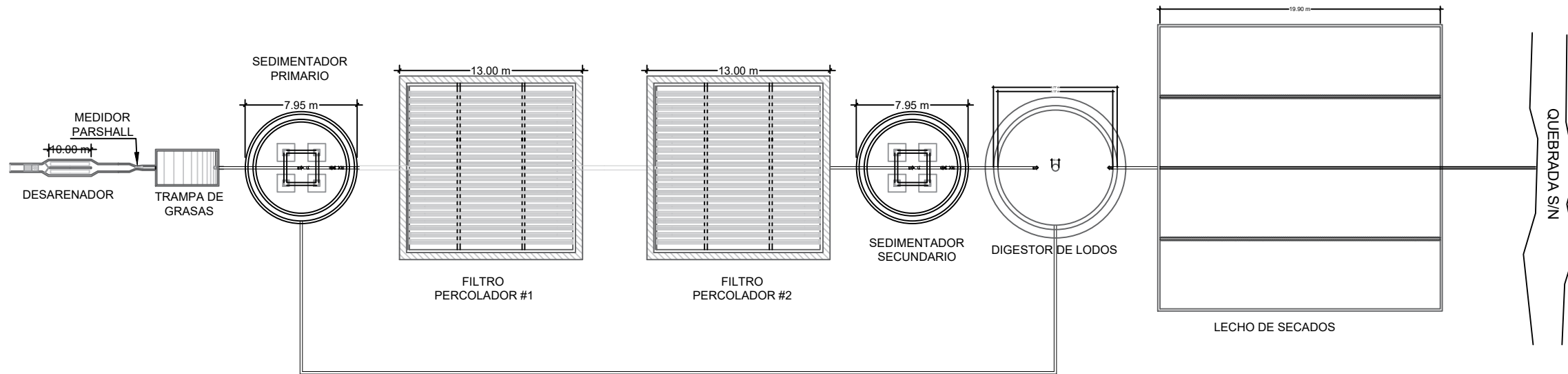
Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

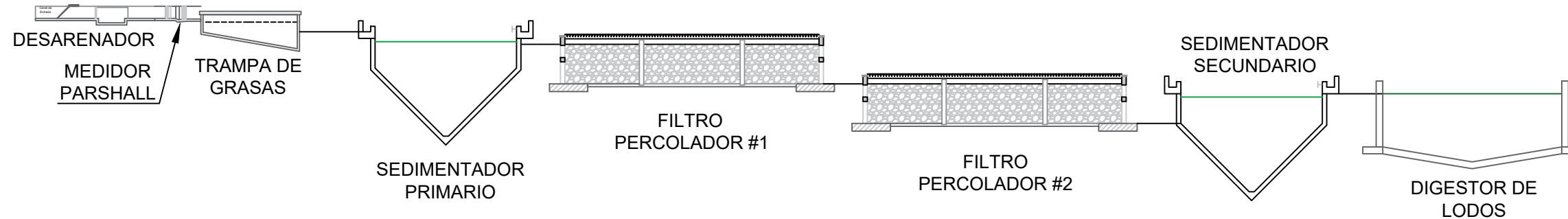
Contenido:
 Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
 Negras (Alternativa #1).

Escala: 1:400.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 2 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.		

PLANTA.



PERFIL.



ESQUEMA GENERAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO (Alternativa #2).

Esquema de ubicación:



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

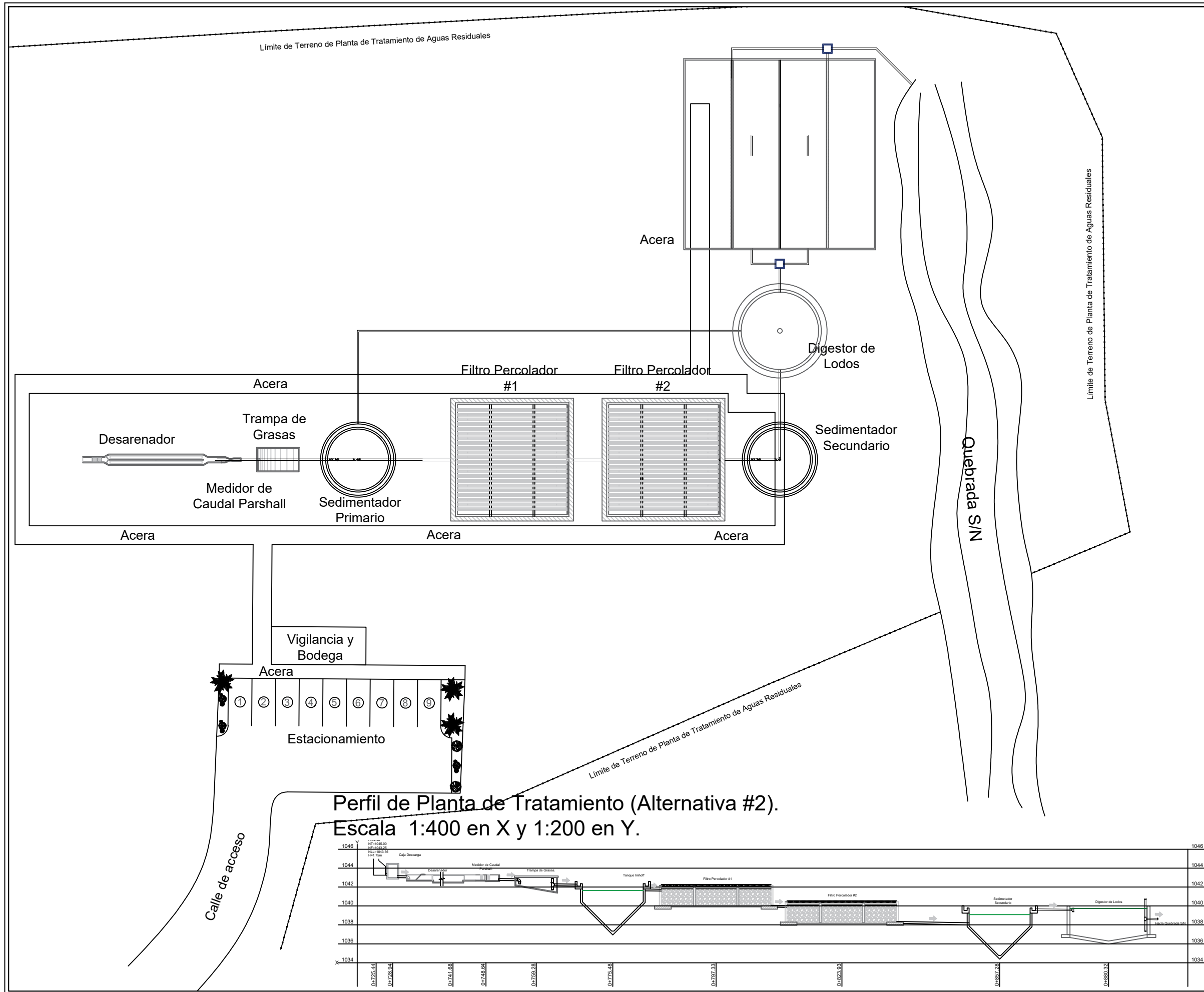
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Esquema General de Planta de
Tratamientos de Aguas Residuales (Alternativa #2).

Escala: Sin Escala.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 3 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, La Libertad.		



Universidad de El Salvador.
 Facultad de Ingeniería y
 Arquitectura.
 Escuela de Ingeniería Civil.

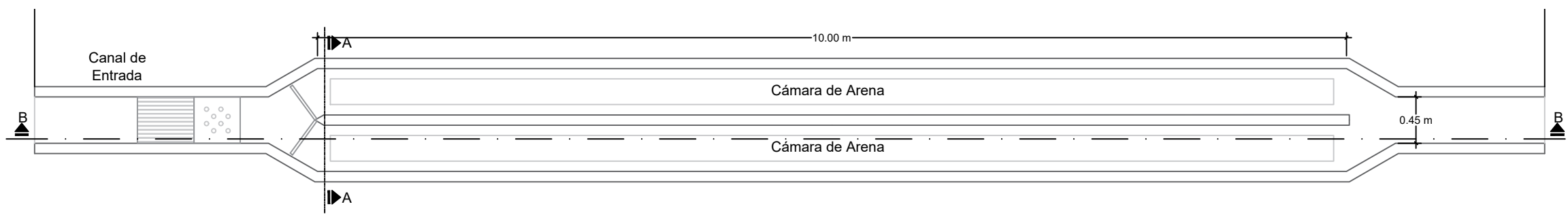
Proyecto: Diseño del Sistema de
 Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
 y Planta de Tratamiento de Aguas
 Residuales para el Caso Urbano del
 Municipio de Comasagua,
 Departamento de La Libertad.

Integrantes:
 Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
 Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

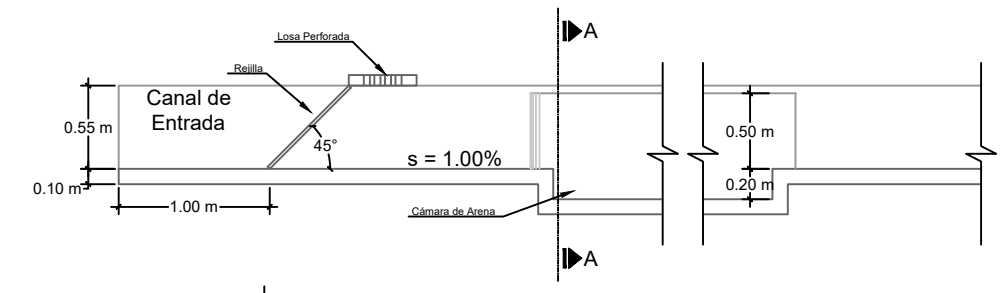
Docente Asesor:
 MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
 Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
 Negras (Alternativa #2).

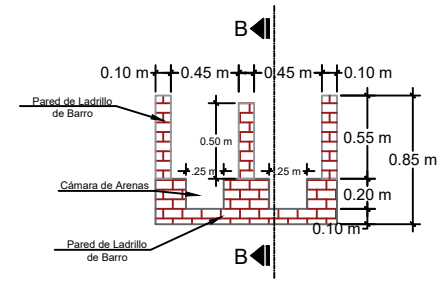
Escala: 1:400.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 4 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.		



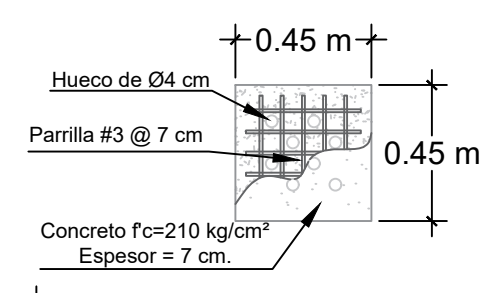
PLANTA DESARENADOR.
ESCALA 1:50.



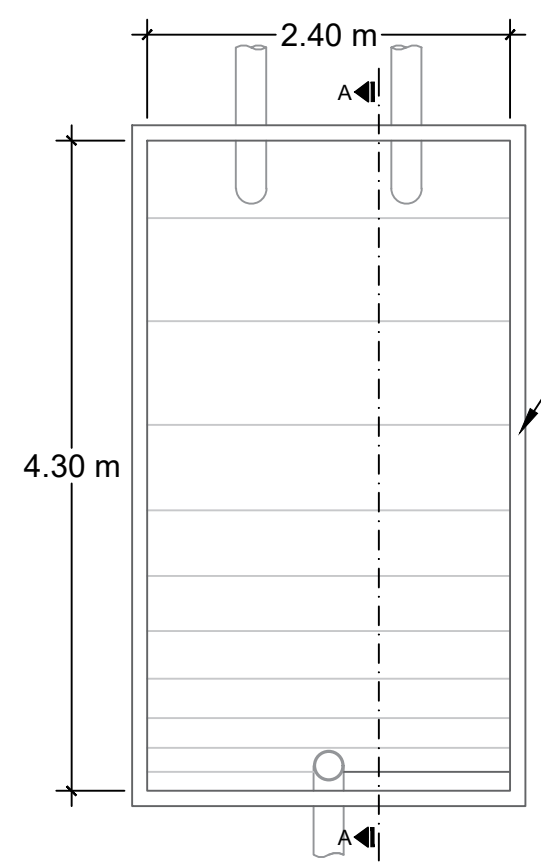
SECCION B-B - DESARENADOR.
ESCALA 1:50.



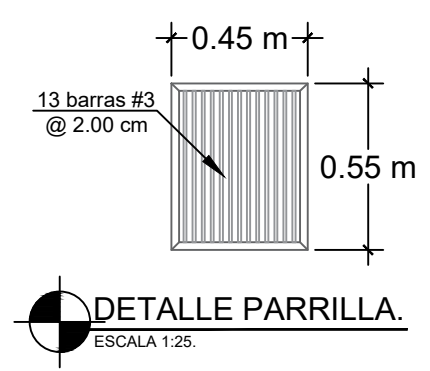
SECCION A-A - DESARENADOR.
ESCALA 1:50.



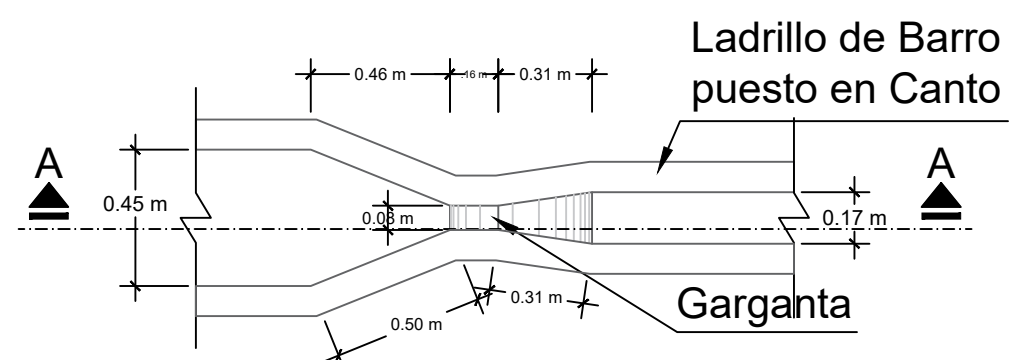
DETALLE LOSA PERFORADA.
ESCALA 1:25.



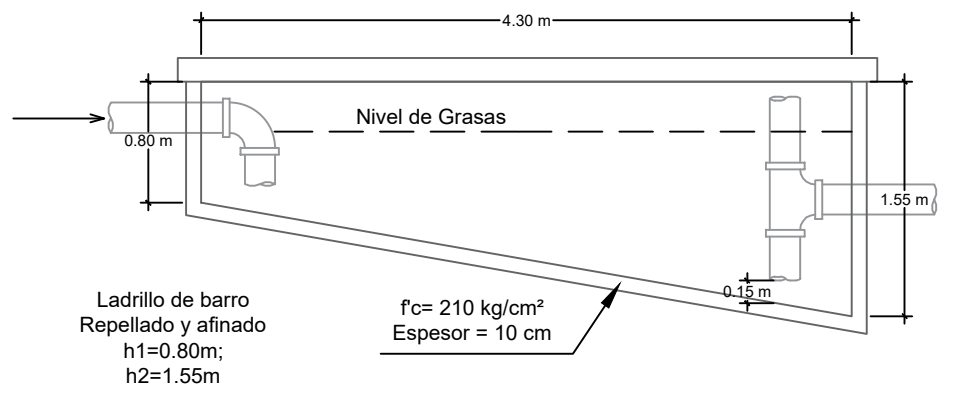
PLANTA TRAMPA DE GRASAS.
ESCALA 1:50.



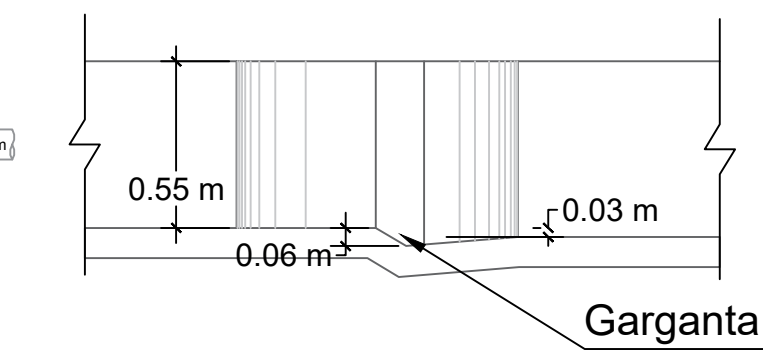
DETALLE PARRILLA.
ESCALA 1:25.



PLANTA MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL.
ESCALA 1:25.



SECCION A-A - TRAMPA DE GRASAS.
ESCALA 1:50.



SECCION A-A - MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL.
ESCALA 1:25.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

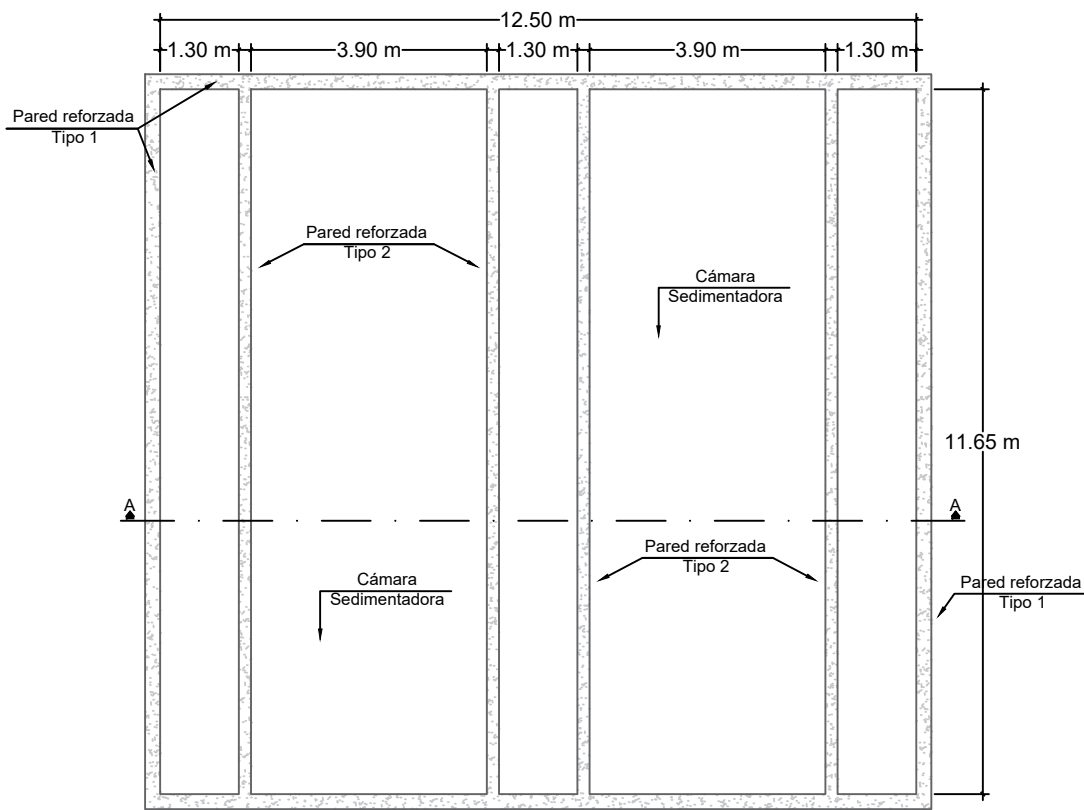
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

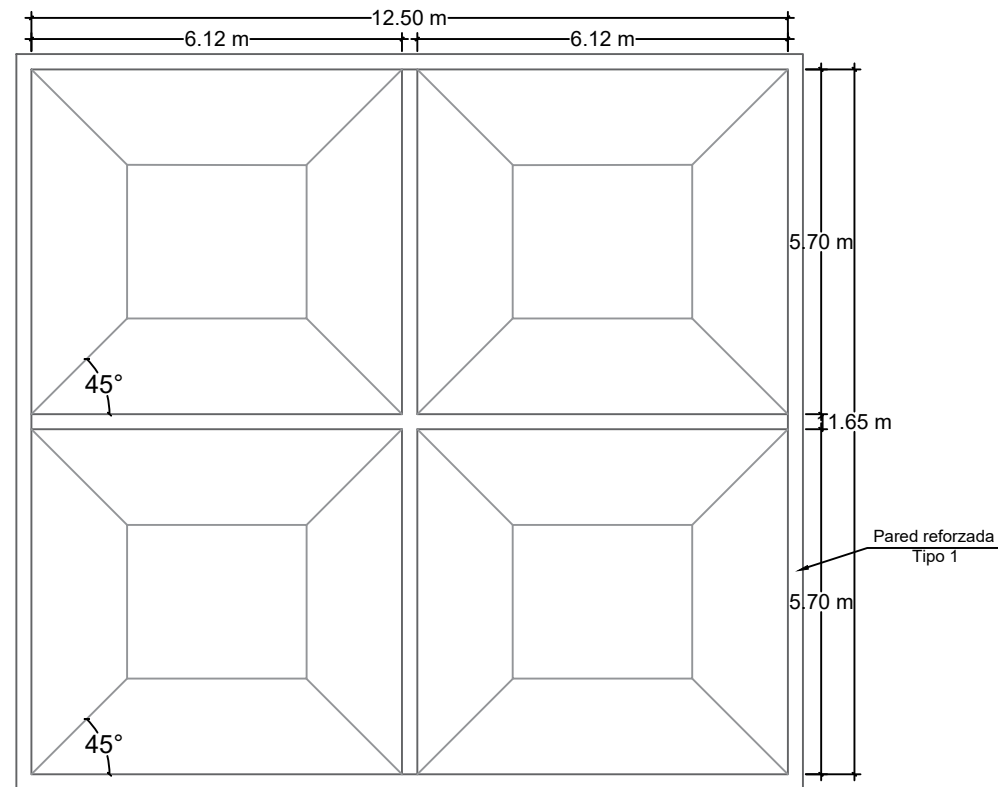
Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

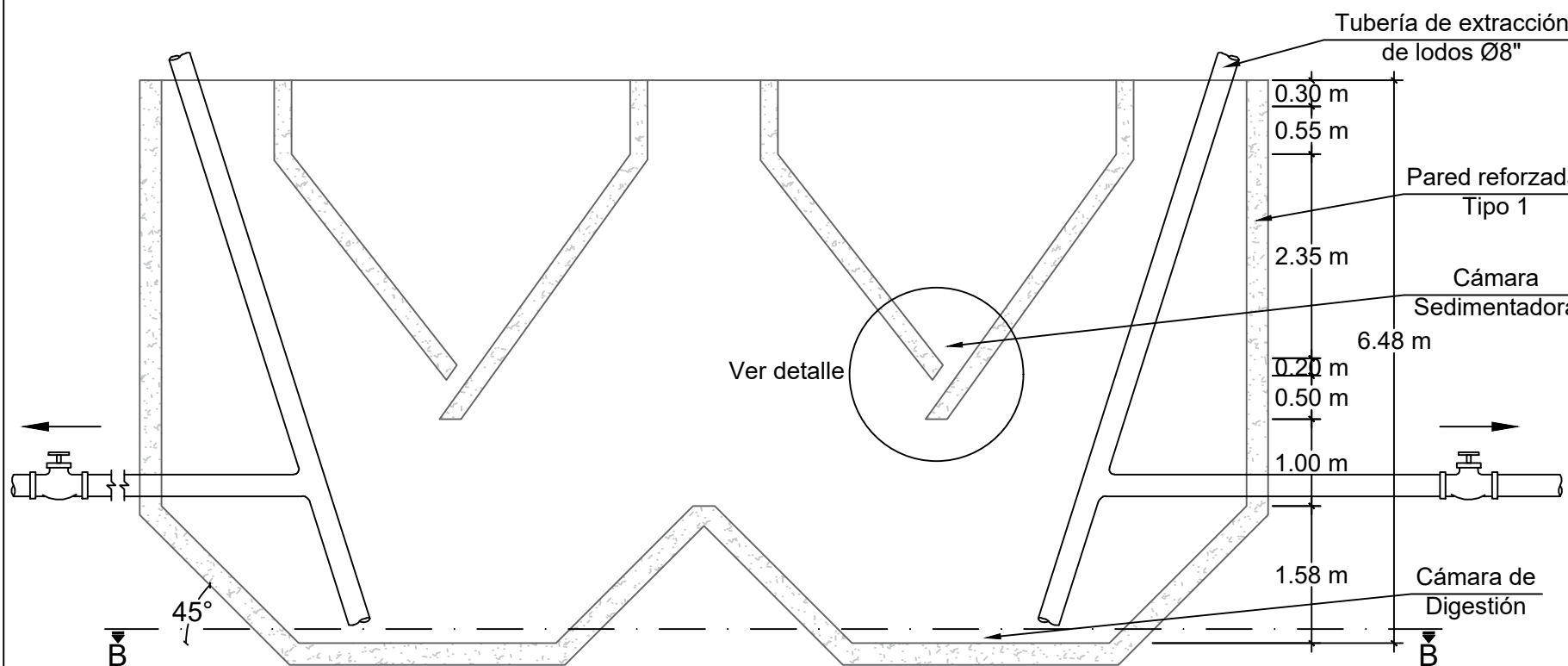
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad. 5 / 10



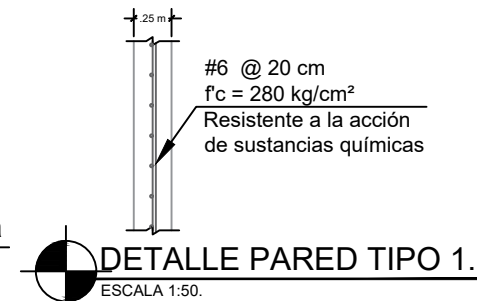
PLANTA TANQUE IMHOFF.
ESCALA 1:125.



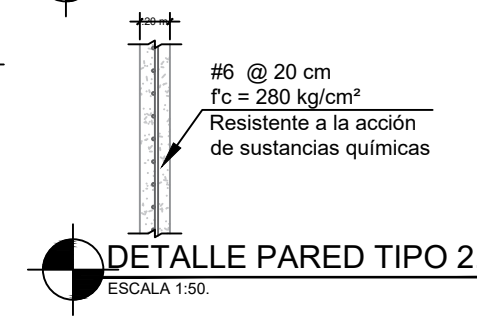
SECCION B-B - TANQUE IMHOFF.
ESCALA 1:100.



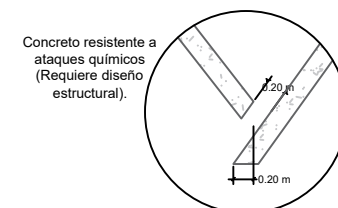
SECCION A-A - TANQUE IMHOFF.
ESCALA 1:100.



DETALLE PARED TIPO 1.
ESCALA 1:50.



DETALLE PARED TIPO 2.
ESCALA 1:50.



DETALLE CAMARA SEDIMENTADOR.
ESCALA 1:75.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

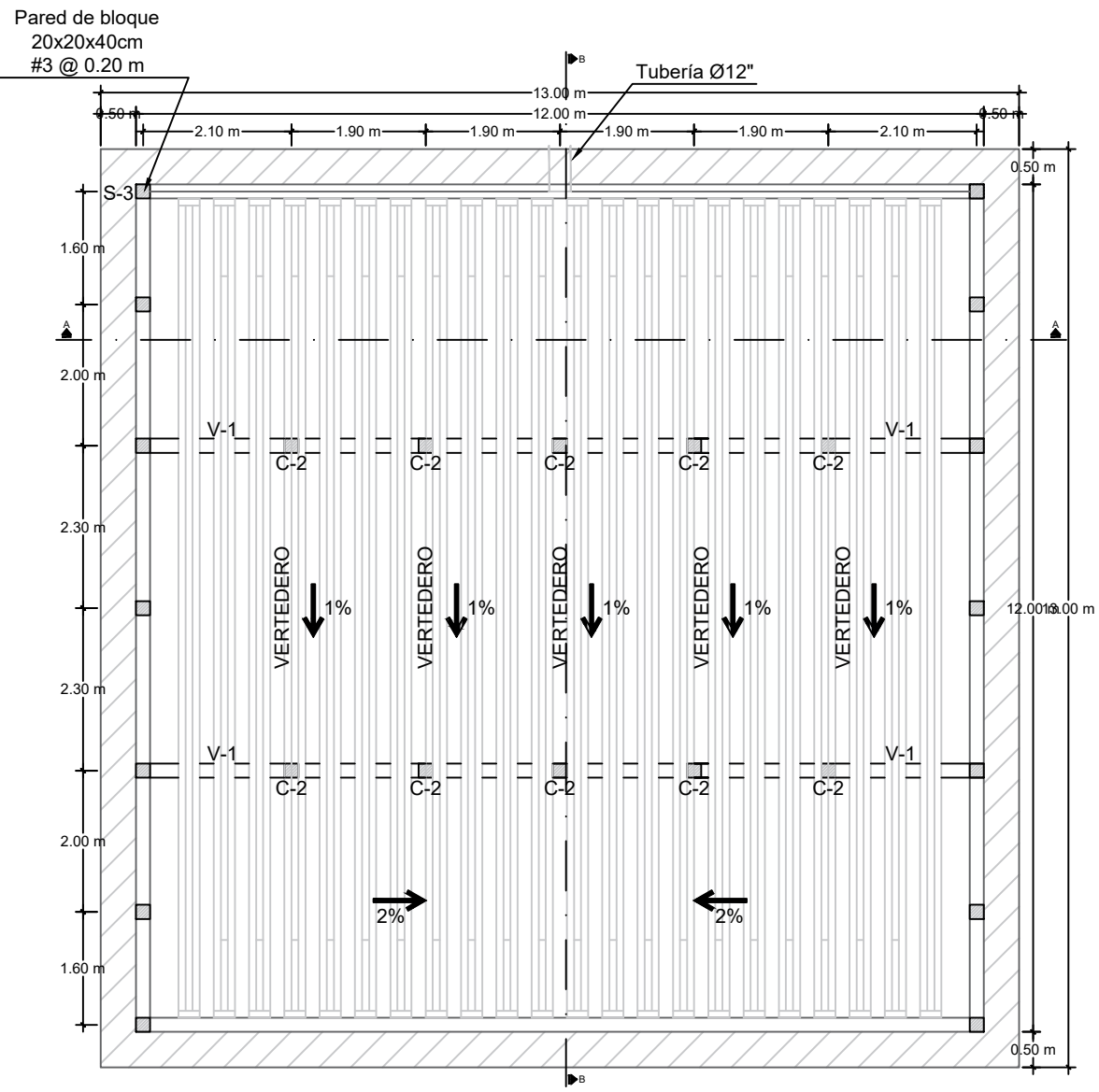
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

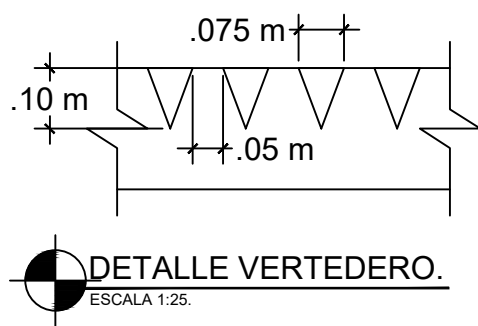
Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

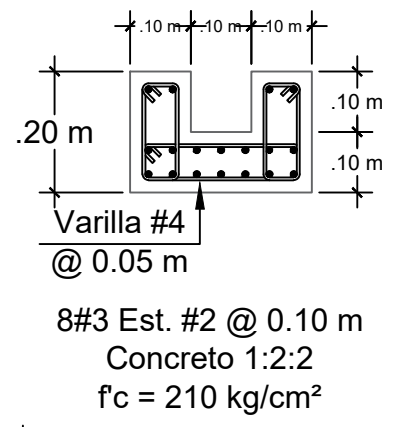
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad. 6/10



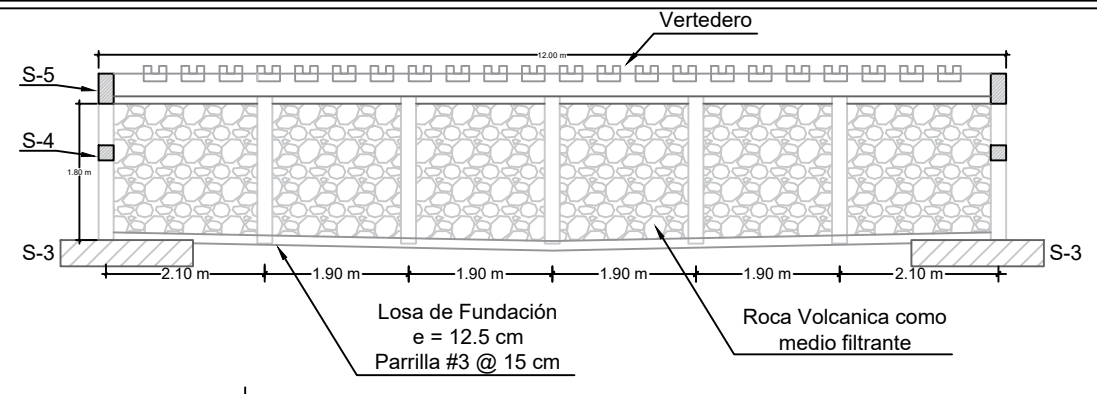
PLANTA FILTRO PERCOLADOR.
ESCALA 1:100.



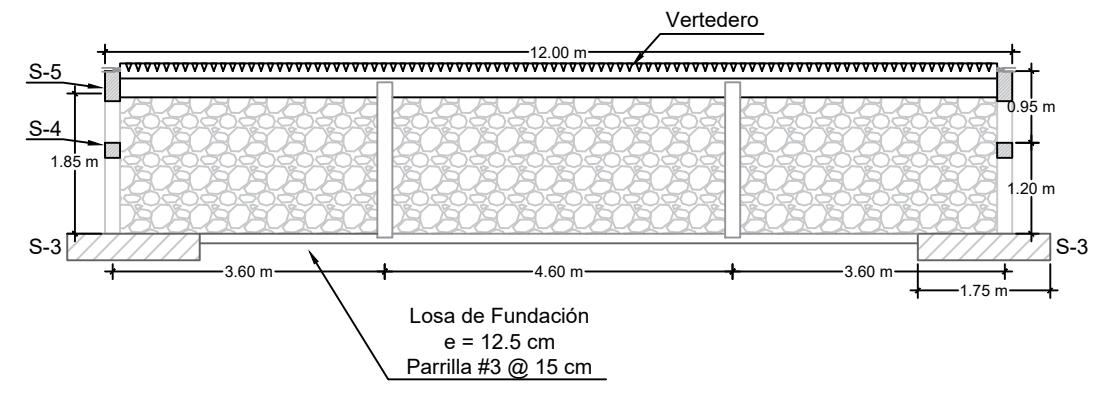
DETALLE VERTEDERO.
ESCALA 1:25.



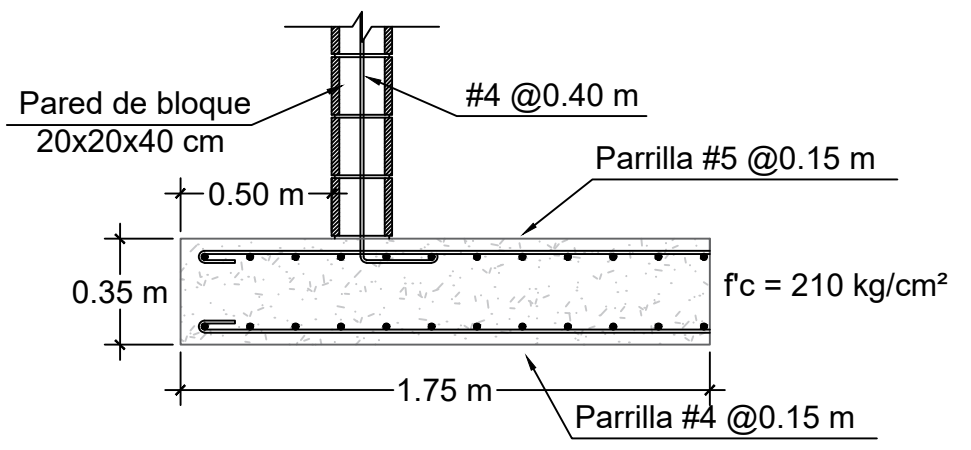
DETALLE VERTEDERO.
ESCALA 1:25.



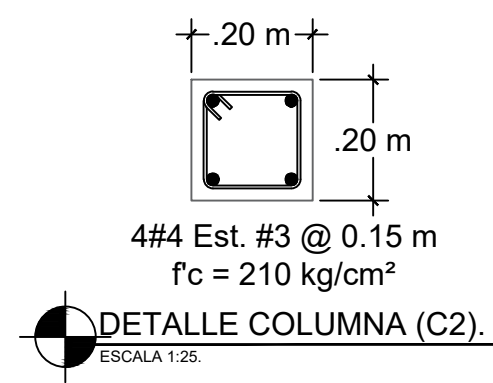
SECCION A-A - FILTRO PERCOLADOR.
ESCALA 1:100.



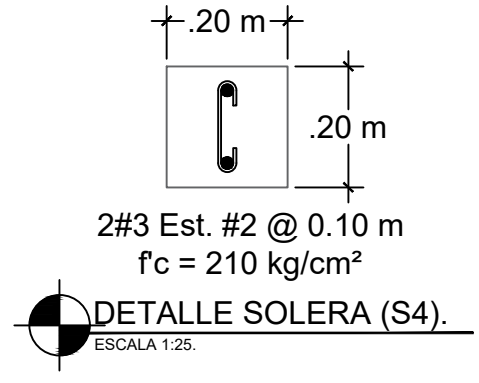
SECCION B-B - FILTRO PERCOLADOR.
ESCALA 1:100.



DETALLE SOLERA DE FUNDACION (S3).
ESCALA 1:25.



DETALLE COLUMNA (C2).
ESCALA 1:25.



DETALLE SOLERA (S4).
ESCALA 1:25.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

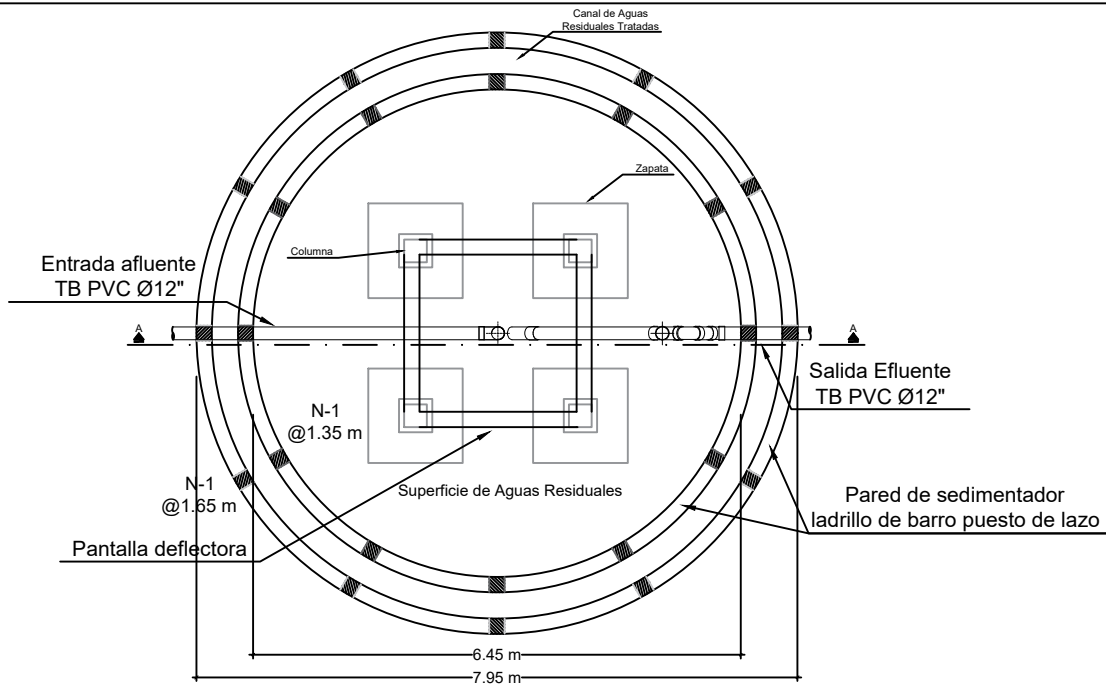
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

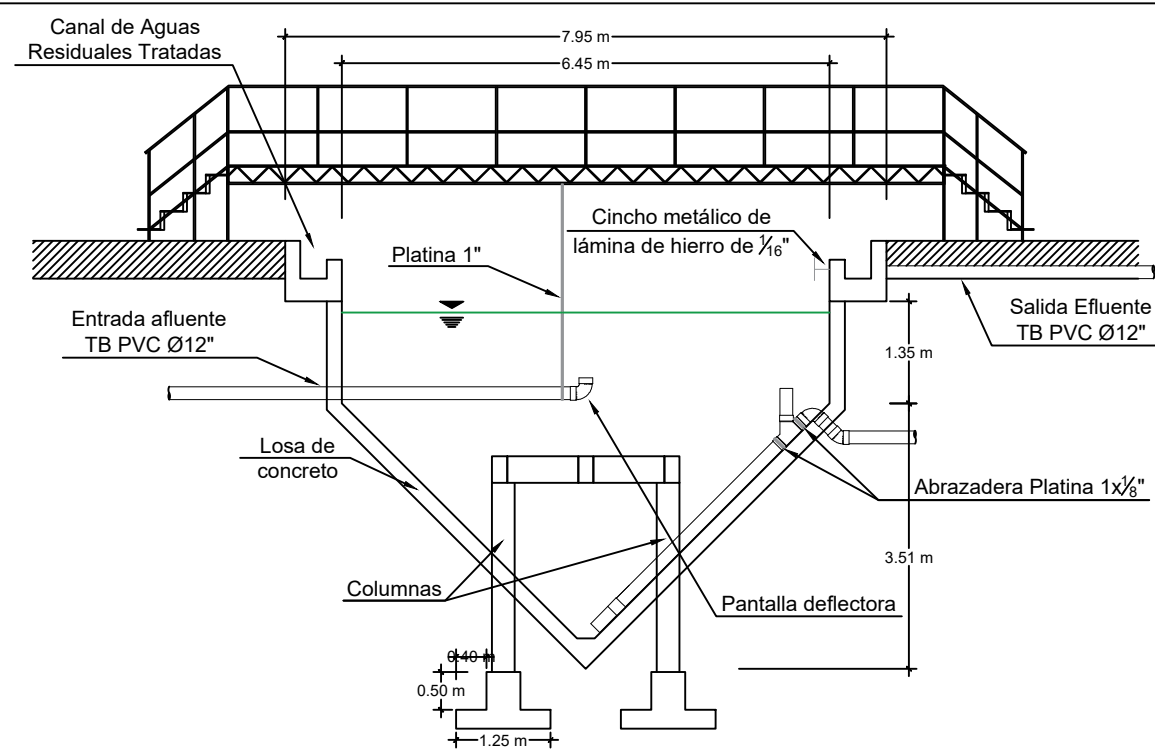
Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

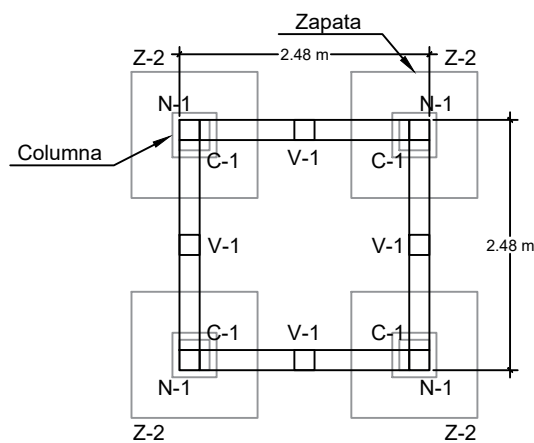
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad. 7/10



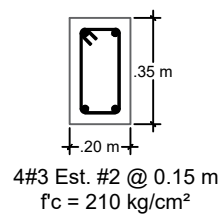
PLANTA SEDIMENTADOR SECUNDARIO.
ESCALA 1:100.



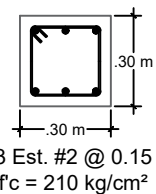
SECCION A-A - SEDIMENTADOR SECUNDARIO.
ESCALA 1:100.



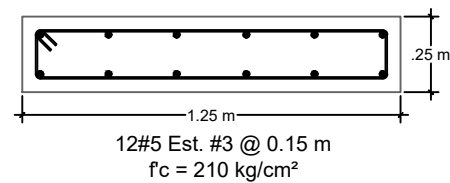
PANTALLA DEFLECTORA.
ESCALA 1:75.



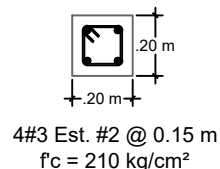
DETALLE DE VIGA (V1).
ESCALA 1:50.



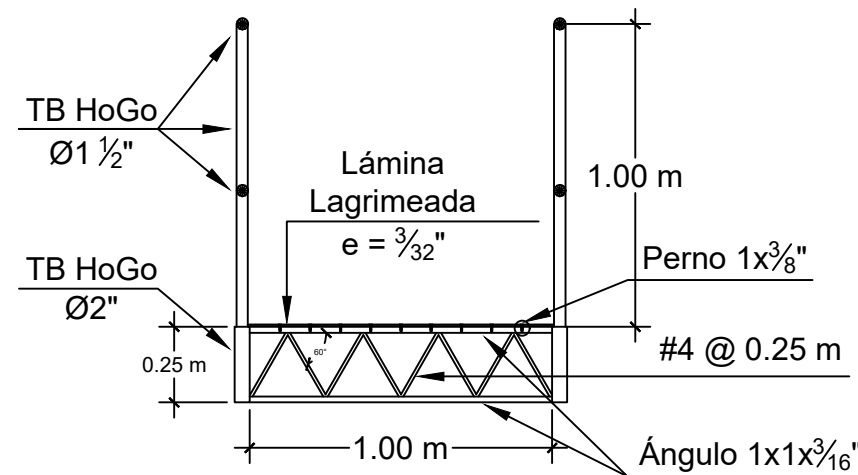
DETALLE DE COLUMNA (C1).
ESCALA 1:50.



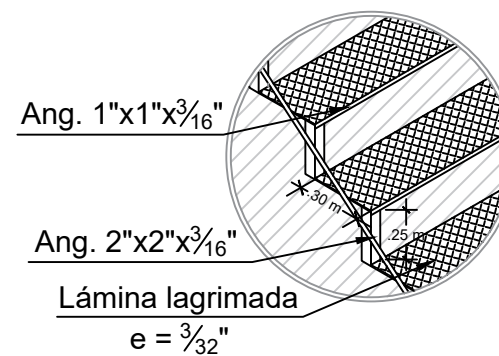
DETALLE DE SOLERA (Z2).
ESCALA 1:50.



DETALLE DE SOLERA DE CORONAMIENTO Y FUNDACION (S1), Y NERVIO (N1).
ESCALA 1:50.



DETALLE PASARELA - SECCION TRANSVERSAL.
ESCALA 1:25.



DETALLE DE ESCALERA.
SIN ESCALA.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

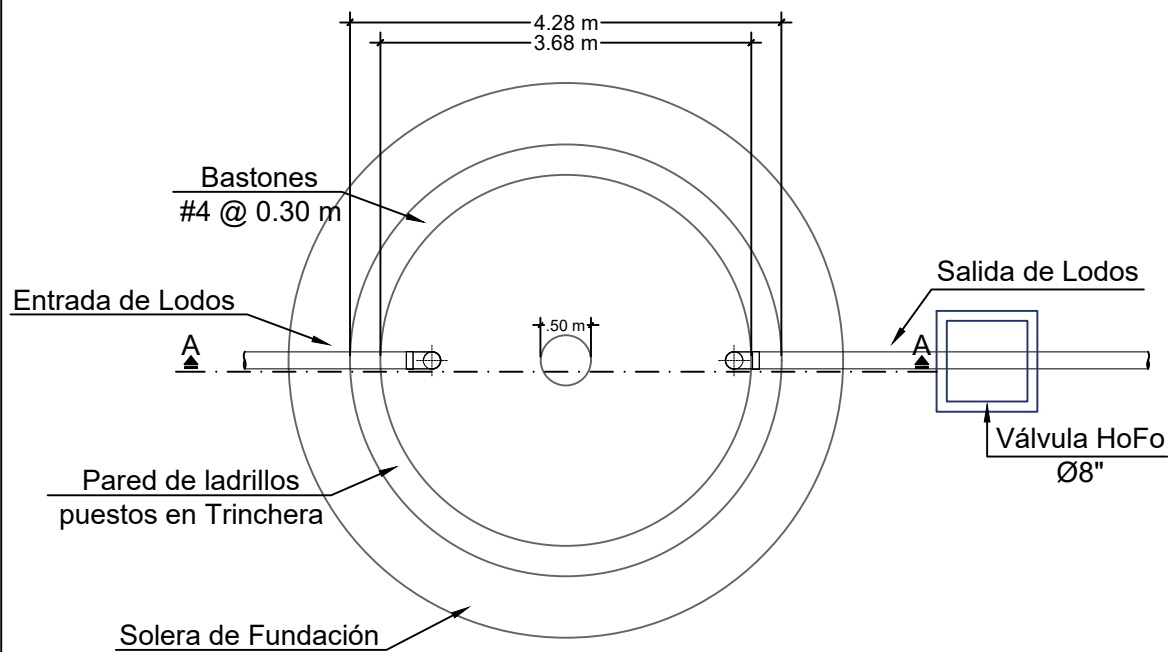
Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

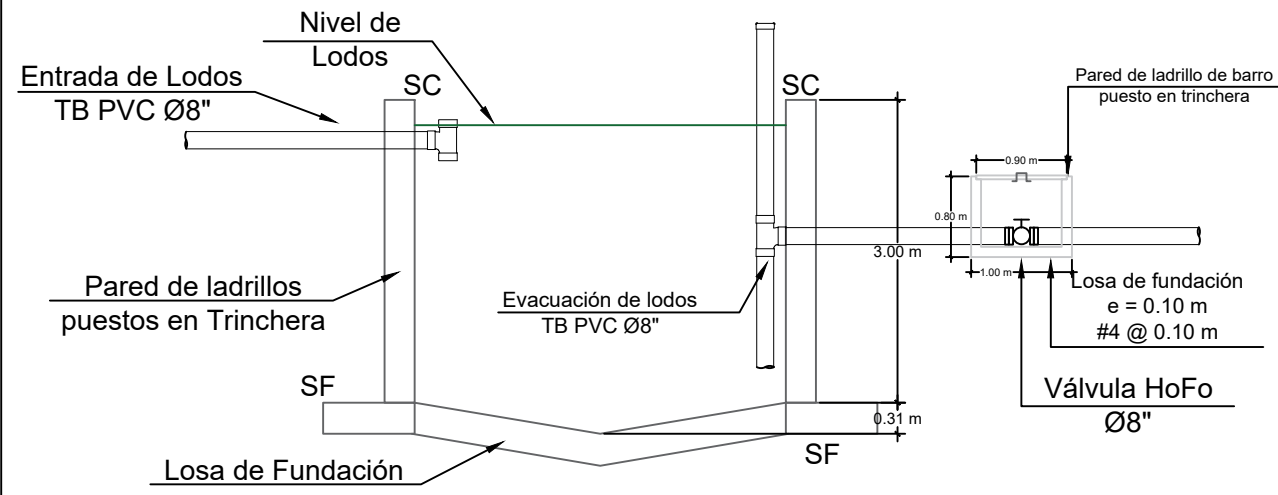
Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas. Fecha: Mayo de 2021. HOJA

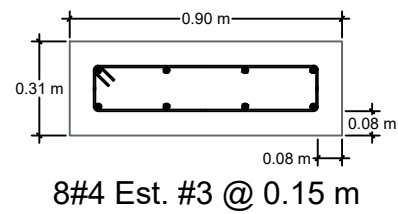
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad. 8/10



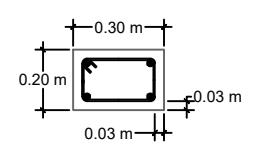
PLANTA DIGESTOR DE LODOS (ALTERNATIVA 1).
ESCALA 1:75.



SECCION A-A - DIGESTOR DE LODOS (ALTERNATIVA 1).
ESCALA 1:75.



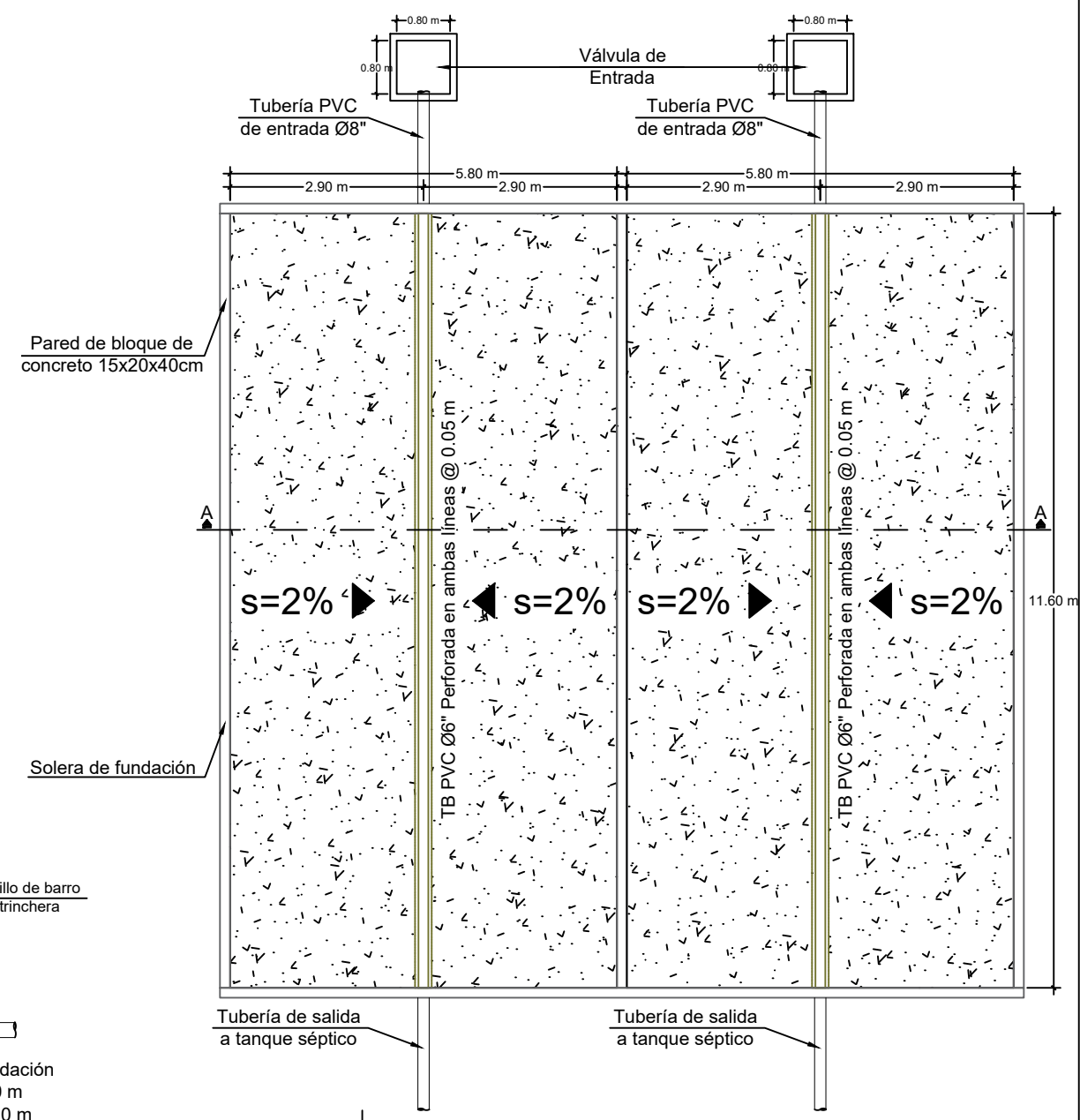
8#4 Est. #3 @ 0.15 m



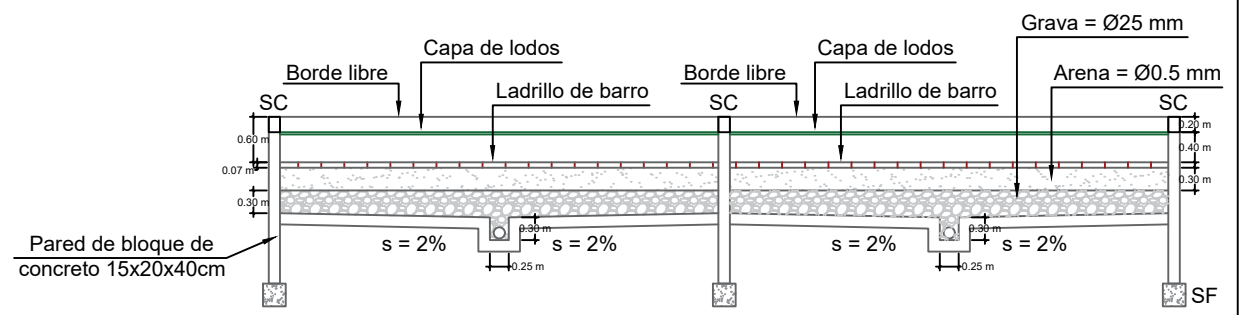
4#3 Est. #2 @ 0.15 m

SOLERA DE FUNDACION (SF).
ESCALA 1:50.

SOLERA DE CORONA (SC).
ESCALA 1:50.



PLANTA PATIO DE SECADO DE LODOS.
ESCALA 1:100.



SECCION A-A - PATIO DE SECADO DE LODOS.
ESCALA 1:100.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

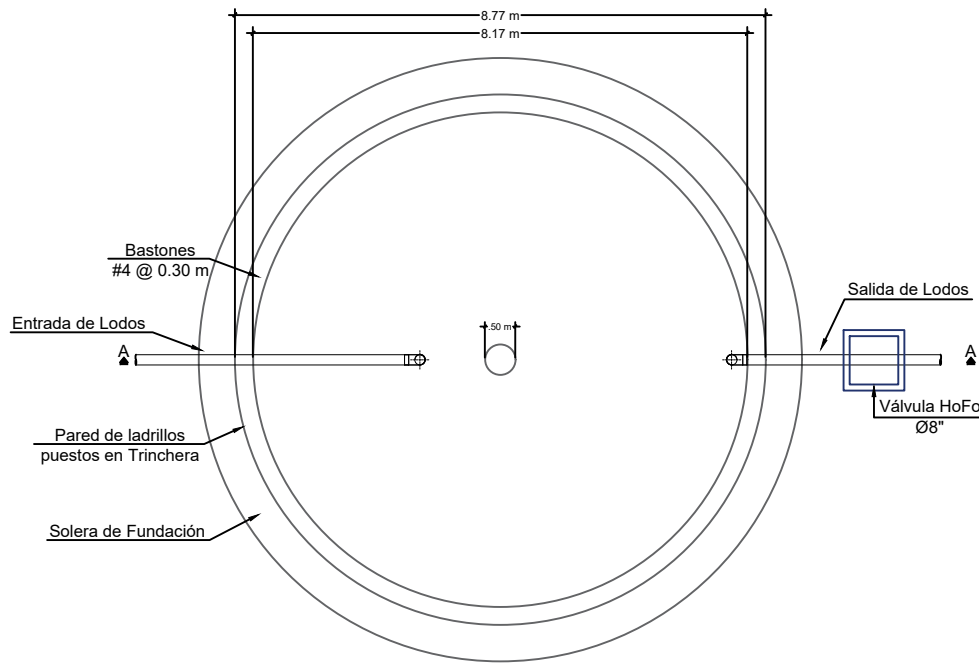
Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

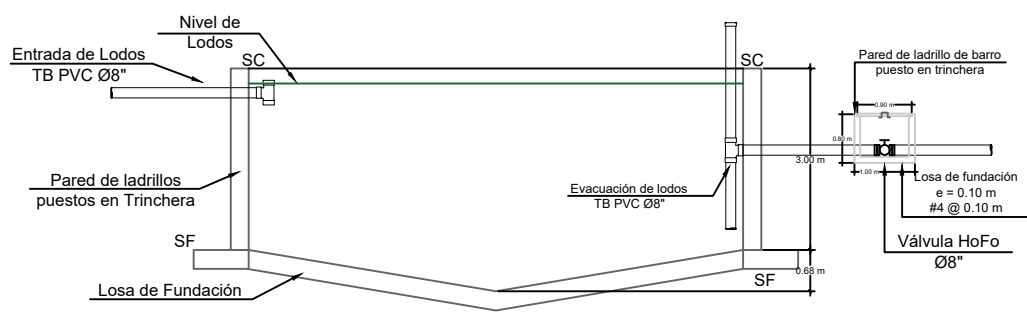
Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

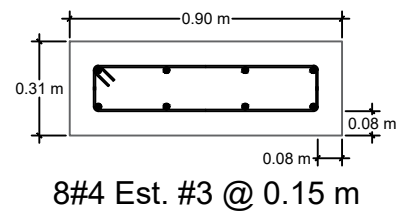
Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 9 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.		



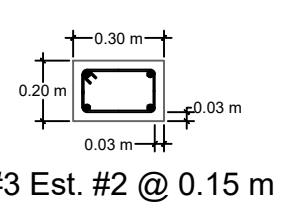
PLANTA DIGESTOR DE LODOS (ALTERNATIVA 2).
ESCALA 1:125.



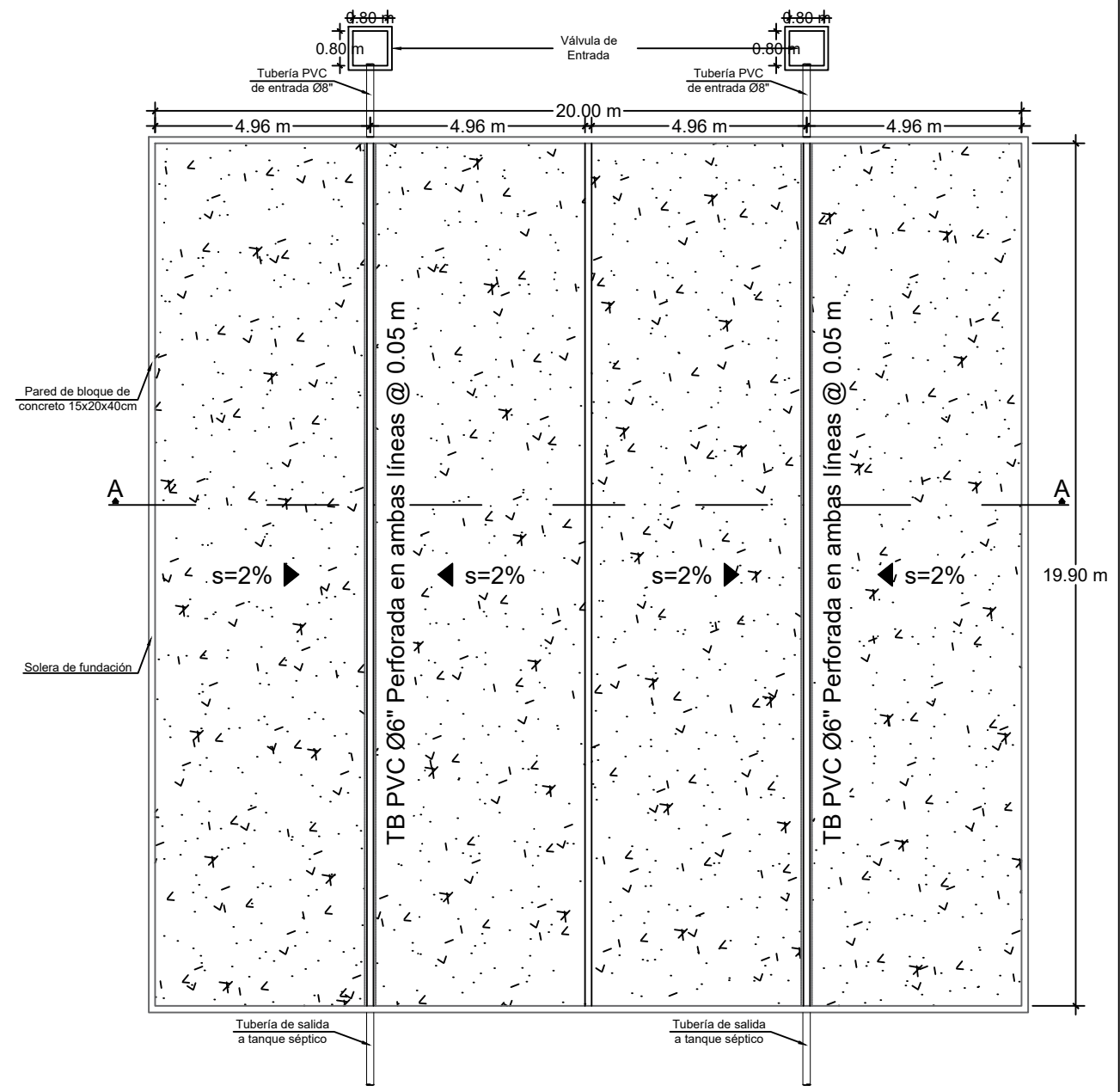
SECCION A-A - DIGESTOR DE LODOS (ALTERNATIVA 2).
ESCALA 1:125.



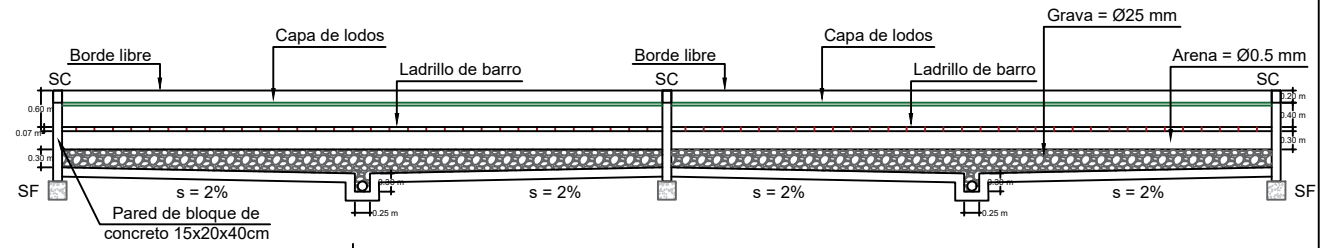
SOLERA DE FUNDACION (SF).
ESCALA 1:50.



SOLERA DE CORONA (SC).
ESCALA 1:50.



PLANTA PATIO DE SECADO DE LODOS.
ESCALA 1:150.



SECCION A-A - PATIO DE SECADO DE LODOS.
ESCALA 1:125.



Universidad de El Salvador.
Facultad de Ingeniería y
Arquitectura.
Escuela de Ingeniería Civil.

Proyecto: Diseño del Sistema de
Drenaje Pluvial, Alcantarillado Sanitario
y Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales para el Caso Urbano del
Municipio de Comasagua,
Departamento de La Libertad.

Integrantes:
Br. Melgar Mercado, Kenny Mayensi.
Br. Zamora Hernández, Nelson Edgardo.

Docente Asesor:
MSc. Ing. Ricardo Ernesto Herrera Mirón.

Contenido:
Planos de Planta de Tratamiento de Aguas
Negras.

Escala: Indicadas.	Fecha: Mayo de 2021.	HOJA 10 / 10
Ubicación: Municipio de Comasagua, departamento de La Libertad.		

Capitulo VII.

Conclusiones.

7.1. Conclusiones de los Sistemas de Drenaje de Aguas Negras y Drenaje de Aguas Lluvias.

- a) Con la implementación de las redes de drenajes de aguas negras y lluvias en el casco urbano del municipio de Comasagua, se mejoraría la calidad de vida de sus habitantes, además de disminuir el impacto que genera el uso de letrinas de hoyo seco en la contaminación de los suelos.
- b) Las redes de drenaje de aguas negras y aguas lluvias han sido diseñadas de tal forma que ambas redes trabajen por gravedad sin necesidad de implementar algún tipo de sistema de bombeo para drenar de forma mecánica alguno de sus tramos.
- c) La red de alcantarillado sanitario constituye un factor importante para evitar que las aguas grises no sean evacuadas en las calles y avenidas del casco urbano municipio de Comasagua, y que éstas sigan contribuyendo a la contaminación del municipio de Comasagua.
- d) Para el caso de los inmuebles que no pueden ser conectados a la red de drenaje de aguas negras, las alternativas de Letrina Abonera Seca Familiar y Letrina Solar resultan más favorables su implementación que la Fosa Séptica Prefabricada, aunque ésta realiza un tratamiento primario a las aguas negras y grises, presenta la desventaja que requiere de mucho espacio, ya que el afluyente requiere de campos de infiltración o de riego.

- e) Debido a las condiciones actuales del casco urbano, se diseñó el punto de descarga de aguas lluvias No. 3. Los puntos de descargas de aguas lluvias No. 1 y 2 son rediseños propuestos para ser adaptados a las condiciones actuales ya existen obras hidráulicas en sus lugares respectivos.
- f) Para el punto de descarga de aguas lluvias No. 3, se debe de contar con derechos de servidumbre para realizar la descarga de aguas lluvias a la quebrada cercana a la intersección de la calle Guadalupe y el pasaje Peatonal, al sureste del casco urbano de Comasagua.

7.2. Conclusiones del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

- a) El tratamiento de las aguas residuales serán por medio de plantas convencionales, que constaría de un Pretratamiento, por medio de un Sistema de Rejas, Desarenador y Medidor de caudal Parshall; seguido de un Tratamiento Primario conformado por un Tanque Imhoff y/o Sedimentador Primario; posteriormente un Tratamiento Secundario que incorpora un sistema de Filtro Percolador y un Sedimentador Secundario; y para finalizar, se realizaría un Tratamiento de Lodos a través de un Digestor de Lodos, el Patio de Secado de Lodos y un Tanque Séptico.
- b) El lugar en donde se ha propuesto para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales estará al costado noreste del casco urbano, ya que en ese lugar pueden ser colectadas por gravedad las

aguas residuales, permitiendo construir una infraestructura que funcione sin necesidad de equipos de bombeo.

- c) La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales propuesta está diseñada para una vida útil de 20 años. Cumplido ese período de diseño podrá seguir funcionando, sin embargo, se debe revisar los caudales afluentes y también los diferentes elementos que componen la planta de tratamiento, así como un estudio de la calidad del agua efluente.

Recomendaciones.

7.3. Recomendaciones para los Sistema de Drenaje de Aguas Negras y Drenaje de Aguas Lluvias.

- a) Para cada uno de los sistemas de drenaje propuesto, se recomienda respetar los diámetros y pendientes de diseño, así como calidad de materiales establecidos, ya que cualquier variación cambiaría las condiciones hidráulicas del diseño, lo que podría originar rebalses u obstrucciones en la red.
- b) Se recomienda que una entidad pública, como la Alcaldía Municipal de Comasagua, disponga de la creación de una ordenanza municipal en la que regule y prohíba la disposición de cualquier tipo de desechos sólidos en las calles y avenidas, y diferentes quebradas que rodean el casco

urbano del municipio. Que también se exija que las viviendas que puedan llegar a tener acceso a la red de alcantarillado de aguas negras, se integren a ésta; y para aquellas viviendas que no tengan dicho acceso, utilicen los sistemas alternativos propuestos en el presente documento de investigación. Además, de la capacitación de personal que va estar a cargo del mantenimiento de ambos sistemas de drenaje.

- c) Se recomienda que, antes de la construcción de las redes de drenaje, se realice un estudio de suelos y, durante la ejecución del proyecto, una investigación constante sobre la calidad de los diferentes materiales empleados.
- d) Se recomienda que sean actualizado la lista de precios para el presupuesto, debido a la variación de precios que ocurre dentro del mercado.

7.4. Recomendaciones para Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

- a) Se recomienda, que antes de la construcción del proyecto de la planta de tratamiento, se lleve a cabo una actualización de precios para el presupuesto del proyecto debido a la variación de los precios en el mercado.

Referencias Bibliográficas.

- *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Ingeniería Ambiental.* Terence J. McGhee. Sexta Edición, 1999.
- “*Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*”, OPS/ CEPIS, Lima 2005.
- “*Guías Técnicas para El Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*” del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
- “*Norma Salvadoreña, sobre la Descarga a un Cuerpo Receptor*”. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
- *Normas para el Diseño de Fosas Sépticas, Departamento de Evacuación de ANDA.*
- Normas Técnicas Para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras, A.N.D.A. 1998
- *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones,* George Tchobanoglous, Ron Crites. Editorial McGraw Hill, 2000
- *Mapa de Lluvias Registradas desde mayo a agosto - 2018,* Servicio Nacional de Estudios Territoriales, 2018.
- “*Implementación de 4 Planes de Seguridad de Agua (PSA) en los Sistemas de Agua Potable Comasagua, La Libertad, San Luis Talpa, La Paz, Metalio y Comunidad Villa Centenario, Acajutla, Sonsonate, El*

Salvador” – Informe Final Sistema Urbano Comasagua, Organización Panamericana de la Salud, 2015.

- *“Plan de Competitividad Municipal del Municipio de Comasagua – La Libertad (2012-2016)”*, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), 2012.
- *“Saneamiento para el Desarrollo”*, Conferencia Latinoamericana de Saneamiento, 2007.
- Trabajo de Graduación: *“Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias, y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Matías, Departamento de La Libertad”*.
- Trabajo de Graduación: *“Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Isidro, Departamento de Cabañas”*.