



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO Y
ESTRUCTURAS ESPECIALES DE DESCARGA PARA EL PROYECTO DE
URBANIZACIÓN “BALCONES DEL CHAMIZAL”, UBICADO EN EL
BARRIO PRINCESA TOA, PARROQUIA CONOCOTO, CANTÓN QUITO,
PROVINCIA PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero e Ingeniera Civil

AUTORES: Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima
Gina Alicia Rocha Licto

TUTORA: María Gabriela Soria Pugo

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima con documento de identificación N° 1724128846 y Gina Alicia Rocha Licto con documento de identificación N° 1724971955; manifestamos que:

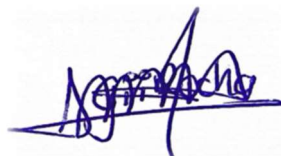
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de septiembre del 2024

Atentamente,



Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima
1724128846



Gina Alicia Rocha Licto
1724971955

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima con documento de identificación N° 1724128846 y Gina Alicia Rocha Licto con documento de identificación N° 1724971955; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: **“Diseño de un sistema de alcantarillado combinado y estructuras especiales de descarga para el proyecto de urbanización “Balcones del Chamizal”, ubicado en el barrio Princesa Toa, parroquia Conocoto, cantón Quito, provincia Pichincha”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero e Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de septiembre del 2024

Atentamente,

Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima
1724128846

Gina Alicia Rocha Licto
1724971955

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, María Gabriela Soria Pugo con documento de identificación N° 1803981214, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO Y ESTRUCTURAS ESPECIALES DE DESCARGA PARA EL PROYECTO DE URBANIZACIÓN “BALCONES DEL CHAMIZAL”, UBICADO EN EL BARRIO PRINCESA TOA, PARROQUIA CONOCOTO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA PICHINCHA**, realizado por Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima con documento de identificación N° 1724128846 y por Gina Alicia Rocha Licto con documento de identificación N° 1724971955, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de septiembre del 2024

Atentamente,



Ing. María Gabriela Soria Pugo, MSc.

1803981214

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios quien me dio todas las bendiciones necesarias para culminar esta meta.

A mi padre, Marcelo, el más grande personaje de esta historia de vida, de esta historia de crecimiento espiritual, de esta historia de profesionalismo a quien considero un ejemplo de integridad y quien fue la inspiración y la razón por la cual me enamore de la Ingeniería Civil.

A mi madre, Beatriz, que con su nivelado carácter entre amoroso y correctivo, siempre me apoyó y cumplió con amor lo que Dios le dio e hizo de mi un hombre de bien.

A mi compañera de vida, Jennifer, mi amor, la mujer que me encontró, me dio su amor, me acepto y me apoyo en este camino.

A mi hijo, Ihan, quien llevo antes conseguir el inicio de esta meta y fue el empuje para madurar y llegar a conseguir este logro.

A mis hermanos Jacqueline, Cynthia y Danilo que son parte de mi vida, quienes tuvieron la paciencia para ver y estar en este largo proceso.

Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental que ha sostenido este largo y desafiante camino. Sin su sacrificio, su amor incondicional y su constante apoyo, alcanzar este logro habría sido imposible. Su fe en mí y su entrega a su familia han sido el motor que me ha impulsado a cumplir mis objetivos y hacer realidad este sueño. Con todo mi amor y gratitud, este proyecto de titulación es para y por ustedes.

A mi Padre, Polivio que me ha enseñado a luchar por todo lo que yo me propongo alcanzar y que ninguna enfermedad es motivo para dejarse vencer sin aun haber luchado hasta el final.

A mi Madre, Inés quien es una gran mujer amorosa e incondicional en todo momento y nos enseñó a dar nuestros primeros pasos de vida, ahora caminará junto a mí en esta hermosa profesión.

A mi hermana María Alexandra, por ser siempre mi soporte y por darme aliento en los momentos más difíciles. Su presencia ha sido un ancla fundamental en mi vida.

A David, quiero agradecerle por su apoyo constante dentro de la universidad y por ser una parte esencial de mi vida.

A Martina, gracias por llenar de luz mi vida y por estar a mi lado en cada momento.

Gina Alicia Rocha Licto

AGRADECIMIENTO

A Dios agradezco por todas las bendiciones, familia, salud, sabiduría y paciencia para llegar a este punto, un sueño, un anhelo de vida

A mi padre le agradezco por el apoyo tanto espiritual como económico que me otorgó para poder mantenerme en esta carrera, para él no fue un camino fácil hacerlo, agradezco por la lucha constante y el sacrificio que tuvo que hacer. También por enseñarme y empujarme a ser un hombre derecho y responsable.

A mi madre le agradezco la dedicación de su vida a criarme, protegerme y enseñarme. Agradezco por ese cariño incondicional que tiene hacia sus hijos y ese apoyo de madre blando inquebrantable que consiente y corrige.

Agradezco a mi compañera de vida por apoyarme desde que me conoció, por tener la paciencia de acompañarme, por su amor sincero y desinteresado que día a día se formó naturalmente en este camino complicado de vida.

A mi hijo le agradezco por existir y llenarme de alegría, por haberme dado el motivo más grande de superación

A mis demás familiares y amigos les agradezco por formar parte de este proceso con sus palabras de aliento y empuje a seguir en la carrera.

Agradezco grandemente a la Universidad Politécnica Salesiana que además de brindarnos la sabiduría de la ciencia ingenieril nos formó como honrados ciudadanos y buenos cristianos. Enseñándonos lo necesario para ir y formar parte de la sociedad como profesionales.

A mi compañera de proyecto de titulación Gina, darle mis agradecimientos por compartir este trabajo dando su esfuerzo, dedicación y paciencia formando un equipo de trabajo y cumpliendo con las metas propuestas.

Y un agradecimiento especial a nuestra tutora, la Ingeniera María Gabriela Soria Pugo por el esfuerzo y dedicación de guiarnos, que fue fundamental para la culminación de este trabajo de titulación.

Bernardo Marcelo Pindo Llaguarima

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por tener a mi familia junto a mí y gozar de salud. Por brindarme la paciencia y la dedicación que he necesitado para culminar este objetivo.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana que ha sido la casa de acogida de mis conocimientos y experiencias durante mi formación. Este entorno académico ha sido fundamental para el desarrollo de mi proyecto y mi crecimiento personal.

Mi agradecimiento especial va para nuestra tutora de tesis, la Ing. Gabriela Soria, cuya vasta experiencia y paciencia han sido cruciales para la elaboración de este trabajo. Su orientación y dedicación me han guiado en cada etapa del proceso. Y ha sido una inspiración de profesionalismo para mí.

A mis padres, les agradezco profundamente por su incondicional apoyo a lo largo de este arduo camino. Su fe en mí y sus sacrificios han sido la base sobre la que he construido este logro.

Finalmente, a mi compañero de tesis Bernardo, le expreso mi gratitud por ser un gran amigo y por trabajar juntos de la mejor manera para alcanzar esta meta anhelada.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Gina Alicia Rocha Licto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Problema de Estudio.....	2
1.2.1. Antecedentes.....	2
1.2.2. Importancia y Alcance.....	3
1.2.3. Delimitación	3
1.3. Justificación.....	5
1.3.1. Grupo Objetivo	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivo Específicos.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.Sistema de Alcantarillado.....	7
2.1.1. Clasificación de los Sistemas de Alcantarillado.....	7
2.1.1.1. Alcantarillado Combinado	8
2.1.1.1.1. Criterios y Parámetros de Diseño del Sistema de Alcantarillado Combinado.....	8
2.2.Áreas de Aportación	9
2.3.Período de Diseño	10
2.4.Estudio de Lluvias Intensas.....	11
2.5.Población Futura.....	11
2.6.Caudal Pluvial (QP).....	12
2.7.Caudal Sanitario (QSAN).....	12
2.8.Período de Retorno (TR)	13
2.9.Estructuras Especiales	13
2.9.1. Pozo de Salto	13
2.9.2. Sección de un Túnel (Cruce de SOTE).....	14
2.9.2.1.Formas de Sección	14
2.9.2.2.Túnel Acueducto	15
2.9.2.3.Canal Trapezoidal	16
2.9.3. Separador de Caudal	18

CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA.....	19
3.1.Tipo de Investigación	19
3.1.1. Método de Estudio de Caso	19
3.2.Método de Investigación	19
3.2.1. Método Analítico	19
3.3.Técnicas para Recolectar la Información	20
3.3.1. Datos Geográficos	20
3.3.2. Datos Hidrológicos	20
3.3.3. Datos de las Propiedades y el Uso del Suelo.....	20
3.4.Proceso Técnico de Ingeniería Civil	20
3.4.1. Análisis Hidráulico	20
3.4.1.1.Ubicación de las Estructuras	20
3.4.1.2.Caudales de Diseño	21
3.4.1.3.Capacidad del Sistema	21
3.4.2. Diseño del Sistema	21
3.4.2.1.Red de Tuberías.....	21
3.4.2.2.Sistemas de Transición.....	21
3.4.2.3.Sistemas de Conducción Profunda.....	21
3.4.2.4.Sistemas de Separación de Caudales.....	21
3.4.2.5.Sistemas de Estructura Especial de Descarga	22
3.4.3. Normativas y Regulaciones	22
CAPÍTULO IV.....	23
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS Y DISEÑO DE ALCANTARILLADO	
COMBINADO	23
4.1.Caudal Sanitario	23
4.1.1. Determinación de la Población.....	23
4.1.2. Población Flotante	25
4.1.3. Cálculo de la Dotación de Agua	26
4.1.4. Factor de Mayoración.....	29
4.1.5. Coeficiente de Retorno	30
4.1.6. Cálculo del Caudal Sanitario	30
4.1.7. Cálculo del Caudal Doméstico de Diseño	31
4.2.Caudal Pluvial	31
4.2.1. Cálculo de las Áreas de Aportación.....	31

4.2.1.1.Áreas Verdes	31
4.2.1.2.Áreas de Vivienda	33
4.2.1.3.Áreas de Adoquinado	35
4.2.2. Cálculo del Coeficiente de Escorrentía.....	37
4.2.3. Cálculo de la Intensidad.....	40
4.2.4. Cálculo del Caudal Pluvial	41
4.2.4.1.Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Sumideros	41
4.2.4.2.Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Área Verde.....	42
4.2.4.3.Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Terraza	42
4.2.4.4.Cálculo del Caudal Pluvial de Diseño	42
4.2.4.5.Cálculo del Caudal de Diseño	43
4.2.4.6.Cálculo de Caudal de Diseño al 10%	43
4.3.Diseño Alcantarillado Combinado	43
4.3.1. Diámetro Asumido.....	43
4.3.2. Distancia Máxima entre Pozos	43
4.3.3. Selección del Coeficiente de Manning	44
4.3.4. Consideraciones para el Cálculo de la Pendiente	45
4.3.4.1.Pendiente Mínima	45
4.3.4.2.Pendiente Máxima.....	45
4.3.5. Determinación de Cotas.....	45
4.3.5.1.Determinación de Cotas Terreno o Tapa.....	45
4.3.5.2.Determinación de Cotas de Proyecto y Altura de Pozo	46
4.3.6. Consideraciones para el Cálculo de las Velocidades.....	47
4.3.6.1.Velocidad Mínima.....	47
4.3.6.2.Velocidad Máxima	47
4.3.7. Sección de Tubería Llena	48
4.3.7.1.Cálculo de Velocidad Tubería Llena.....	48
4.3.7.2.Cálculo de Caudal Tubería Llena.....	48
4.3.8. Sección de Tubería Parcialmente Llena	49
4.3.8.1.Cálculo de Velocidad de Diseño	50
4.3.8.2.Cálculo de Velocidad Mínima.....	50
4.3.9. Cálculo del Calado de Agua	51
4.3.10. Cálculo de la Altura de Pozo	51
4.3.11. Cálculo de la Velocidad Crítica.....	51
4.3.12. Cálculo del Calado Crítico.....	51

4.3.13. Cálculo del Calado.....	51
4.3.14. Cálculo del Número de Froude.....	52
4.3.15. Cálculo del Radio Hidráulico	52
4.3.16. Cálculo del Esfuerzo Tractivo	52
4.4.Estructuras Especiales y Descarga	53
4.4.1. Pozo de Salto	53
4.4.1.1.Limitaciones y Requerimientos del Cruce del Sote	54
4.4.1.1.1. Bajo el Sote.....	54
4.4.2. Cálculo de Canal Trapezoidal (Máxima Eficiencia Hidráulica).....	55
4.4.2.1.Análisis del Canal Trapezoidal	55
4.4.3. Separador de Caudales.....	57
4.4.3.1.Consideraciones	58
4.4.3.2.Diseño para Orificio	60
4.4.3.2.1. Ecuaciones para Orificio.....	61
4.4.3.3.Diseño para Vertedero.....	63
4.4.3.3.1. Ecuaciones para Vertedero	64
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS	70
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	72
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Período de diseño	10
Tabla 2. Secciones Hidráulicas.....	17
Tabla 3. Número de pisos y departamentos.....	24
Tabla 4. Habitantes por Bloque	25
Tabla 5. Dotaciones recomendadas	26
Tabla 6. Consumo de Agua por Persona	27
Tabla 7. Dotación por Bloque.....	27
Tabla 8. Dotación por Bloques del Proyecto	28
Tabla 9. Coeficiente de Mayoración.....	29
Tabla 10. Coeficiente de retorno	30
Tabla 11. Área Verde Tramo Principal.....	32
Tabla 12. Área Verde Tramo Secundario 1	33
Tabla 13. Área Verde Tramo Secundario 2	33
Tabla 14. Área Vivienda Tramo Principal.....	34
Tabla 15. Área Vivienda Tramo Secundario 1	35
Tabla 16. Área Vivienda Tramo Secundario 2	35
Tabla 17. Área Adoquinado o Sumidero Tramo Principal.....	36
Tabla 18. Área Adoquinado Tramo Secundario 2	37
Tabla 19. Coeficientes de escorrentía	38
Tabla 20. Coeficientes Zona Rural	38
Tabla 21. Coeficientes Zona Urbana	39
Tabla 22. Estación Izobamba.....	40
Tabla 23. Períodos de Retorno.....	41
Tabla 24. Distancia entre Pozos.....	44
Tabla 25. Coeficiente de Manning.....	44
Tabla 26. Velocidades Máximas.....	47
Tabla 27. Valores de Diámetros para Pozo de Caída Tipo II.....	54

Tabla 28. Análisis Comparativo de la Aplicabilidad de Diferentes Tipos de Separadores	59
Tabla 29. Tipos de Separadores.....	60
Tabla 30. Datos del Orificio	62
Tabla 31. Cálculo del Caudal.....	62
Tabla 32. Coeficiente de gasto μ	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de la ubicación del proyecto e intersección de calles principales, ‘Balcones del Chamizal’	4
Figura 2. Ubicación de los delimitantes del proyecto, ‘Balcones del Chamizal’	4
Figura 3. Información de servicios aledaños al proyecto	5
Figura 4. Esquemas de Secciones de Túnel.....	14
Figura 5. Canal Trapezoidal	17
Figura 6. División de caudales mediante un separador	18
Figura 7. Número de Miembros por Familia Ecuatoriana.....	23
Figura 8. Número de Miembros por Familia de la Parroquia de Conocoto	23
Figura 9. Cotas de pozos del tramo P1–P2.....	46
Figura 10. Pozo de Salto Tipo II	53
Figura 11. Análisis Máxima Eficiencia Hidráulica	56
Figura 12. Análisis del Tirante Normal.....	56
Figura 13. Análisis del Tirante Crítico	57
Figura 14. Coeficientes según el número de Reynolds	61
Figura 15. Comprobación de altura de orificio	63
Figura 16. Vertedero rectangular de pared delgada.....	63
Figura 17. Vertedero Rectangular	64
Figura 18. Análisis de la Descarga de Caudal de Excesos	66

RESUMEN

El desarrollo urbanístico “Balcones de Chamizal” estará situado en el sector El Chamizal, dispone de todos los servicios básicos y presenta un clima templado. El proyecto contempla 17 bloques de edificios con 2 departamentos por piso, una casa comunal de 2 pisos y una guardianía. Los edificios tendrán entre 5 y 8 pisos que contarán con 2 departamentos por piso en su mayoría. El sistema de alcantarillado será combinado y deberá atravesar un oleoducto para descargar en la quebrada y conectarse a la red pública.

El diseño especial del sistema de alcantarillado superará el reto del cruce del oleoducto, beneficiando a las 240 familias de dicho proyecto. Se planificará una red de alcantarillado con estructuras especiales, cumpliendo con las normativas para una operación hidráulica eficiente. Se realizará un análisis hidráulico teniendo en cuenta las condiciones hidrológicas, el uso del suelo y los flujos de agua previstos. El diseño se llevará a cabo mediante una hoja de cálculo de Excel (ANEXO 14) para determinar profundidades, longitudes, diámetros y estructuras necesarias para disipar la energía. Además, se incluirán obras complementarias como separador de caudal, pozo de salto, sección trapezoidal con opción a túnel hidráulico para resolver los problemas existentes.

Las estructuras especiales como el Pozo de Salto es la opción más adecuada para la descarga en el pozo P13, asegurando una efectiva disipación de energía. Este tipo de estructura también controla las pendientes y velocidades del flujo dentro de las tuberías conforme a la normativa EMAAP-Q (2009). Además, se destaca la eficiencia del diseño del orificio sumergido de pared delgada para el separador de caudales.

Palabras claves: alcantarillado combinado, oleoducto, descarga, estructuras especiales, separador de caudal, disipar energía.

ABSTRACT

The “Balcones de Chamizal” urban development will be located in the El Chamizal sector of the parish of Conocoto, southwest of Quito. This area has all the basic services and a temperate climate. The project includes 17 blocks of buildings with 2 apartments per floor, a 2-story community house, and a guardhouse. The buildings will have between 5 and 8 stories, except for blocks 6 and 17, which will have 2 apartments per floor for the most part. The sewer system will be combined and will have to pass through a pipeline to discharge into the creek and connect to the public sewer system.

The special design of the sewer system will overcome the challenge of the pipeline crossing, benefiting the 240 families in the project. A combined sewer network will be planned with special structures, complying with regulations for efficient hydraulic operation. A hydraulic analysis will be carried out taking into account hydrological conditions, land use and expected water flows. The design will be carried out using an Excel spreadsheet to determine depths, lengths, diameters and structures required to dissipate energy. In addition, complementary works such as flow separator, jump well, trapezoidal section with hydraulic tunnel option will be included to solve existing problems.

Special structures such as the Type II Jump Well is the most suitable option for discharge into the P13 well, ensuring effective energy dissipation. This type of structure also controls the slopes and flow velocities within the pipelines in accordance with EMAAP-Q (2009). In addition, the efficiency of the design of the thin-walled submerged orifice for the flow separator is highlighted, as well as the practical approach used in the design of the sewer network using Excel, as described in Annex 4.

Key words: combined sewer, pipeline, discharge, special structures, flow separator, dissipate energy.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

En la planificación urbana, la gestión eficiente de los recursos hídricos es crucial para asegurar un desarrollo sostenible y habitable. En el barrio Princesa Toa, parroquia Conocoto del Cantón Quito, se proyecta la urbanización “Balcones del Chamizal”, un plan ambicioso que requiere un diseño avanzado y meticuloso de sistemas de alcantarillado combinado y estructuras especiales de descarga.

Este proyecto no solo busca satisfacer las necesidades básicas de drenaje de aguas residuales y pluviales, sino también implementar soluciones innovadoras que mejoren la calidad de vida de los futuros residentes. La topografía y las características geográficas de la zona demandan un enfoque adaptativo y preciso en la planificación de infraestructuras, considerando tanto la funcionalidad técnica como el respeto al entorno natural.

En esta tesis, se analizará el diseño del sistema de alcantarillado combinado y las estructuras especiales de descarga para el proyecto “Balcones del Chamizal”. Se abordarán aspectos técnicos como la capacidad hidráulica, tipos de estructuras recomendadas y la eficiencia operativa, así como aspectos relacionados con la gestión sostenible del agua y la mitigación de riesgos de inundación.

En resumen, esta investigación busca ofrecer una propuesta integral y fundamentada para el diseño de infraestructuras hidráulicas en un contexto urbano en crecimiento, contribuyendo al avance hacia ciudades más resilientes y sostenibles en el Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

1.2 Problema de estudio

1.2.1 Antecedentes

El proyecto urbanístico “Balcones de Chamizal” estaría situado en el suroeste de la ciudad de Quito, específicamente en el sector El Chamizal de la parroquia de Conocoto. Esta zona se caracteriza por su consolidación y disponibilidad de todos los servicios básicos, cuenta con un clima templado con variaciones de temperatura que oscilan entre una máxima de 25° y una mínima de 10°. Al ser una propuesta de urbanización requiere de un diseño para un sistema de alcantarillado por lo que es básicamente la propuesta. Esta urbanización se trata de 17 edificaciones denominados bloques que contarán con 2 departamentos por piso para un promedio de 4 personas por familia, 1 casa comunal conformada por 2 pisos y 1 guardianía. Existen edificios de 8, 7 y 5 pisos. Los bloques 6 y 17 serán edificios más pequeños ya que solo contarán con un departamento por piso. (Capítulo V Plano 1). El sistema de alcantarillado que se planteará es combinado según el uso del suelo (habitacional). Al final de la conducción del sistema es necesario separar los caudales por solicitudes municipales del cantón, por lo que al querer llegar a una descarga se encuentra con un límite de franja no constructiva que comprende (según la topografía del terreno), un cruce de SOTE por el lote a urbanizar, en donde surge un problema ya que es necesario atravesar por esa zona para la descarga, ya sea por encima o por debajo del oleoducto de manera cercana a las cotas respectivas del oleoducto dadas por un informe del Informe para Intervención del Cruce de Vía (ANEXO 12), sino que es necesario realizar una caída considerable, cruzar la zona del oleoducto, separar, descargar en la quebrada que delimita el lote en el caso del caudal pluvial y conectarse a la red pública de alcantarillado el caudal doméstico.

1.2.2 Importancia y Alcance

El propósito de este trabajo es diseñar las redes de alcantarillado combinado para un proyecto urbanístico en la parroquia de Conocoto, en la ciudad de Quito. Estos dos sistemas operan de manera conjunta para atender las necesidades de los futuros habitantes de la zona. Los diseños se fundamentan en análisis hidrológicos y estimaciones de caudales de aguas residuales.

El diseño y cálculo de la infraestructura de agua potable y alcantarillado se ha realizado considerando los servicios indicados en los planos, así como cumpliendo con las normativas y recomendaciones de la EMAAP-Q y los fabricantes de tuberías y accesorios hidráulico-sanitarios.

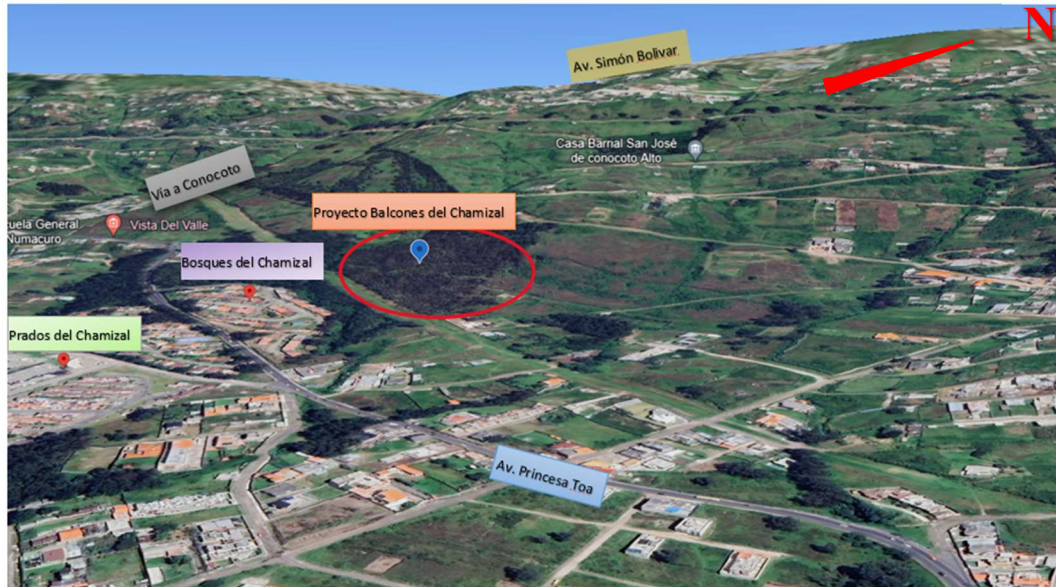
En este proyecto se tomará en cuenta la limitante del cruce del sistema y poder considerar el salto, separación, conexión, disipación y descarga con estructuras especiales es no causar ningún problema tanto técnico como legal, ya sea por la posible rotura del oleoducto o una mala descarga de los caudales. El problema legal comprende desacato de la normativa que manejan en el Ministerio de Energía y Minas quienes son estrictos sobre la construcción cerca al oleoducto.

1.2.3 Delimitación

Este trabajo se realizará en la urbanización “Balcones de Chamizal”, ubicado entre las calles Francisco Robles y Casa Madre, en el sector Princesa Toa, parroquia de Conocoto, cantón Quito.

Figura 1

Vista satelital de la ubicación del proyecto e intersección de calles principales, ‘Balcones del Chamizal’



Nota. La fotografía presenta el lugar con vista satelital donde se ubica el proyecto a realizar y las vías de acceso y aledañas. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth.

Figura 2

Ubicación de los delimitantes del proyecto, ‘Balcones del Chamizal’



Nota. La fotografía presenta la ubicación del oleoducto y la quebrada que delimita el proyecto y los lotes que conformar a la propiedad global de la empresa. También presenta el nombre de la principal vía de acceso hacia el proyecto denominada “Av. Princesa Toa”. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth.

Figura 3

Información de servicios aledaños al proyecto



Nota. Se presenta esquemáticamente la red principal de alcantarillado, su posible ubicación de la conexión de la red doméstica a la misma y también la quebrada donde se descargará el caudal pluvial. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth.

1.3 Justificación

Este proyecto técnico ayudará a la urbanización a estar segura en cuanto a la recolección, conducción y descarga de aguas lluvias y residuales, como también ayudará en la correcta separación de caudales que además es una solicitud municipal. Tanto la correcta separación como la descarga ayudará al tratamiento de aguas residuales aguas abajo según criterios municipales.

Se cuenta con la siguiente información: Levantamiento topográfico, Informe para Intervención del Cruce de Vía (ANEXO 12), mapeo de pozo de servicio aledaños al proyecto, estudio de suelos, diseño urbanístico. Toda esta información será fundamental para el diseño del sistema de alcantarillado.

1.3.1 Grupo objetivo

El diseño de alcantarillado con estructuras especiales solucionaría el problema del cruce del oleoducto y las limitaciones que esto conlleva para el proyecto urbanístico al cual va dirigido. Esto beneficiará directamente a las 240 familias que serán parte del proyecto urbanístico “Balcones del Chamizal”.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una red de alcantarillado combinado y estructuras especiales de conducción y descarga, cumpliendo con normas y limitaciones que regulan las autoridades competentes para la operación hidráulica eficiente para un periodo de diseño.

1.4.2 Objetivos Específicos

Realizar un análisis hidráulico basado en las condiciones hidrológicas, uso del suelo y flujos de agua previstos para la determinación de la capacidad del sistema de alcantarillado.

Realizar el diseño del sistema de alcantarillado combinado mediante una hoja de cálculo de Excel para la determinación de profundidades, longitudes, diámetros y estructuras que harán posible el proyecto técnico.

Diseñar obras complementarias como separadores de caudales y un dissipador de energía para separación y descarga de la red de recolección para solucionar la problemática que existe en el proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

0.1. Sistema de Alcantarillado

Para empezar, se define la función de un sistema de alcantarillado, el cual se encarga de captar y transportar las aguas residuales y pluviales desde diversas fuentes, el agua se dirige hacia una planta de tratamiento de aguas residuales o hacia cuerpos receptores de agua.

El sistema de alcantarillado es una estructura hidráulica considerada también como un servicio básico, su funcionalidad es generalmente a gravedad a través de conductos circulares y que se encuentran bajo vías públicas normalmente. (Bravo&Solís,2018).

0.1.1. Clasificación de los Sistemas de Alcantarillado

En el ámbito de los sistemas de alcantarillado se ha considerado al agua residual desde su composición, procedencia, recolección, trazado de redes y ubicación en la vía, así como el proceso de purificación de esta, utilizando varios enfoques y sistemas. (Hidrotec, 2018).

Los principales alcantarillados son:

- Alcantarillado Sanitario
- Alcantarillado Pluvial
- Alcantarillado Combinado

0.1.1.1. Alcantarillado Combinado

Los sistemas de alcantarillado combinado tienen como objetivo el captar las aguas sanitarias como las aguas pluviales, empleando dispositivos específicos para cada tipo de agua para conducir las hacia la planta de depuración. Este sistema se caracteriza por utilizar una red única de tuberías para el transporte conjunto de las aguas sanitarias y pluviales. En el caso de las aguas sanitarias, éstas se recolectan a través de conexiones mixtas en las viviendas mediante una caja de revisión. En cambio, las aguas pluviales su recolección se da en las calzadas, mediante rejillas. (SIAPA, 2014).

Los criterios de diseño para un sistema de alcantarillado combinado que es el que se diseñará son idénticos a los criterios aplicados en los sistemas de alcantarillado separado (pluvial y sanitario).

0.1.1.1.1. Criterios y Parámetros de Diseño del Sistema de Alcantarillado Combinado

Los parámetros hidrológicos mencionados a continuación son esencialmente los mismos que se utilizan en los sistemas de alcantarillado pluvial.:

- ✓ Áreas de Drenaje
- ✓ Curvas de intensidad-duración-frecuencia
- ✓ Precipitación de diseño
- ✓ Intensidad de precipitación
- ✓ Variabilidad de área
- ✓ Coeficiente de escorrentía. Áreas permeables-Áreas impermeables
- ✓ Tiempo de concentración

Los parámetros hidráulicos mencionados se aplican tanto a las redes de alcantarillado sanitario como a las redes de alcantarillado pluvial. (EMAAP-Q 2009).

- ✓ Distancia mínima a quebradas
- ✓ Cálculo de caudales
- ✓ Diámetro interno mínimo
- ✓ Aporte de sedimentos
- ✓ Velocidad mínima
- ✓ Velocidad máxima
- ✓ Pendiente mínima
- ✓ Pendiente máxima
- ✓ Profundidad hidráulica máxima
- ✓ Profundidad mínima a la cota clave
- ✓ Profundidad máxima a la cota clave

0.2. Áreas de Aportación

Las áreas de aportación se refieren a las regiones geográficas desde las cuales se recoge agua que contribuirá a un determinado punto, como un río, un lago o una cuenca hidrográfica. Estas áreas representan las zonas de captación de precipitación que eventualmente fluyen hacia un único punto de salida. El estudio de las áreas de aportación es esencial en hidrología para comprender la cantidad y el comportamiento del agua que contribuye a un sistema hidrológico específico. (Consejería de Fomento y Medio Ambiente, 2021).

0.3. Período de Diseño

El período de diseño llamado también año horizonte, es el tiempo designado para comprobar si un proyecto funciona satisfactoriamente dependiendo de factores como la vida útil de la estructura, ampliación de obras existentes o futuras, crecimiento de la población y el comportamiento de las obras durante los primeros años. (EMAAP-Q, 2009).

Para el presente proyecto al tener como dato el número de habitantes y la dotación diaria por persona no es necesario el cálculo del período de diseño, ya que éste influye en la dotación al determinar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas a lo largo del tiempo, como se muestra a continuación.

Tabla 1

Período de diseño

Tipo de estructuras	Características especiales	Período de diseño/años
Colectores principales	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Emisarios de descarga		
Tuberías secundarias hasta Ø375 mm		25 o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir.	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto		50
	Equipos de bombeo	
a) De gran tamaño		15 a 25
b) Normales		10 a 15

Nota. Tabla de Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas. Elaborado por: Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (NT-GTASYSTAR-V.2-INAA-16).

0.4. Estudio de Lluvias Intensas

El análisis de lluvias intensas es esencial para entender y reducir los efectos de eventos meteorológicos extremos. Este estudio permite reconocer patrones de precipitación, evaluar riesgos de inundaciones y diseñar infraestructuras resistentes. Con el cambio climático, las lluvias intensas se vuelven más comunes y severas, lo que incrementa la necesidad de modelos predictivos precisos y estrategias efectivas de gestión del agua. Además, este análisis es fundamental para la planificación del uso del suelo y la protección de comunidades vulnerables, garantizando un desarrollo urbano seguro y sostenible. (ANEXO 11).

0.5. Población Futura

Es la proyección anticipada del crecimiento demográfico de cierta área y de cómo este crecimiento puede llegar a impactar la infraestructura de saneamiento, esta estimación es muy importante ya que se necesita para el desarrollo y expansión del sistema de alcantarillado de una manera sostenible. Teniendo en cuenta una proyección precisa de la población futura ayuda a dimensionar las redes de alcantarillado y las plantas de tratamiento para que pueda hacer frente a la carga adicional que se pueda tener de aguas residuales, de esta manera factores demográficos como: la tasa de natalidad, migración, desarrollo urbano se deben tener en cuenta para prevenir la demanda de servicio de alcantarillado. (Castillo & Hidalgo, 2006).

0.6. Caudal Pluvial (QP)

El caudal pluvial es la cantidad de agua de lluvia que fluye en un período específico a través de un río o vía fluvial. Para calcularlo, se emplea el método racional, que considera así el área de aporte y se calcula con la siguiente fórmula: (Soria, 2022).

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{0.36} \quad (\text{Ecuación 1})$$

0.7. Caudal Sanitario (QSAN)

Es un flujo de aguas residuales que se encarga de gestionar los desechos humanos, es un flujo que abarca desde el agua utilizada en los hogares hasta el agua que es proveniente de instalaciones industriales y comerciales. El caudal sanitario según la norma **DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q**:

El caudal sanitario se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$QSAN = Qd + QI + QC + QCE + QIF \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

QSAN: Caudal Sanitario (m³/s)

Qd: Caudal Doméstico (m³/s)

QI: Caudal Industrial o Caudal Especial (m³/s)

QCE: Caudal de Conexiones Erradas (m³/s)

QIN: Caudal Institucional en caso de que se tenga (m³/s)

QC: Caudal Comercial en caso de que se tenga (m³/s)

QINF: Caudal de Infiltración (m³/s)

0.8. Periodo de Retorno (TR)

El periodo de retorno, también conocido como intervalo de recurrencia o frecuencia, indica el promedio de años en los que ocurre un evento específico de igual o mayor intensidad. Este factor es crucial al diseñar estructuras hidráulicas para resistir avenidas. Para calcular el período de retorno se utiliza la siguiente ecuación emitida por el INAMHI:

$$TR = \frac{1}{1-P} \quad (\text{Ecuación 3})$$

0.9. Estructuras Especiales

Al hablar de estructuras especiales podemos tener en cuenta que son sistemas que permiten realizar cambios de nivel o dirección en los diferentes sistemas de alcantarillado, los principales son:

0.9.1. Pozo de Salto

Los pozos de salto son estructuras rectangulares con una cámara, diseñadas para superar desniveles entre la entrada y la salida de una tubería. Su diseño hidráulico incluye una pantalla que disipa la energía en la entrada y la cámara, permitiendo una salida ordenada del agua. Además, su diseño estructural está pensado para soportar tanto las cargas de empuje del suelo como las cargas vivas accidentales. Para este proyecto se tomará la recomendación de la norma EMAAP-Q (2009), que hace mención de 3 tipos de pozo de salto dependiendo de la altura de salto.

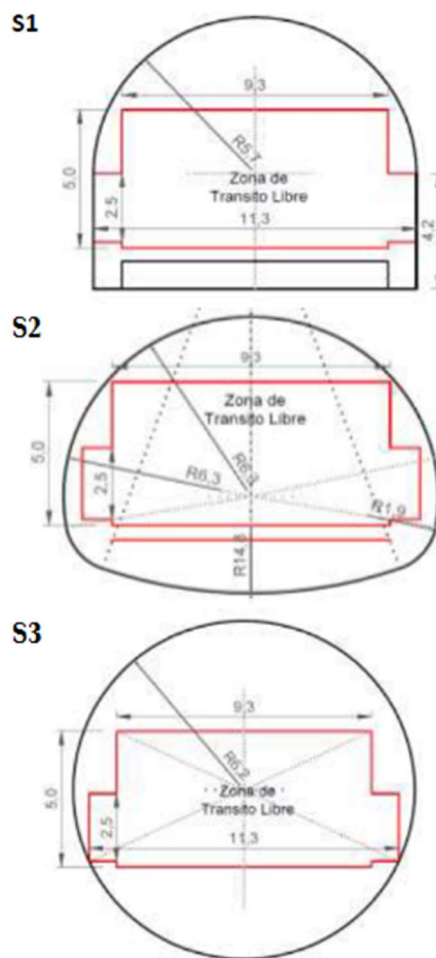
0.9.2. Sección de Túnel (Cruce de SOTE)

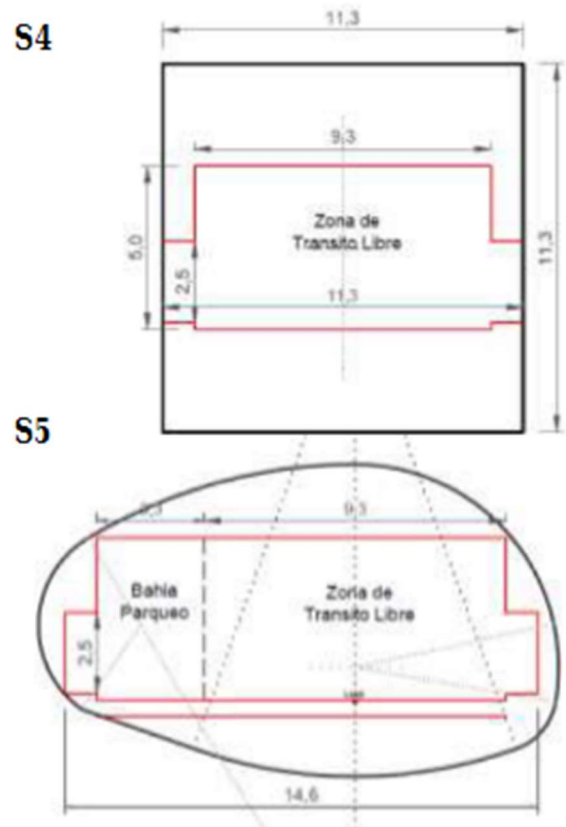
La sección de un túnel debe diseñarse de manera que permita el máximo flujo para un área determinada y, al mismo tiempo, sea capaz de resistir las presiones internas generadas. La construcción de túneles, incluyendo la elección de su forma y el tipo de revestimiento, depende estrechamente de factores como la geología y la mecánica de suelos y rocas. Es crucial considerar la presión que el túnel debe soportar como uno de los datos más importantes en este proceso.

0.9.2.1. Formas de Sección

Figura 4

Esquemas de Secciones de Túnel





Nota. Casos de secciones transversales de túneles. Elaborado por: Bernal&Zuluaga (2017).

0.9.2.2. Túnel Acueducto

Los túneles hidráulicos son estructuras diseñadas específicamente para transportar agua. Aunque esta definición puede parecer obvia, es precisamente su función de conducir agua lo que les otorga su singularidad. Estos túneles se utilizan en una variedad de contextos como:

- Aprovechamiento hidráulico
- Abastecimiento de agua
- Alcantarillado sanitario y pluvial
- Trasvase de cuencas
- Riego y enfriamiento de plantas térmicas

El análisis hidráulico en un túnel se basa en consideraciones similares al análisis en un canal. El flujo en el túnel se trata como flujo por gravedad, lo que implica que se utiliza la ecuación de Chezy o la ecuación de Manning. La velocidad óptima del flujo varía según el tipo de concreto utilizado: entre 1.5 y 2.8 m/s para concreto de 90 Kg/cm² y hasta 7.4 m/s para concreto de 350 Kg/cm². Se recomienda que el calado máximo esté entre el 75% y el 85% de la altura total del túnel, con al menos 0.45 m de distancia entre la superficie del agua y el techo para prevenir obstrucciones intermitentes causadas por cuerpos flotantes. (Tamez, 1997).

0.9.2.3. Canal Trapezoidal

La elección de una sección rectangular en canales es aconsejable debido a su estabilidad y cuando se puede prescindir del recubrimiento. Para utilizar una sección trapezoidal, es importante considerar el aspecto económico para decidir entre esta opción y la rectangular. (Cadavid, 2006).

Desde una perspectiva puramente hidráulica, es beneficioso que el factor de conducción sea lo más alto posible (lo que implica menor rugosidad), ya que esto permite alcanzar el mayor caudal posible para un área determinada. Esto se logra al minimizar el perímetro mojado para una sección transversal específica. A esta sección se le denomina “Mejor Sección Hidráulica”.

Tabla 2

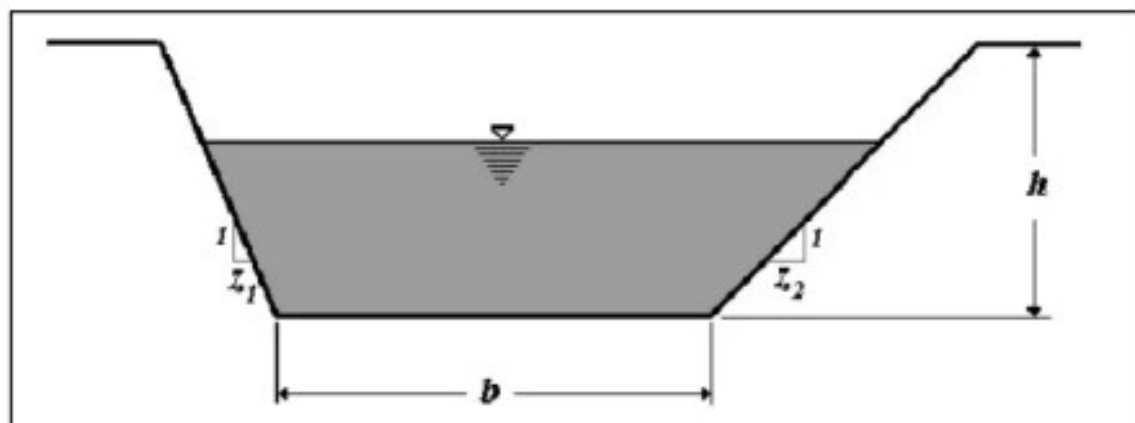
Secciones Hidráulicas

SECCIÓN	AREA A	PERIMETRO MOJADO P	RADIO HIDRÁULICO R	ANCHO SUPERFICIAL T	TIRANTE HIDRÁULICO d	FACTOR HIDRÁULICO Z
TRAPECIO (Mitad de un hexágono)	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{4}{3}\sqrt{3}y$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{5/2}$
RECTÁNGULO (Mitad de un cuadrado)	$2y^2$	$4y$	$\frac{y}{2}$	$2y$	y	$2y^{5/2}$
TRIÁNGULO (Mitad de un cuadrado)	y^2	$2\sqrt{2}y$	$\frac{1}{4}\sqrt{2}y$	$2y$	$\frac{y}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{5/2}$
SEMICIRCULO	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4}y$	$\frac{\pi}{4}y^{5/2}$
PARÁBOLA	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{2}{3}y$	$\frac{8}{9}\sqrt{3}y^{5/2}$
CATENARIA	$1,39586y^2$	$2,9836y$	$0,46784y$	$1,917532y$	$0,72795y$	$1,19093y^{5/2}$

Nota. Tabla de secciones de máxima eficiencia para la determinación de la geometría optima del canal. Elaborado por: Ven Te Chow (1985).

Figura 5

Canal Trapezoidal



Nota. Esquema de un Pozo de un Canal Trapezoidal. Elaborado por: Cadavid R. (2006).

0.9.3. Separador de Caudal

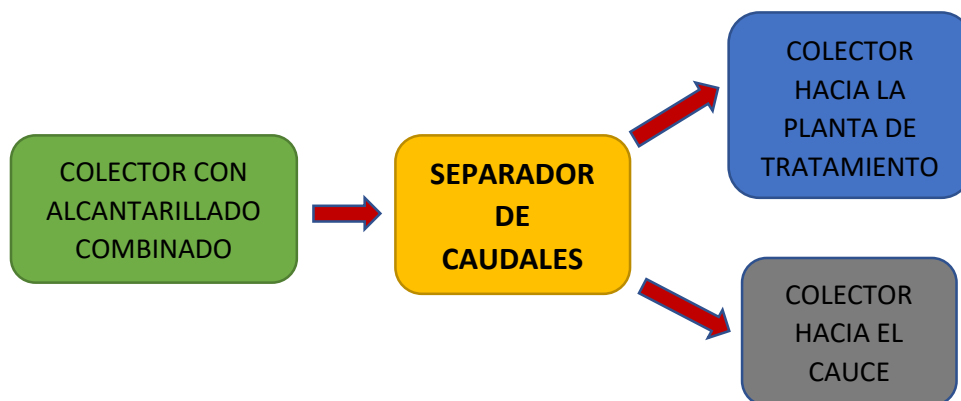
Los separadores de caudal son estructuras que permiten realizar el proceso de purificación o descontaminación de quebradas ya que posibilitan que el flujo de aguas residuales lleve su curso hacia la planta de tratamiento, de esta manera cuando se presentan situaciones extremas como lluvias fuertes permiten que el agua se libere hacia estas quebradas con el fin de minimizar la propagación de enfermedades. (Cuello, 2020).

Los separadores de caudal convencionales en nuestro medio son los siguientes:

- Vertedero Lateral
- Vertedero Transversal
- Vertedero de Salto
- Sifón
- Orificio

Figura 6

División de caudales mediante un separador



Nota. Funcionamiento de un Separador de Caudal. Elaborado por: Los autores.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

0.1. Tipo de Investigación

En este proyecto de diseño de alcantarillado utilizará el estudio de caso, que es un tipo de investigación útil para el diseño de alcantarillado en particular.

0.1.1. Método de Estudio de Caso

Esta técnica de estudio de caso es un método de investigación científica, el mismo que resulta bastante útil en la obtención de resultados que pueden mejorar, ampliar y desarrollar las teorías ya existentes o incluso dar origen a nuevos enfoques científicos; en conclusión, este método ayuda al desarrollo de un área específica de la ciencia.

En consecuencia, el proyecto de diseño de alcantarillado tendrá un estudio de caso y en el proceso será útil para generar resultados y posibilitar soluciones a la problemática del proyecto. (Carazo, 2006).

0.2. Método de Investigación

0.2.1. Método Analítico

El método de investigación analítica será aplicado en el diseño del sistema ya que, según Echavarría, J. D. L., Gómez, C. A. R., Aristizábal, M. U. Z., & Vanegas, J. O. (2010).

El método analítico es una forma de llegar a un resultado descomponiendo un fenómeno específico, en este caso “drenaje de aguas lluvias y aguas residuales”, en sus elementos constitutivos y la aplicación de estos, en dicho proyecto de diseño. En consecuencia, se logrará un proceso de diseño correcto y ordenado.

0.3. Técnicas para Recolectar la Información

La recopilación de datos e información se lo realizara mediante la empresa constructora “Construir Futuro”, ya que el lote donde se va a realizar el diseño es propiedad de la empresa; donde no existe un diseño previo del sistema de alcantarillado y también se recabará información mediante las páginas web del Municipio de Quito. Esto ayudaría para la determinación de los datos necesarios para el cálculo de caudales.

0.3.1. Datos Geográficos: Se obtiene mapas topográficos del lote donde se puede identificar quebradas, elevaciones y alguna otra característica geográfica relevante.

0.3.2. Datos Hidrológicos: Recopilar datos sobre precipitación, caudales de ríos y otras fuentes de agua en donde se analiza eventos de lluvia con alta intensidad y flujos de caudales en la cuenca perteneciente.

0.3.3. Datos de las Propiedades y el Uso del Suelo: Se obtiene información sobre las propiedades mecánicas del suelo dando así información para las excavaciones. Por otro lado, el uso del suelo para entender la cantidad de superficies impermeables ya sea un previo diseño urbanístico para la localización de rutas del sistema.

0.4. Proceso Técnico de Ingeniería Civil

0.4.1. Análisis Hidráulico

0.4.1.1. Ubicación de las Estructuras: Identificar la ubicación de acometidas, cajas de revisión, tuberías principales existentes y puntos de conexión a la red principal.

Por otro lado, identificar la ubicación de las estructuras de aliviado, separación y descarga del sistema.

0.4.1.2. Caudales de Diseño: Se calcula los caudales de diseño basados en las condiciones hidrológicas y de uso del suelo.

0.4.1.3. Capacidad del Sistema: Determinar la capacidad requerida del sistema para manejar los flujos de agua previstos tomando en cuenta flujos a superficie libre, pendientes y velocidades mínimas.

0.4.2. Diseño del Sistema

0.4.2.1. Red de Tuberías: Utilización de una hoja de cálculo de Excel para diseñar la red de alcantarillado donde se considerará diámetros, pendientes, velocidades y materiales de las tuberías.

0.4.2.2. Sistemas de Transición: Diseño de pozos ya sea revisión o de salto ya que se hará una caída de aproximadamente ocho metros de profundidad.

0.4.2.3. Sistemas de Conducción Profunda: Se diseña una estructura tipo túnel para pasar por debajo del Oleoducto tomando en cuenta la normativa e informe del Informe para Intervención del Cruce de Vía (ANEXO 12).

0.4.2.4. Sistemas de Separación de Caudales: Diseño de un separador de caudales en cual como función principal sería conducir en diferentes rutas. Los caudales domésticos en donde se tomará en cuenta una conexión a la red pública de alcantarillado, por otro lado, los caudales pluviales se descargarán a la quebrada delimitante.

0.4.2.5. Sistemas de Estructura Especial de Descarga: En esta sección se diseñará un pozo de salto, canal hidráulico, separador de caudales para la correcta descarga.

0.4.3. Normativas y Regularizaciones

Asegurar el diseño con el cumplimiento de las Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado - EMAAP-Q.

CAPÍTULO IV

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS Y DISEÑO DE ALCANTARILLADO COMBINADO

4.1. Caudal Sanitario

4.1.1. Determinación de la Población

La composición de la Población Económicamente Activa (PEA) depende de cómo el sistema económico local se conecta con la economía nacional. El promedio de habitantes por vivienda según el INEC es de 3.78.

Figura 7

Número de Miembros por Familia Ecuatoriana

Promedio de Personas por Hogar
a Nivel Nacional

Promedio de personas por hogar
3,78
Total

Nota. Promedio de Personas por Hogar a Nivel Nacional. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

De la misma forma se obtuvo a través del INEC el promedio de habitantes por vivienda y por parroquia en donde se obtuvo 3.66 personas por hogar para la parroquia de Conocoto.

Figura 8

Número de Miembros por Familia de la Parroquia de Conocoto

Promedio de Personas por Hogar, según Parroquia

Código	Nombre de la Parroquia	Total de personas	Total de hogares	Promedio de personas por hogar
170156	CONOCOTO	81.887	22.380	3,66

Nota. Promedio de Personas por Hogar por Parroquia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

El presente plan habitacional tendrá una proyección de 4 habitantes por departamento, teniendo en cuenta que cada uno de ellos consta de 3 dormitorios distribuidos de la siguiente manera: una habitación máster para 2 personas y 2 dormitorios pequeños para una persona.

Tabla 3

Número de pisos y departamentos

	Nº pisos	Nº dep/piso
BLOQUE 1	5	2
BLOQUE 2	5	2
BLOQUE 3	5	2
BLOQUE 4	5	2
BLOQUE 5	5	2
BLOQUE 6	5	1
BLOQUE 7	7	2
BLOQUE 8	8	2
BLOQUE 9	8	2
BLOQUE 10	8	2
BLOQUE 11	8	2
BLOQUE 12	8	2
BLOQUE 13	7	2
BLOQUE 14	8	2
BLOQUE 15	8	2
BLOQUE 16	5	1
BLOQUE 17	5	2
GUARDIANIA	1	1
SALON COMUNAL	2	1
TOTAL	113	34

Nota. Datos obtenidos de la proyección urbanística para cada edificio. Elaborado por: Los autores.

Tabla 4

Habitantes por Bloque

Habitantes	
Bloque	Nº de Habitantes
1	41
2	41
3	41
4	41
5	41
6	21
7	58
8	66
9	66
10	66
11	66
12	66
13	58
14	66
15	66
16	21
17	41
Casa Comunal	9
Guardianía	2
TOTAL	877

Nota. Datos obtenidos de la proyección del proyecto arquitectónico. Elaborado por: Los autores.

4.1.2. Población Flotante

La cantidad de personas que visitan el área del proyecto en momentos específicos es relevante para determinar el tamaño adecuado de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Considerando la tasa de crecimiento poblacional establecida en las Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado para Poblaciones del Área Rural de la región sierra, la cual es del 1.5%. Se ha decidido asumir una población flotante del 2%, según lo mencionado anteriormente que equivale a visitas de corto y largo plazo, pedidos a domicilio, tasa de natalidad y mortalidad de dicha población.

4.1.3. Cálculo de la Dotación de Agua

La Organización Mundial de la Salud indica que el promedio por persona de consumo de agua al día debe ser de 100 l/hab/día, en el caso actual de la ciudad de Quito ha ocurrido un aumento en el consumo diario por persona, se ha optado por un valor cerrado de 200 l/hab/día considerando un clima cálido ya que los valles de Quito son sectores con una radiación alta como indica en la Tabla 5.

Tabla 5

Dotaciones recomendadas

Población (habitantes)	Clima	Dotación Media Futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Nota. Tabla de dotaciones recomendadas según habitantes. Elaborado por: CPE INEN 5 (1997).

Tomando en cuenta la Norma Hidrosanitaria de Agua en donde indica el caudal mínimo que usa para la dotación total por persona al día tenemos:

Tabla 6

Consumo de Agua por Persona

CONSUMO	DOTACIÓN (l/hab/día)
Aseo Personal	45
Descargas de sanitarios	50
Lavado de ropa	30
Cocina	25
Riego de Jardines	15
Lavado de piso	5
Total consumo	170

Nota. Dotación de Agua en una Vivienda. Elaborado por: Los autores a través de la norma NEC 11 cap. 16.

La dotación diaria que se ha calculado según el uso personal diario nos da un valor de 170 l/hab/día, dado que la parroquia de Conocoto se encuentra en el Valle de los chillos y posee un clima cálido optamos por usar una dotación de 200 l/hab/día dado en el siguiente cuadro de la norma CPE INEN 5 teniendo una población menor a 5000 habitantes.

Tomando el valor de la dotación que se ha sugerido anteriormente se realiza el cálculo de dotación de acuerdo con los siguientes datos:

Tabla 7

Dotación por Bloque

BLOQUE 1		
Qs	200	L/hab/día
Nº pisos		5
Nº dep/piso		2
Nº hab/dep		4
% Pob flotante		2%
TOTAL	8160	L/bloq/día

Nota. Dotación por Bloque de Proyecto. Elaborado por: Los autores.

Se ha calculado la dotación de agua para los 17 bloques del proyecto con el mismo proceso mencionado anteriormente:

Tabla 8

Dotación por Bloques del Proyecto

DOTACION POR BLOQUE		
BLOQUE 1	8160	L/bloq/dia
BLOQUE 2	8160	L/bloq/dia
BLOQUE 3	8160	L/bloq/dia
BLOQUE 4	8160	L/bloq/dia
BLOQUE 5	8160	L/bloq/dia
BLOQUE 6	4080	L/bloq/dia
BLOQUE 7	11424	L/bloq/dia
BLOQUE 8	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 9	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 10	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 11	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 12	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 13	11424	L/bloq/dia
BLOQUE 14	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 15	13056	L/bloq/dia
BLOQUE 16	4080	L/bloq/dia
BLOQUE 17	8160	L/bloq/dia
GUARDIANIA	204	L/bloq/dia
SALON COMUNAL	1632	L/bloq/dia
TOTAL	173196	L/bloq/dia

Nota. Dotación total de agua de todos los bloques. Elaborado por: Los autores.

4.1.4. Factor de Mayoración

La variación de los caudales de abastecimiento de agua está influenciada por factores como el clima, los patrones de vida y los hábitos. Sin embargo, esta variación afecta de manera menos intensa al flujo de agua que retorna a las alcantarillas. Además, el efecto regulador del flujo en los conductos de alcantarillado generalmente reduce los caudales máximos y aumenta los mínimos.

El coeficiente de mayoración se puede calcular utilizando las ecuaciones proporcionadas, es relevante destacar que este coeficiente está inversamente relacionado con el tamaño de la población. En otras palabras, a medida que la población aumenta, el factor de mayoración tiende a disminuir a continuación, las expresiones según Harmond y Babit:

- Coeficiente de Harmond

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Coeficiente de Babit

$$M = \frac{5}{p^{0.2}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Tabla 9

Coeficiente de Mayoración

Población en miles	Coeficiente M
<5	2,4 - 2,0
5 - 10	2,0 - 1,85
10 - 50	1,85 - 1,60
50 - 250	1,60 - 1,33
>250	1,33

Nota. Tabla de coeficientes de mayoración según la población. Elaborado por: Norma Boliviana NB 688 (2007).

4.1.5. Coeficiente de Retorno

El coeficiente de retorno es la fracción del agua doméstica utilizada que se descarga como aguas negras en el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Para estimarlo, es necesario analizar la información disponible localmente o realizar mediciones en el campo. En situaciones donde la información es escasa o inexistente, se pueden utilizar los valores de referencia de R que se describen en una tabla, siempre justificando adecuadamente el valor final seleccionado.

El coeficiente de retorno es el porcentaje de agua que ha sido consumida y que será devuelta al alcantarillado, este porcentaje puede tener un rango entre 65% y 85%.

Para este proyecto se seleccionará un valor del 80%.

Tabla 10

Coeficiente de retorno

Nivel de complejidad del sistema	Coeficientes de retorno
Bajo y medio	0,7 - 0,8
Medio alto y alto	0,8 - 0,85

Nota. Tabla de coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas. Elaborado por: EMAAP-Q (2009).

4.1.6. Cálculo del Caudal Sanitario

$$Q_{doméstico} = \frac{P * Dotación * R * M}{86400} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$Q_{pluvial}$ = Caudal Doméstico

P = Población

D = Dotación

R = Retorno

M = Coeficiente de simultaneidad

$$Q_{doméstico} = \frac{123 * 200 * 0.8 * 2}{86400}$$

$$Q_{doméstico} = 0.46 \frac{l}{s}$$

4.1.7. Cálculo del Caudal Doméstico de Diseño

$$Q_{diseño} = Q_{doméstico} + Q_{anexo} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$Q_{diseño} = 0.46 + 0$$

$$Q_{diseño} = 0.46 \frac{l}{s}$$

4.2. Caudal Pluvial

4.2.1. Cálculo de las Áreas de Aportación

Las áreas de aportación tanto para el tramo principal como los secundarios se establecen según la topografía. Estas áreas son responsables de aportar el agua residual generada por cada segmento de la red de alcantarillado.

Para obtener los valores de las áreas se hace uso del programa AUTOCAD para obtener las distintas áreas de aportación que contempla áreas verdes, vivienda y adoquinado (ANEXO 13).

4.2.1.1. Áreas Verdes

En el tramo P1-P2 tiene un valor de cero ya que no existe aportación de área verde, en tanto que en el tramo P2-P3 existe una aportación de área verde de 353,485 m² como se muestra en la tabla 11 a continuación:

Tabla 11

Área Verde Tramo Principal

TRAMO PRINCIPAL		
TRAMO	POZO N°	Área Verde m2
TO1	P1	
	P2	
TO2	P2	353,485
	P3	
TO3	P3	212,8
	P4	
TO4	P4	120,2
	P5	
TO5	P5	
	P6	
TO6	P6	
	P7	
TO7	P7	
	P8	
TO8	P8	
	P9	
TO9	P9	234,56
	P10	
TO10	P10	716,81
	P11	
TOTAL		1637,855

Nota. Tabla de Área Verde en el Tramo Principal. Elaborado por: Los autores.

Tabla 12

Área Verde Tramo Secundario 1

TRAMO SECUNDARIO		
TRAMO	POZO N°	Área Verde m2
T1	PD'	
		64,83
	PD	
TOTAL		64,83

Nota. Tabla de Área Verde en el Tramo Secundario. Elaborado por: Los autores.

Tabla 13

Área Verde Tramo Secundario 2

TRAMO SECUNDARIO		
TRAMO	POZO N°	Área Verde m2
T1	PA	
	PB	
T2	PB	95,96
	PC	
T3	PC	68,4
	PD	
T4	PD	
	P8	
TOTAL		164,36

Nota. Tabla de Área Verde en el Tramo Secundario. Elaborado por: Los autores.

4.2.1.2. Áreas de Vivienda

En el tramo P1-P2 tiene un valor de cero ya que no existe aportación de área de vivienda, en tanto que en el tramo P2-P3 existe una aportación de área de vivienda de 501,93 m2 como se muestra en la tabla 14 a continuación:

Tabla 14

Área Vivienda Tramo Principal

TRAMO PRINCIPAL		
TRAMO	POZO N°	Área Vivienda m2
T01	P1	
	P2	
T02	P2	501,93
	P3	
T03	P3	334,62
	P4	
T04	P4	89,98
	P5	
T05	P5	
	P6	
T06	P6	
	P7	
T07	P7	
	P8	
T08	P8	
	P9	
T09	P9	339,91
	P10	
T010	P10	434,62
	P11	
TOTAL		1701,06

Nota. Tabla de Área Vivienda en el Tramo Principal. Elaborado por: Los autores.

Tabla 15

Área Vivienda Tramo Secundario 1

TRAMO SECUNDARIO		
TRAMO	POZO N°	Área Vivienda m2
T1	PD'	
		322,62
	PD	
TOTAL		322,62

Nota. Tabla de Área Vivienda en el Tramo Secundario. Elaborado por: Los autores.

Tabla 16

Área Vivienda Tramo Secundario 2

TRAMO SECUNDARIO		
TRAMO	POZO N°	Área Vivienda m2
T1	PA	
	PB	
T2	PB	334,62
	PC	
T3	PC	334,62
	PD	
T4	PD	
	P8	
TOTAL		669,24

Nota. Tabla de Área Vivienda en el Tramo Secundario. Elaborado por: Los autores.

4.2.1.3. Áreas de Adoquinado

En el tramo TO1 contiene los pozos P1 y P2 con valores de 475.88 y 1059.23 m2 respectivamente como se muestra en la tabla 17 a continuación:

Tabla 17

Área Adoquinado o Sumidero Tramo Principal

TRAMO PRINCIPAL		
TRAMO	POZO N°	Área Adoquinado m2
TO1	P1	475,88
TO2	P2	1059,23
	P2	1059,23
TO3	P3	547,2
	P3	547,2
TO4	P4	796,76
	P4	796,76
TO5	P5	252,62
	P5	252,62
TO6	P6	0
	P6	0
TO7	P7	624,28
	P7	624,28
TO8	P8	417,52
	P8	417,52
TO9	P9	585,69
	P9	585,69
TO10	P10	597,76
	P10	597,76
	P11	807,59
TOTAL		6164,53

Nota. Tabla de Área Adoquinado en el Tramo Principal. Elaborado por: Los autores.

Tabla 18

Área Adoquinado Tramo Secundario 2

TRAMO SECUNDARIO		
TRAMO	POZO N°	Área Adoquinado m2
T1	PA	487,71
T2	PB	882,01
T3	PC	706,16
T4	PD	519,43
TOTAL		2595,31

Nota. Tabla de Área Adoquinado en el Tramo Secundario. Elaborado por: Los autores.

4.2.2. Cálculo del Coeficiente de Escorrentía

Para el diseño del alcantarillado se ha seleccionado los siguientes coeficientes para vías o sumideros y terrazas a partir de los cuadros para determinación de la escorrentía publicado por Monsalve, de la misma forma se determinó el coeficiente de escorrentía para las áreas verdes. Los coeficientes que se han seleccionado se detallan a continuación:

- Para sumidero se ha asignado un valor de 0.8 seleccionado de la Tabla 8 para drenaje tipo concreto en calles.
- Para áreas verdes se ha asignado un valor de 0.3 seleccionado de la Tabla 7 para cobertura vegetal tipo hierba, tipo de suelo semipermeable y pendiente del terreno tipo despreciable.
- Para terrazas se ha asignado un valor de 0.6 seleccionado de la Tabla 8 para distritos comerciales tipo casas multifamiliares unidas.

Tabla 19

Coeficientes de escorrentía

C sumidero	0.8
C áreas verdes	0.3
C terrazas	0.6

Nota. Coeficientes de escorrentía seleccionados para el diseño de alcantarillado.

Elaborado por: Los autores.

Tabla 20

Coeficientes Zona Rural

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Nota. Determinación de Caudales Máximos – Método Racional (MTC-PERU, 2012).

Elaborado por: Los autores.

Tabla 21

Coeficientes Zona Urbana

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA c
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0,05 - 0,10
Suelos arenosos, promedio, 2-7%	0,15 - 0,20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0,13 - 0,17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2-7%	0,18 - 0,22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0,25 - 0,35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0,70 - 0,95
Áreas vecinas	0,50 - 0,70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0,30 - 0,50
Casas multifamiliares separadas	0,40 - 0,60
Casas multifamiliares unidas	0,60 - 0,75
Suburbana	0,25 - 0,40
Áreas de apartamentos de vivienda	0,50 - 0,70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0,50 - 0,80
Áreas pesadas	0,60 - 0,90
PARQUES CEMENTERIOS	0,10 - 0,25
CAMPOS DE JUEGOS	0,20 - 0,35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0,20 - 0,40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0,10 - 0,30
CALLES	
Asfaltadas	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Ladrillo	0,70 - 0,85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0,75 - 0,85
TECHOS	0,75 - 0,95

Nota. Determinación de Caudales Máximos – Método Racional (Monsalve, 2009).
Elaborado por: Los autores.

4.2.3. Cálculo de la Intensidad

Para la intensidad se ocupará la Estación de Izobamba para un tiempo de concentración de 5 minutos y un período de 5 años en donde se obtuvo un valor de intensidad de 106.7482 mm/h.

Tabla 22

Estación Izobamba

M0003	IZOBAMBA	5<30	$i = 164.212 * T^{0.1650} * t^{-0.4326}$
		30<120	$i = 371.072 * T^{0.1575} * t^{-0.6771}$
		120<1440	$i = 929.503 * T^{0.1614} * t^{-0.9773}$

Nota. Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación. Pág. 19.

Cálculo de la Intensidad de lluvias para el diseño de alcantarillado combinado.

$$i = 164.212 * T^{0.1650} * t^{-0.4326} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$i = 164.212 * 5^{0.1650} * 5^{-0.4326}$$

$$i = 106.7482 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

Al emplear las ecuaciones para el cálculo de los caudales necesarios a partir de la intensidad, es importante considerar lo siguiente:

- El período de retorno T (años) para el cual son aplicables las ecuaciones debe estar entre 2 y 50 años.
- La duración de la lluvia (minutos) para la cual se aplican las ecuaciones debe estar entre 5 y 360 minutos.
- Se sugiere usar la ecuación de la estación Izobamba, ubicada en el sur de Quito, especialmente para los sectores en las faldas orientales del Atacazo.

Según la EMAAP, en áreas urbanas se considerará un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos para los segmentos iniciales del alcantarillado que no cuentan con afluentes adicionales.

El período de retorno recomendado para el diseño de micro y macro drenaje se define de la siguiente manera:

Tabla 23

Períodos de Retorno

Tipo de Obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 - 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 - 100

Nota. Tabla de periodos de retorno según ocupación. Elaborado por: Normas de Diseño de sistemas de alcantarillado EMAAP (2009).

4.2.4. Cálculo de Caudal Pluvial

4.2.4.1. Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Sumideros

$$Q_{pluvial} = \frac{c * i * A}{0.36} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$Q_{pluvial}$ = Caudal Pluvial

c = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia

A = Área Sumideros

$$Q_{pluvial} = \frac{0.8 * 106.7482 * 0.05}{0.36}$$

$$Q_{pluvial} = 11.29 \frac{l}{s}$$

4.2.4.2. Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Área Verde

$$Q_{pluvial} = \frac{c * i * A}{0.36} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$Q_{pluvial}$ = Caudal Pluvial

c = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de lluvia

A = Área Verde

$$Q_{pluvial} = \frac{0.3 * 106.7482 * 0.04}{0.36}$$

$$Q_{pluvial} = 3.14 \frac{l}{s}$$

4.2.4.3. Cálculo del Caudal Pluvial Acumulado Terrazas

$$Q_{pluvial} = \frac{c * i * A}{0.36} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$Q_{pluvial}$ = Caudal Pluvial

i = Intensidad de lluvia

c = Coeficiente de escorrentía

A = Área Terraza

$$Q_{pluvial} = \frac{0.6 * 106.7482 * 0.05}{0.36}$$

$$Q_{pluvial} = 8.93 \frac{l}{s}$$

4.2.4.4. Cálculo del Caudal Pluvial de Diseño

$Q_{pluvial \text{ de diseño}}$

$$= Q_{pluvial \text{ acumulado sumidero}} + Q_{pluvial \text{ acumulado área verde}} + \text{Area acumulada terraza} + Q_{pluvial \text{ anexo}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$Q_{pluvial \text{ de diseño}} = 36.42 + 3.14 + 0.05 + 0$$

$$Q_{pluvial \text{ de diseño}} = 39.61 \text{ l/s}$$

4.2.4.5. Cálculo del Caudal de Diseño

$$Q_{diseño} = Q_{doméstico\ diseño} + Q_{pluvial\ diseño} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$Q_{diseño} = 0.46 + 39.61$$

$$Q_{diseño} = 40.07 \frac{l}{s}$$

4.2.4.6. Cálculo de Caudal de Diseño al 10%

$$Q_{diseño\ 10\%} = Q_{diseño} * 10\% \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$Q_{diseño\ 10\%} = 40.07 * 10\%$$

$$Q_{diseño\ 10\%} = 4.01 \frac{l}{s}$$

4.3. Diseño Alcantarillado Combinado

Mediante una hoja de cálculo se realizará el diseño de alcantarillado combinado detallado a continuación:

4.3.1. Diámetro Asumido

Según la Norma CO 10.7-602-REVISION, el diámetro mínimo de las tuberías en la red de alcantarillado debe ser de 200 mm para el alcantarillado sanitario y al menos 250 mm para el alcantarillado pluvial. Además, es esencial que el calado máximo de agua en las tuberías no supere el 75% del diámetro. Para la red de alcantarillado combinado, el diámetro mínimo de las tuberías debe ser de 300 mm..

4.3.2. Distancia Máxima entre Pozos

En la tabla que se encuentra a continuación presentamos los valores óptimos de las distancias entre pozos:

Tabla 24

Distancia entre Pozos

Distancia Máxima entre Pozos	
Diámetro de la tubería (mm)	Distancia Máxima entre Pozos (m)
Menos a 350	100
400-800	150

Nota. Tabla de datos para distancia máxima entre pozos. Elaborado por: Norma CPE INEN 5 (1997).

4.3.3. Selección del Coeficiente de Manning

El coeficiente de rugosidad “n” con un valor de 0.011 empleado en la fórmula de Chezy-Manning, varía en función de la calidad del revestimiento interior y el estado de la tubería y su material. Por lo tanto, se deben utilizar los valores específicos indicados para cada caso en la siguiente tabla:

Tabla 25

Coeficiente de Manning

Material de Revestimiento	Coeficiente "n"
Tuberías de PVC/PEAD/PRFV	0,011
Tuberías de hormigón (con buen acabado)	0,013
Tuberías de hormigón con acabado regular	0,014
Mampostería de piedra juntas con mortero de cemento.	0,020
Mampostería de piedra partida acomodada (sin juntas).	0,032
Ladrillo juntas con mortero de cemento.	0,015
Tierra (trazo recto y uniforme) sin vegetación.	0,025

Nota. Tabla de los coeficientes de Manning según Tipo de material. Elaborado por: Normas de Diseño de sistemas de alcantarillado EPMAAP (2009).

4.3.4. Consideraciones para el Cálculo de la Pendiente

4.3.4.1. Pendiente Mínima

La pendiente de las tuberías debe seguir el terreno para minimizar las excavaciones. Sin embargo, se debe diseñar con una pendiente mínima del 0.5% (cinco por mil) para tuberías de 40 cm (16 pulgadas) de diámetro en la red de drenaje, siempre que las condiciones topográficas y las conexiones lo permitan. Esto garantiza que el flujo hidráulico no acumule sedimentos, evitando así la reducción de la capacidad del conducto y la necesidad de un mantenimiento más frecuente.

4.3.4.2. Pendiente Máxima

En pendientes pronunciadas, se recomienda no superar las velocidades máximas permitidas. Si hay riesgo de deslizamiento, es necesario anclar la tubería a intervalos regulares, según sea necesario.

$$S = \frac{Cota\ Proyecto_{salida} - Cota\ Proyecto_{entrada}}{L * 1000} \quad (\text{Ecuación 15})$$
$$S = \frac{2791.885 - 2791.64}{15.01 * 1000}$$
$$S = 1.63\%$$

4.3.5. Determinación de Cotas

4.3.5.1. Determinación de Cotas Terreno o Tapa

Para determinar las cotas de terreno o tapa a partir de los datos recolectados inicialmente como: implantación otorgada por la empresa y topografía de este y se realiza el trazado de tuberías y drenajes viales con las recomendaciones o criterios de la norma (EMAAP-Q, 2009) como distancia entre pozos, conexiones de acometidas de red principal, aplicando las distancias o ubicaciones entre pozos previamente trazados.

Se toma el diseño de vía en planta y a continuación se pasa a un diseño de vía vertical mediante el uso del programa Civil 3D, una vez hecho el perfil vertical se debe determinar las cotas de tapa. En este caso es el diseño del perfil vertical de la vía.

Con esta información nos dirigimos a la hoja de cálculo donde se realiza el control de tramos de pozos para el diseño de alcantarillado combinado.

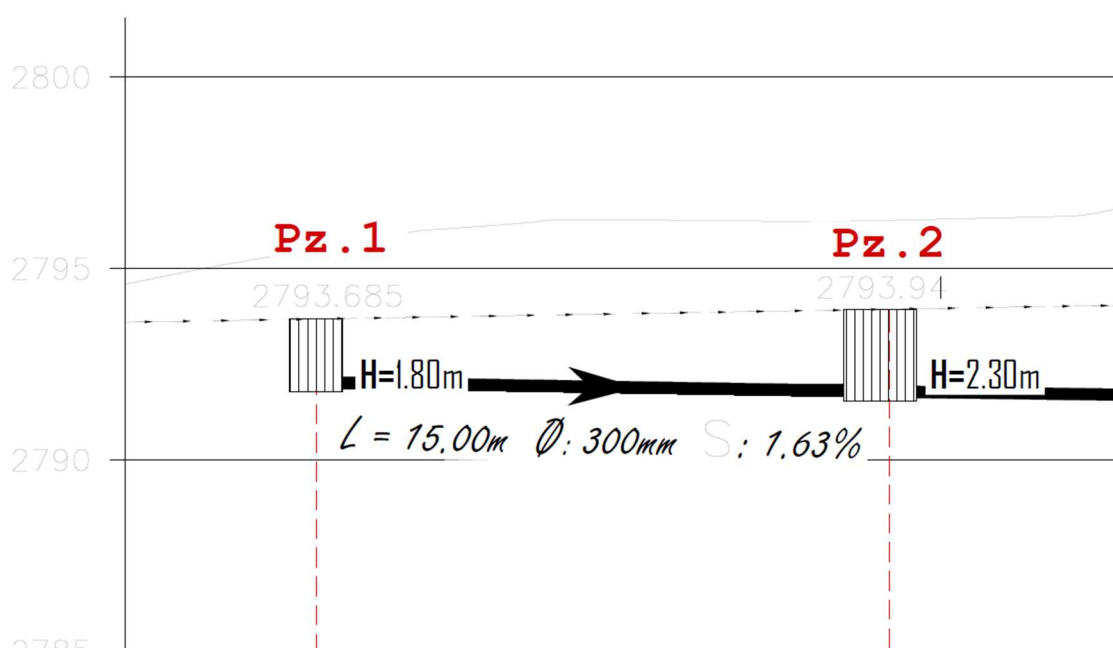
4.3.5.2. Determinación de Cotas de Proyecto y Altura de Pozo

Para determinar el desnivel que existe entre la longitud de la tubería en el tramo P1-P2 se detalla a continuación:

Para el P1 se mide la altura a partir de la cota 2790 msnm hasta el borde del pozo y se obtiene un valor de 3.685 m, el cual se suma a la cota mencionada anteriormente y se obtiene una sumatoria de 2793.685 m que es el valor de cota de terreno o tapa.

Figura 9

Cotas de pozos del tramo P1-P2



Nota. Desnivel y cambio de cota entre pozos. Elaborado por: Los autores.

4.3.6. Consideraciones para el Cálculo de las Velocidades

4.3.6.1. Velocidad Mínima

La velocidad mínima permitida es de 0.60 m/s, considerando el gasto mínimo y el tirante de una tubería parcialmente llena. Además, es crucial asegurar que el tirante tenga un valor mínimo de 5.0 cm en pendientes pronunciadas y de 7.5 cm en condiciones normales. Estas restricciones se implementan con el objetivo de prevenir la acumulación de sedimentos que puedan causar obstrucciones y bloqueos en la tubería. (EMAAP, 2009).

4.3.6.2. Velocidad Máxima

La velocidad máxima admisible que se ha considerado para el diseño es de 6m/s, con el objetivo de prevenir la erosión en las tuberías, depende del material utilizado y de las partículas sólidas arrastradas y suspendidas en el flujo. Para evaluar esto, se considera el caudal máximo extraordinario, teniendo en cuenta el tirante resultante (ya sea en una sección de tubo lleno o parcialmente lleno).

Tabla 26

Velocidades Máximas

Material de la Tubería	Velocidad Máxima (m/s)
Tubería de Hormigón simple hasta 60 cm de diámetro	4,5
Tubería de Hormigón armado de 60 cm de diámetro o mayores	6,0
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 (kg/cm ²)	6,0 - 6,5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² . Grandes conducciones	7,0 - 7,5
PEAD, PVC, PRFV	7,5
Acero *	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido *	9,0 o mayor
* A ser utilizado en rápidas y/o tramos cortos	

Nota. Tabla de las velocidades máximas según tipo de material. Elaborado por: Normas de Diseño de sistemas de alcantarillado EMAAP (2009).

4.3.7. Sección de Tubería Llena

Para este tipo de tubería es necesario determinar la velocidad y el caudal, haciendo uso de la Ecuación de Manning:

$$V_{tubería\ llena} = \left(\frac{1}{n}\right) * \left((R)^{\frac{2}{3}}\right) * (S)^{0.5} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

$V_{tubería\ llena}$: Velocidad (m/s)

n: coeficiente de rugosidad

R: Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente del conducto

Q: Caudal (l/s)

A: área sección mojada (m²)

4.3.7.1. Cálculo de Velocidad Tubería Llena

$$V_{tubería\ llena} = \left(\frac{1}{n}\right) * \left(\left(\frac{D}{4000}\right)^{\frac{2}{3}}\right) * \left(\frac{S}{100}\right)^{0.5} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$V_{tubería\ llena} = \left(\frac{1}{0.011}\right) * \left(\left(\frac{300}{4000}\right)^{\frac{2}{3}}\right) * \left(\frac{1.63}{100}\right)^{0.5}$$

$$V_{llena} = 2.07 \text{ m/s}$$

4.3.7.2. Cálculo de Caudal Tubería Llena

$$Q_{tubería\ llena} = \left(\frac{D}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} * (2 * A * \cos(-0.6) - \text{sen}(2 * A * \cos(-0.6))) * (V_{tubería\ llena} * 1000) \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$Q_{tubería\ llena} = \text{Caudal de tubería llena} \left(\frac{m}{s^3}\right)$$

$V_{tubería\ llena}$: Velocidad (m/s)

D: Diámetro (m)

$$Q_{tubería\ llena} = \left(\frac{300}{1000} \right)^{\frac{2}{8}} * (2 * A * \cos(-0.6) - \text{sen}(2 * A * \cos(-0.6))) * (2.07 * 1000)$$

$$Q_{tubería\ llena} = 125\ l/s$$

4.3.8. Sección de Tubería Parcialmente Llena

En el análisis de una sección parcialmente llena, se consideran las condiciones reales de flujo dentro de la tubería. El objetivo es asegurar que el diámetro cumpla con los parámetros de diseño, como la velocidad y la capacidad.

Además, es importante que la relación entre el caudal de diseño y el caudal de una tubería llena no supere el 80%, permitiendo así la circulación de gases a través del espacio libre.

Se muestra en la ecuación:

$$\frac{Qd}{Q} < 80\%$$

$$Qd = \text{Caudal de diseño } \left(\frac{m}{s^3} \right)$$

$$Q = \text{Caudal de tubería llena } \left(\frac{m}{s^3} \right)$$

$$\frac{Qd}{Q} = \frac{Q_{diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\frac{Qd}{Q} = \frac{11.29}{125}$$

$$\frac{Qd}{Q} = 0.090 \frac{l}{s}$$

4.3.8.1. Cálculo de Velocidad de Diseño

$$V_{diseño} = \left(0,28123942017555 + 5,2453579902649 * \frac{Qd}{Q_{LL}} - 18,884444519043 \right. \\ \left. * \left(\frac{Qd}{Q_{LL}} \right)^2 + 35,221614837646 * \left(\frac{Qd}{Q_{LL}} \right)^3 - 30,540842056574 \right. \\ \left. * \left(\frac{Qd}{Q_{LL}} \right)^4 + 9,8056392669678 * \left(\frac{Qd}{Q_{LL}} \right)^5 \right) \\ * V_{tubería\ llena} \quad \text{(Ecuación 20)}$$

$V_{diseño}$ = Velocidad de diseño (m/s)

Qd = Caudal de diseño ($\frac{m}{s3}$)

Q = Caudal de tubería llena ($\frac{m}{s3}$)

$$V_{diseño} = (0,28123942017555 + 5,2453579902649 * 0.090 - 18,884444519043 \\ * (0.090)^2 + 35,221614837646 * (0.090)^3 - 30,540842056574 \\ * (0.090)^4 + 9,8056392669678 * (0.090)^5) * 2.07 \\ V_{diseño} = 1.2899 \text{ m/s}$$

4.3.8.2. Cálculo de Velocidad Mínima

$$V_{mínima} = \left(0,28123942017555 + 5,2453579902649 * \frac{Q_{pluvial\ de\ diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \right. \\ \left. - 18,884444519043 * \left(\frac{Q_{pluvial\ de\ diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \right)^2 + 35,221614837646 \right. \\ \left. * \left(\frac{Q_{pluvial\ de\ diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \right)^3 - 30,540842056574 * \left(\frac{Q_{pluvial\ de\ diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \right)^4 \right. \\ \left. + 9,8056392669678 * \left(\frac{Q_{pluvial\ de\ diseño}}{Q_{tubería\ llena}} \right)^5 \right) \\ * V_{tubería\ llena} \quad \text{(Ecuación 21)}$$

$$V_{\text{mínima}} = \left(0,28123942017555 + 5,2453579902649 * \frac{1.13}{125} - 18,884444519043 \right. \\ \left. * \left(\frac{1.13}{125} \right)^2 + 35,221614837646 * \left(\frac{1.13}{125} \right)^3 - 30,540842056574 \right. \\ \left. * \left(\frac{1.13}{125} \right)^4 + 9,8056392669678 * \left(\frac{1.13}{125} \right)^5 \right) * 1.32$$

$$V_{\text{mínima}} = 0.6755 \text{ m/s}$$

4.3.9. Cálculo del Calado de Agua

$$Y = \frac{\frac{Qd}{Q} * D}{1000} \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$Y = \frac{0.090 * 300}{1000}$$

$$Y = 0.0270 \text{ m}$$

4.3.10. Cálculo de la Altura de Pozo

$$H_{\text{pozo}} = \frac{z + D}{1000} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$H_{\text{pozo}} = \frac{1.50 + 300}{1000}$$

$$H_{\text{pozo}} = 1.80 \text{ m}$$

4.3.11. Cálculo de la Velocidad Crítica

$$V_{\text{critica}} = \sqrt{Y * 9.81} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$V_{\text{critica}} = \sqrt{0.0270 * 9.81}$$

$$V_{\text{critica}} = 0.52 \text{ m/s}$$

4.3.12. Cálculo del Calado Crítico

$$Y_{\text{critico}} = \frac{(V_{\text{diseño}} * Y)^2}{9.81^{1/3}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$Y_{\text{critico}} = \frac{(1.2899 * 0.0270)^2}{9.81^{1/3}}$$

$$Y_{critico} = 0.05 \text{ m}$$

4.3.13. Cálculo de Calado

$$Y_c = \frac{Y}{Y_{critico}} \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$Y_c = \frac{0.0270}{0.05}$$

$$Y_c = 0.54$$

4.3.14. Cálculo del Número de Froude

$$Fr = \frac{V_{diseño}}{V_{critica}} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$Fr = \frac{1.2899}{0.52}$$

$$Fr = 2.5$$

4.3.15. Cálculo del Radio Hidráulico

$$R = \left(\frac{\frac{D}{1000}}{4} \right) * 1.0037 \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$R = \left(\frac{\frac{300}{1000}}{4} \right) * 1.0037$$

$$R = 0.08 \text{ m}$$

4.3.16. Cálculo del Esfuerzo Tractivo

$$\partial = R * S \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$\partial = 0.08 * 1.63$$

$$\partial = 0.123 \frac{kg}{m^2}$$

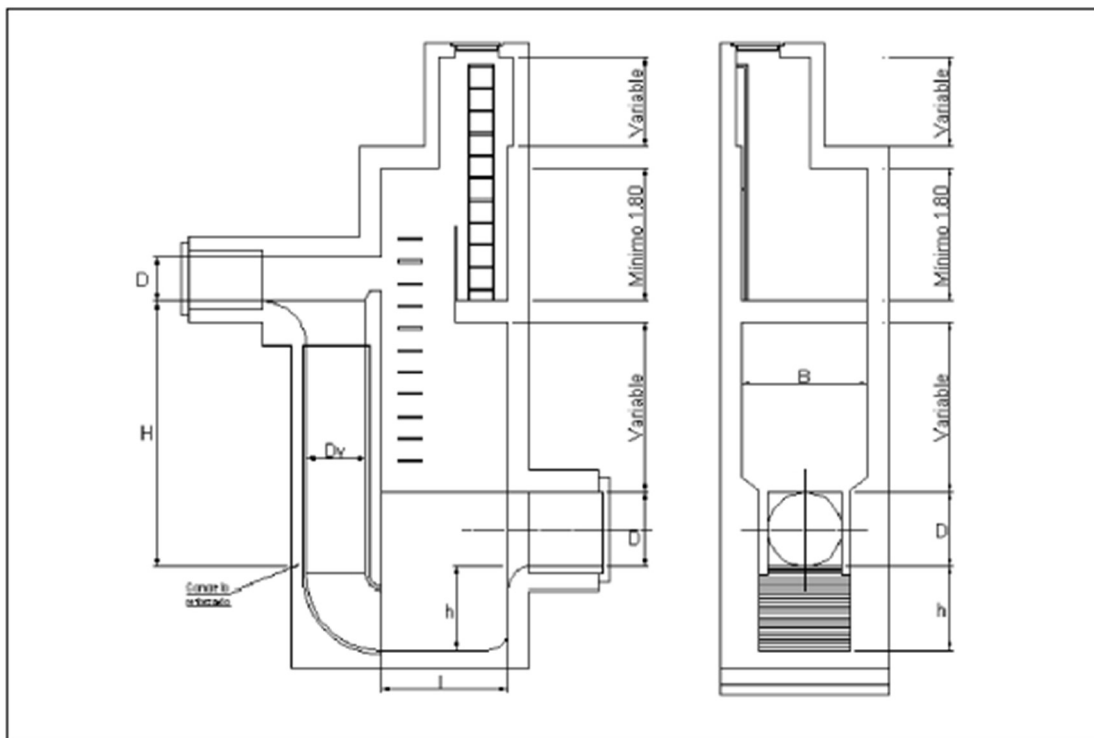
4.4. Estructuras Especiales y Descarga

4.4.1. Pozo de Salto (Pozo 13)

El pozo de salto Tipo II que se ubicará a partir del pozo 13 es una estructura diseñada para saltos de altura máxima de 3m y una sección de conductos de entrada con un diámetro menor a 0.90 m. (EMAAP-Q).

Figura 10

Pozo de Salto Tipo II



Nota. Esquema de un Pozo de Salto Tipo II. Elaborado por: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado. EPMAAP-Q 2009.

En la siguiente tabla se especifican los diámetros de los pozos y la altura máxima de caída permitida. Esto está relacionado con el diámetro del tubo vertical, así como con las dimensiones de ancho y profundidad de la cámara de inspección. Finalmente, se considera la longitud hasta la cota inferior de la cámara.

Tabla 27

Valores de Diámetros para Pozo de Caída Tipo II

D° Entrada	Altura de caída máxima	D° del tubo vertical	Ancho de la cámara	Profundidad h del fondo de la cámara	Longitud de la cámara
0,50	1,0	0,50	0,75	0,35	1,30
0,60		0,50	0,80	0,35	1,30
0,75		0,75	0,95	0,40	1,60
0,90		0,75	1,10	0,45	2,00
0,50	1,5	0,50	0,75	0,35	1,30
0,60		0,50	0,80	0,40	1,40
0,75		0,75	0,95	0,45	1,70
0,90		0,75	1,10	0,50	2,20
0,50	2,0	0,50	0,75	0,40	1,40
0,60		0,50	0,80	0,40	1,50
0,75		0,75	0,95	0,45	1,80
0,90		0,75	1,10	0,50	2,40
0,50	2,5	0,50	0,75	0,40	1,50
0,60		0,50	0,80	0,40	1,60
0,75		0,75	0,95	0,45	1,90
0,90		0,75	1,10	0,50	2,50
0,50	3,0	0,50	0,75	0,50	1,60
0,60		0,50	0,80	0,55	1,70
0,75		0,75	0,95	0,60	2,10
0,90		0,75	1,10	0,70	2,60

Nota. Tabla de las dimensiones típicas para una estructura de Pozo de Caída Tipo II para toma de dimensiones para la elaboración de detalle en planos. Elaborado por: Normas de Diseño de sistemas de alcantarillado EPMAAP (2009).

4.4.1.1. Limitaciones y Requerimientos del Cruce del Sote

4.4.1.1.1. Bajo el Sote

Una de las limitaciones en referencia al SOTE es que, tiene un área protegida con una longitud transversal de 30 m, donde está prohibido excavar. Razón por la que se considerará el diseño de un canal hidráulico ya que es recomendable para dimensiones grandes de túnel (por razones constructivas), por lo cual no se pretendería hacer un análisis o cálculo hidráulico ya que el caudal a conducir es muy pequeño (310.89 l/s).

En consecuencia, se diseñará hidráulicamente un canal trapezoidal.

4.4.2. Cálculo de Canal Trapezoidal (Máxima Eficiencia Hidráulica)

Se recomienda diseñar dicho túnel estructuralmente con un diámetro aproximado de 1.80m (por facilidad de construcción), con una sección S1.

En consecuencia, para el transporte del caudal se diseñará un canal abierto con criterios de máxima eficiencia hidráulica. Se toma a consideración el diseño de canal no erosionable con revestimiento de concreto. Ven Te Chow (1985) plantea que la velocidad media para evitar la sedimentación en este tipo de revestimiento es de 2 a 3 pies/s (0.6 m/s), además de que la pendiente lateral del canal sea de 1.5:1 ($z = 1.5$)

También se tomaron en cuenta los parámetros geométricos de canal trapezoidal que se encuentran en la Tabla 2.

4.4.2.1. Análisis del Canal Trapezoidal:

Caudal (combinado):

$$Q = 0.311 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pendiente:

$$S = 0.001$$

Coefficiente de rugosidad (Manning):

$$\eta = 0.015$$

Se usó el software HCANALES para la determinación aproximada de la geometría del canal y para su comprobación (Análisis por Máxima Eficiencia Hidráulica).

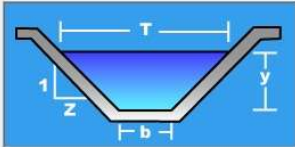
Figura 11

Análisis Máxima Eficiencia Hidráulica

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar: **CONOCOTO** Proyecto: **BALCONES DEL CHAMIZAL**
Tramo: **CRUZE DE SOTE** Revestimiento: **HORMIGON**

Datos:
Caudal (Q): **0.311** m³/s
Talud (Z): **1.5**
Rugosidad (n): **0.015**
Pendiente (S): **0.013** m/m



Resultados:
Tirante (y): **0.2713** m Ancho de solera (b): **0.1643** m
Perímetro (p): **1.1425** m Área hidráulica (A): **0.1550** m²
Radio hidráulico (R): **0.1357** m Espejo de agua (T): **0.9782** m
Velocidad (v): **2.0068** m/s Número de Froude (F): **1.6097**
Energía específica (E): **0.4766** m-Kg/Kg Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el tipo de material del canal 13:16 15/7/2024

Nota. Primer análisis del canal trapezoidal por máxima eficiencia hidráulica para flujo supercrítico. Elaborado por: Los autores mediante HCANALES.

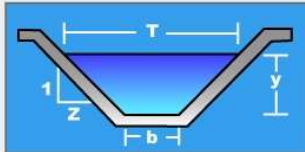
Figura 12

Análisis del Tirante Normal

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **CONOCOTO** Proyecto: **BALCONES DEL CHAMIZAL**
Tramo: **CRUZE DE SOTE** Revestimiento: **HORMIGÓN**

Datos:
Caudal (Q): **0.311** m³/s
Ancho de solera (b): **0.2** m
Talud (Z): **1.5**
Rugosidad (n): **0.015**
Pendiente (S): **0.013** m/m



Resultados:
Tirante normal (y): **0.2617** m Perímetro (p): **1.1434** m
Área hidráulica (A): **0.1550** m² Radio hidráulico (R): **0.1356** m
Espejo de agua (T): **0.9850** m Velocidad (v): **2.0061** m/s
Número de Froude (F): **1.6144** Energía específica (E): **0.4668** m-Kg/Kg
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 13:24 15/7/2024

Nota. Análisis del tirante normal para canal trapezoidal para flujo supercrítico. Elaborado por: Los autores mediante HCANALES.

Figura 13

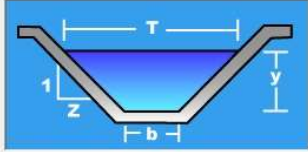
Análisis del Tirante Crítico

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: **CONOCOTO** Proyecto: **BALCONEZ DEL CHAMIZAL**
 Tramo: **CRUZE DE SOTE** Revestimiento: **HORMIGÓN**

Datos:

Caudal (Q): **0.311** m³/s
 Ancho de solera (b): **0.20** m
 Talud (Z): **1.5**



Resultados:

Tirante crítico (y): **0.3279** m Perímetro (p): **1.3822** m
 Área hidráulica (A): **0.2268** m² Radio hidráulico (R): **0.1641** m
 Espejo de agua (T): **1.1837** m Velocidad (v): **1.3710** m/s
 Número de Froude (F): **1.0000** Energía específica (E): **0.4237** m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresa el valor del caudal Q 13:26 15/7/2024

Nota. Análisis del tirante crítico para canal trapezoidal para flujo supercrítico. Elaborado por: Los autores mediante HCANALES.

La geometría con medidas constructivas será de la siguiente manera:

$$\text{Ancho de la solera (b)} = 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Tirante hidráulico (y)} = 0.35 \text{ m}$$

$$\text{Espejo de agua (T)} = 0.98 \text{ m} \approx 1.00 \text{ m}$$

El borde libre según Ven Te Chao (1959), “En el diseño es común el uso de bordes libres que varían desde menos del 5% a más del 30% de la profundidad de flujo”, (1959). Por lo que se adoptara un borde libre del 30% del tirante hidráulico (0.105 cm)”.

4.4.3. Separador De Caudales

En un sistema de alcantarillado combinado, la instalación de derivación puede estar sobrecargada durante la temporada de lluvias. Cuando se alcanza un cierto nivel de

dilución entre el flujo de agua sanitaria y el de aguas pluviales, se descargará el agua de lluvia. El diseño se basa en suposiciones prácticas, lo que nos ha llevado a realizar un análisis comparativo de diferentes tipos de separadores, evaluando distintos aspectos.

4.4.3.1. Consideraciones:

El diseño de un separador de caudales debe considerar factores como el tipo de flujo (subcrítico o supercrítico), la geometría del canal y las características del vertedero lateral.

Para un vertedero lateral inclinado, se debe determinar la longitud necesaria del vertedero para lograr la descarga deseada.

La longitud del vertedero debe ser empírica o analíticamente calculada para cada régimen de flujo (subcrítico o supercrítico).

Tabla 28

Análisis Comparativo de la Aplicabilidad de Diferentes Tipos de Separadores

ASPECTO EVALUADO	TIPO DE SEPARADOR							
	Orificio Derivador y Evacuación de Excesos Tipo				Reja de Fondo	Vertedero de Salto	Con Sistema Mecánico de Control	
	Colector	Vertedero Frontal	Vertedero Lateral	Vertedero Circular			Manual	Automático
Adaptabilidad a sistemas existentes	Alta	Media	Baja	Baja	Media	Baja	Alta	Baja
Aplicabilidad según rango de caudales combinados	Bajos a Medios	Altos	Muy Altos	Altos	Medios a Altos	Medios a Altos	Todos	Todos
Costo relativo	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Muy Alto
Riesgo de obturación total repentina	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Frecuencia de limpieza requerida	Media	Media	Media	Medio	Alta	Baja	Baja	Baja
Efectividad para restringir incrementos de caudal derivado	Baja	Media	Media	Media	Alta	Muy Alta	Media	Muy Alta
Desnivel geométrico requerido entre ingreso y salida del caudal de excesos	Bajo	Bajo	Bajo	Muy Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo

Nota. Tabla análisis comparativo de la aplicabilidad de diferentes tipos de separadores de caudal. Elaborado por: EPMAAPS.

Tabla 29

Tipos de Separadores

TIPO DE SEPARADOR	CONDICIONES DE APLICACIÓN A LAS QUE SE AJUSTA FAVORABLEMENTE	Frecuencia de aplicación estimada
Orificio derivador y evacuación de excesos tipo: Colector	Aguas combinadas con poco arrastre de arena, grava y basura Estructuras nuevas y descargas existentes con colector circular, caudal combinado hasta 1 m ³ /s, poco importante el control del incremento de caudal derivado.	Alta
Vertedero Frontal	Estructuras nuevas y descargas existentes con colector rectangular, caudal combinado mayor a 1 m ³ /s, importante minimizar el incremento de caudal derivado.	Media
Vertedero Lateral	Estructuras nuevas para altos caudales combinados y/o en sitios en los que es muy importante minimizar el incremento de caudal derivado.	Baja
Vertedero Circular	Estructuras nuevas en las que es importante minimizar el incremento de caudal derivado y particularmente es deseable un desnivel moderado en el colector de descarga de excesos al cuerpo receptor.	Muy Baja
Reja de Fondo	Estructuras nuevas, con caudales combinados medios o altos, en los que es importante minimizar el incremento de caudal derivado y el agua residual arrastra cantidades importantes de arena, grava y basura.	Alta
Vertedero de Salto	Estructuras nuevas, con caudales combinados medios o altos, en los que es muy importante minimizar el incremento de caudal derivado.	Baja
Control Mecánico Manual	Sitios específicos de ingreso a tramos de túnel o PTAR pequeñas.	Muy Baja
Control Mecánico Automático	Ingreso a las PTAR.	En PTAR

Nota. Tabla análisis comparativo de la aplicabilidad de diferentes tipos de separadores de caudal. Elaborado por: EPMAAPS.

4.4.3.2. Diseño para Orificio

El fin de un análisis de orificio es determinar una altura h comprendida desde el eje centroide de la tubería. Para posteriormente determinar la altura de la cresta de vertedero.

4.4.3.2.1. Ecuaciones para Orificio

$$V = \sqrt{2 * g * H} \quad (\text{Euación 30})$$

$$Ao = Cc * A \quad (\text{Euación 31})$$

$$Q = Cd * Ao * \sqrt{2 * g * H} \quad (\text{Euación 32})$$

Donde:

Ao = Área del orificio

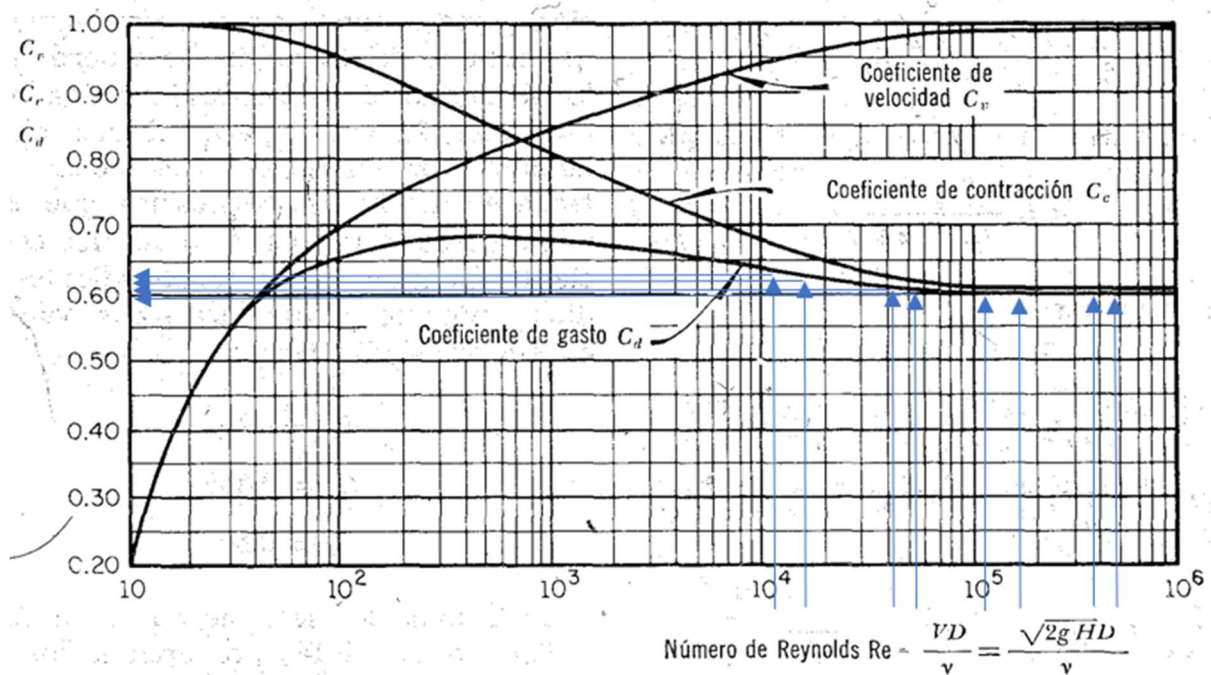
Cc = coeficiente de contracción

Cd = coeficiente de descarga

h = altura de la superficie del agua hasta el centro del orificio

Figura 14

Coeficientes según el número de Reynolds



Nota. Variación de los coeficientes de velocidad, contracción y gasto, con el número de Reynolds en un orificio circular. Elaborado por: Sotelo (1994).

Tabla 30

Datos del Orificio

	Orificio	
Área	Ø250mm	0,049087385
Qcombinado	0,3110	m3/s
Qsanitario	0,0505	m3/s
Qexcedente	0,260	m3/s
VQsanitario	0,0653	m3/s
VQexcedente	6,3469	m3/s

Nota. Tabla de los datos necesarios para el cálculo y diseño del orificio. Elaborado por: Los autores.

Tabla 31

Cálculo del Caudal

H(m)	R	Cd	Q (m3/s)	V(m/s)
0,0005	18901,8023	0,64	0,0031	0,06
0,001	26731,1852	0,63	0,0043	0,09
0,005	59772,7472	0,62	0,0095	0,19
0,01	84531,4297	0,61	0,0133	0,27
0,05	189018,023	0,6	0,0292	0,59
0,15	327388,82	0,6	0,0505	1,03
0,3	462997,709	0,6	0,0715	1,46
0,5	597727,472	0,6	0,0922	1,88
1	845314,297	0,60	0,1305	2,66
5	1890180,23	0,60	0,2917	5,94
6	2070588,7	0,6	0,3196	6,51

Nota. Tabla para el cálculo del caudal. Elaborado por: Los autores.

La geometría con medidas constructivas para el orificio será de la siguiente manera:

$$H = 0.15 \text{ m}$$

$$\Phi = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho base de sedimentación} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de sedimentación} = 50 \text{ mm}$$

Figura 15

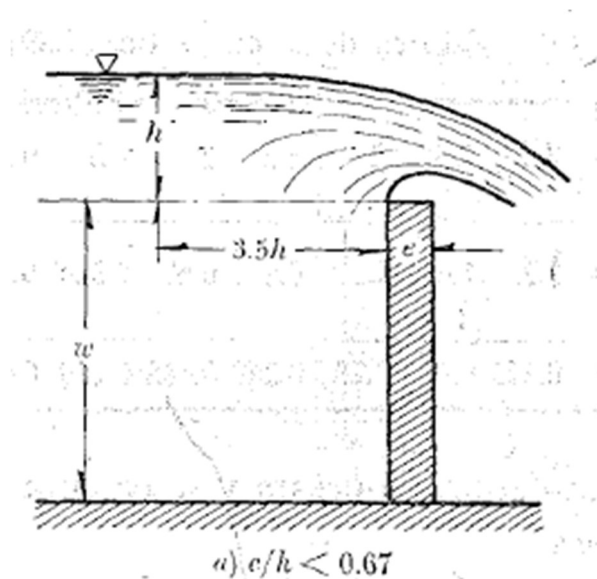
Comprobación de altura de orificio

Nota. Cálculo del caudal para un orificio de pared delgada. Elaborado por: Los autores mediante HCANALES.

4.4.3.3. Diseño para Vertedero

Figura 16

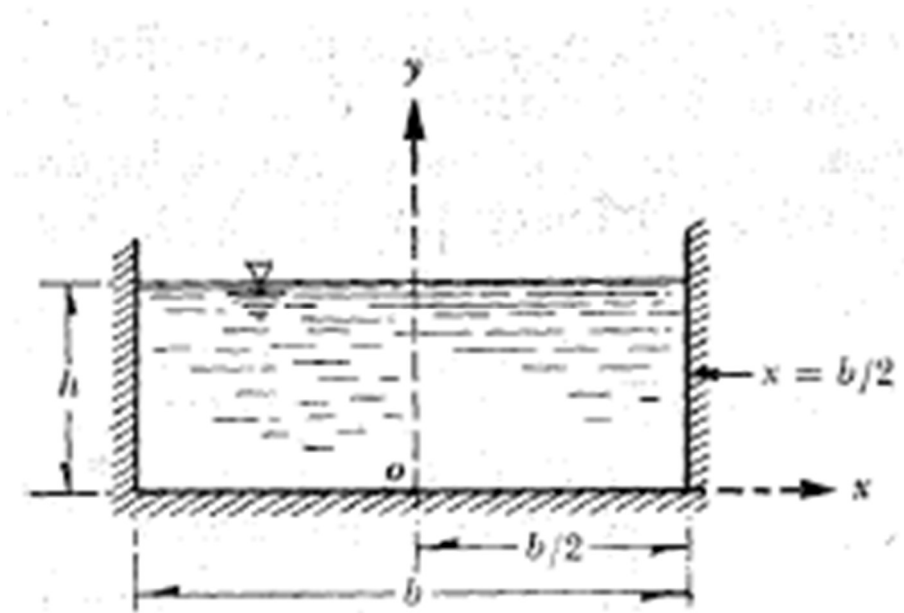
Vertedero rectangular de pared delgada



Nota. Esquema de un vertedero de pared delgada. Elaborado por: Sotelo (1994).

Figura 17

Vertedero Rectangular



Nota. Esquema del Vertedero Rectangular sin Contracciones. Elaborado por: Sotelo (1994).

4.4.3.3.1. Ecuaciones para Vertedero

$$\frac{Vo^2}{2gh} = \frac{Q^2}{2gB^2(h+w)^2h} \quad (\text{Ecuación 33})$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g\mu b} h^{3/2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Se calcula el valor de h1 a partir de la Ecuación

$$0.26 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot \left(0.6075 + \frac{0.0041}{h1}\right) \cdot \left(1 + 0.55 \left(\frac{h1}{h1 + 0.32}\right)^2\right) \cdot 0.85 \cdot h1^{\frac{3}{2}} \xrightarrow{\text{solve}, h1} \left[\begin{array}{l} -0.26412084167661526091 - 0.15640518134276488835i \\ -0.26412084167661526091 + 0.15640518134276488835i \\ 0.28062374139892357531 \end{array} \right]$$

$$0.26 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot \left(0.6035 + 0.0813 \left(h + \frac{0.0011}{0.32}\right)\right) \cdot \left(1 + \frac{0.0011}{h}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 0.85 \cdot h^{\frac{3}{2}} \xrightarrow{\text{solve}, h} 0.29961876083002123262$$

Tabla 32

Coeficiente de gasto μ

Autor	Fórmula	Límites de aplicación	Observaciones
Hegly (Ref. 30) (1921)	$\mu = \left[0,6075 - 0,045 \left(\frac{B-b}{B} \right) + \frac{0,0041}{h} \right] \cdot \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0,10 \text{ m} \leq h \leq 0,60 \text{ m}$ $0,50 \text{ m} \leq b \leq 2,00 \text{ m}$ $0,20 \text{ m} \leq w \leq 1,13 \text{ m}$	El primer límite de aplicación es el más importante. Para $h/b > 0,13$ tiene mayor precisión que la fórmula SIAS.
Sociedad de Ingenieros y Arquitectos Suizos (1924) (Ref. 9) (Fórmula SIAS)	$\mu = \left[0,578 - 0,037 \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \frac{3,615 - 3 \left(\frac{b}{B} \right)^2}{1000h + 1,6} \right] \cdot \left[1 + 0,5 \left(\frac{b}{B} \right)^4 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0,025 \text{ m} \leq h \leq 0,80 \text{ m}$ $b \leq 0,30 B$ $w \geq 0,30 \text{ m}$ $h/w \leq 1$ en el caso de contracciones laterales	Para vertedores sin contracciones laterales los límites son: $0,025 \text{ m} \leq h \leq 0,80 \text{ m}$ $0,30 \text{ m} \leq w$ $h/w \leq 1$ Para $h/b \leq 0,13$, es más precisa que la de Hegly.
Hamilton-Smith	$\mu = 0,616 \left(1 - \frac{b}{10B} \right)$	$0,075 \text{ m} \leq h \leq 0,60 \text{ m}$ $0,30 \text{ m} \leq b$ $0,30 \text{ m} \leq w$ $h \leq w/2$ $b \leq (B-2h)$ $h/b \leq 0,5$	Si $B(h+w) < 10bh$, se deberá reemplazar en la Ecuación el valor de h por h' donde: $h' = h + 1,4(Vo^2/2g)$ donde: $Vo = (Q/B(h+w))$ es la velocidad de llegada.
Francis (Ref. 31)	$\mu = 0,623 \left[1 - 0,1n \frac{h}{b} \right] \left[\left(1 + \frac{Vo^2}{2gh} \right)^{3/2} - \left(\frac{Vo^2}{2gh} \right)^{3/2} \right]$	$0,18 \text{ m} \leq h \leq 0,50 \text{ m}$ $2,40 \text{ m} \leq b \leq 3,00 \text{ m}$ $0,60 \text{ m} \leq w \leq 1,50 \text{ m}$ $b \geq 3h$	$Vo = (Q/B(h+w))$, velocidad de llegada. $n = 2$ en vertedores con contracciones laterales. $n = 0$ en vertedores sin contracciones laterales.
Rehbock (1929) (Ref. 9)	$\mu = \left[0,6035 + 0,0813 \left(\frac{h + 0,0011}{w} \right) \right] \cdot \left[1 + \frac{0,0011}{h} \right]^{3/2}$	$0,01 \text{ m} \leq h \leq 0,80 \text{ m}$ $b \geq 0,30 \text{ m}$ $w \geq 0,06 \text{ m}$ $h/w \leq 1$	Vale solo para vertedores sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las más utilizadas, por su sencillez.

Nota. Fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto g aplicable a la Ecuación para vertedores rectangulares con contracciones laterales o sin ellas. Elaborado por: Sotelo (1994).

En el caso de vertedores sin contracciones laterales haga $b = B$, en las fórmulas.

Por tanto, usando la ecuación de Rehbock previamente revisando los límites de aplicación determinamos un $h = 0.29$ m. Este control se hace para determinar la altura de la llegada, la cual debería estar acorde a h . (Ver detalle en Planos).

Figura 18

Análisis de la Descarga de Caudal de Excesos

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **CONOCOTO** Proyecto: **BALCONEZ DEL CHAMIZAL**
Tramo: **DESCARGA Q EXCESOS** Revestimiento: **PVC**

Datos:

Caudal (Q):	0.29774	m ³ /s
Diámetro (d):	0.5	m
Rugosidad (n):	0.011	
Pendiente (S):	0.00985	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.3001	m	Perímetro mojado (p):	0.8863	m
Area hidráulica (A):	0.1231	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1389	m
Espejo de agua (T):	0.4898	m	Velocidad (v):	2.4193	m/s
Número de Froude (F):	1.5410		Energía específica (E):	0.5984	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Botones: **Calcular**, **Limpiar Pantalla**, **Imprimir**, **Menú Principal**, **Calculadora**

Footer: Ingresar el nombre del tramo del canal | 13:09 | 15/7/2024

Nota. Determinación mediante el software que el diámetro mínimo para la descarga del caudal de excesos debería ser de 500 mm ya que posee una pendiente pequeña. Elaborado por: Los autores a partir de HCANALES.

CONCLUSIONES

Se concluyo el diseño de alcantarillado combinado de la urbanización, comprendido desde el análisis de la captación de caudales y del trazado de la red que abarca: sumideros, cajas de revisión, acometidas, pozos de revisión y tuberías. Resultando un total de 17 pozos de revisión, un pozo de salto, un canal trapezoidal, un separador de caudales, además de esto una longitud total de 500.51 m de tubería de 300 mm PVC, 72.00 m de tubería 365 mm PVC y 43.25 m de tubería de 500 mm PVC.

El trazado se realizó esquemáticamente para analizar como seria la captación y recepción de las aguas residuales y pluviales, con criterios de longitudes y conexiones tanto a pozos como a colector principal. Por tanto, no se realizó un diseño de sumideros ni análisis a profundidad de las cajas de revisión y diámetros de acometidas.

El criterio de población futura no se tomó en cuenta para la determinación de caudales sanitarios ya que se tiene el dato exacto de la población futura y donde solo se calculó la población flotante para dicho fin. En consecuencia, el caudal sanitario de diseño es de 3 lt/s.

El caudal pluvial calculado por el método racional tomando en cuenta un periodo de retorno de 5 años, una duración de 5 min y la ecuación para determinar la intensidad de IZOBAMBA fue de 307.64 lt/s.

La estructura hidráulica adecuada para la descarga en el Pozo 13 será un Pozo de Salto Tipo II que se utilizará para gestionar un salto de agua de 3 m de altura. Es especialmente adecuada para entradas con un diámetro inferior a 0.90 m y caudales

pequeños, la cual es esencial para disipar la energía del agua que se necesitará que el pozo tenga la altura suficiente para la conducción por debajo del SOTE.

Se descarto la estructura de túnel hidráulico por criterios constructivos y el pequeño caudal que conduciría dicha estructura. En su lugar se diseñó un canal trapezoidal con eficiencia máxima hidráulica.

El diseño y análisis del separador de caudales fue en dos fases: análisis de un orificio controlando la altura de cresta de vertedero y el control de la altura agua arriba del vertedero, dando así un detalle de la geometría de vertedero que se puede ver en los planos presentados.

La descarga del caudal sanitario no se puede diseñar la red ya que hay distintas posibilidades de conexión a la red pública, pero se otorgó una cota saliente por encima de la cota más posible de conexión y así garantizando la descarga del caudal sanitario. Dicha cota de conexión está por debajo de 2760.521, la misma que se tomó con equipo topográfico georreferencial (Anexo 15).

La descarga pluvial está considerada desde la salida del separador hasta la llegada a la quebrada, sostenido mediante gaviones.

RECOMENDACIONES

Para el trazado de la red es recomendable revisar criterios de diseño tanto para cajas de revisión como acometidas y sus conexiones al colector principal. De igual manera tener en cuenta los criterios de diseño para sumideros y bombeo.

Se recomienda asegurarse de que las normativas aplicables estén actualizadas para el diseño del alcantarillado combinado ya que es importante diseñar siguiendo los parámetros establecidos en dichas normas para asegurar que se cumplan los rangos de velocidades, la altura mínima de los pozos y las pendientes adecuadas.

Verificar que el levantamiento topográfico obtenido sea preciso ya que así se evitará errores en la toma de datos de las cotas del proyecto para el alcantarillado combinado.

Diseñar un túnel estructuralmente ya que el dimensionamiento es únicamente una propuesta constructiva, analizando los puntos de conexiones de las estructuras especiales de conducción y descarga y así solicitar un informe del ARCH ya que ellos se encargan de dar las profundidades exactas en las que se puede construir un cruce de SOTE.

REFERENCIAS

- Aguirre, F; Del Valle, J; Piñas, L; & Quishpe, M. (2020). *Aplicaciones tecnológicas tratamiento de aguas residuales*. Nosótrica Ediciones.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/58476.pdf>
- Carazo, P. C. M. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, (20), 165-193.
- Comisión Nacional del Agua (2009). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario.
<http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgapds-29.pdf>
- Cosar, F., & Vásquez, D. (2018). *CÁLCULO DE REDES COLECTORAS DE AGUAS RESIDUALES*. <https://es.scribd.com/document/398236016/Sistema-de-Alcantarillado-1>
- Echavarría, J. D. L., Gómez, C. A. R., Aristazábal, M. U. Z., & Vanegas, J. O. (2010). El método analítico como método natural. *Nómaditas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*.
- EMAAP-Q (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. V&M Gráficas.
https://www.aguaquito.gob.ec/Alojamientos/PROYECTO%20LA%20MERCED/A NEXO%20%20NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- EPAA, P. (2008). *NFORME DE DISEÑOS DEFINITIVOS AGUA POTABLE*.
https://www.epaamejia.gob.ec/lotaip/files/PLAN%20MAESTRO_v4ziboom.pdf
- Guachamín, W., Fernando, G., Miguel, A., & Jorge, C. (2015). *Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación*.
https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf

- HIDROTEC. (2018). *HIDROTEC*. www.hidrotec.com.
<https://www.hidrotec.com/blog/tipos-sistemas-alcantarillado/>
- INAMHI. (2015). *DETERMINACIÓN DE CAUDALES PARA EL CÁLCULO DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN*.
https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf
- INEN (1997). Código Ecuatoriano de la Construcción CEC. Diseño de Instalaciones Sanitarias: Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural. (CPE INEN 5 Parte 9:2). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9.2-1.pdf
- METCALF&EDDY. (s/f). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES*. McGraw-Hill. <https://es.scribd.com/document/510432856/Ingenieria-de-Aguas-Residuales-Volumen-1-3ra-Edicion-METCALF-EDDY-FREELIBROS-me>
- MINAE. (2021). Manual Técnico de Dotaciones de Agua.
https://da.go.cr/wpcontent/uploads/2016/06/MANUAL_TECNICO_DE_DOTACIONES_DE_AGUA.pdf
- Ojeda, L. E., & Páez, S. D. (2023). *Diseño Del Interceptor Con Planta De Tratamiento Y Formulación Del Plan De Saneamiento Para El Sector Río Blanco, Cantón Cayambe, Provincia De Pichincha* [Tesis De Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito].
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24303/1/TTS1168.pdf>
- SIAPA. (2014). *Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades*.
https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3_alcantarillado_pluvial.pdf

GLOSARIO DE TÉRMINOS

SOTE: es un oleoducto ecuatoriano esencial para el transporte de crudo extraído en la Amazonía.

Separador de Caudales: Son parte del sistema de un sistema de alcantarillado combinado que incluye dos salidas de flujo, una de las salidas llevará el agua servida hacia un colector para la descarga en la red existente y otra entra en acción durante las precipitaciones para liberar los excesos de caudal hacia el curso superficial.

Pozo de Salto: Es una estructura hidráulica clave en los sistemas de alcantarillado y drenaje urbano. Su propósito principal es gestionar las variaciones abruptas en la elevación del flujo de agua dentro de un colector. Estos pozos son indispensables cuando existen diferencias en la rasante del colector que superan los 0,60 a 1,00 metros.

Disipador de Energía: Los disipadores de energía son mecanismos creados para absorber la mayor parte de la energía sísmica, evitando que esta se disipe a través de deformaciones inelásticas, es decir un daño en los componentes estructurales. Estos dispositivos pueden ser categorizados según su comportamiento como histeréticos o viscoelásticos.

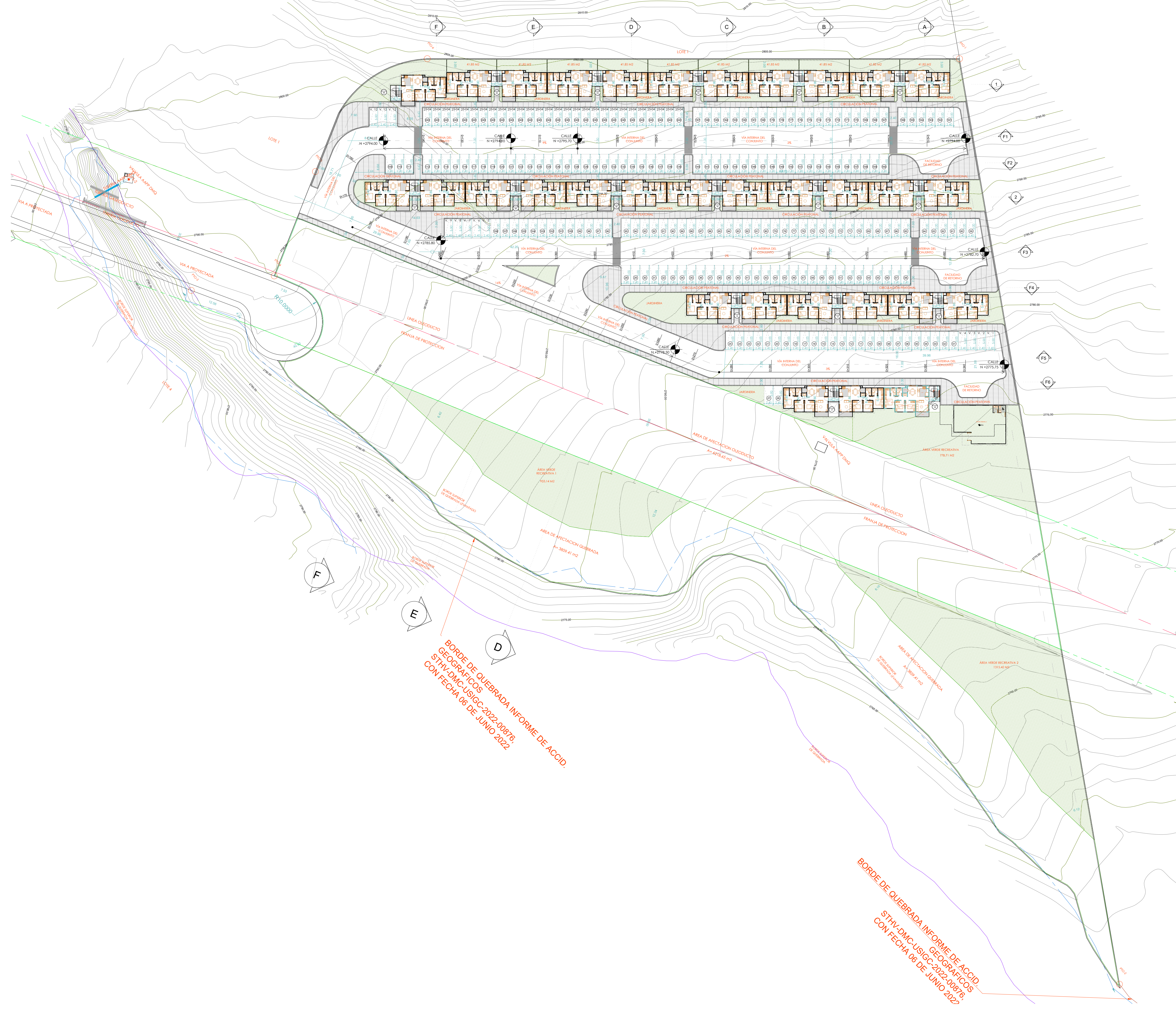
Canal Trapezoidal: Un canal trapezoidal es una estructura hidráulica diseñada para el transporte de agua en sistemas de riego, drenaje y otros proyectos similares. Su sección transversal en forma de trapecio facilita el manejo eficiente de grandes volúmenes de agua.

Túnel Hidráulico: Un túnel hidráulico es una construcción subterránea destinada para trasladar agua entre diferentes ubicaciones. Estos túneles son empleados en una variedad de proyectos, incluyendo el suministro de agua, sistemas de riego y la producción de energía hidroeléctrica.

ANEXOS

ANEXO 1

PLANO ARQUITECTÓNICO



Notas importantes

No tomar medidas directamente sobre el plano

No hacer modificaciones a los planos sin la autorización de los arquitectos encargados.

Este plano avala los interiores y la fecha.

Verificar y confirmar medidas y niveles en obra.

En caso de diferencia con los planos estructurales, prima planos arquitectónicos.

Para mayor información ver planos de detalles.

PROYECTO:

BALCONES DEL CHAMIZAL

NOMBRE DEL PROPIETARIO:

JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA. LTDA.

CLAVE CATASTRAL:

21702 06 010

No PREDIO:

5604505

ZONA ADMINISTRATIVA:

LOS CHILLOS

PARROQUIA:

CONOCOTO

CONTIENE:

PLANO

PROPIETARIO:

JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA.

PROFESIONAL RESPONSABLE:

REPRESENTANTE LEGAL:

LÁMINA:

/21

ESCALA:

ESCALA

FECHA:

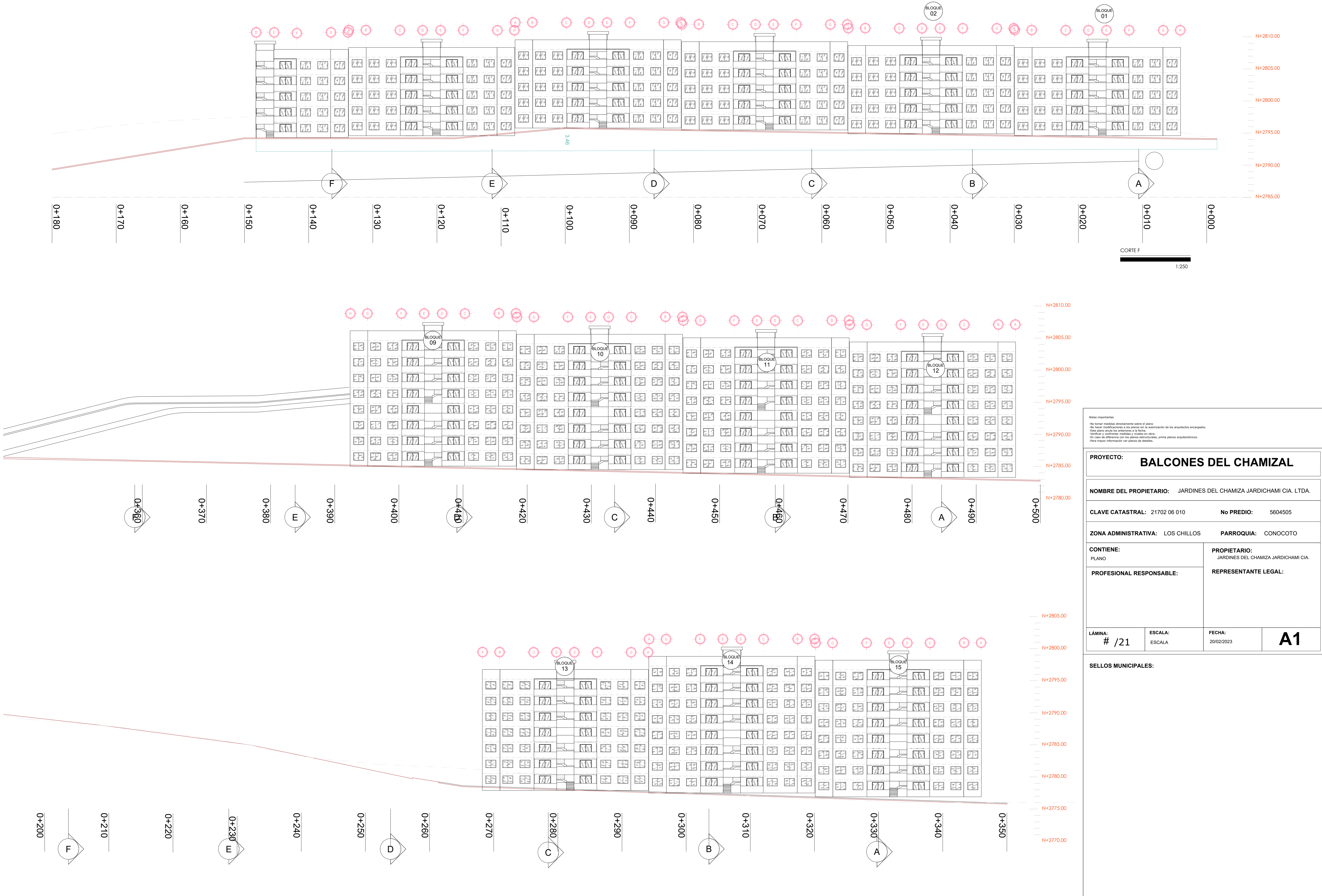
20/02/2023

A1

SELLOS MUNICIPALES:

ANEXO 2

CORTE LONGITUDINAL



Notas importantes

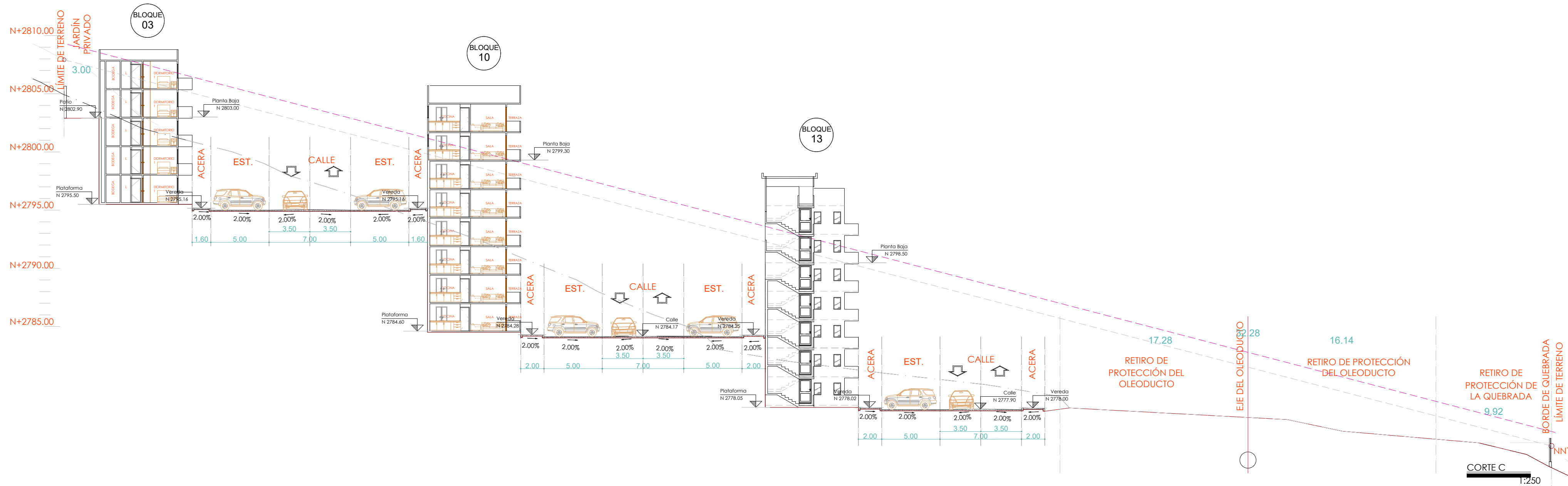
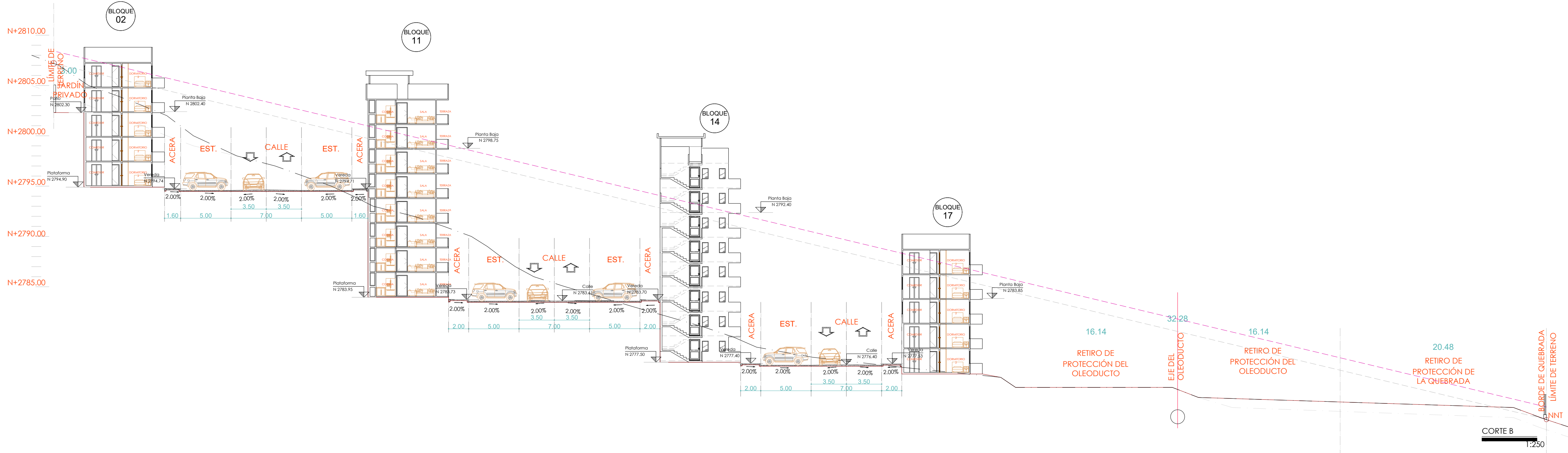
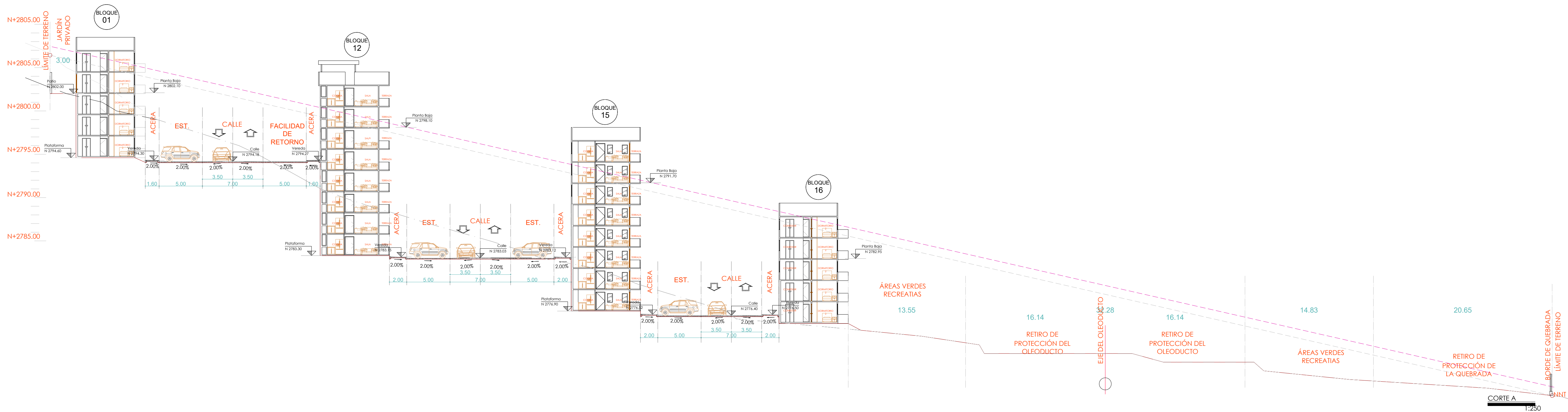
- No tomar medidas directamente sobre el plano
- No hacer modificaciones a los planos sin la autorización de los arquitectos encargados.
- Este plano anula los anteriores a la fecha.
- Verificar y confirmar medidas e ítems en obra.
- En caso de diferencia con los planos estructurales, prima planos arquitectónicos.
- Para mayor información ver planos de detalles.

PROYECTO: BALCONES DEL CHAMIZAL			
NOMBRE DEL PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA. LTDA.			
CLAVE CATASTRAL: 21702 06 010		No PREDIO: 5604505	
ZONA ADMINISTRATIVA: LOS CHILLOS		PARROQUIA: CONOCOTO	
CONTIENE: PLANO		PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA.	
PROFESIONAL RESPONSABLE:		REPRESENTANTE LEGAL:	
LÁMINA: # /21	ESCALA: ESCALA	FECHA: 20/02/2023	A1

SELLOS MUNICIPALES:

ANEXO 3

CORTE TRANSVERSAL 1



Notas importantes

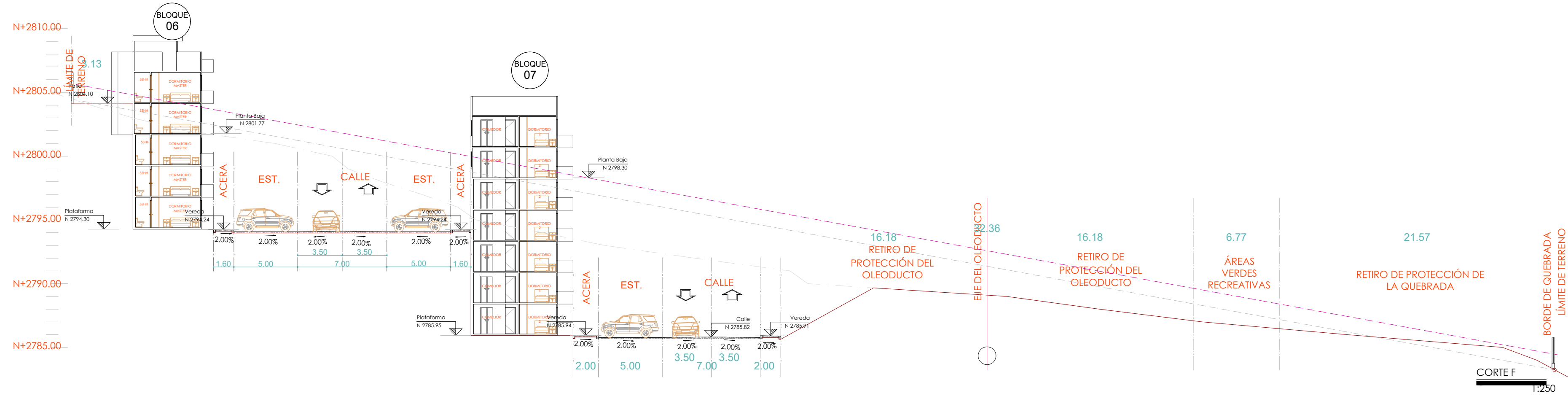
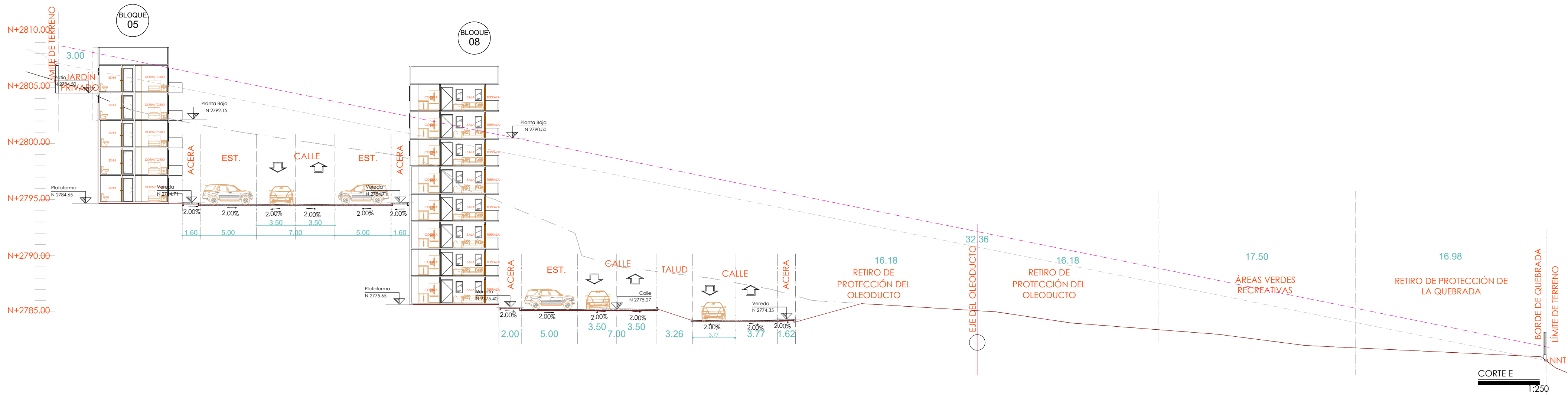
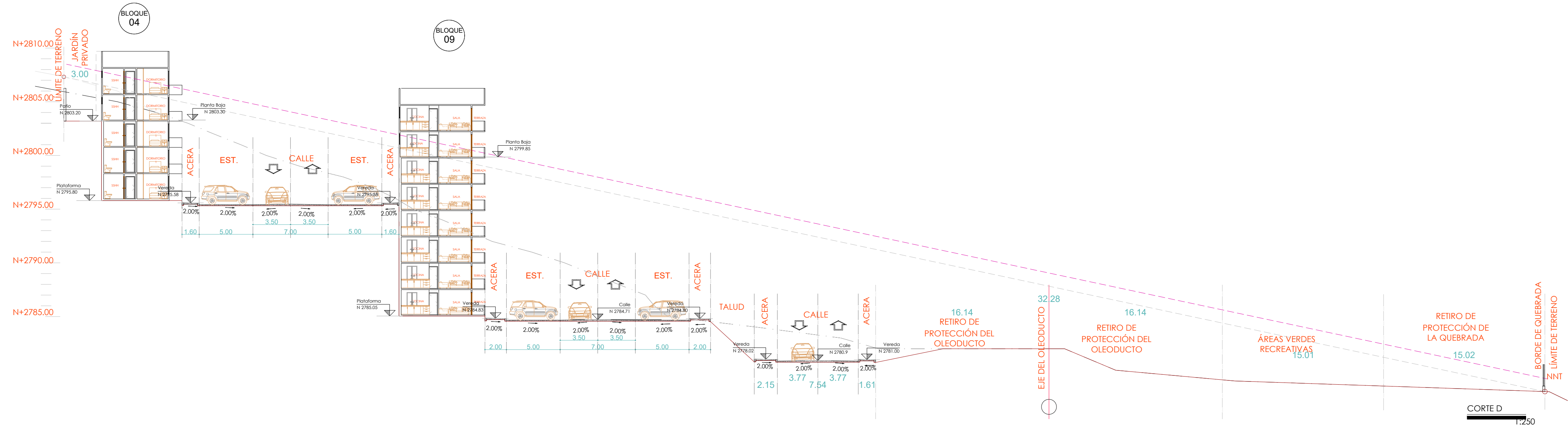
- No tomar medidas directamente sobre el plano
- No hacer modificaciones a los planos sin la autorización de los arquitectos encargados.
- Este plano anula los anteriores a la fecha.
- Verificar y confirmar medidas e niveles en obra.
- En caso de diferencia con los planos estructurales, prima planos arquitectónicos.
- Para mayor información ver planos de detalles.

PROYECTO: BALCONES DEL CHAMIZAL			
NOMBRE DEL PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA. LTDA.			
CLAVE CATASTRAL: 21702 06 010		No PREDIO: 5604505	
ZONA ADMINISTRATIVA: LOS CHILLOS		PARROQUIA: CONOCOTO	
CONTIENE: PLANO		PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA.	
PROFESIONAL RESPONSABLE:		REPRESENTANTE LEGAL:	
LÁMINA: # /21	ESCALA: ESCALA	FECHA: 20/02/2023	A1

SELLOS MUNICIPALES:

ANEXO 4

CORTE TRANSVERSAL 2



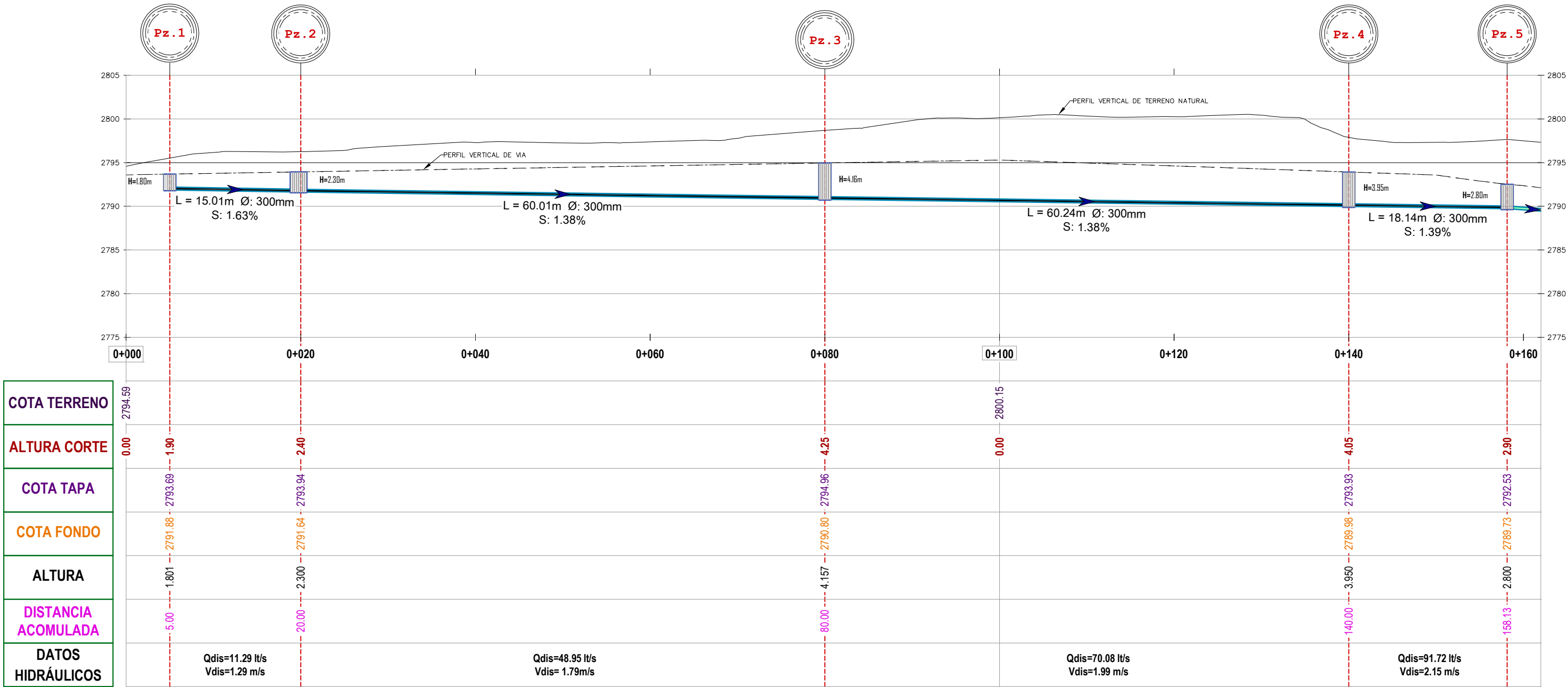
Notas importantes
-No tomar medidas directamente sobre el plano
-No hacer modificaciones a los planos sin la autorización de los arquitectos encargados.
-Este plano anula los anteriores a la fecha.
-Verificar y confirmar medidas e niveles en obra.
-En caso de diferencia con los planos estructurales, prima planos arquitectónicos.
-Para mayor información ver planos de detalles.

PROYECTO: BALCONES DEL CHAMIZAL			
NOMBRE DEL PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA. LTDA.			
CLAVE CATASTRAL: 21702 06 010		No PREDIO: 5604505	
ZONA ADMINISTRATIVA: LOS CHILLOS		PARROQUIA: CONOCOTO	
CONTIENE: PLANO		PROPIETARIO: JARDINES DEL CHAMIZA JARDICHAMI CIA.	
PROFESIONAL RESPONSABLE:		REPRESENTANTE LEGAL:	
LÁMINA: # /21	ESCALA: ESCALA	FECHA: 20/02/2023	A1

SELLOS MUNICIPALES:

ANEXO 5

PERFIL TRAMO P1-P5



PERFIL ALC. RED PRINCIPAL

TRAMO Pz.1 – Pz.5

ESC

1:460

PROYECTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

BALCONES DEL CHAMIZAL

CONTIENE:

PERFIL VERTICAL DE RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO

ESTUDIANTES:

BERNARDO MARCELO PINDO LLAGUARIMA
GINA ALICIA ROCHA LICTO

FECHA:

ESCALA:

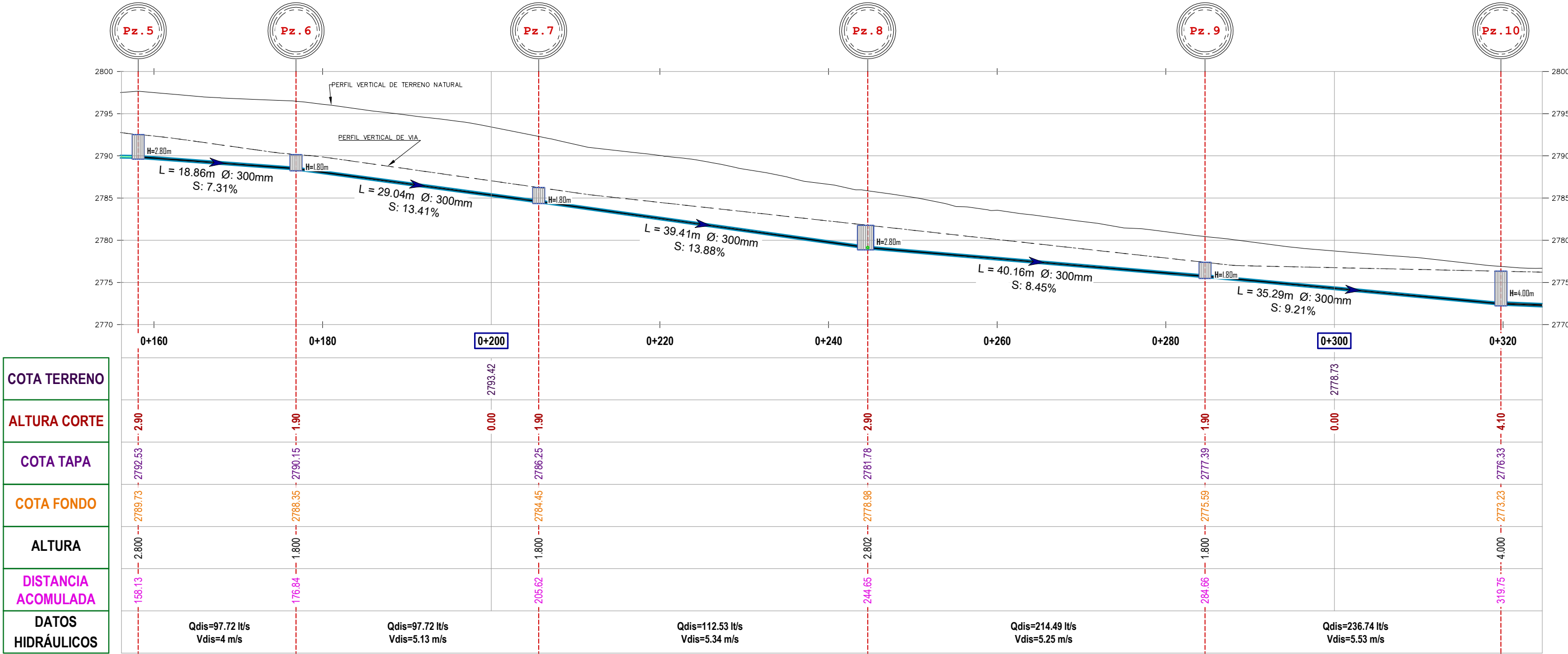
Indicadas

LAMINA:

1 de 5

ANEXO 6

PERFIL TRAMO P5-P10



PERFIL ALC. RED PRINCIPAL

TRAMO Pz.5 — Pz.10

ESC 1:460

PROYECTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

BALCONES DEL CHAMIZAL

CONTIENE:

PERFIL VERTICAL DE RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO

ESTUDIANTES:

BERNARDO MARCELO PINDO LLAGUARIMA
GINA ALICIA ROCHA LICTO

FECHA:

ESCALA:

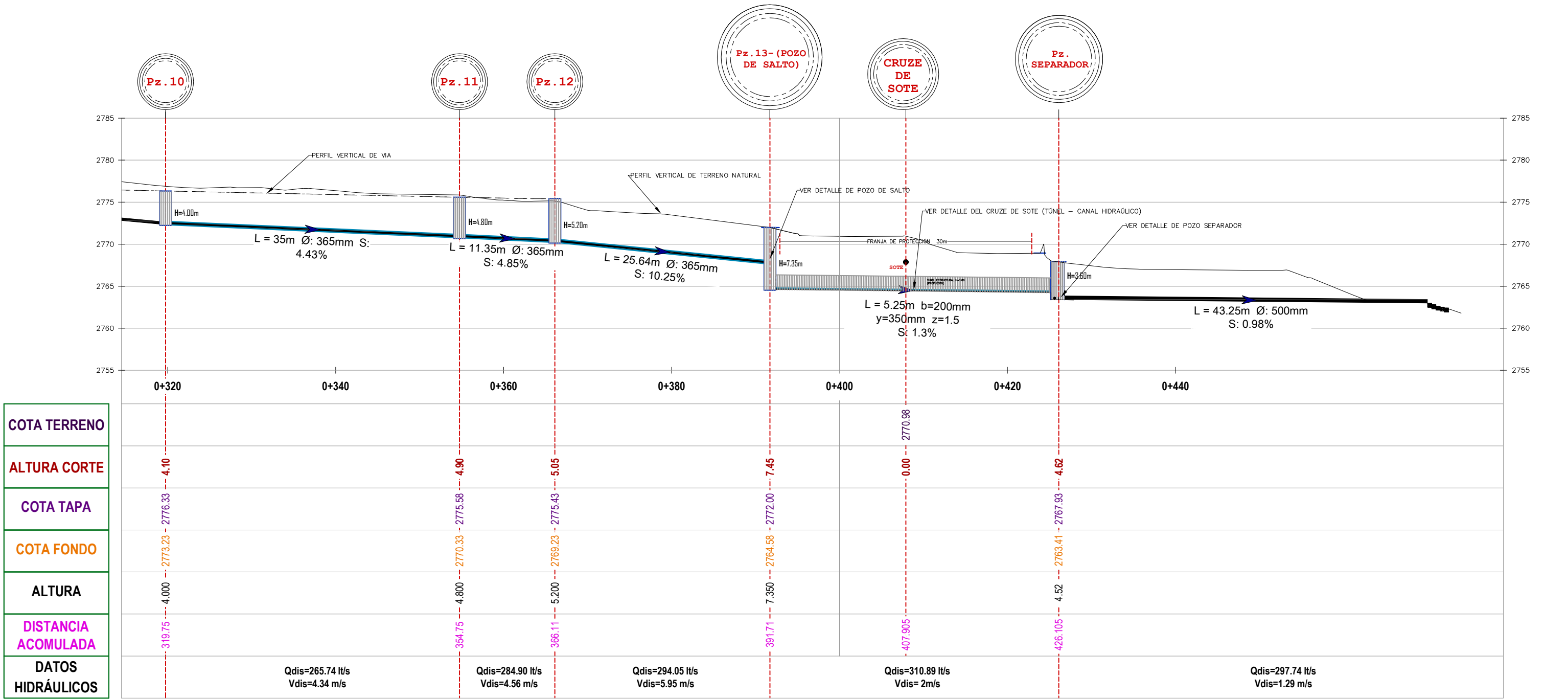
Indicadas

LAMINA:

2 de 5

ANEXO 7

PERFIL TRAMO P10-Descarga



PERFIL ALC. RED PRINCIPAL

TRAMO Pz.10–DESCARGA

ESC

1:460

PROYECTO DE TITULACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
BALCONES DEL CHAMIZAL

CONTIENE:
PERFIL VERTICAL DE RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO

ESTUDIANTES: BERNARDO MARCELO PINDO LLAGUARIMA
GINA ALICIA ROCHA LICTO

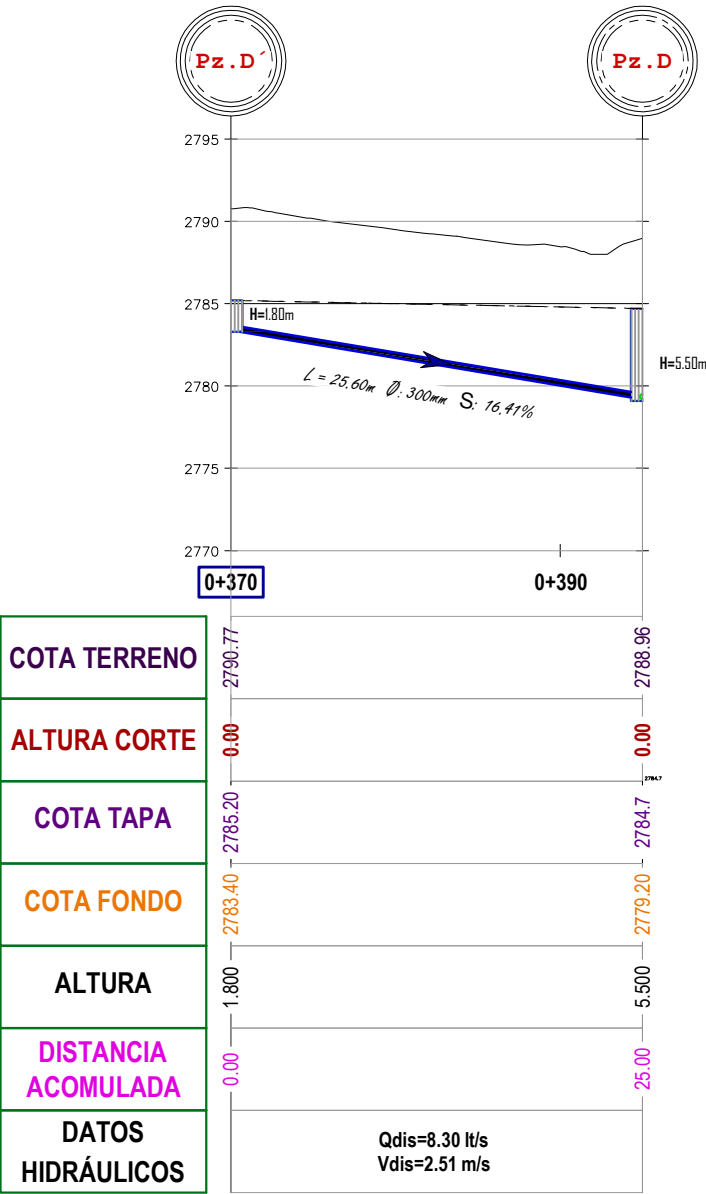
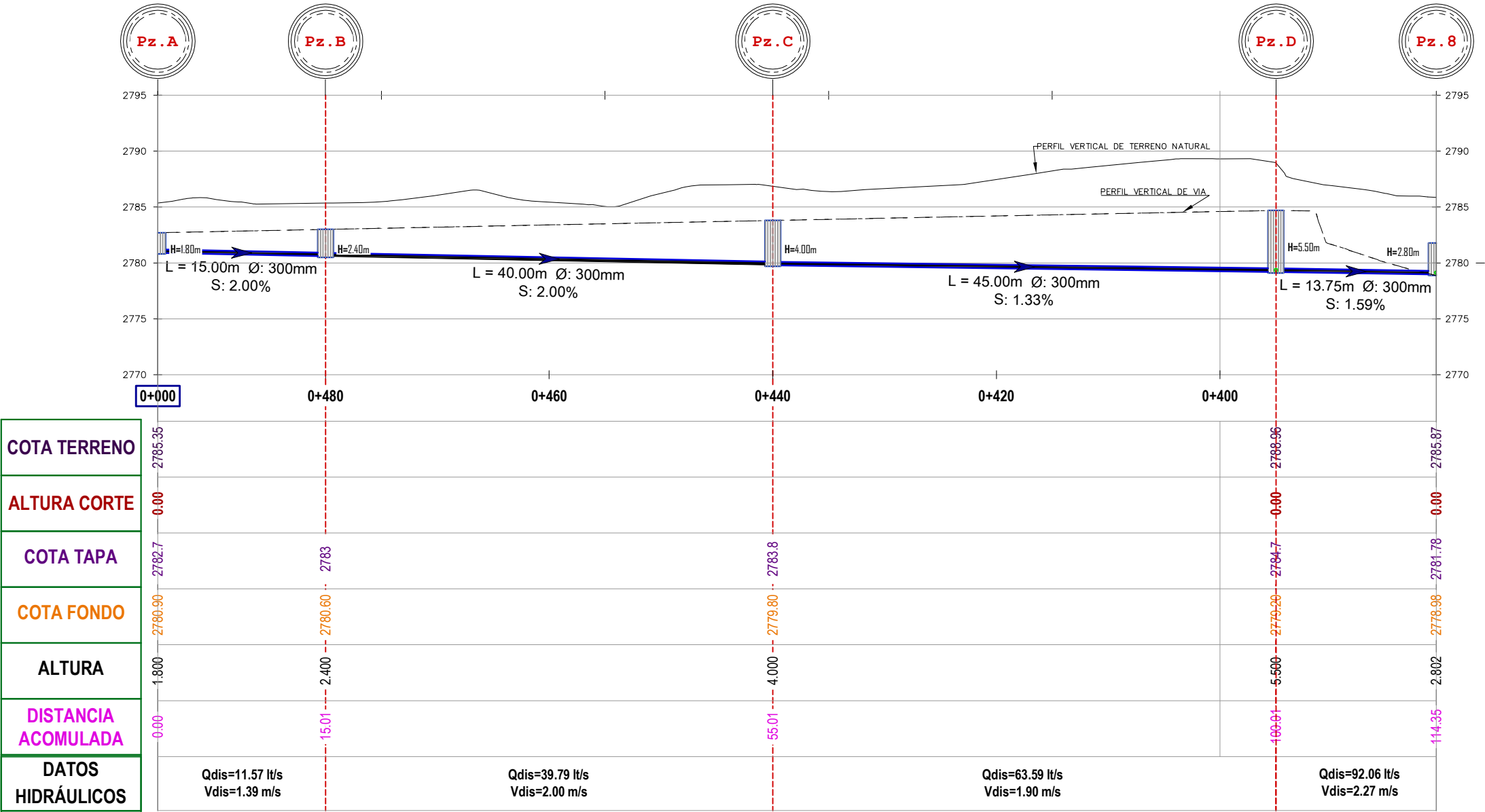
FECHA:

ESCALA:
Indicadas

LAMINA:
3 de 5

ANEXO 8

PERFIL TRAMO PA-P8



PERFIL ALC. RED SECUNDARIA

PERFIL ALC. RED SECUNDARIA

TRAMO Pz.A – Pz.8
ESC 1:460

TRAMO Pz.D’ – Pz.D
ESC 1:460

PROYECTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

BALCONES DEL CHAMIZAL

CONTIENE:

PERFIL VERTICAL DE RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO

ESTUDIANTES:

BERNARDO MARCELO PINDO LLAGUARIMA
GINA ALICIA ROCHA LICTO

FECHA:

ESCALA:

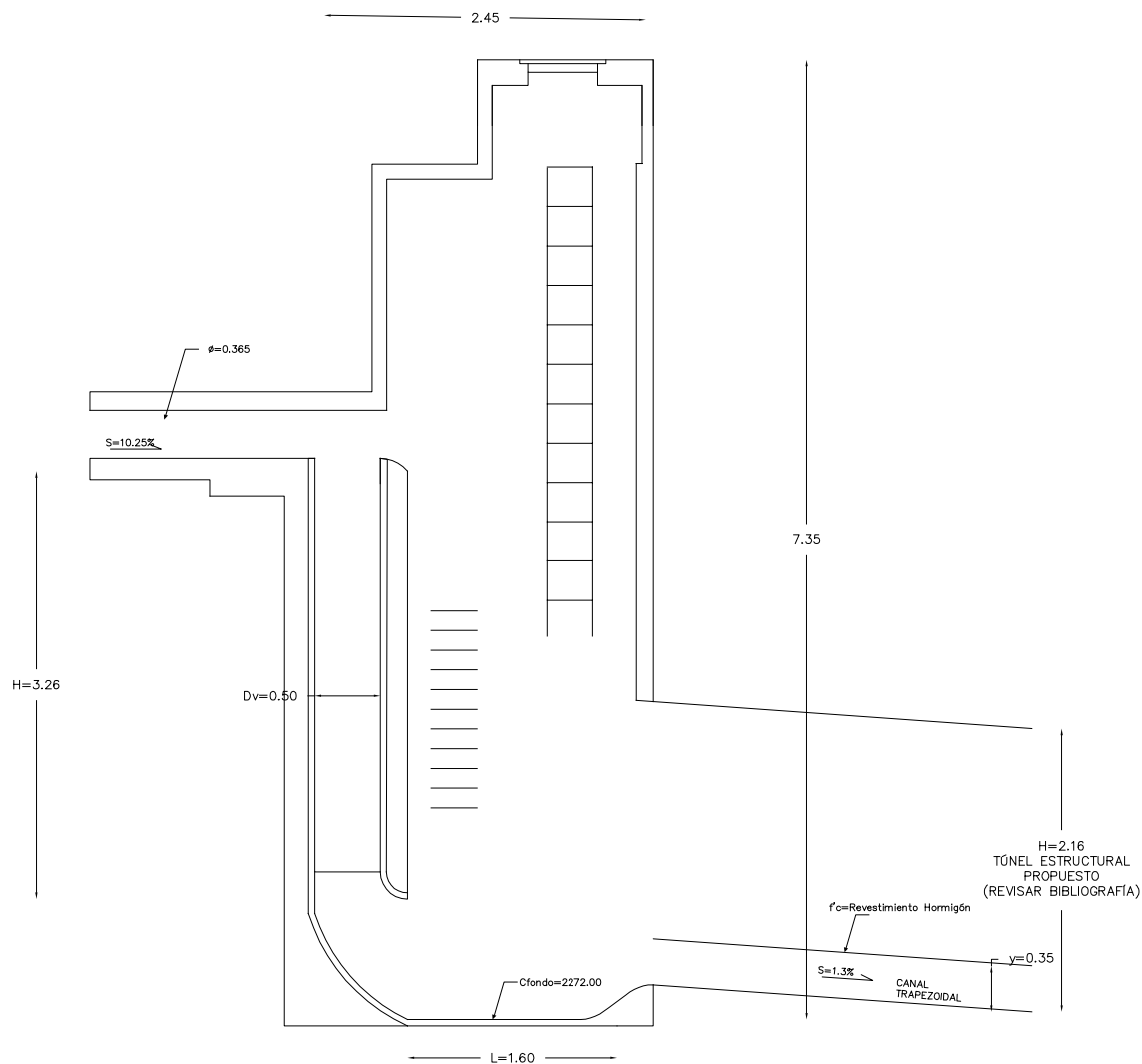
Indicadas

LAMINA:

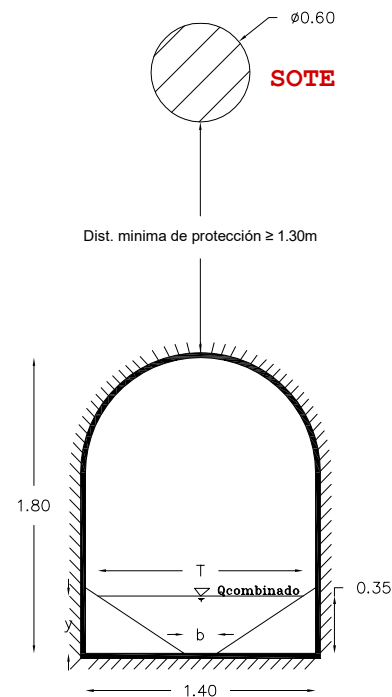
4 de 5

ANEXO 9

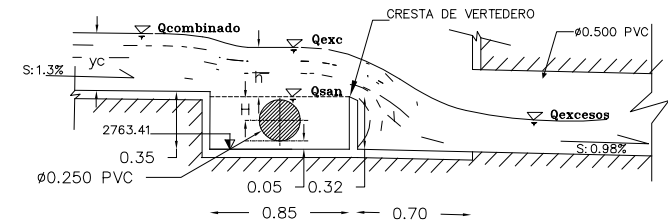
PLANO DE DETALLES DE ESTRUCTURAS ESPECIALES



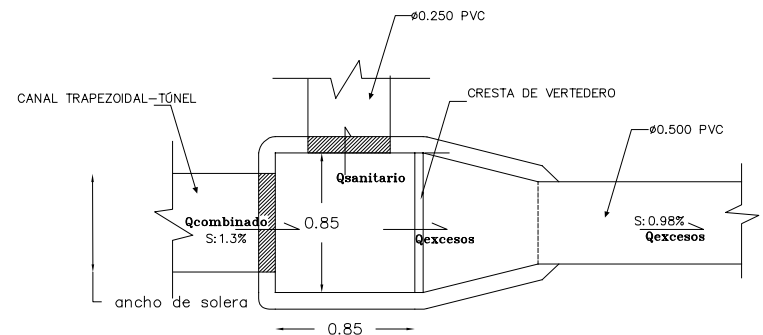
DETALLE TRANSVERSAL
POZO-SEPARADOR DE CAUDALES
ESC 1:0.125



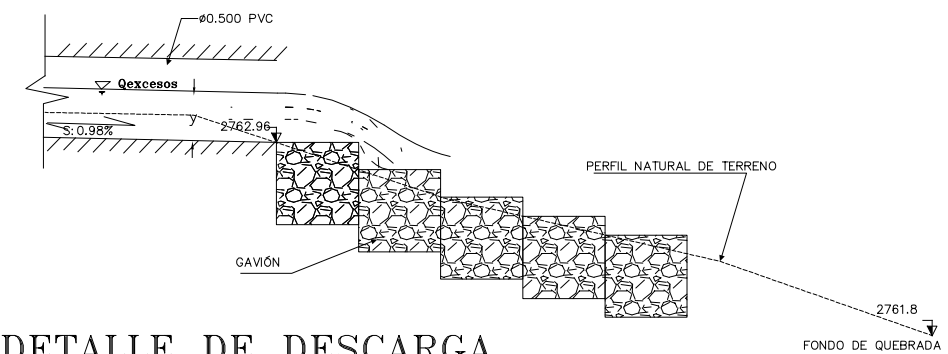
DETALLE TRANSVERSAL
CRUZE DE SOTE
(TÚNEL - CANAL TRAPEZOIDAL)
ESC 1:0.10



DETALLE TRANSVERSAL
POZO-SEPARADOR DE CAUDALES
ESC 1:0.10



VISTA EN PLANTA
POZO-SEPARADOR DE CAUDALES
ESC 1:0.10



DETALLE DE DESCARGA
ESC 1:0.10

SIMBOLOGÍA	
	PENDIENTE (S)
	COTA
ϕ	DIÁMETRO
D	DIÁMETRO DE ENTRADA
H	ALTURA DE CAÍDA MÁXIMA
Dv	DIÁMETRO VERTICAL DEL TUBO
L	LONGITUD DE CÁMARA
B	ANCHO DE CÁMARA

PROYECTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:
BALCONES DEL CHAMIZAL

CONTIENE: DETALLES DE ESTRUCTURAS ESPECIALES, SALTO,
CRUZE DE SOTE Y DE DESCARGA

ESTUDIANTES: BERNARDO MARCELO PINDO LLAGUARIMA
GINA ALICIA ROCHA LICTO

FECHA:

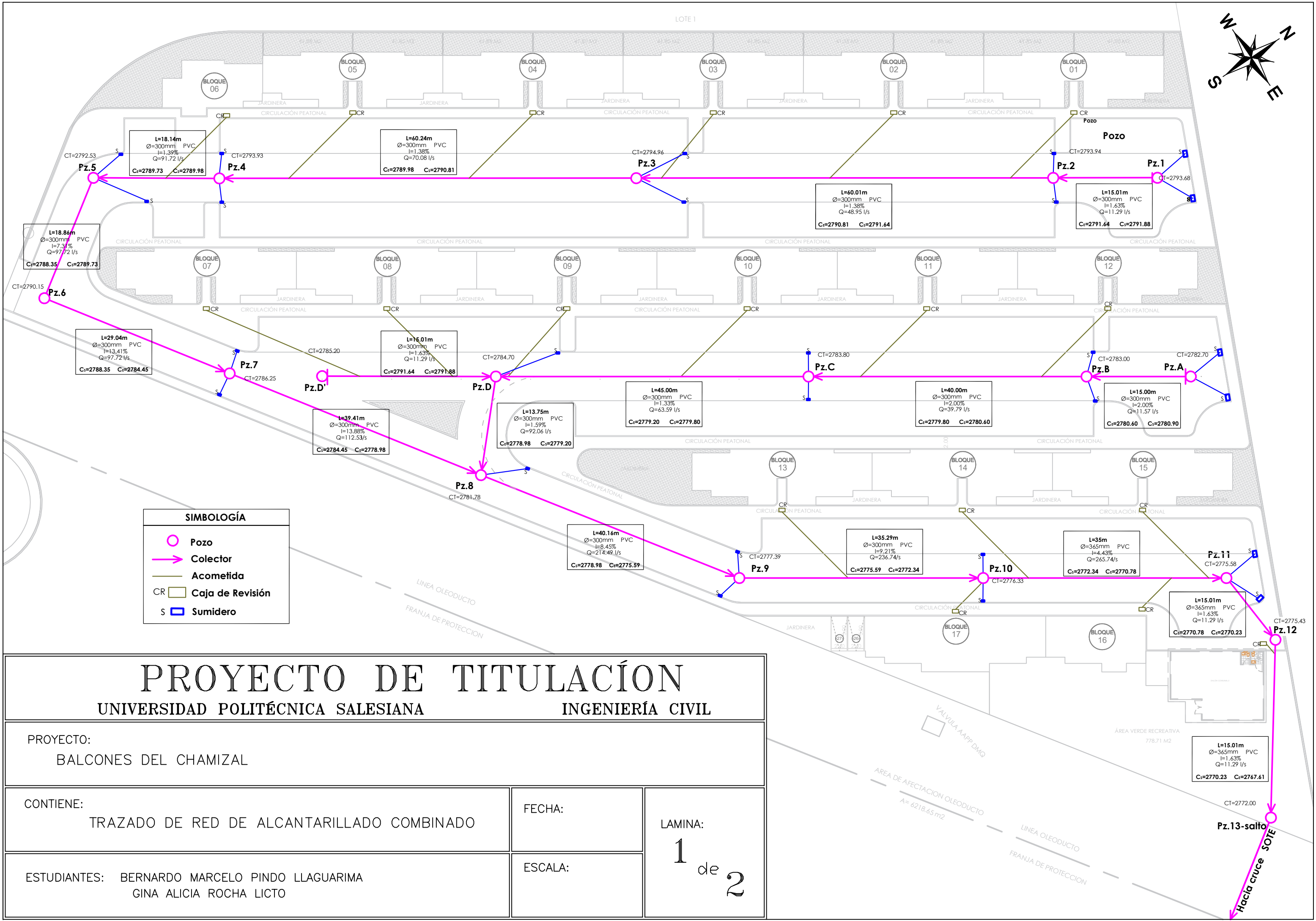
ESCALA:
Indicadas

LAMINA:

5 de 5

ANEXO 10:

TRAZADO DE POZOS





ANEXO 11:

**ESTUDIO DEL CAUDAL DE
AGUAS LLUVIAS PARA EL
CONJUNTO HABITACIONAL
“TERRAZAS DEL
CHAMIZAL”**

4.6.3 CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS

Las normas de la EPMAPS y la Norma INEN CO-10.7.601 definida por la Subsecretaría de Servicios de Agua Potable y Saneamiento de la SENAGUA, establecen que para el escurrimiento superficial de cuencas tributarias de hasta 100 Ha, se puede utilizar el método racional.

En vista que los sistemas no superan las 100 Ha, por su sencillez de cálculo, los aportes de aguas lluvias se determinan mediante la aplicación del método racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36}$$

En donde:

- Q: Caudal superficial directo máximo (l/s)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad media de lluvia (mm/h)
A: Área contribuyente (Ha)

4.6.3.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía expresa la relación entre la altura máxima de escorrentía y la altura máxima de precipitación, el mismo que está definido básicamente por el tipo de cobertura superficial del terreno y su declive natural.

Para el análisis y selección de este parámetro, se parte de los coeficientes de escorrentía definidos en la literatura técnica, para lo cual se ha recopilado algunos valores de coeficientes de escorrentía de acuerdo al tipo de cobertura superficial, cuyos valores se presentan en el cuadro que se indica a continuación.

Cuadro 4.1: Coeficientes de escorrentía según el tipo de cobertura superficial

Descripción de la cobertura superficial	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Vías asfaltadas *	0.70	0.95
Vías adoquinadas, con juntas de cemento *	0.70	0.85
Vías empedradas **	0.25	0.40
Vías lastradas **	0.15	0.30
Cubiertas de viviendas *	0.75	0.95
Parques, jardines, cultivos **	0.10	0.20

Fuente: (*) Tabla 3.1, Hidrología Urbana, Agustín Breña, 2003. (**) Tablas 1 y 2, Norma Técnica para diseño de Sistemas de Alcantarillado, Bolivia, 2001.

Por otra parte, las Normas de la EPMAPS para el área urbana, recomiendan como coeficiente de escurrimiento "C", los valores que se indica en el cuadro a continuación:

Cuadro 4.2: Coeficientes de escorrentía para el área urbana

Descripción del área	Coeficiente de escorrentía
Negocios	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75

4.6.3 CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS

Las normas de la EPMAPS y la Norma INEN CO-10.7.601 definida por la Subsecretaría de Servicios de Agua Potable y Saneamiento de la SENAGUA, establecen que para el escurrimiento superficial de cuencas tributarias de hasta 100 Ha, se puede utilizar el método racional.

En vista que los sistemas no superan las 100 Ha, por su sencillez de cálculo, los aportes de aguas lluvias se determinan mediante la aplicación del método racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36}$$

En donde:

- Q: Caudal superficial directo máximo (l/s)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad media de lluvia (mm/h)
A: Área contribuyente (Ha)

4.6.3.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía expresa la relación entre la altura máxima de escorrentía y la altura máxima de precipitación, el mismo que está definido básicamente por el tipo de cobertura superficial del terreno y su declive natural.

Para el análisis y selección de este parámetro, se parte de los coeficientes de escorrentía definidos en la literatura técnica, para lo cual se ha recopilado algunos valores de coeficientes de escorrentía de acuerdo al tipo de cobertura superficial, cuyos valores se presentan en el cuadro que se indica a continuación.

Cuadro 4.1: Coeficientes de escorrentía según el tipo de cobertura superficial

Descripción de la cobertura superficial	Coeficiente de escorrentía	
	Mínimo	Máximo
Vías asfaltadas *	0.70	0.95
Vías adoquinadas, con juntas de cemento *	0.70	0.85
Vías empedradas **	0.25	0.40
Vías lastradas **	0.15	0.30
Cubiertas de viviendas *	0.75	0.95
Parques, jardines, cultivos **	0.10	0.20

Fuente: (*) Tabla 3.1, Hidrología Urbana, Agustín Breña, 2003. (**) Tablas 1 y 2, Norma Técnica para diseño de Sistemas de Alcantarillado, Bolivia, 2001.

Por otra parte, las Normas de la EPMAPS para el área urbana, recomiendan como coeficiente de escurrimiento "C", los valores que se indica en el cuadro a continuación:

Cuadro 4.2: Coeficientes de escorrentía para el área urbana

Descripción del área	Coeficiente de escorrentía
Negocios	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75

4.6.3.2 Intensidad de lluvia

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, se utiliza la fórmula ajustada y actualizada en el estudio de "Curvas intensidad-Duración-Frecuencia de Principales Estaciones Pluviográficas de Quito", correspondiente a la Estación DAC Aeropuerto, que tiene la siguiente expresión.

$$I = \frac{39.9 \cdot T^{0.09}}{t^{1.93}} * [\ln(t+3)]^{5.38} * (\ln T)^{0.11}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

ln = Logaritmo natural.

T = Período de retorno en años.

t = tiempo (minutos) de concentración de la lluvia más tiempo de recorrido = (tc + tf = t)

tc = tiempo de concentración, el inicial mínimo 12 minutos o el calculado con fórmula:

$$t_c = \frac{0.0195 * L^{1.155}}{(Dif. nivel)^{0.385}}$$

y, para tiempo de recorrido:

$$t = \frac{1}{60} * \sum \left(\frac{L_i}{V_i} \right);$$

L = Li = Longitud del Colector (m)

Vi = Velocidad en el colector (m/s)

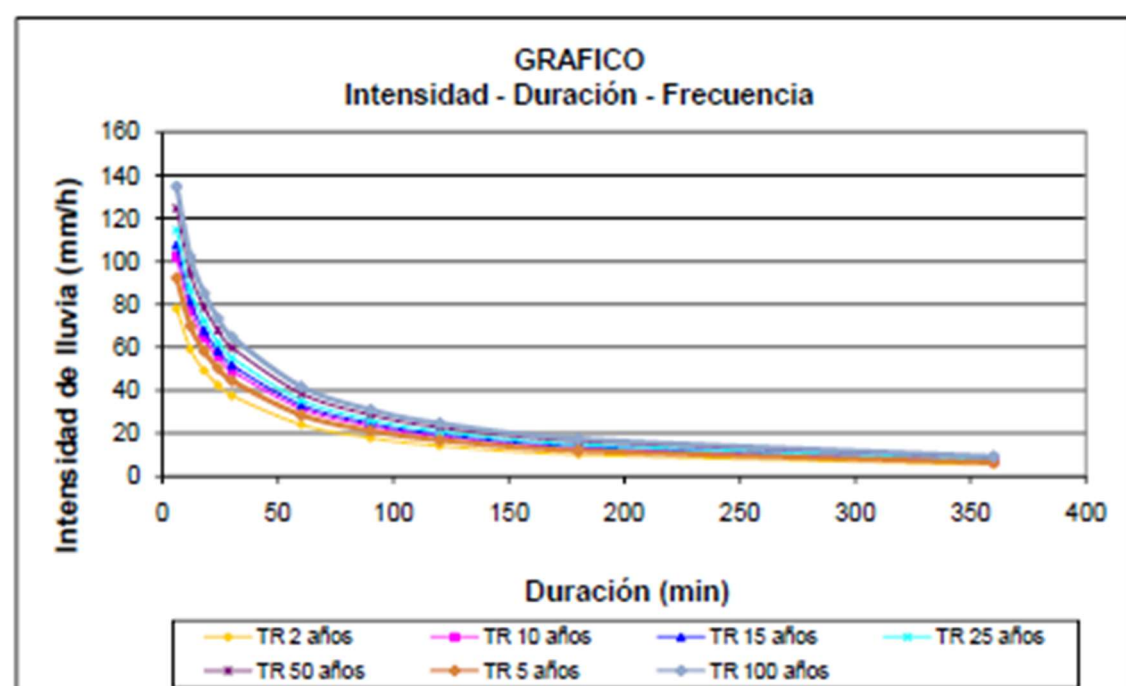
El tiempo de concentración inicial depende básicamente de factores como: la distancia que debe recorrer el escurrimiento superficial hasta llegar a los colectores, el declive del terreno y su tipo de cobertura. Para el caso de zonas urbanizables, se adopta el tiempo mínimo de tc= 12 minutos, con lo cual se tiene un margen de seguridad en el diseño.

En los siguientes cuadro y figura, se presenta la información sobre las intensidades de lluvia correspondientes a la ecuación IDF adoptada.

Cuadro 4.3: Valores de Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno

Período de retorno (años)	Intensidad de lluvia (mm/h)									
	Duración (min)									
	6	12	18	24	30	60	90	120	180	360
2	78.04	59.11	49.18	42.49	37.55	24.14	17.93	14.28	10.15	5.39
5	92.26	69.89	58.14	50.23	44.39	28.54	21.20	16.89	12.00	6.37
10	101.88	77.17	64.20	55.47	49.02	31.52	23.41	18.65	13.26	7.03
15	107.47	81.40	67.72	58.51	51.71	33.25	24.69	19.67	13.98	7.42
25	114.58	86.79	72.21	62.38	55.13	35.45	26.33	20.97	14.91	7.91
50	124.52	94.32	78.47	67.79	59.91	38.52	28.61	22.79	16.20	8.59
100	134.88	102.17	85.00	73.43	64.90	41.73	30.99	24.69	17.55	9.31

Figura 4.1: Curvas de Intensidad de lluvia para diferentes periodos de retorno



ANEXO 12:

Informe para Intervención del Cruce de Vía

INFORME TÉCNICO PARA AUTORIZACIÓN DE INTERVENCIÓN AL DERECHO DE VÍA DEL SISTEMA DE OLEODUCTO TRANSECUATORIANO Y POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO

1. UBICACIÓN

El cruce se encuentra ubicado en el barrio del Chamizal, sector de Conocoto, calle Princesa Toa en Quito-Ecuador, y comprende dentro de las etapas del plan general de la urbanización llamado Jardines del Chamizales, el cruce tiene incidencia a los lotes 1 - 2 - 3 y 4 de la subdivisión aprobada mediante informe CH-CE-499 del 2004-08-27, el sector se encuentra a una altura de 2845 msnm en su lado nororiental y 2795 msnm en su lado suroccidental.



Ilustración 1 Ubicación



Ilustración 2 Fraccionamiento



Ilustración 3 Implantación del cruce

En el fraccionamiento original, la calle que se plantea sirve como conexión para los cuatro primeros lotes de Chamizal.

2. ANTECEDENTES

- Con fecha 18 de agosto del 2015 el ingeniero Juan Buitrón técnico de la compañía JARDINES DEL CHAMIZAL JARDICHAMI CIA.LTDA. EN LIQUIDACIÓN mediante oficio solicita la autorización y los parámetros de diseño para realizar el Ddv del oleoducto para terminar el último con tramo de la calle del fraccionamiento aprobado por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito en el año 2004.
- Con fecha 04 de septiembre del 2015 se realiza la primera inspección técnica, donde se revisa los puntos y alturas del oleoducto en la zona donde va a ser implantado el cruce, según informe No. 38-DCTH-TA-2015 emitido por la dirección de control técnico de hidrocarburos coordinación de transporte y almacenamiento de hidrocarburos, el punto donde se realiza el análisis es el +242 +232, el cual según el informe se encuentra a 2,80 m de profundidad, y "NO NECESITA EMBAULAMIENTO" debido a la profundidad del ducto, ya que según las normas API en el inciso 4 menciona que se requiere embaulamiento en el caso que la tubería cruce a 1.20 o menos metros de profundidad.
- Con fecha 21 de septiembre del 2015 mediante oficio No. 26234-TOL-SMD-LDV-2015 la empresa Petroecuador se pronuncia recomendando la NEGATIVA del cruce de vía ya que la calle pública en el tramo A con una cuchara de retorno, contraviene el Decreto Supremo No. 616 publicado en el Registro Oficial No. 584 del 28 de junio de 1974 ya que esta se encuentra completamente paralela al eje del oleoducto, y se recomienda que se realicen los rediseños correspondientes para poder solicitar un paso de vía de forma perpendicular al eje de la tubería.
- El 30 de septiembre del 2015, mediante oficio Nro. ARCH-DCTH-2015-0251-OF recibimos la negativa al cruce de vía por parte de la Agencia de Regulación de Hidrocarburos tomando en consideración todos los puntos emitidos por Petroecuador en el informe No. 26234-TOL-SMD-LDV-2015.
- Una vez obtenida toda la información correspondiente, y realizar los análisis para el nuevo diseño del cruce de la vía, con fecha 19 de agosto del 2021 La arquitecta Andrea Vanessa Muñoz técnico de la compañía JARDINES DEL CHAMIZAL JARDICHAMI CIA.LTDA. EN LIQUIDACIÓN realiza nuevamente el ingreso para solicitar una intervención al derecho de vía con número de ingreso Nro. ARCERNNR-SG-2021-10109-EX.
- Como respuesta el 21 de agosto del 2021 se realiza una nueva inspección donde se revisan los puntos de cruce para determinar las protecciones de la tubería. Según informe Nro. ARCH-DDV-052-DTAMH-2021, Los puntos que se revisan son del SOTE +242+000 y PSHQ el +297+400 donde se determina que el paso de la tubería se encuentra a 2,70 y 1,30 m respectivamente del suelo, en este caso en el informe no se especifica el tipo de protección que debe tener la tubería.
- El 20 de septiembre del 2021, se nos emite oficialmente la información para continuar con los diseños para el cruce de vía, con oficio Nro. ARCERNNR-DTAMH-2021-0960-OF se emiten los diseños del cerramiento desmontable para los primeros puntos y del EMBAULAMIENTO para los puntos del cruce de vía. Así mismo la siguiente nota: "Es importante aclarar, que, si se presenta

otra alternativa de protección distinta a los modelos remitidos, ésta deberá contar con la respectiva memoria de cálculo para la posterior validación del personal técnico de EP Petroecuador”.

- El 22 de febrero del 2023 se realizó el ingreso para la Autorización de intervención al derecho de vía del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Poliducto Shushufindi – Quito, en el cual se adjuntaron los datos y los estudios realizados para el cruce de la vía.
- El 10 de marzo del 2023 se realiza una inspección nuevamente para verificar los datos del cruce la ubicación y realizar una mesa de trabajo con los representantes tanto de Petroecuador para el SOTE y el poliducto como de la ARCH y llegar a los acuerdos finales, todo se resume en el acta de inspección No. ARCERNNR-DDV-0007-DJAMI-2023
- El 11 de abril del 2023 la Agencia de hidrocarburos responde con respecto a las observaciones y cambios que se requiere para la aprobación, con Oficio Nro. ARCERNNR-DTAMH-2023-0337-OF

3. RECOMENDACIONES EMITIDAS POR PETROECUADOR:

Con el Oficio Nro. PETRO-POT-SPT-IPO-SHQ-2023-0005-O, de 20 de marzo de 2023, la Intendencia del Poliducto Shushufindi Quito determina que:

- a. El cerramiento debe ser totalmente removible, con dos puertas abatibles de 4 metros cada una, a fin de que las mismas permitan el ingreso del personal y maquinaria pesada para los mantenimientos preventivos y correctivos de la tubería.
- b. Con respecto al cruce vehicular en el PK. 297+400, la tubería del Poliducto Shushufindi Quito se encuentra a 1.70 metros de profundidad, por lo que se debe colocar material a una altura de 1.70 metros, y con esto quedaría la tubería a 3.40 metros de profundidad.
- c. Además, para una adecuada protección se debe colocar una alcantarilla metálica mínimo de 24 pulgadas de diámetro, la cual serviría como una camisa; entre la línea y la alcantarilla se debe colocar arena; una vez que este colocado el material sobre la tubería se debe colocar adoquín y bordillos removibles.

Mediante el Oficio Nro. PETRO-TOL-SMD-2023-0038-O, de 31 de marzo de 2023, la Superintendencia de Mantenimiento de Línea y Derecho de Vía del Oleoducto Transecuatoriano, basada en el acta de inspección ha realizado las siguientes observaciones:

- d. Actualizar las profundidades de las tuberías del SOTE y Poliducto, de acuerdo a las medidas tomadas durante la inspección en campo.
- e. Incorporar los detalles constructivos de cunetas, aceras o bordillos los cuales deberán ser instalados con elementos prefabricados, a fin de que, en caso de intervención en el sitio por cuestiones de mantenimiento de la tubería, se facilite el retiro de los mismos y su posterior reubicación.
- f. La vía será de uso exclusivo para tráfico liviano, por lo que se construirá un rompe velocidades.
- g. Durante la fase de construcción de la Urbanización, a fin de disminuir esfuerzos en la tubería del SOTE por el paso de maquinaria pesada. Se requerirá que el constructor instale a su costo, losetas de protección fabricadas en hormigón armado, cuyo detalle se encuentra adjunto al presente documento.

- h. El cerramiento debe ser totalmente removible en los 30 metros de ancho del derecho de vía, con dos puertas abatibles de 4 metros cada una, a fin de que las mismas permitan el ingreso de personal y maquinaria pesada para los mantenimientos preventivos y correctivos de la tubería.

En virtud de obtener el mejor resultado tanto para la protección de las tuberías como para los recursos de la compañía JARDINES DEL CHAMIZAL JARDICHAMI CIA.LTDA. EN LIQUIDACIÓN, se detalla a continuación el análisis técnico de la propuesta de:

- Diseño de un cerramiento de malla removible.
- Mejoramiento del suelo en área de cruce de vía sobre faja de protección del SOTE con una capa piedra Molón y coco o bola.
- El diseño de la alcantarilla metálica mínimo de 24 pulgadas de diámetro para el POLIDUCTO
- Diseño y detalles constructivos de las cunetas, aceras y bordillos removibles.
- Losetas de protección fabricadas en hormigón armado para la fase de construcción.

En base al estudio de suelos y de la norma API 1102 y los modelos de Cornell para el cruce de autopistas sobre líneas de conducción de hidrocarburos. Hay que tener en consideración que la carga admisible del suelo según el estudio de suelos realizado en los lotes y 2 puntos en la vía de cruce del oleoducto determinan que es de 26 T/m²

4. ANÁLISIS TÉCNICO NORMATIVO

REGISTRO OFICIAL N° 584 de 28/JUN/74, DECRETO SUPREMO N.° 616, GENERAL GUILLERMO RODRÍGUEZ LARA, presidente de la República

CONSIDERANDO Que el transporte de hidrocarburos es un servicio público que, al ser materia de utilidad así mismo pública, según lo previsto en el Art. 4 de la vigente Ley de Hidrocarburos, conlleva la imposición de limitaciones al dominio, a título de servidumbre legales, generales y especiales, no previstas en el Código Civil, para garantizar su cabal funcionamiento y su plena seguridad: y. En uso de las facultades de que se halla investido.

DECRETA: Art. 1.- Imponerse a título de servidumbre legal y con el carácter de gratuitas, las siguientes limitaciones de dominio sobre los terrenos que dan acceso al oleoducto Lago Agrio-Esmeraldas, en virtud de las cuales queda prohibido en una extensión de 15 metros a cada lado del oleoducto Lago Agrio-Esmeraldas:

- a). - Ejecutar cualquier obra que obstaculice el libre tránsito de los funcionarios, empleados y obreros que tengan a su cargo el cuidado y, operación, y mantenimiento del oleoducto, así como el traslado de los equipos, implementos y materiales indispensables para tal efecto;
- b). - Edificar inmuebles y levantar campamentos permanentes o temporales;
- c). - Sembrar árboles cuyo desarrollo normal sobrepase tres metros de altura;

d). - Abrir, calles, caminos, vías férreas y carrozables que crucen la línea del oleoducto, a menos que se cumplan las normas ANSI, API y ASTM para cruce de oleoductos y se obtenga autorización del Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos

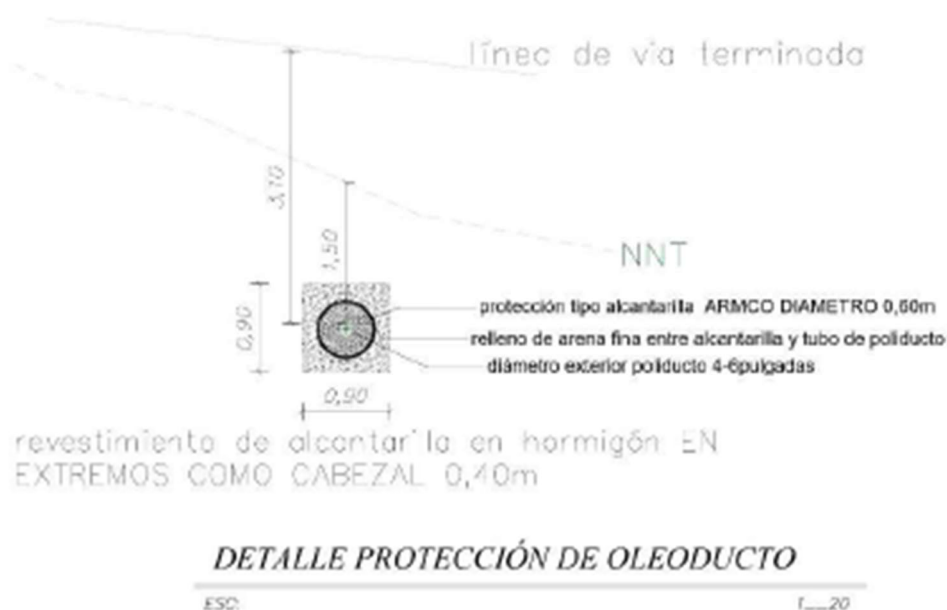
b. Alcantarilla y diseño de la calle

Debido a que la afectación se da por el cruce del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano y Poliducto Shushufindi – Quito, cada tubería tiene dimensión y ubicaciones distintas, a continuación, se muestra el corte en detalle de cómo se conforma el sistema.



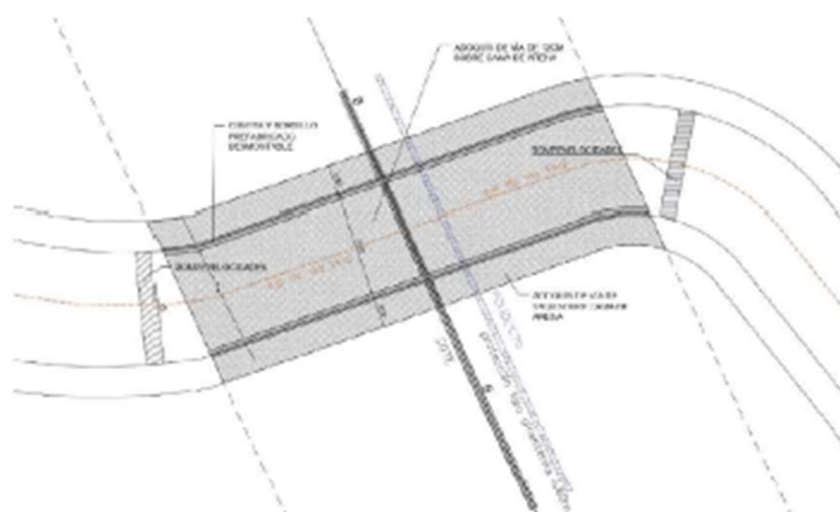
d. Protección tipo alcantarilla

Para el Poliducto Shushufindi – Quito, se presenta el diseño de una protección tipo alcantarilla, la cual contempla una protección de arena internamente para disminuir la vibración.



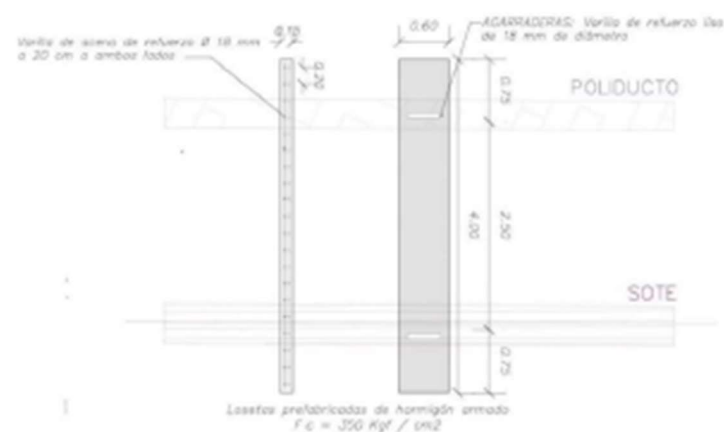
f. Rompe velocidades

Una vez terminado el proceso constructivo, se colocará rompe velocidades a cada lado la calle, el cual tiene como objetivo disminuir la velocidad de la circulación vehicular.



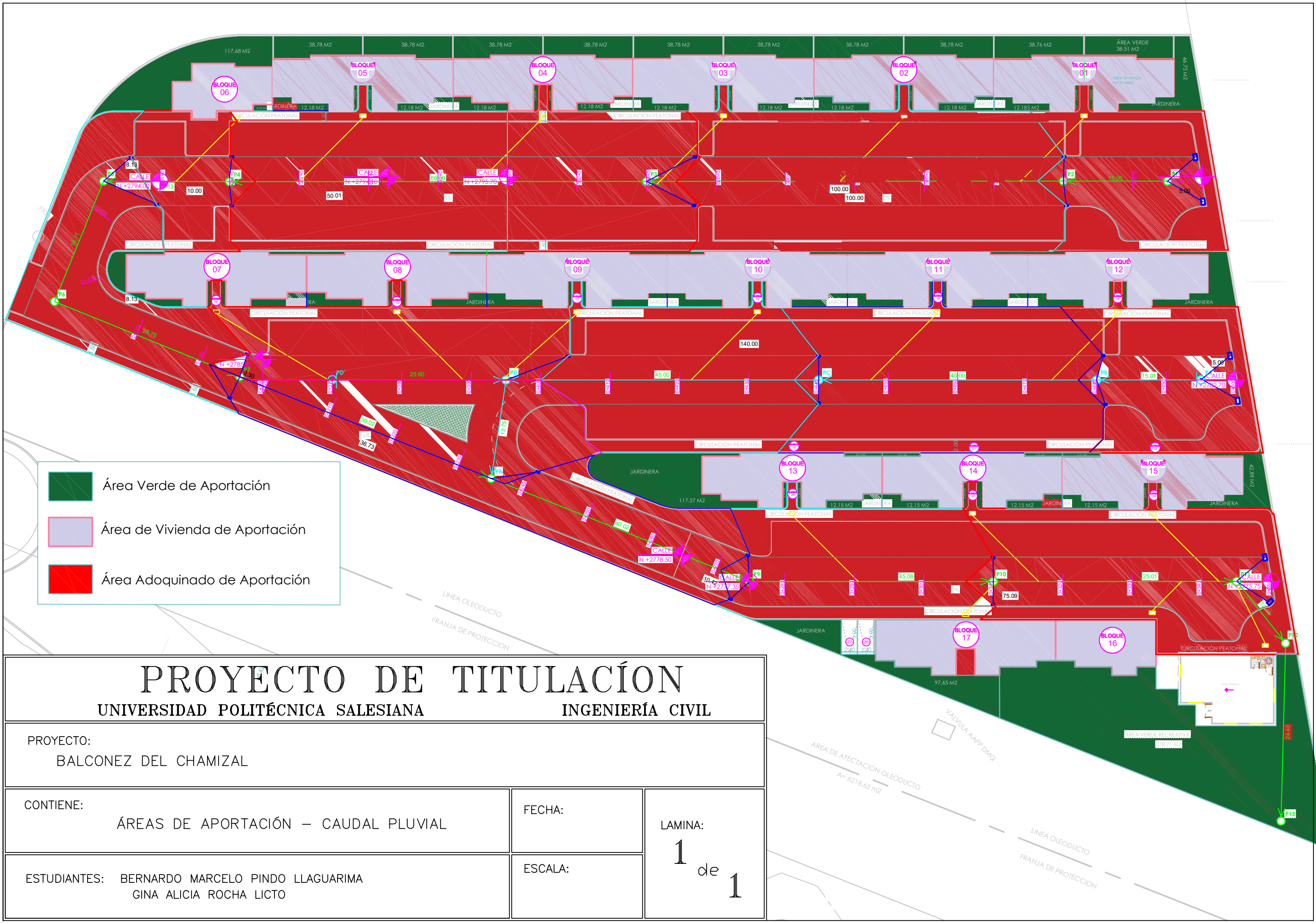
g. Loseta de protección durante el periodo de construcción de las urbanizaciones

Durante el periodo de construcción de las urbanizaciones, se colocará una loseta de hormigón armado para proteger las tuberías del paso de los camiones. Al ser medios de transporte más pesados y que provocan más vibración. El diseño de las losetas de hormigón armado $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ de 15 cm de ancho con varilla de refuerzo de $\phi 0.18$ cada 20 cm.



ANEXO 13:

ÁREAS DE APORTACIÓN



ANEXO 14:

HOJA DE CÁLCULO PARA EL ALCANTARILLADO COMBINADO

Tabla 23
 TRAMO PRINCIPAL PARTE 1

TRAMO PRINCIPAL																							
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																							
TRAMO	POZO N°	L m	A sumid m2	A sumidero Ha	A acum sumidero Ha	Q pluvial acum sumidero (l/s)	A verde m2	A verd Ha	A acum A verde Ha	Q pluvial acum A verde (l/s)	A terraza m3	A terraza Ha	A acum terraza Ha	Q pluvial acum terraza (l/s)	HABITANTES	HABITANTES ACUM	Q DOM (lt/s)	CAUDAL ANEXOS (l/s)	Q DOM diseño (lt/s)	CAUDAL ANEXOS PLUV (l/s)	Q PLUV diseño (lt/s)	CAUDAL DISEÑO l/s	10 % CAUDAL DISEÑO l/s
	P1		475,88	0,05																			
TO1		15,01			0,05	11,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		11,29	11,29	1,13
	P2		1059,23	0,11																			
TO2		60,01			0,15	36,42	353,49	0,04	0,04	3,14	501,93	0,05	0,05	8,93	123,00	123,00	0,46		0,46		48,49	48,95	4,89
	P3		547,20	0,05																			
TO3		60,24			0,21	49,40	212,80	0,02	0,06	5,04	334,62	0,03	0,08	14,88	82,00	205,00	0,76		0,76		69,32	70,08	7,01
	P4		796,76	0,08																			
TO4		18,14			0,29	68,30	120,20	0,01	0,07	6,11	89,98	0,01	0,09	16,48	21,00	226,00	0,84		0,84		90,89	91,72	9,17
	P5		252,62	0,03																			
TO5		18,86			0,31	74,29	0,00	0,00	0,07	6,11	0,00	0,00	0,09	16,48	0,00	226,00	0,84		0,84		96,88	97,72	9,77
	P6		0,00	0,00																			
TO6		29,04			0,31	74,29	0,00	0,00	0,07	6,11	0,00	0,00	0,09	16,48	0,00	226,00	0,84		0,84		96,88	97,72	9,77
	P7		624,28	0,06																			
TO7		39,41			0,38	89,10	0,00	0,00	0,07	6,11	0,00	0,00	0,09	16,48	0,00	226,00	0,84		0,84		111,69	112,53	11,25
→	P8		417,52	0,04																			
TO8		40,16			0,42	99,00	0,00	0,00	0,07	6,11	0,00	0,00	0,09	16,48	0,00	226,00	0,84	1,44	2,27	90,63	212,22	214,49	21,45
	P9		585,69	0,06																			
TO9		35,29			0,48	112,90	234,56	0,02	0,09	8,19	339,91	0,03	0,13	22,53	58,00	284,00	1,05		2,49		234,25	236,74	23,67
	P10		597,76	0,06																			
TO10		35			0,54	127,08	716,81	0,07	0,16	14,57	434,62	0,04	0,17	30,26	194,00	478,00	1,77		3,21		262,54	265,74	26,57
	P11		807,59	0,08																			
TO11		11,35			0,62	146,23	0,00	0,00	0,16	14,57	0,00	0,00	0,17	30,26	0,00	478,00	1,77		3,21		281,69	284,90	28,49
	P12		0,00	0,00																			
TO12		25,64			0,62	146,23	716,81	0,07	0,24	20,95	153,33	0,02	0,19	32,99	11,00	489,00	1,81		3,25		290,80	294,05	29,40
	P13		0,00	0,00																			
TO10		0			0,62	146,23	716,81	0,07	0,31	27,32	588,35	0,06	0,24	43,46	0,00	489,00	1,81		3,25		307,64	310,89	31,09

Tabla 24
 TRAMO PRINCIPAL PARTE 2

TRAMO PRINCIPAL																									
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																									
TRAMO	POZO N°	D	I 0/00	n Manning	TUBERIA LLENA		DATOS HIDRAULICOS													COTAS					
					V II m/s	QLL l/s	Qd/Q	Qd/Q %	10% Qd/Q	Vdiseño m/s	Vmin m/s	Calado Y (m)	V crítica m/s	Y crítico Yc (m)	YC/D m		Froude Fr	Radio Hidráulico (m)	Esfuerzo TRACTIVO (kg/m2)	TAPA msnm	PROYECTO msnm		Hpozo (m)	Salto (m)	Entrada - Salida
	P1																			2793,685	2791,885	1,50	1,80		PS
TO1		300	1,63	0,011	2,07	125	0,090	9,015	0,9015	1,2899	0,6755	0,0270	0,52	0,05	0,54	OK	2,50	0,08	0,123						
	P2																			2793,94	2791,64	2,00	2,30	0,00	PE
																				2793,94	2791,64		2,30		PS
TO2		300	1,38	0,011	1,90	115	0,425	42,463	4,2463	1,7924	0,8985	0,1274	1,12	0,17	0,73	OK	1,60	0,08	0,104						
	P3																			2794,96	2790,81	3,85	4,15	0,00	PE
																				2794,96	2790,81		4,15		PS
TO3		300	1,38	0,011	1,90	115	0,608	60,802	6,0802	1,9906	1,0226	0,1824	1,34	0,24	0,77	OK	1,49	0,08	0,104						
	P4																			2793,93	2789,98	3,65	3,95	0,00	PE
																				2793,93	2789,98		3,95		PS
TO4		300	1,39	0,011	1,91	116	0,794	79,402	7,9402	2,1483	1,1341	0,2382	1,53	0,30	0,80	OK	1,41	0,08	0,105						
	P5																			2792,53	2789,73	2,50	2,80	0,00	PE
																				2792,53	2789,73		2,80		PS
TO5		300	7,31	0,011	4,37	265	0,369	36,871	3,6871	4,0038	1,9703	0,1106	1,04	0,27	0,41	OK	3,84	0,08	0,550						
	P6																			2790,15	2788,35	1,50	1,80	0,00	PE
																				2790,15	2788,35		1,80		PS
TO6		300	13,41	0,011	5,92	359	0,272	27,227	2,7227	5,1342	2,4318	0,0817	0,90	0,26	0,31	OK	5,74	0,08	1,009						
	P7																			2786,25	2784,45	1,50	1,80	0,00	PE
																				2786,25	2784,45		1,80		PS
TO7		300	13,88	0,011	6,02	365	0,308	30,814	3,0814	5,3424	2,5658	0,0924	0,95	0,29	0,32	OK	5,61	0,08	1,045						
→	P8																			2781,78	2778,98	2,50	2,80	0,00	PE
																				2781,78	2778,98		2,80		PS
TO8		300	8,45	0,011	4,70	285	0,753	75,269	7,5269	5,2478	2,7412	0,2258	1,49	0,52	0,43	OK	3,53	0,08	0,636						
	P9																			2777,39	2775,59	1,50	1,80	0,00	PE
																				2777,39	2775,59		1,80		PS
TO9		300	9,21	0,011	4,91	297	0,796	79,580	7,9580	5,5339	2,9228	0,2387	1,53	0,56	0,42	OK	3,62	0,08	0,693						
	P10																			2776,33	2772,34	3,63	4,00	0,00	PE
																				2776,33	2772,34		4,00		PS
TO10		365	4,43	0,011	3,88	348	0,763	76,347	7,6347	4,3431	2,2741	0,2787	1,65	0,53	0,53	OK	2,63	0,09	0,406						
	P11																			2775,58	2770,78	4,43	4,80	0,00	PE
																				2775,58	2770,78		4,80		PS
TO11		365	4,85	0,011	4,06	364	0,783	78,273	7,8273	4,5624	2,4008	0,2857	1,67	0,56	0,51	OK	2,73	0,09	0,444						
	P12																			2775,43	2770,23	4,83	5,20	0,00	PE
																				2775,43	2770,23		5,20		PS
TO12		365	10,06	0,011	5,84	524	0,561	56,072	5,6072	5,9541	3,0499	0,2047	1,42	0,53	0,38	OK	4,20	0,09	0,921						
	P13																			2772,00	2767,66	3,98	4,35	3,00	PE
																				2772,00	2764,66		7,35		PS
TO10		365																							

Tabla 25
 TRAMO SECUNDARIO 1 PARTE 1

TRAMO SECUNDARIO																							
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																							
TRAMO	POZO N°	L m	A sumid m2	A sumid Ha	A acum sumid Ha	Q pluvial acum sumid	A verd m2	A verd Ha	A acum verd Ha	Q pluvial acum	A terraza m3	A terraza Ha	A acum terraza Ha	Q pluvial acum sumid (l/s)	HABITANTES	HABITANTES ACUM	Q DOM (lt/s)	CAUDAL ANEXOS (l/s)	Q DOM diseño (lt/s)	CAUDAL ANEXOS PLUV (l/s)	Q PLUV diseño (lt/s)	CAUDAL DISEÑO l/s	10 % CAUDAL DISEÑO l/s
	PD'		64,83	0,0065																			
T1		25,6			0,006	1,54	63,84	0,01	0,01	0,57	322,62	0,03	0,03	5,74	124,00	124,00	0,46		0,46		7,85	8,30	0,83
	PD		64,83	0,0065																			
T3		45			0,01	3,08	63,84	0,01	0,01	1,14	322,62	0,03	0,06	11,48	0,00	124,00	0,46		0,46		15,69	16,15	1,62

Tabla 26
 TRAMO SECUNDARIO 1 PARTE 2

		TRAMO PRINCIPAL																							
		DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																							
TRAMO	POZO N°	D	I 0/00	n Manning	TUBERIA LLENA		DATOS HIDRAULICOS													COTAS			Hpozo (m)	Salto (m)	Entrada - Salida
					V II m/s	QLL l/s	Qd/Q	Qd/Q %	10% Qd/Q	Vdiseño m/s	Vmin m/s	Calado Y (m)	V crítica m/s	Y crítico Yc (m)	Y/Yc m		Froude Fr	Radio Hidráulico	Esfuerzo TRACTIVO	TERRENO msnm	PROYECTO msnm				
	PD'																			2785,2	2783,40	1,50	1,80	0	PS
T1		300	16,41	0,011	6,55	397	0,021	2,092	0,2092	2,5083	1,9131	0,0063	0,25	0,03	0,21	OK	10,11	0,08	1,235						
	PD																			2784,70	2779,20	5,20	5,50	0,00	PE
																				2784,70	2779,20		5,50		PS
T3		300																							

Tabla 27
 TRAMO SECUNDARIO 2 PARTE 2

TRAMO SECUNDARIO																							
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																							
TRAMO	POZO N°	L m	A sumid m2	A sumid Ha	A acum sumid Ha	Q pluvial acum sumid	A verd m2	A verd Ha	A acum verd Ha	Q pluvial acum	A terraza m3	A terraza Ha	A acum terraza Ha	Q pluvial acum sumid (l/s)	HABITANTES	HABITANTES ACUM	Q DOM (lt/s)	CAUDAL ANEXOS (l/s)	Q DOM diseño (lt/s)	CAUDAL ANEXOS PLUV (l/s)	Q PLUV diseño (lt/s)	CAUDAL DISEÑO l/s	10 % CAUDAL DISEÑO l/s
	PA		487,71	0,0488																			
T1		15			0,05	11,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00		11,57	11,57	1,16
	PB		882,01	0,088																			
T2		40			0,14	32,49	95,96	0,01	0,01	0,85	334,62	0,03	0,03	5,95	132,00	132,00	0,49		0,49		39,30	39,79	3,98
	PC		706,16	0,0706																			
T3		45			0,21	49,24	68,40	0,01	0,02	1,46	334,62	0,03	0,07	11,91	132,00	264,00	0,98		0,98		62,61	63,59	6,36
→	PD		519,43	0,0519																			
T4		13,75			0,26	61,57	0,00	0,00	0,02	1,46	0,00	0,00	0,07	11,91		264,00	0,98	0,46	1,44	15,69	90,63	92,06	9,21
	P8																						
TO11					0,26	61,57	0,00	0,00	0,02	1,46	0,00	0,00	0,07	11,91		264,00	0,98		1,44		90,63	92,06	9,21

Tabla 28
 TRAMO SECUNDARIO 2 PARTE 2

		TRAMO PRINCIPAL																							
		DESCRIPCIÓN DEL TRAMO																							
TRAMO	POZO N°	D	I 0/00	n Manning	TUBERIA LLENA		DATOS HIDRAULICOS													COTAS			Hpozo (m)	Salto (m)	Entrada - Salida
					V II m/s	QLL l/s	Qd/Q	Qd/Q %	10% Qd/Q	Vdiseño m/s	Vmin m/s	Calado Y (m)	V crítica m/s	Y crítico Yc (m)	Y/Yc m		Froude Fr	Radio Hidráulico	Esfuerzo TRACTIVO	TERRENO msnm	PROYECTO msnm				
	PA																			2782,7	2780,90	1,50	1,80		PS
T1		300	2,00	0,011	2,29	139	0,083	8,347	0,8347	1,3868	0,7402	0,0250	0,50	0,05	0,50	OK	2,80	0,08	0,151						
	PB																			2783,00	2780,60	2,10	2,40	0,00	PE
																				2783,00	2780,60		2,40		PS
T2		300	2,00	0,011	2,29	139	0,287	28,705	2,8705	2,0023	0,9536	0,0861	0,92	0,14	0,60	OK	2,18	0,08	0,151						
	PC																			2783,80	2779,80	3,70	4,00	0,00	PE
																				2783,80	2779,80		4,00		PS
T3		300	1,33	0,011	1,87	113	0,562	56,188	5,6188	1,9034	0,9751	0,1686	1,29	0,22	0,77	OK	1,48	0,08	0,100						
→	PD																			2784,70	2779,20	5,20	5,50	0,00	PE
																				2784,70	2779,20		5,50		PS
T4		300	1,59	0,011	2,04	124	0,744	74,428	7,4428	2,2721	1,1847	0,2233	1,48	0,30	0,75	OK	1,54	0,08	0,120						
	P8																			2781,78	2778,98	2,50	2,80	0,00	PE
																				2781,78	2778,98		2,80		PS
TO11		300																							

ANEXO 15:

TOMA DE COTA CON EQUIPO GEORREFERENCIAL (RTK)

