



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA
EL AZÚCAR, SANTA ELENA.”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

RICHARD RAMIRO SANCHIMA ALVARADO

TUTOR:

ING. GUIDO MOISÉS ORTIZ SAFADI

LA LIBERTAD, ECUADOR

2026

DEDICATORIA

Dedico, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y la fuente de sabiduría que me permitió afrontar cada desafío durante mi formación académica.

A mis queridos padres, Ramiro Sanchima y Judith Alvarado, por su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio y apoyo constante que han sido el pilar fundamental de mi vida, por sus consejos, valores y enseñanzas, y por impulsarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mis hermanos, Renny, Jarlith y Cintia, por su cariño, comprensión y confianza han sido una motivación constante para continuar luchando por mis objetivos y no rendirme ante las adversidades.

De manera muy especial, dedico este trabajo en la memoria de mi querido primo, amigo y hasta hermano, Jonathan Uspha, quien hoy se encuentra en un mejor lugar. Los momentos que compartimos juntos permanecen vivos en mi corazón y continúa inspirándome a valorar cada oportunidad y a esforzarme por cumplir mis sueños.

Sanchima Alvarado Richard Ramiro

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por concederme la vida, la salud y la sabiduría necesaria para culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, Ramiro Sanchima y Judith Alvarado y hermanos, por su apoyo incondicional, comprensión y constante motivación. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada paso de este camino, brindándome la confianza necesaria para cumplir esta meta.

A la Universidad y a cada uno de los docentes que formaron parte de mi preparación académica, en especial a mi tutor de tesis Ing. Guido Ortiz, así también al Ing. Richard Ramírez, y al Ing. Néstor Orrala por compartir sus observaciones y recomendaciones durante esta etapa.

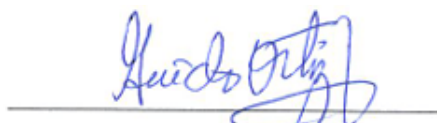
Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de esta investigación y a la culminación de esta etapa académica.

Sanchima Alvarado Richard Ramiro

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Curricular denominado **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA.”** elaborado por el Sr. SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg

La Libertad, 13 de julio de 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO**,

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA.**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, 13 de julio de 2026

EL AUTOR



SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO

AUTORIZACIÓN

Yo, **SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación denominado **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, 13 de julio de 2026



SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado **“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA.”**, elaborado por el estudiante **SANCHIMA ALVARADO RICHARD RAMIRO**, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero/a Civil, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio, luego de haber cumplido con los requerimientos de valoración, el presente trabajo de titulación, se encuentra con un 8% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el siguiente certificado.

Adjunto del reporte de análisis.

Atentamente,



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.

DOCENTE TUTOR

C.I.: 0904149481

La Libertad, 20 de julio de 2026

REPORTE DE ANÁLISIS (ANTIPLAGIO)



Certificado de análisis
Compilatio Studium

TESIS RICHARD SANCHIMA 18-07-2026 ANTIPLAGIO 1.1

ID : ca5952c1bea825d325cfcfd7b7380e5e351feadf



8%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS RICHARD SANCHIMA 18-07-2026 ANTIPLAGIO 1.1.txt
Tamaño del archivo original : 199,68 kB
Número de palabras : 14.299

Depositante : Guido Moisés Ortiz Safadi
Fecha de depósito : 20 de julio de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 20 de julio de 2026



Similitudes

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

2%

Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
1	Diseño del sistema de recolección y disposición final de aguas lluvi... repositorio.puce.edu.ec/xmlui/bitstream/22000/6444/6/9.20.000695.pdf.txt 🔗	1%	
2	Norma INEN Diseño Sistemas de Alcantarillado PDF PDF ... es.scribd.com/document/445238485/Norma-INEN-Diseno-Sistemas-de-Alca... 🔗	1%	
3	Propuesta De Saneamiento Para Mejorar La Calidad De Vida De Los... localhost/xmlui/bitstream/redug/17054/3/MORA_VITE_CARLOS_TRABAJO_TI... 🔗	1%	
4	Estudio y diseño de alcantarillado sanitario, pluvial y planta de... dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/1938/12/NUGRA%20Y.%20DARWI... 🔗	1%	
5	www.dspace.espol.edu.ec www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51433/1/T-70540.pdf 🔗	<1%	
7	Evaluación y estudio hidráulico para los sistemas de drenaje... repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10586 🔗	<1%	

Fuente con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones
6	www.eppetroecuador.ec www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/09/aebc1... 🔗	<1%	
8	inamhi.gob.ec inamhi.gob.ec/visor/assets/guias/MANUAL%20DE%20USUARIO%20VISOR... 🔗	<1%	
9	Contratos complementarios de la obra pública ecuatoriana:... localhost/xmlui/bitstream/redug/22467/4/UTE%20-%20TESIS%20ERWIN%... 🔗	<1%	
10	Diseño de red de alcantarillado pluvial para la parroquia San... dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31756 🔗	<1%	
11	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el sector San Jos... dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30875 🔗	<1%	
12	repositorio.upse.edu.ec repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10586/1/UPSE-TIC-2023-0030.pdf 🔗	<1%	
13	Planificación de proyectos de construcción. repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/9949 🔗	<1%	

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

Celular: 0962183538

Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA."**, del estudiante: **RICHARD RAMIRO SANCHIMA ALVARADO**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 10 de Julio del 2026

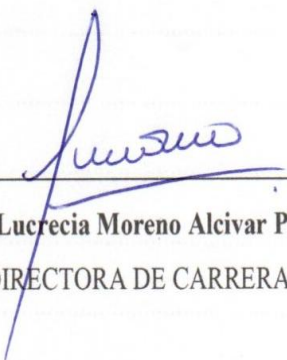


Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

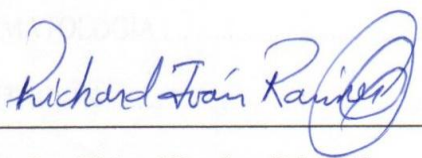
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

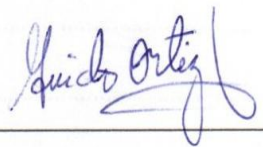
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



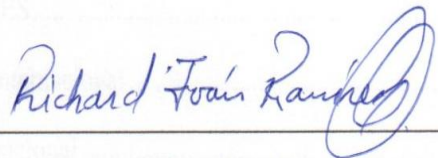
Ing. Lucrecia Moreno Alcivar PhD.
DIRECTORA DE CARRERA



Ing. Richard Ramirez Palma Mg.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Guido Moisés Ortiz Safadi Mg.
DOCENTE TUTOR



Ing. Richard Ramirez Palma Mg.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iv
AUTORIZACIÓN.....	v
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vi
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ix
TABLA DE CONTENIDO.....	x
LISTA DE FIGURAS	xvi
LISTA DE TABLAS.....	xix
LISTA DE FÓRMULAS	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.2.1 Antecedente internacional	3
1.2.2 Antecedente nacional	4
1.2.3 Antecedente local	4
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.3.1 Hipótesis general	5
1.3.2 Hipótesis específicas	5
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General	5

1.4.2	Objetivos Específicos.....	5
1.5	ALCANCE.....	6
1.6	VARIABLES	6
1.6.1	Variable Dependiente:.....	6
1.6.2	Variable Independiente	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		7
2.1.	INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO	7
2.2.	MARCO CONCEPTUAL DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL	7
2.2.1.	Definición y propósito.....	7
2.2.2.	Tipos de sistemas de alcantarillado	8
2.3.	CICLO HIDROLÓGICO E HIDROLOGÍA URBANA.....	8
2.3.1.	El ciclo hidrológico	8
2.3.2.	Efectos de la urbanización sobre la escorrentía	8
2.4.	PRECIPITACIÓN Y ANÁLISIS HIDROLÓGICO	9
2.4.1.	Caracterización de la precipitación	9
2.4.2.	Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF).....	9
2.4.3.	Período de retorno	10
2.4.4.	Tiempo de concentración	10
2.4.5.	Coeficiente de escorrentía	10
2.5.	MÉTODO RACIONAL PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES	11
2.6.	FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA APLICADOS AL DRENAJE	11
2.6.1.	Ecuación de continuidad	11
2.6.2.	Flujo uniforme y ecuación de Manning	12
2.6.3.	Flujo a sección parcialmente llena	12
2.6.4.	Velocidades mínimas y máximas	12
2.7.	COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	13
2.7.1.	Sumideros.....	13

2.7.2.	Conexiones domiciliarias pluviales.....	13
2.7.3.	Colectores.....	13
2.7.4.	Cámaras o pozos de inspección.....	13
2.7.5.	Estructuras de descarga	13
2.8.	MATERIALES EMPLEADOS EN REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	14
2.9.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	15
2.9.1.	Importancia del levantamiento topográfico en drenaje pluvial.....	15
2.9.2.	Métodos topográficos aplicados.....	15
2.9.3.	Curvas de nivel y modelo digital de terreno	15
2.10.	MARCO NORMATIVO Y LEGAL APLICABLE.....	15
2.10.1.	Normativa ecuatoriana	15
2.10.2.	Referencias normativas internacionales	16
2.11.	CRITERIOS DE DISEÑO Y PARÁMETROS DE CONTROL	16
2.11.1.	Período de diseño	16
2.11.2.	Proyección poblacional	16
2.11.3.	Delimitación de áreas de aporte	17
2.11.4.	Recubrimiento mínimo y máximo.....	17
2.12.	GESTIÓN SOSTENIBLE DE AGUAS PLUVIALES.....	17
2.13.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	18
2.13.1.	Fundamentos del análisis de precios unitarios	18
2.13.2.	Presupuesto referencial	18
2.13.3.	Cronograma valorado.....	18
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		19
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1.	Tipo de Investigación.....	19
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	19

3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	20
3.2.1.	Método de Investigación	20
3.2.2.	Enfoque de Investigación	21
3.2.3.	Diseño de Investigación	21
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	22
3.3.1.	Población.....	22
3.3.2.	Muestra.....	22
3.3.3.	Tipo de Muestreo	23
3.4.	METODOLOGÍA DE O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR URBANO DE LA COMUNA EL AZÚCAR Y LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA OFICIAL DEL INAMHI, CON EL FIN DE CARACTERIZAR EL TERRENO Y EL COMPORTAMIENTO PLUVIOMÉTRICO LOCAL.	24
3.4.1.	Levantamiento topográfico de la comuna El Azúcar.	24
3.4.2.	Determinación de intensidad de lluvia en la comuna El Azúcar.....	25
3.5.	METODOLOGÍA DE O.E.2: DETERMINAR LOS CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL, CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS DE PERÍODO DE RETORNO, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA, TIEMPO DE CONCENTRACIÓN E INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE ESTUDIO.	25
3.5.1.	Coeficiente de Escorrentía	25
3.5.2.	Tiempo de concentración	26
3.5.3.	Período de retorno	26
3.5.4.	Intensidad de Lluvia	26
3.5.5.	Áreas de Aportación.....	27
3.5.6.	Caudal de diseño	27
3.6.	METODOLOGÍA DE O.E.3: DISEÑAR HIDRÁULICAMENTE LA RED DE COLECTORES PLUVIALES, SUMIDROS Y ESTRUCTURAS DE DESCARGA, CONFORME A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS PARA EL	

ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL EX IEOS (1996).	27
3.6.1. Colectores: Diámetros de diseño	27
3.6.2. Sumideros: captación y volumen de diseño	28
3.6.3. Cámaras de revisión: Dimensiones	29
3.6.4. Cabezales: Descarga de aguas pluviales	29
3.6.5. Pendiente de diseño	33
3.6.6. Velocidad a tubería llena	33
3.6.7. Caudal a Tubería llena	33
3.6.8. Relaciones hidráulicas para tuberías circulares parcialmente llenas.	34
3.7. METODOLOGÍA DE O.E.4: ELABORAR LOS PLANOS TÉCNICOS Y EL PRESUPUESTO REFERENCIAL PRELIMINAR DEL PROYECTO.	36
3.7.1. Criterios transversales (aplican a toda lámina)	36
3.7.2. Planos de Sumideros.	36
3.7.3. Planos de Tuberías colectoras.	37
3.7.4. Planos de Cámaras de revisión.	37
3.7.5. Planos de Cabezales de descarga.	37
3.7.6. Presupuesto referencial de proyecto.	38
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
4.1. RESULTADOS DEL O.E.1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	42
4.2. RESULTADOS DEL O.E.2 Y O.E.3: CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL Y RED DE COLECTORES PLUVIALES	43
4.2.1. Áreas de aportación	43
4.2.2. Caudales y diámetros de diseño de los colectores.	44
4.3. DISEÑO HIDRÁULICO DE SUMIDEROS Y ESTRUCTURAS DE DESCARGA, CONFORME A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS PROPUESTAS.	50
4.3.1. Diseño hidráulico de Sumideros	50

4.3.2.	Diseño hidráulico de Cámaras.....	51
4.3.3.	Diseño hidráulico de Cabezales	53
4.4.	RESULTADOS DEL O.E.4: PLANOS TÉCNICOS Y PRESUPUESTO DE PROYECTO.....	54
4.4.1.	Planos de Colectores	54
4.4.2.	Planos de Sumideros	57
4.4.3.	Planos de Cámaras de Revisión	59
4.4.4.	Planos de Cabezales	61
4.4.5.	Presupuesto general de proyecto	63
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1.	CONCLUSIONES	64
5.2.	RECOMENDACIONES	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	ANEXOS.....	71
	ANEXO 1.....	71
	ANEXO 2.....	95
	ANEXO 3.....	96
	ANEXO 4.....	97
	ANEXO 5.....	97
	ANEXO 6.....	98
	ANEXO 7.....	99

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1. Sección urbana de la comuna El Azúcar, coordenada: 546762.82 m E y 9751138.19 m N.....	24
Imagen 2. Esquema de diseño para cabezales de descarga con muro de ala a 45 grados.....	30
Imagen 3. Dimensiones de los elementos del cabezal en función del diámetro del colector...	31
Imagen 4. Especificaciones de acero de refuerzo para cada elemento del cabezal, en función del diámetro del colector.....	32
Imagen 5. Levantamiento topográfico general de las vías urbanas de la Población El Azúcar.	42
Imagen 6. Acercamiento a puntos con información de cota.	43
Imagen 7. Trazado de áreas de aportación con el área correspondiente de cada una	44
Imagen 8. Implantación del trazado de colectores de sumideros a cámaras, de cámara a cámara y de cámara a cabezal.....	46
Imagen 9. Implantación del trazado de colectores de sumideros a cámaras, de cámara a cámara y de cámara a cabezal.....	50
Imagen 10. Diseño final de sistema de colección de aguas lluvias de la zona urbana de la comuna El Azúcar	54
Imagen 11. Acercamiento a la implantación de los colectores, donde se especifica diámetro y longitud.....	55
Imagen 12. Acercamiento a la implantación de los colectores, donde se especifica diámetro y longitud.....	56
Imagen 13. Plano estructural de sumidero simple grande.....	57
Imagen 14. Plano estructural de sumidero doble grande.	58
Imagen 15. Plano estructural de Cámara de colección Tipo I.....	59
Imagen 16. Plano estructural de Cámara de colección Tipo II.	60
Imagen 17. Plano estructural de Cabezal para tuberías no mayores a 800 mm.	61
Imagen 18. Plano estructural de Cabezal para tubería no mayores a 1200 mm.....	62
Imagen 19. Análisis de precios unitarios del rubro de excavación con maquinaria de 400 a 600 m ³	71
Imagen 20. Análisis de precios unitarios del rubro de cámara de arena.	72
Imagen 21. Análisis de precios unitarios del rubro de transporte de materiales.....	73
Imagen 22. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 250 mm.....	74

Imagen 23. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 280 mm.....	75
Imagen 24. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 335 mm.....	76
Imagen 25. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 440 mm.....	77
Imagen 26. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 540 mm.....	78
Imagen 27. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 650 mm.....	79
Imagen 28. Análisis de precios unitarios del rubro de suministro e instalación de tubería PVC estructurado de 760 mm.	80
Imagen 29. Análisis de precios unitarios del rubro de suministro e instalación de tubería PVC estructurado de 875 mm.	81
Imagen 30. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 900 mm.....	82
Imagen 31. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 1000 mm.....	83
Imagen 32. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 1205 mm.....	84
Imagen 33. Análisis de precios unitarios del rubro de relleno y compactado.....	85
Imagen 34. Análisis de precios unitarios del rubro de relleno hidratado y compactado con subbase (no incluye transporte).....	86
Imagen 35. Análisis de precios unitarios del rubro de transporte de material de subbase clase 3.	87
Imagen 36. Análisis de precios unitarios del rubro de desalojo.....	88
Imagen 37. Análisis de precios unitarios del rubro de bacheo con hormigón asfáltico en caliente.	89
Imagen 38. Análisis de precios unitarios del rubro de sumidero simple grande de hormigón armado (incluye rejilla metálica).....	90
Imagen 39. Análisis de precios unitarios del rubro de sumidero doble grande de hormigón armado (incluye rejilla metálica).....	91
Imagen 40. Análisis de precios unitarios del rubro de acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	92
Imagen 41. Análisis de precios unitarios del rubro de hormigón simple $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	93

Imagen 42. Análisis de precios unitarios del rubro de encachado de piedra base.	94
Imagen 43 a 49. Registro fotográfico del levantamiento topográfico realizado en la comuna El Azúcar.	99

-

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ponderación de valor de Escorrentía.....	26
Tabla 2. Diámetros comerciales de tuberías doble pared PVC para aguas lluvias.	28
Tabla 3. Tabla de tipos de sumideros con sus dimensiones típicas y capacidad hidráulica.....	29
Tabla 4. Tabla de relaciones hidráulicas para tuberías circulares parcialmente llenas.	35
Tabla 5. Tabla de componentes del análisis de precio unitario de cada rubro.	39
Tabla 6. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto	45
Tabla 7. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.	47
Tabla 8. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.	48
Tabla 9. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.	49
Tabla 10. Especificación de cantidad y dimensiones de sumideros, además de los detalles de los colectores secundarios adjuntos.....	51
Tabla 11. Especificaciones cuantitativas de las cámaras de colección propuestas, se muestran detalles tales como dimensiones, tipo y profundidad de cámara.	52
Tabla 12. Especificación de dimensiones de cabezales propuestos, adoptando secciones estándar según diámetro de la tubería de descarga.	53
Tabla 13. Presupuesto desglosado de proyecto.	63
Tabla 14. Cuantificación de cantidades en m ³ para instalación de sumideros y sus colectores	95
Tabla 15. Cuantificación de cantidades en m ³ para instalación de cámaras.	96
Tabla 16. Cuantificación de cantidades en m ³ para instalación de los colectores principales.	97
Tabla 17. Cuantificación de cantidades de hormigón y acero de refuerzo en m ³ y kg respectivamente para construcción de 16 cámaras y 4 cabezales propuestos.	97
Tabla 18. Coordenadas de las áreas de aportación de la zona urbana.....	98

LISTA DE FÓRMULAS

Ecuación 1. Ecuación general de Intensidad de lluvia	9
Ecuación 2. Ecuación del método racional para el caudal probable.	11
Ecuación 3. Ecuación de Manning para velocidad.	12
Ecuación 4. Ecuación de Kirpich para el tiempo de concentración.	26
Ecuación 5. Ecuación de intensidad de lluvia formulada a partir de los registros de la estación M223 para la comuna El Azúcar.	26
Ecuación 6. Ecuación general de Caudal a tubería llena.	33
Ecuación 7. Ecuación de costo.	40

“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL SECTOR URBANO EN COMUNA EL AZÚCAR, SANTA ELENA.”

Autor: Sanchima Alvarado Richard Ramiro

Tutor: Ortiz Safadi Guido Moisés

RESUMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla un estudio de prefactibilidad técnica del sistema de alcantarillado pluvial del sector urbano en Comuna El Azúcar, ubicada al norte del cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, con una población beneficiaria aproximada de 2 000 habitantes y un periodo de diseño de 25 años. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, no experimental y de campo, articulando el levantamiento topográfico con el sistema GNSS RTK, la recopilación de información pluviométrica oficial del INAMHI y la aplicación del método racional para el cálculo de caudales de diseño con un período de retorno de 10 años. El dimensionamiento hidráulico de la red se ejecutó bajo los lineamientos del ex IEOS (1996), obteniendo colectores de PVC doble pared estructurada con diámetros entre 400 y 1 205 mm, 16 áreas de aportación, cuatro cabezales de descarga hacia el canal natural que cruza la zona urbana, sumideros simples y dobles, cámaras rectangulares y pozos circulares. El presupuesto referencial calculado ascendió a USD 473 590,88 sin IVA. Los resultados demuestran la prefactibilidad técnica y económica del sistema propuesto y aportan una base sólida para su futura implementación.

PALABRAS CLAVE: Alcantarillado pluvial, método racional, hidrología urbana, Comuna El Azúcar, prefactibilidad técnica.

“TECHNICAL PRE-FEASIBILITY STUDY OF THE STORMWATER SEWER SYSTEM IN THE URBAN SECTOR OF EL AZÚCAR COMMUNE, SANTA ELENA”

Autor: Sanchima Alvarado Richard Ramiro

Tutor: Ortiz Safadi Guido Moisés

ABSTRACT

This undergraduate thesis develops a technical prefeasibility study for the stormwater sewer system in the urban sector of El Azúcar Commune, located in the northern part of Santa Elena canton, Santa Elena province, with an approximate beneficiary population of 2 000 inhabitants and a 25-year design period. The research followed a quantitative, non-experimental and field-based approach, combining topographic surveying using a GNSS RTK system, the collection of official rainfall data from INAMHI, and the application of the rational method for design flow estimation with a 10-year return period. The hydraulic design of the network was carried out under the guidelines of the former IEOS (1996), resulting in double-wall structured PVC collectors with nominal diameters ranging from 400 to 1 205 mm, 16 contributing subcatchments, four discharge headwalls conveying flow into the natural channel crossing the urban area, single and double curb inlets, rectangular manholes and circular wells. The referential budget was calculated at USD 473,590.88 excluding VAT. The results demonstrate the technical and economic prefeasibility of the proposed system and provide a solid baseline for its future implementation by the corresponding local government.

KEYWORDS: stormwater sewer, rational method, urban hydrology, El Azúcar Commune, technical prefeasibility.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En condiciones normales la lluvia es parte del ciclo hidrológico. Pero si el agua no se drena y la ciudad no tiene suficiente terreno para evacuarla las carreteras, las viviendas y la salud de la población se ven afectadas. Es un riesgo particularmente alto en Ecuador, en la provincia de Santa Elena, y está ocurriendo con más frecuencia debido a la expansión de los asentamientos, la construcción de superficies impermeables y las fuertes lluvias asociadas con el cambio climático.

En las áreas costeras tropicales, es aún peor debido al hecho de que el terreno es plano, la penetración del suelo es muy pobre y la precipitación es estacionalmente baja. La mayor parte de la lluvia ocurre entre enero y marzo, y los episodios de El Niño-Oscilación del Sur pueden aumentar significativamente el escurrimiento superficial. Por eso, las regiones costeras necesitarán sistemas de alcantarillado pluvial lo suficientemente grandes para manejar estos escenarios de la vida real.

Buenas redes minimizan las inundaciones y protegen las carreteras y las viviendas de los daños por acumulación de agua, previniendo así problemas de salud que se transmiten en los hogares y comunidades de otros.

La Comuna El Azúcar, ubicada al norte del cantón Santa Elena, es una de las comunidades del perfil peninsular que evidencia con mayor claridad esta problemática. Su sector urbano, con una población aproximada de 2 000 habitantes, ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, expandiendo su tejido edificado y su superficie impermeable sin que la infraestructura de saneamiento pluvial se haya desarrollado al mismo ritmo. La ausencia de una red pluvial adecuada o la existencia de canalizaciones aisladas e insuficientes genera anegamientos recurrentes durante los eventos de lluvia, afectaciones a viviendas y vías, formación de focos de contaminación por acumulación de agua y proliferación de vectores, situación que motiva el planteamiento del presente estudio.

En respuesta a esa realidad, el presente trabajo de titulación desarrolla un estudio de prefactibilidad técnica del sistema de alcantarillado pluvial del sector urbano de la Comuna El Azúcar, articulando los criterios topográficos, hidrológicos, hidráulicos y económicos que fundamentan el diseño de este tipo de infraestructuras. El estudio se sustenta en las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales del ex IEOS (1996), en la información hidrometeorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y en la aplicación del método racional para la estimación de caudales

de diseño, procedimiento reconocido internacionalmente como apropiado para microcuencas urbanas.

La investigación se llevó a cabo principalmente como un estudio cuantitativo y no experimental, incluyendo un diseño transversal y de campo. El proceso comenzó con la revisión de documentos y normas, y el reconocimiento del sector y el levantamiento topográfico. Basándose en datos hidrológicos del INAMHI, se calcularon los caudales utilizando el método racional y se dimensionaron colectores, desagües y obras de descarga en el último paso se realizaron las preparaciones de los planos y el presupuesto referencial. Debido a su nivel de detalle, los resultados corresponden a una prefactibilidad y pueden servir al Gobierno Autónomo Descentralizado como punto de partida para contratar el diseño definitivo y gestionar la ejecución del proyecto.

El aporte del estudio no se limita a la Comuna El Azúcar. La metodología y los criterios empleados pueden adaptarse a otras comunidades de la península que presenten condiciones parecidas. De esta manera, el trabajo también puede apoyar futuras acciones de saneamiento, mejorar la respuesta de los sectores urbanos ante lluvias intensas y favorecer un crecimiento territorial más seguro y saludable.

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La expansión de las zonas urbanas y el aumento de los eventos hidrometeorológicos vinculados al cambio climático han dejado a muchos asentamientos más expuestos a lluvias extremas. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, durante las próximas décadas podrían presentarse precipitaciones torrenciales con mayor frecuencia e intensidad. Este escenario pondría a prueba la capacidad de los sistemas de drenaje existentes, sobre todo en las regiones costeras tropicales (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023). En este caso, la gestión adecuada de las aguas pluviales se ha convertido en una parte clave de la planificación del uso del suelo, principalmente en áreas donde la combinación de pendientes suaves, suelos con baja capacidad de infiltración y la expansión urbana descontrolada incrementa el riesgo de inundaciones.

La Comuna El Azúcar, ubicada al norte del cantón Santa Elena en la provincia de Santa Elena, presenta una problemática característica de numerosas comunidades del perfil costero ecuatoriano. En la Comuna El Azúcar la falta de una red pluvial suficiente coincide con el crecimiento de áreas cubiertas por pavimentos, aceras y edificaciones. Como el agua encuentra menos superficie para infiltrarse, durante las lluvias aumenta el volumen que circula por las

calles provocando acumulaciones frecuentes en vías y viviendas, favorece la presencia de agua estancada y vectores, y acelera el deterioro de la infraestructura vial. La marcada estacionalidad climática de la provincia, con precipitaciones concentradas entre enero y marzo (Rossel & Cadier, 2009), incrementa la criticidad del problema al concentrar en pocas semanas la mayor parte de la demanda hidráulica anual sobre una red que resulta inexistente o insuficiente

Frente a esta realidad, la presente investigación responde a la siguiente interrogante: ¿es técnicamente prefactible el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial que, considerando las condiciones topográficas, hidrológicas y demográficas del sector urbano de la Comuna El Azúcar, permita mitigar los anegamientos, reducir los riesgos sanitarios y garantizar la evacuación eficiente de las aguas lluvias durante un periodo de diseño de 25 años?

A partir de este planteamiento, la investigación busca responder a las siguientes preguntas rectoras, cada una asociada a los objetivos específicos que estructuran el estudio:

P.E. 1: ¿Cuáles son las características topográficas del sector urbano de la Comuna El Azúcar y qué información hidrometeorológica oficial del INAMHI resulta representativa del área de estudio, de modo que en conjunto permitan caracterizar el terreno y el comportamiento pluviométrico local requerido para el diseño?

P.E. 2: ¿Qué caudales de diseño se obtienen al aplicar el método racional considerando los parámetros de período de retorno, coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración e intensidad de precipitación propios del sector urbano de la Comuna El Azúcar?

P.E. 3: ¿Cómo debe dimensionarse hidráulicamente la red de colectores pluviales, sumideros y estructuras de descarga del sistema propuesto, para que cumpla con los lineamientos establecidos en las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales del ex IEOS (1996)?

P.E. 4: ¿Cuáles serían los planos técnicos y el presupuesto referencial que garantizan la viabilidad de la infraestructura propuesta durante su período de diseño de 25 años?

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Antecedente internacional

A escala global, Tucci (2007) desarrolló para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO uno de los referentes técnicos más consultados en la gestión del drenaje pluvial urbano en América Latina. A partir de estudios comparativos realizados en ciudades de Brasil, Argentina y Colombia, el autor demostró que la urbanización puede incrementar los caudales pico hasta siete veces respecto de las condiciones naturales previas, debido a la

impermeabilización del suelo y a la reducción de los tiempos de concentración. Su propuesta metodológica integra el método racional para cuencas menores a 200 hectáreas, la construcción de curvas IDF con períodos de retorno entre 5 y 25 años, y la incorporación de criterios de sostenibilidad mediante estructuras de retención y drenaje sostenible. Este marco ha sido adoptado por numerosas normativas nacionales latinoamericanas y constituye un referente directo para el diseño hidráulico propuesto en el presente estudio (Carlos E. M. Tucci, 2006).

1.2.2 Antecedente nacional

En el contexto ecuatoriano, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP, 2023), a través del proyecto "Reduciendo la vulnerabilidad climática y el riesgo de inundación en áreas urbanas y semiurbanas costeras", ha documentado que el Ecuador figura entre los países con mayor exposición a inundaciones de Centro y Sudamérica, siendo particularmente críticas las ciudades costeras con topografía deprimida y baja capacidad de drenaje. Según este diagnóstico, para el año 2021 aproximadamente 777 000 viviendas en el país se encontraban localizadas en zonas de riesgo hidrometeorológico, afectando a cerca de 2,5 millones de personas. El estudio concluye que la expansión urbana en asentamientos costeros no ha sido acompañada por una dotación equivalente de infraestructura de saneamiento pluvial, generando una brecha técnica que incrementa la vulnerabilidad socioambiental de las poblaciones (UNDP, 2023). Este antecedente respalda la necesidad de intervenciones como la planteada en la Comuna El Azúcar, donde convergen las mismas condiciones físicas y socioeconómicas descritas a nivel nacional.

1.2.3 Antecedente local

A escala local, Neira Orrala y Morales Vera (2025), estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, desarrollaron el trabajo de titulación "Estudio de prefactibilidad de sistema de drenaje pluvial en la comuna Barcelona, provincia de Santa Elena". El estudio realizado en el municipio de Barcelona es una buena referencia para este trabajo porque es un problema relacionado en la misma provincia y bajo condiciones físicas similares. Los caudales se estimaron utilizando el método racional, se usaron registros del INAMHI y los colectores se dimensionaron de acuerdo con las normas del antiguo IEOS. Los resultados mostraron que es posible proponer redes de aguas pluviales para comunidades peninsulares de baja densidad y dejaron un procedimiento que puede retomarse en el Azúcar. A este antecedente se suma el trabajo de Alvarado Tenesaca y Baque Morales (2025) en Loma Alta, donde se evaluó un sistema sanitario y pluvial con horizonte de 25 años. Ambos estudios reflejan la experiencia que la UPSE ha acumulado en proyectos de saneamiento para comunas de Santa Elena. Neira & Morales, 2024)

1.3 HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general

El diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, dimensionado bajo los lineamientos del ex IEOS (1996) y el método racional para el cálculo de caudales, contribuirá a mitigar los anegamientos, reducir los riesgos sanitarios asociados al estancamiento de aguas lluvias y proteger la infraestructura vial y habitacional de la comuna El Azúcar durante un período de diseño de 25 años.

1.3.2 Hipótesis específicas

H.E.1: El levantamiento topográfico detallado del sector urbano permitirá identificar las diferencias de cotas en las vías, por lo que ayudará a trazar las rutas óptimas para los colectores, garantizando el escurrimiento por gravedad del sistema.

H.E.2: Los registros pluviométricos proporcionados por el INAMHI, procesados mediante curvas de intensidad-duración-frecuencia y aplicados al método racional, generarán caudales de diseño representativos del comportamiento hidrológico de la zona peninsular.

H.E.3: El dimensionamiento hidráulico de la red, verificado para las condiciones de sección llena y parcial, cumplirá con los parámetros mínimos y máximos de velocidad, tirante y esfuerzo cortante establecidos por la normativa vigente.

H.E.4: La elaboración del presupuesto referencial permitirá estimar la inversión requerida para la implementación del sistema de alcantarillado pluvial propuesto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

O.G. Elaborar un estudio de prefactibilidad técnica del sistema de alcantarillado pluvial del sector urbano de la Comuna El Azúcar, cantón Santa Elena, mediante la aplicación de criterios topográficos, hidrológicos, hidráulicos y económicos que permitan proponer una infraestructura eficiente para la captación, conducción y evacuación de aguas lluvias.

1.4.2 Objetivos Específicos

O.E.1: Realizar el levantamiento topográfico del sector urbano de la Comuna El Azúcar y la recopilación de información hidrometeorológica oficial del INAMHI, con el fin de caracterizar el terreno y el comportamiento pluviométrico local.

O.E.2: Determinar los caudales de diseño mediante la aplicación del método racional, considerando los parámetros de período de retorno, coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración e intensidad de precipitación correspondientes al área de estudio.

O.E.3: Diseñar hidráulicamente la red de colectores pluviales, sumideros y estructuras de descarga, conforme a los lineamientos establecidos en las Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales del ex IEOS (1996).

O.E.4: Elaborar los planos técnicos y el presupuesto referencial del proyecto, que garantice la viabilidad de la infraestructura durante su período de diseño de 25 años.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto de investigación se circunscribe al sector urbano de la Comuna El Azúcar, ubicada al norte del cantón Santa Elena, en la provincia de Santa Elena, y se delimita al análisis técnico preliminar de un sistema de alcantarillado pluvial para una población de diseño aproximada de 2 000 habitantes, proyectada para un periodo de diseño de 25 años en una sola etapa constructiva. El trabajo incluye el levantamiento topográfico del área urbana y el análisis de la lluvia utilizando la información de las estaciones del INAMHI que describen las condiciones del sector de tal manera que los caudales se calculan según el método racional y se dimensiona la red de conducción. También se definen los colectores, desagües y estructuras de descarga. Como productos finales, se preparan planos, presupuesto referencial y un cronograma preliminar de ejecución.

El estudio no desarrolla el diseño final de construcción, ni aborda el alcantarillado sanitario o la gestión de aguas residuales domésticas e industriales. No cubre áreas rurales y periurbanas fuera del perímetro definido, ni reemplaza los estudios ambientales que deben ser procesados ante la autoridad competente. Las principales limitaciones son la escasez de series pluviométricas largas en estaciones cercanas y los recursos disponibles para un proyecto de grado. Por esta razón, la propuesta debe entenderse como una prefactibilidad técnica y no como un expediente listo para construir.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variable Dependiente:

- Funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial.
- Nivel de inundaciones.
- Presupuesto de sistema pluvial

1.6.2 Variable Independiente

- Crecimiento poblacional proyectado.
- Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN AL MARCO TEÓRICO

El presente capítulo recoge los fundamentos conceptuales, normativos y técnicos que sustentan el estudio de prefactibilidad técnica del sistema de alcantarillado pluvial en el sector urbano de la Comuna El Azúcar. La gestión del agua de lluvia en zonas urbanizadas constituye una de las ramas más sensibles de la ingeniería sanitaria, dado que articula variables hidrológicas, hidráulicas, topográficas, urbanísticas y ambientales (Butler et al., 2018). Por ello, el desarrollo del marco teórico se organiza siguiendo el orden lógico de diseño: parte del reconocimiento físico del territorio, continúa con el análisis de las precipitaciones y la escorrentía, aborda los principios hidráulicos del transporte de agua por gravedad en conductos cerrados y concluye con los criterios normativos, ambientales y económicos que definen la viabilidad de la propuesta.

2.2. MARCO CONCEPTUAL DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL

2.2.1. Definición y propósito

Un sistema de alcantarillado pluvial se define como el conjunto de obras, estructuras y conductos destinados a recolectar, conducir y evacuar las aguas provenientes de la precipitación, desde los puntos en que inciden sobre la superficie urbanizada hasta su disposición final en un cuerpo receptor natural o artificial (López Cualla, 2003). Su objetivo primario es controlar los caudales de escorrentía superficial para evitar inundaciones, proteger la infraestructura urbana y preservar la salubridad pública, minimizando el contacto de la población con agua estancada (Metcalf & Eddy et al., 2014).

Chow, Maidment y Mays (1994) distinguen entre drenaje "mayor" y drenaje "menor". El drenaje menor, al que corresponde el alcantarillado pluvial convencional, está diseñado para captar y conducir eventos con períodos de retorno frecuentes (2 a 10 años en zonas residenciales), mientras que el drenaje mayor —conformado por vías, canales superficiales y cauces naturales— opera cuando los eventos superan la capacidad del sistema menor (Chow et al., 1994). Esta diferenciación es fundamental para definir el nivel de servicio del sistema propuesto en la Comuna El Azúcar.

2.2.2. Tipos de sistemas de alcantarillado

Según la norma del ex Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, existen tres tipologías principales (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996):

- **Sistema separado:** las aguas residuales domésticas y las aguas pluviales son conducidas por redes independientes. Esta alternativa evita que las plantas de tratamiento reciban caudales excesivos durante una tormenta y reduce las descargas combinadas al ambiente, por lo que actualmente es la opción más aceptada (Butler & Davies, 2011).
- **Sistema combinado:** transporta ambos tipos de agua por un mismo colector. Aunque en el pasado se utilizó por su menor costo inicial, hoy presenta serias desventajas sanitarias y ambientales (Metcalf & Eddy et al., 2014).
- **Sistema semicombinado:** permite ciertos aportes de lluvia hacia la red sanitaria, por lo general mediante conexiones domiciliarias, pero conserva varios de los problemas operativos del sistema combinado.

Para el caso de la Comuna El Azúcar se adopta el sistema separado, en coherencia con el artículo 5.1.1 de la norma del ex IEOS (1996), que recomienda esta tipología para poblaciones en expansión.

2.3. CICLO HIDROLÓGICO E HIDROLOGÍA URBANA

2.3.1. El ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo del agua entre la atmósfera, la superficie terrestre y los cuerpos subterráneos (Chow et al., 1994). En el contexto urbano, este ciclo se altera significativamente debido a la impermeabilización del suelo, el cambio de cobertura vegetal y la modificación de las redes de drenaje natural (Aparicio Mijares, 1992). La urbanización reduce la infiltración e intercepción, incrementa la escorrentía directa y disminuye el tiempo de respuesta de las cuencas, produciendo hidrogramas con caudales pico mayores y tiempos al pico menores (Carlos E. M. Tucci, 2006).

2.3.2. Efectos de la urbanización sobre la escorrentía

Butler et al. (2018) sintetizan los efectos hidrológicos de la urbanización en cuatro procesos interrelacionados: reducción de la capacidad de infiltración por impermeabilización; aumento del volumen total de escorrentía; aceleración del flujo superficial por la presencia de calles pavimentadas y cunetas; y degradación de la calidad del agua producto del arrastre de

contaminantes acumulados en las superficies impermeables. Estos efectos, documentados también por Tucci (2007) en ciudades latinoamericanas, justifican la necesidad de infraestructura pluvial específicamente dimensionada para las condiciones pos-urbanización del área de estudio.

2.4. PRECIPITACIÓN Y ANÁLISIS HIDROLÓGICO

2.4.1. Caracterización de la precipitación

La precipitación es la variable de entrada fundamental para el dimensionamiento de cualquier sistema de drenaje pluvial. Su caracterización requiere el análisis estadístico de series históricas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) obtenidas a partir de estaciones pluviográficas o pluviométricas representativas (Chow, 1994). En el Ecuador, el organismo oficial encargado de la recolección y difusión de esta información es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015), cuya red de estaciones proporciona registros de precipitaciones máximas diarias y en 24 horas para todas las provincias del país.

En la provincia de Santa Elena, los regímenes pluviométricos están fuertemente influenciados por la dinámica del Pacífico ecuatorial y, particularmente, por los eventos asociados al fenómeno de El Niño–Oscilación del Sur (ENOS), que pueden incrementar la precipitación anual en más del 300 % respecto de un año promedio (Rossel & Cadier, 2009). Esta condición debe ser considerada al seleccionar el período de retorno de diseño.

2.4.2. Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF)

Las curvas IDF constituyen la herramienta gráfica y analítica que relaciona la intensidad máxima de precipitación con su duración, para diferentes períodos de retorno (Aparicio Mijares, 1992). En el Ecuador, el INAMHI (2019) ha publicado ecuaciones regionalizadas del tipo:

Ecuación 1. Ecuación general de Intensidad de lluvia

$$I = \frac{(a * T^m)}{(t^n + b)}$$

Donde I corresponde a la intensidad en mm/h, T al período de retorno en años, t a la duración en minutos, y a, b, m y n son parámetros regionales que varían según la estación. Para el cálculo hidrológico de la Comuna El Azúcar se utilizarán las ecuaciones IDF correspondientes a la zona 17 (Península de Santa Elena) del estudio de lluvias intensas del INAMHI.

2.4.3. Período de retorno

El período de retorno (T) se define como el intervalo promedio, expresado en años, entre la ocurrencia de dos eventos que igualan o superan una magnitud dada (Chow et al., 1994). La selección del período de retorno de diseño depende del tipo de ocupación del suelo, del daño potencial asociado a la falla y del nivel de inversión aceptable. La norma del ex IEOS (1996) establece, para poblaciones mayores a 2 000 habitantes, los siguientes valores orientativos:

Zonas residenciales de baja densidad: T = 2 a 5 años. Zonas residenciales de alta densidad y zonas comerciales: T = 5 a 10 años. Arterias principales y zonas de alto riesgo: T = 10 a 25 años.

Para el caso de la Comuna El Azúcar, cuyo tejido urbano es predominantemente residencial de media densidad, se adoptará un período de retorno de 10 años, valor recomendado por López Cualla (2003) para sistemas de drenaje pluvial en poblaciones menores a 100 000 habitantes.

2.4.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca alcance la sección de análisis (Aparicio Mijares, 1992). Para microcuencas urbanas pequeñas se utilizan con frecuencia las fórmulas empíricas de Kirpich, Témez y la SCS:

Fórmula de Kirpich: $t_c = 0.0195 * \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$, con t_c en minutos, L en metros y S en m/m (Chow et al., 1994). Fórmula de Témez: $t_c = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$, aplicable a cuencas españolas y frecuentemente adoptada en el medio latinoamericano (López Cualla, 2003).

Adicionalmente, en tramos urbanos se incorpora un tiempo de entrada al sistema (t_e), generalmente comprendido entre 5 y 15 minutos, y un tiempo de recorrido en los colectores (t_r), calculado mediante la ecuación de continuidad (Butler & Davies, 2011).

2.4.5. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) representa la fracción de la precipitación total que se convierte en escorrentía superficial (Chow et al., 1994). Sus valores dependen del tipo de cobertura del suelo, de la pendiente del terreno y del grado de saturación previa. La norma del ex IEOS (1996) y López Cualla (2003) recomiendan, entre otros, los siguientes valores para el método racional:

Zonas residenciales unifamiliares: C = 0,30 a 0,50. Zonas residenciales multifamiliares: C = 0,40 a 0,60. Calles pavimentadas con asfalto: C = 0,70 a 0,95. Cubiertas y techos: C = 0,75 a 0,95. Áreas verdes con pendiente plana: C = 0,05 a 0,10.

Para áreas heterogéneas se utiliza un coeficiente de escorrentía ponderado, calculado como la media aritmética ponderada por áreas de cada tipo de cobertura (Aparicio Mijares, 1992).

2.5. MÉTODO RACIONAL PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES

El método racional es uno de los procedimientos más ampliamente utilizados para la estimación de caudales máximos de diseño en pequeñas cuencas urbanas con áreas menores a 200 hectáreas (López Cualla, 2003; Chow, 1994). Su expresión matemática es:

Ecuación 2. Ecuación del método racional para el caudal probable.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

donde Q corresponde al caudal de diseño en m³/s, C es el coeficiente de escorrentía adimensional, I es la intensidad de precipitación en mm/h asociada al período de retorno y al tiempo de concentración, y A es el área de aporte en hectáreas.

Las hipótesis fundamentales del método son: la duración de la lluvia igual o superior al tiempo de concentración; la intensidad constante y uniforme en el tiempo y en el espacio; el coeficiente de escorrentía constante durante el evento; y el caudal pico a la salida igual al producto de la intensidad por el área drenada (Butler & Davies, 2011). Su sencillez y la disponibilidad de parámetros locales justifican su aplicación en la presente investigación, en concordancia con lo establecido en la norma del ex IEOS (1996) para poblaciones de las dimensiones de la Comuna El Azúcar.

2.6. FUNDAMENTOS DE HIDRÁULICA APLICADOS AL DRENAJE

2.6.1. Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad expresa la conservación de la masa en el flujo de un fluido incompresible: $Q = V * A$, donde Q es el caudal, V la velocidad media del flujo y A el área de la sección transversal (Rocha Felices, 2007). En el diseño de redes pluviales, esta ecuación se aplica sucesivamente en cada nodo y tramo para verificar el balance hidráulico del sistema.

2.6.2. Flujo uniforme y ecuación de Manning

El flujo en conductos de alcantarillado pluvial se analiza predominantemente bajo la hipótesis de flujo uniforme, en el cual las características hidráulicas (tirante, velocidad, caudal) permanecen constantes a lo largo del tramo considerado (Chow, 1994). La ecuación de Manning se expresa como:

Ecuación 3. Ecuación de Manning para velocidad.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde V es la velocidad en m/s, n es el coeficiente de rugosidad de Manning (adimensional), R es el radio hidráulico en metros y S es la pendiente hidráulica en m/m. Los valores típicos del coeficiente n para los materiales más empleados son: PVC liso n = 0,009 a 0,011; hormigón prefabricado n = 0,013; y hormigón armado in situ n = 0,015 (Rocha Felices, 2007; López Cualla, 2003).

2.6.3. Flujo a sección parcialmente llena

Para revisar el comportamiento de una tubería parcialmente llena pueden utilizarse las curvas y tablas presentadas por Butler y Davies (2011) y López Cualla (2003). Estas relaciones permiten obtener el caudal, la velocidad, el área mojada y el radio hidráulico a partir del diámetro y del nivel de llenado. En los colectores pluviales principales, la norma del ex IEOS (1996) limita el tirante de diseño al 93 % del diámetro, de modo que se conserve un espacio libre para el aire y se reduzca el riesgo de presurización.

2.6.4. Velocidades mínimas y máximas

Para evitar sedimentación y erosión del material del conducto, la norma del ex IEOS (1996) establece los siguientes límites de velocidad en colectores pluviales:

Velocidad mínima: 0,90 m/s a sección llena, o 0,60 m/s a sección parcial, con el fin de garantizar el autolavado del conducto. Velocidad máxima: 4,50 m/s para tubería de hormigón y hasta 7,50 m/s para tuberías plásticas, dependiendo del material y del recubrimiento interno.

Estos valores coinciden con los recomendados internacionalmente por Metcalf y Eddy (2014) y son la base para la verificación hidráulica de cada tramo del sistema.

2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

2.7.1. Sumideros

Los sumideros son las estructuras de captación encargadas de interceptar la escorrentía superficial desde las calzadas hacia la red de colectores (López Cualla, 2003). Según su configuración se clasifican en sumideros de reja horizontal (en calzada), de ventana lateral (en bordillo), mixtos o combinados. La elección depende de la pendiente longitudinal de la vía, del caudal a captar y de consideraciones de seguridad vial (Butler & Davies, 2011). El espaciamiento típico entre sumideros oscila entre 30 y 80 metros, según las condiciones de pendiente y caudal (IEOS, 1996).

2.7.2. Conexiones domiciliarias pluviales

En proyectos que contemplan la recolección de aguas lluvias de cubiertas y patios, se incorporan conexiones domiciliarias específicas, conformadas por tuberías de PVC con diámetros mínimos de 110 mm y pendientes no inferiores al 1 % (NTE INEN 2059, 2010). Estas conexiones descargan a la red de colectores a través de cajas de registro prefabricadas.

2.7.3. Colectores

Los colectores son los conductos principales encargados del transporte del agua captada hasta los puntos de descarga (Metcalf & Eddy et al., 2014). Se clasifican en: colectores iniciales o terciarios, que reciben directamente de los sumideros; colectores secundarios, que agrupan varios tramos terciarios; y colectores principales o emisarios, que conducen la totalidad del caudal hasta la estructura de descarga. La norma del ex IEOS (1996) establece un diámetro mínimo de 250 mm para colectores pluviales, con el fin de facilitar el mantenimiento y evitar obstrucciones.

2.7.4. Cámaras o pozos de inspección

Las cámaras de inspección son estructuras verticales ubicadas en puntos estratégicos de la red —cambios de dirección, cambios de pendiente, empalmes y tramos rectos prolongados— que permiten el acceso para inspección, limpieza y mantenimiento (López Cualla, 2003). La norma del ex IEOS (1996) establece un espaciamiento máximo entre cámaras de 80 metros para tuberías menores a 350 mm, y de 100 metros para diámetros mayores. La profundidad mínima de los pozos es de 1,20 metros, y su diámetro interior mínimo de 0,90 metros.

2.7.5. Estructuras de descarga

La estructura de descarga es el elemento final del sistema y tiene como función entregar el caudal conducido al cuerpo receptor quebrada, río, mar o campo de infiltración de manera

controlada, evitando erosión, socavación y alteración del régimen natural (Butler et al., 2018). Los diseños más comunes incluyen muros cabeceros de hormigón armado, dissipadores de energía tipo escalonados o de impacto, y protecciones de enrocado a la salida (Rocha Felices, 2007).

2.8. MATERIALES EMPLEADOS EN REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

La selección del material de las tuberías influye directamente en la rugosidad hidráulica, la durabilidad, el costo y el comportamiento frente a cargas externas. Los materiales más empleados en redes pluviales son (López Cualla, 2003; Metcalf & Eddy et al., 2014):

- **Hormigón simple o armado:** el más comúnmente utilizado en diámetros superiores a 300 mm. La principal ventaja es su resistencia estructural, pero su superficie es rugosa y puede verse afectada por condiciones ácidas.
- **Policloruro de vinilo (PVC):** es liso con un coeficiente de Manning cercano a 0.009, y puede instalarse como un material liviano y resistente a la corrosión, por lo que se utiliza en diámetros entre 110 y 500 mm.
- **Polietileno de alta densidad (PEAD):** con rugosidad similar al PVC y alta resistencia al impacto. Debido a su flexibilidad, este material se ha utilizado cada vez más en proyectos de saneamiento rural.
- **Tubería corrugada de polipropileno:** con diámetros disponibles hasta 1 200 mm y excelente comportamiento estructural bajo cargas de tráfico.

Para el estudio de prefactibilidad técnica del sistema de alcantarillado pluvial de la comuna El Azúcar se seleccionó tubería de PVC de doble pared estructurada para la totalidad de la red de colectores, debido a que este material presenta una baja rugosidad hidráulica (coeficiente de Manning aproximado de $n = 0,009$), lo que favorece el transporte eficiente de los caudales de diseño con menores pérdidas de carga. Por su parte, los sumideros, las cámaras de revisión y los cabezales de descarga fueron proyectados en hormigón armado, debido a que estas estructuras deben soportar cargas provenientes del terreno y del tránsito vehicular, además de resistir los esfuerzos generados por la captación, conducción y descarga de las aguas pluviales.

2.9. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.9.1. Importancia del levantamiento topográfico en drenaje pluvial

El levantamiento topográfico constituye la base planialtimétrica sobre la que se planifica cualquier sistema de alcantarillado, ya que determina las pendientes disponibles para el escurrimiento por gravedad, la ubicación de los puntos de descarga y la delimitación de las subcuencas aportantes (Torres Nieto & Villate Bonilla, 1968). Un levantamiento deficiente conduce inevitablemente a errores de pendiente, contraflujos y sobredimensionamiento de los tramos.

2.9.2. Métodos topográficos aplicados

Los métodos topográficos más empleados en proyectos de saneamiento urbano son (Domínguez García-Tejero, 1998):

Topografía convencional con estación total: proporciona precisiones del orden de 1 a 5 mm en distancia y 1" a 5" en ángulos. Es el método más empleado en proyectos urbanos de escala media. Topografía satelital GNSS en modo RTK: permite obtener coordenadas con precisiones de 2 a 5 cm en tiempo real, siempre que se disponga de señal de corrección diferencial. Resulta especialmente útil para el levantamiento de áreas abiertas.

Fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados (VANT): mediante la generación de modelos digitales de terreno y ortofotomosaicos, permite cubrir grandes extensiones con precisiones del orden de 3 a 10 cm en planimetría y 5 a 15 cm en altimetría (Colomina & Molina, 2014). En el presente estudio se empleó un receptor GNSS RTK, modelo Singular XYZ E1 para realizar el levantamiento topográfico del área de estudio, bajo el sistema de proyección UTM WGS 84 zona 17 Sur, marco de referencia geodésico oficial del Ecuador (IGM, 2016).

2.9.3. Curvas de nivel y modelo digital de terreno

A partir de los puntos levantados en campo se genera un modelo digital de terreno (MDT), a partir del cual se obtienen las curvas de nivel que permiten visualizar la morfología del relieve (Torres Nieto & Villate Bonilla, 1968). Para proyectos de drenaje pluvial en zonas urbanas, se recomienda un intervalo de curvas de 0,50 m a 1,00 m, con el fin de identificar con precisión las zonas planas y los potenciales puntos de acumulación.

2.10. MARCO NORMATIVO Y LEGAL APLICABLE

2.10.1. Normativa ecuatoriana

Las principales disposiciones normativas que rigen el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial en el Ecuador son:

- Normas para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales del ex Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS, 1996), actualmente administradas por la Subsecretaría de Servicios Domiciliarios de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2059 (2004): Tubos de PVC rígido con paredes estructuradas e interior liso y accesorios para alcantarillado.
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2019), que en su artículo otorga a los gobiernos municipales la competencia exclusiva para prestar el servicio público de alcantarillado
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (Asamblea Nacional, 2014), que regula el uso, conservación y descarga de los recursos hídricos.
- Acuerdo Ministerial 061 del Ministerio del Ambiente (2015), relativo a los límites máximos permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce y salada.

2.10.2. Referencias normativas internacionales

Como complemento y referencia, se recurre a normas y manuales internacionales ampliamente aceptados en la práctica profesional: el Manual on the Design of Sewerage Systems de la Water Environment Federation (Roderick D., 2010); las directrices de la American Society of Civil Engineers (Bizier, 2007); y la literatura técnica del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (Carlos E. M. Tucci, 2006).

2.11. CRITERIOS DE DISEÑO Y PARÁMETROS DE CONTROL

2.11.1. Período de diseño

El período de diseño corresponde al intervalo de tiempo durante el cual se espera que la infraestructura cumpla satisfactoriamente su función sin requerir ampliaciones (López Cualla, 2003). Para sistemas de alcantarillado pluvial de poblaciones pequeñas y medianas, el ex IEOS (1996) recomienda períodos de 20 a 30 años. No obstante, en congruencia con lo definido en el anteproyecto, el presente estudio adopta un período de diseño de 25 años en una sola etapa constructiva.

2.11.2. Proyección poblacional

La proyección de la población al horizonte de diseño se realiza mediante métodos matemáticos convencionales: aritmético, geométrico y exponencial (Aparicio Mijares, 1992). El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), con base en el VIII Censo de

Población y VII de Vivienda, publica las tasas de crecimiento cantonales y parroquiales que sirven de insumo para estas proyecciones. En el caso de la Comuna El Azúcar se aplicará el método geométrico, por ser el que mejor representa el crecimiento de comunidades en expansión.

2.11.3. Delimitación de áreas de aporte

Las áreas de aporte o subcuencas se delimitan sobre la base de las curvas de nivel y del trazado vial, siguiendo la divisoria topográfica hacia cada nodo de captación (López Cualla, 2003). Cada subárea queda caracterizada por su superficie, su pendiente media, su cobertura predominante y su coeficiente de escorrentía ponderado, parámetros que alimentan el método racional.

2.11.4. Recubrimiento mínimo y máximo

El recubrimiento sobre la clave de los colectores debe ser suficiente para proteger la tubería frente a cargas vivas y muertas, pero no tan elevado que encarezca innecesariamente la excavación. La norma del ex IEOS (1996) establece un recubrimiento mínimo de 1,20 m bajo calzadas vehiculares y de 0,60 m bajo aceras peatonales. El recubrimiento máximo económico se encuentra en torno a 4,00 m, a partir del cual conviene evaluar soluciones alternativas como estaciones de bombeo o cambios de trazado (Butler & Davies, 2011).

2.12. GESTIÓN SOSTENIBLE DE AGUAS PLUVIALES

La tendencia contemporánea en drenaje urbano trasciende el enfoque exclusivamente hidráulico para integrar criterios ambientales y paisajísticos bajo el concepto de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), conocidos también como Best Management Practices (BMPs) o Low Impact Development (LID) según la escuela anglosajona (B. et al., 2015). Estas soluciones buscan reproducir el ciclo hidrológico natural reduciendo la escorrentía en origen mediante infiltración, laminación, retención y tratamiento superficial.

Entre las técnicas más difundidas se encuentran: los pavimentos permeables, las zanjas de infiltración, los pozos de infiltración, los depósitos de detención a cielo abierto, las cunetas verdes y las cubiertas vegetales (Butler et al., 2018). Aunque el alcance del presente trabajo se concentra en el sistema convencional por colectores enterrados, se reconoce la conveniencia de contemplar, en etapas futuras, la incorporación gradual de elementos SUDS en la Comuna El Azúcar para robustecer la resiliencia hidrológica del sector.

2.13. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

2.13.1. Fundamentos del análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios (APU) es la herramienta técnica-económica que permite establecer el costo de ejecución de cada rubro de obra por unidad de medida (metro lineal, metro cúbico, unidad, etc.), descomponiéndolo en cuatro categorías principales: equipo y herramienta, mano de obra, materiales y transporte (CAMICON, 2023). A estos costos directos se les suma un porcentaje por costos indirectos, utilidad e imprevistos, conformando así el precio unitario final.

2.13.2. Presupuesto referencial

El presupuesto referencial se obtiene como la sumatoria de los productos de cada cantidad de obra por su correspondiente precio unitario, afectado por los costos indirectos del contrato (SERCOP, 2022). En obras de saneamiento financiadas con recursos públicos, este presupuesto se elabora siguiendo la metodología establecida por el Servicio Ecuatoriano de Contratación Pública (SERCOP), empleando los salarios mínimos sectoriales vigentes emitidos por el Ministerio del Trabajo y los precios de mercado publicados por las cámaras de la construcción.

2.13.3. Cronograma valorado

El cronograma valorado, elaborado comúnmente mediante diagramas de Gantt y reforzado con metodologías de ruta crítica (PERT–CPM), permite distribuir temporalmente la inversión prevista y anticipar los requerimientos financieros mensuales del proyecto (Serpell B., 2002). Este instrumento es fundamental para la planificación de la ejecución y para el control posterior de los avances.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

La presente investigación se cataloga como aplicada, en tanto su propósito no se limita a generar conocimiento abstracto, sino a utilizar los principios teóricos de la hidrología urbana, la hidráulica de conductos y la ingeniería sanitaria para resolver una problemática concreta: la inexistencia o insuficiencia del sistema de drenaje pluvial en el sector urbano de la Comuna El Azúcar.

El trabajo tiene un carácter aplicado porque utiliza conocimientos ya desarrollados para responder a un problema concreto de la comunidad. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) explican que este tipo de investigación busca resolver situaciones prácticas a partir de fundamentos previos. En la misma línea, Bernal (2010) ubica los estudios de factibilidad en ingeniería dentro de la investigación aplicada, ya que combinan criterios científicos y técnicos para plantear soluciones que pueden llevarse a la práctica

Adicionalmente, dado que el trabajo culmina con una propuesta de diseño (planos, dimensionamiento hidráulico, presupuesto referencial y cronograma), la investigación adquiere también un carácter proyectual o propositivo, en concordancia con la tipología planteada por Hurtado de Barrera (2010), quien clasifica como investigación proyectiva a aquella cuyo producto final es una propuesta de intervención dirigida a modificar una situación insatisfactoria identificada en el diagnóstico.

3.1.2. Nivel de Investigación

El nivel de profundidad del estudio se desarrolla en tres planos consecutivos y complementarios, según la clasificación propuesta por Arias (2012) y ampliamente utilizada en la investigación ingenieril latinoamericana:

Nivel exploratorio, en la fase inicial, dirigido al reconocimiento general del área de estudio, la identificación de las condiciones físicas, la revisión de antecedentes técnicos y la familiarización con la problemática del drenaje en la Comuna El Azúcar. Esta etapa permite delimitar el problema y formular los parámetros que regirán el diseño.

Nivel descriptivo, en la fase intermedia, orientado a caracterizar de manera precisa las variables del estudio: la topografía del terreno, las precipitaciones, las áreas de aporte, el coeficiente de escorrentía, los caudales generados y las condiciones de la infraestructura existente. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) precisan que los estudios descriptivos buscan

especificar las propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno analizado, sometiéndolo a una medición independiente o conjunta de sus variables.

Nivel explicativo y propositivo, en la fase final, en la que se establecen las relaciones causales entre las variables independientes (condiciones geográficas, climáticas, demográficas y normativas) y las variables dependientes (eficiencia operativa del sistema, nivel de inundaciones, calidad de vida), culminando con la propuesta de un sistema de alcantarillado pluvial técnicamente factible para el sector. De acuerdo con Bernal (2010), este último nivel se distingue por su capacidad para fundamentar soluciones de ingeniería a partir del entendimiento sistemático de las causas que originan el problema.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método de Investigación

Para garantizar el rigor del proceso se adopta un esquema de métodos combinados, característico de los proyectos de ingeniería civil aplicada (Bernal, 2010):

Método deductivo: se parte de principios universales de la hidrología y la hidráulica — ciclo hidrológico, ecuaciones de continuidad, ecuación de Manning, método racional— para llegar a soluciones particulares aplicables a las condiciones específicas de la Comuna El Azúcar. Esta lógica de lo general a lo particular constituye el eje conductor del cálculo hidrológico e hidráulico (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Método inductivo: en sentido inverso, las observaciones puntuales realizadas durante el levantamiento topográfico, las inspecciones de campo y las mediciones de pendiente permiten construir generalizaciones sobre el comportamiento del agua en el sector urbano y sobre la idoneidad de las rutas de trazado propuestas.

Método analítico-sintético: para estudiar la red se revisó primero cada componente por separado: sumideros, colectores iniciales, secundarios y principales, cámaras de inspección y estructuras de descarga. Una vez analizado el funcionamiento de cada elemento, todos se integraron en una sola propuesta, verificando que trabajaran de manera conjunta dentro del sistema pluvial.

Método de observación directa: se utilizó durante el reconocimiento inicial y el levantamiento topográfico. Las visitas al sitio permitieron identificar de manera ordenada las condiciones físicas del sector, los puntos bajos y las características de las vías. Tamayo y Tamayo (2012) señalan que este contacto con la realidad estudiada es una herramienta fundamental en las investigaciones aplicadas a la ingeniería.

Método estadístico-matemático: utilizado en el análisis de las series pluviométricas del INAMHI, en la construcción de curvas IDF y en el cálculo de los caudales de diseño, así como en el procesamiento de los datos obtenidos en campo.

3.2.2. Enfoque de Investigación

El estudio adopta un enfoque mixto —cuantitativo con componente cualitativo—, coherente con la naturaleza híbrida de los estudios de factibilidad técnica en ingeniería sanitaria. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) sostienen que un enfoque mixto resulta especialmente conveniente cuando el fenómeno bajo estudio integra dimensiones numéricas (cálculo hidráulico, caudales, presupuestos) y dimensiones cualitativas (percepción comunitaria sobre el servicio, observaciones de campo, criterios de diseño).

El componente cuantitativo del trabajo está principalmente presente en la información topográfica, la modelación hidrológica e hidráulica, las fórmulas estadísticas para calcular la muestra poblacional, los caudales por el método racional, el tamaño de las tuberías según la ecuación de Manning y el presupuesto referencial.

El componente cualitativo, se ilustra a través de la observación de campo, la inspección visual de la infraestructura existente, los registros fotográficos y, finalmente, entrevistas semiestructuradas con residentes y líderes comunitarios para identificar puntos críticos de inundación que solo los datos cuantitativos no logran revelar.

3.2.3. Diseño de Investigación

El diseño metodológico se clasifica como no experimental, transversal y de campo, en concordancia con la tipología propuesta por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018):

No experimental, porque las variables independientes (topografía, régimen pluviométrico, crecimiento poblacional, normativa) no son manipuladas intencionalmente por el investigador; se observan tal como ocurren en la realidad para luego analizarlas. La información tampoco se obtuvo a través de ensayos controlados en laboratorio.

Se considera transversal porque los datos se recopilaron durante un tiempo particular y también describen la situación actual del sector. También es un estudio de campo porque la topografía, las pendientes, los registros fotográficos, la inspección visual y la información social se recopilaron directamente en la Comuna El Azúcar, sin depender principalmente de fuentes secundarias.

El proceso se llevó a cabo en seis etapas, primero se estudiaron los antecedentes y las normas, identificación del área donde se realizaría el levantamiento topográfico en la segunda etapa. La tercera etapa fue recopilar y procesar datos hidrometeorológicos del INAMHI, con esta información se realizó el cálculo hidrológico mediante el método racional en la cuarta

etapa, en la quinta etapa se dimensionaron la red y sus componentes, finalmente se elaboraron los planos, el presupuesto y el plan de operación y mantenimiento. Los resultados de una etapa sirvieron como entrada para la siguiente, lo que permite seguir y comprobar el procedimiento aplicado (Bernal, 2010).

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Dado que el presente trabajo conjuga el análisis técnico de una infraestructura con la valoración del beneficio social esperado, la población y la muestra se definen en dos dimensiones complementarias: una dimensión territorial-técnica, asociada al área física y a sus componentes hidrológicos, y una dimensión poblacional, asociada a los habitantes potencialmente beneficiarios del sistema.

3.3.1. Población

3.3.1.1. Población técnica.

Desde el punto de vista técnico, la población corresponde a la totalidad del sector urbano de la Comuna El Azúcar, ubicada al norte del cantón Santa Elena, en la provincia de Santa Elena, incluyendo el conjunto de calles, manzanas, edificaciones y subcuencas urbanas que conformarán el área de aporte del sistema de alcantarillado pluvial. Esta población técnica abarca la totalidad de las cuerdas del perímetro urbano definido, así como los puntos de descarga naturales o artificiales más próximos hacia los cuales se conducirá el caudal generado.

3.3.1.2. Población humana.

Desde el punto de vista demográfico, la población objeto de estudio corresponde a los habitantes del sector urbano de la Comuna El Azúcar, estimada en aproximadamente 2 000 habitantes, según las cifras recogidas en el anteproyecto y consistentes con la proyección poblacional cantonal del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022). Arias (2012) define la población como el conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. En este caso, la población es finita y accesible, lo cual habilita la aplicación de fórmulas estadísticas convencionales para el cálculo de la muestra.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Muestra Técnica

Para el componente técnico del estudio se aplica un muestreo censal, es decir, se considera la totalidad del área urbana de la comuna como unidad de análisis. Esta

decisión se sustenta en lo planteado por Ramírez (1997), quien define a la muestra censal como aquella en la que todas las unidades de la población se incluyen como muestra cuando el universo es manejable en extensión y permite ser estudiado en su totalidad. Dado que el dimensionamiento de un sistema de alcantarillado pluvial requiere considerar la totalidad de las áreas de aporte para garantizar la cobertura completa del servicio, no resulta metodológicamente válido seleccionar una fracción aleatoria del área urbana; cada subcuenca debe ser caracterizada de forma íntegra y específica.

3.3.2.2. *Muestra Poblacional*

Para el componente social-perceptivo del estudio, dirigido a recoger la percepción de los habitantes sobre los puntos críticos de anegamiento, la frecuencia de afectaciones y la valoración del servicio actual, se aplica un muestreo estadístico convencional sobre la población humana definida.

3.3.3. Tipo de Muestreo

3.3.3.1. *Para la dimensión técnica*

Se aplica un muestreo no probabilístico de tipo censal, en virtud de que la cobertura completa del territorio es una exigencia del propio diseño hidráulico. La caracterización topográfica, la delimitación de áreas de aporte y la modelación de caudales requieren información de la totalidad del área urbana, sin que sea admisible un subconjunto seleccionado al azar (Arias, 2012).

3.3.3.2. *Para la dimensión poblacional*

Se adopta un muestreo probabilístico aleatorio simple, en el cual cada habitante mayor de edad de la comuna tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para la aplicación del instrumento. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), este tipo de muestreo es el que produce los menores sesgos y mayor representatividad cuando se trata de poblaciones homogéneas y de tamaño finito accesible. Operativamente, la selección se realizará mediante recorrido sistemático por las manzanas del sector urbano, abordando a un habitante por vivienda hasta completar el tamaño muestral calculado, asegurando la rotación entre cuadras para evitar el sesgo de concentración geográfica.

Como criterio de inclusión se considerarán: residentes permanentes del sector urbano de la Comuna El Azúcar, mayores de 18 años, con al menos un año de residencia en la zona. Como criterios de exclusión: personas en tránsito, residentes con menos de un año de permanencia y personas que se encuentren temporalmente desplazadas durante el período de aplicación del instrumento.

3.3.3.3. Unidad de análisis y unidad de observación

La unidad de análisis del estudio es el sistema de alcantarillado pluvial en su conjunto, entendido como la propuesta técnica integral que se busca dimensionar. La unidad de observación, en cambio, varía según el componente: para el levantamiento topográfico, la unidad de observación corresponde a cada punto medido en campo y a cada tramo de calle; para el análisis hidrológico, a cada subcuenca urbana delimitada; y para la dimensión social, a cada habitante encuestado del sector urbano de la comuna (Bernal, 2010).

3.4. METODOLOGÍA DE O.E.1: REALIZAR EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR URBANO DE LA COMUNA EL AZÚCAR Y LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA OFICIAL DEL INAMHI, CON EL FIN DE CARACTERIZAR EL TERRENO Y EL COMPORTAMIENTO PLUVIOMÉTRICO LOCAL.

3.4.1. Levantamiento topográfico de la comuna El Azúcar.

Se realiza el levantamiento topográfico de toda la extensión urbana de la comuna mediante el receptor GNSS RTK Singular XYZ E1, utilizando el sistema de coordenadas WGS 1984, la cual se delimita a continuación:

Imagen 1. Sección urbana de la comuna El Azúcar, coordenada: 546762.82 m E y 9751138.19 m N.



Nota. Extraída de Google Earth

Es necesario conocer la altimetría de la zona, para obtener los puntos altos y bajos, que permitirán delimitar las áreas o zonas de acumulación de agua pluvial que debe ser drenada a

cauces cercanos, para de esta manera no alterar el ciclo y curso del agua que debe tomar. Las coordenadas de las áreas de aportación se encontrarán en el *ANEXO 6*

Se registraron los puntos característicos ubicados en los costados de las vías, suficientes para representar con precisión la geometría del área de estudio. Debido a que gran parte de la zona urbana aún no cuenta con pavimentación, el levantamiento se efectuó tomando como referencia los bordes de las vías existentes. En el siguiente capítulo se mostrarán los resultados del levantamiento realizado.

3.4.2. Determinación de intensidad de lluvia en la comuna El Azúcar.

Actualmente el INAMHI no cuenta con ecuaciones de intensidad de lluvia para los cantones de la provincia de Santa Elena, por lo que es necesario recurrir a bibliografía para obtener una ecuación adecuada de diseño para la comuna El Azúcar.

Se usará la Ecuación 5 que replicó Mendoza G. y Mendoza O. (2023) para su “Evaluación y estudio hidráulico para los Sistemas de drenaje existentes en la vía Sayá – el Azúcar de la provincia de Santa Elena” tomada de la estación El Azúcar (M223) que, si bien actualmente no funciona, si cuenta con registros necesarios para establecer una ecuación la cual ha sido usada para varios proyectos de estudios académicos formales, en este caso Mendoza G. y Mendoza O. (2023) obtuvieron estos registros históricos y utilizando el método de Gumbel con regresión lineal obtuvieron la ecuación de intensidad para su investigación (Mendoza G. Andrés & Mendoza O. Diego, 2023).

3.5. METODOLOGÍA DE O.E.2: DETERMINAR LOS CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO RACIONAL, CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS DE PERÍODO DE RETORNO, COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA, TIEMPO DE CONCENTRACIÓN E INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE ESTUDIO.

3.5.1. Coeficiente de Escorrentía

Como se denotó en el capítulo 2, los coeficientes de escorrentía serán dependientes del tipo de superficie, mediante ortofotos y trazados se obtuvieron áreas aproximadas de cada tipo de zona de la zona urbana, se ponderaron en base al tipo de zona y los coeficientes de escorrentía típicamente asignados a esas zonas según la sección 2.4.5.:

Tabla 1. Ponderación de valor de Escorrentía.

ZONA	% ÁREA	COEFICIENTE (C)	APORTE
Zona consolidada	27%	0.80	0.22
Suelo desnudo	43%	0.65	0.28
Pasto/vegetación	30%	0.20	0.06
	100%		0.55

El coeficiente escogido para el diseño es de **0.55**.

3.5.2. Tiempo de concentración

Para el tiempo de concentración se tomará para el diseño la ecuación de Kirpich, esta ecuación está recogida en la práctica ecuatoriana y normas SENAGUA/ex-IEOS para alcantarillado y HEC-19 de la FHWA:

Ecuación 4. Ecuación de Kirpich para el tiempo de concentración.

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde L (longitud) debe estar en metros, y S (pendiente) en notación decimal, no porcentual, esto dará t_c en minutos (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996)

3.5.3. Período de retorno

El período de retorno escogido tanto para colectores de sumideros como colectores principales será de **10 años** por practicidad, este valor se usará en la ecuación de intensidad de lluvia para determinar un valor tentativo de milímetros de agua por hora para prefactibilidad de proyecto (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996).

3.5.4. Intensidad de Lluvia

La ecuación mencionada en la sección 3.1.2. se define por la siguiente expresión:

Ecuación 5. Ecuación de intensidad de lluvia formulada a partir de los registros de la estación M223 para la comuna El Azúcar.

$$I = (108.8)t_c^{-0.616}T^{0.3791}$$

Para cada colector que tenga un área de aportación propia se usará esta ecuación de intensidad para posteriormente calcular un caudal de diseño, cada uno de estos colectores tendrá un área de aportación diferente, por tanto, el tiempo de concentración será en cada caso.

3.5.5. Áreas de Aportación

Las áreas de aportación se delimitarán mediante los puntos altos y bajos del levantamiento topográfico antes realizado, estos puntos permitirán simular teóricamente el recorrido del flujo de agua pluvial y que extensión superficial de terreno, que incluye viviendas, patios, calles y aceras donde precipita la lluvia, pertenecen a una dirección de flujo continua y acumulativa que termina en un punto bajo dentro de la zona urbana o en un punto de descarga natural a las afueras de la zona urbana (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996).

3.5.6. Caudal de diseño

Tal como se definió en la sección 2.5, se usará el método racional para el cálculo de caudal teórico de diseño para cada elemento de drenaje ya que es el método prescrito por la norma ecuatoriana de alcantarillado (ex-IEOS/SENAGUA) para áreas de drenaje pequeñas, y está recogido en HEC-22 (FHWA) para drenaje urbano de vialidad, el método usa la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde C, es el coeficiente de escorrentía (0.55 antes escogido), I será la intensidad de lluvia que dependerá de cada cálculo de colección de agua, y A es el área de aportación asociada esa intensidad de lluvia.(Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996)

3.6. METODOLOGÍA DE O.E.3: DISEÑAR HIDRÁULICAMENTE LA RED DE COLECTORES PLUVIALES, SUMIDEROS Y ESTRUCTURAS DE DESCARGA, CONFORME A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL EX IEOS (1996).

3.6.1. Colectores: Diámetros de diseño

Los diámetros de diseño serán escogidos (de forma iterativa, véase sección 2.7.) en base a los diámetros comerciales del mercado nacional, los cuales son:

Tabla 2. Diámetros comerciales de tuberías doble pared PVC para aguas lluvias.

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)	Longitud útil (m)	Serie NTE INEN 2059:2010	Rigidez anular ISO 9969	Rigidez anular DIN 16961	ASTM D2412 (lb/pulg ²) kPa (kN/m ²)
110	100	6	6	8	63	57 (394)
125	110	6	6	8	63	57 (394)
160	145	6	5	4	31,5	29 (199)
175	160	6	5	4	31,5	29 (199)
200	183	6	5	4	31,5	29 (199)
220	200	6	5	4	31,5	29 (199)
250	228	6	5	4	31,5	29 (199)
280	250	6	5	4	31,5	29 (199)
315	286	6	5	4	31,5	29 (199)
335	300	6	5	4	31,5	29 (199)
400	364	6	5	4	31,5	29 (199)
440	400	6	5	4	31,5	29 (199)
540	500	6	5	4	31,5	29 (199)
650	600	6	5	4	31,5	29 (199)
760	700	6	5	4	31,5	29 (199)
875	800	6	5	4	31,5	29 (199)
975	900	6	5	4	31,5	29 (199)
*1065	975	6	5	4	31,5	29 (199)
*1150	1050	6	5	4	31,5	29 (199)
*1245	1130	6	5	4	31,5	29 (199)
*1325	1205	6	5	4	31,5	29 (199)

Nota. Tomado de DITECNIA. (DITECNIA, 2026)

Para el diseño se utilizarán los diámetros internos de las tuberías, ya que estos representan el área efectiva disponible para el paso del flujo. A partir del diámetro interno se determina el área, el perímetro y el radio, parámetros fundamentales para la aplicación de las ecuaciones de continuidad y de Manning en el dimensionamiento de colectores pluviales. En cambio, el diámetro nominal o exterior se emplea principalmente para fines de fabricación, comercialización e instalación de las tuberías, por lo que no refleja la capacidad real de conducción del sistema. Por esta razón, los cálculos se realizarán considerando el diámetro interior de cada tubería comercial seleccionada.

3.6.2. Sumideros: captación y volumen de diseño

Existen dimensiones típicas de sumideros para usos urbanos, los tipifican simples y dobles, con dimensiones estándar y grandes, las cuales se resumen a continuación:

Tabla 3. Tabla de tipos de sumideros con sus dimensiones típicas y capacidad hidráulica.

Tipo de sumidero	Dimensión típica de rejilla (m)	Área efectiva aprox. (m ²)	Caudal de diseño recomendado (L/s)
Simple pequeño	0.50 × 0.90	0.45	10 – 20
Simple estándar	0.60 × 1.00	0.60	20 – 40
Simple grande	0.60 × 1.20	0.72	40 – 60
Doble estándar	2 × (0.60 × 1.00)	1.20	40 – 80
Doble grande	2 × (0.60 × 1.20)	1.44	60 – 120
Triple o especial	3 rejillas	>1.80	>120

Nota. Tomado de Metcalf & Eddy I. (Metcalf & Eddy, 1981)

Para este caso de estudio se usarán los sumideros simples grandes y dobles grandes, que entre varios captarán todo el caudal calculado de un área tributaria en específico.

3.6.3. Cámaras de revisión: Dimensiones

Las dimensiones mínimas dependen del diámetro de la tubería de salida. Como referencia típica se tiene la norma ex IEOS/SENAGUA:

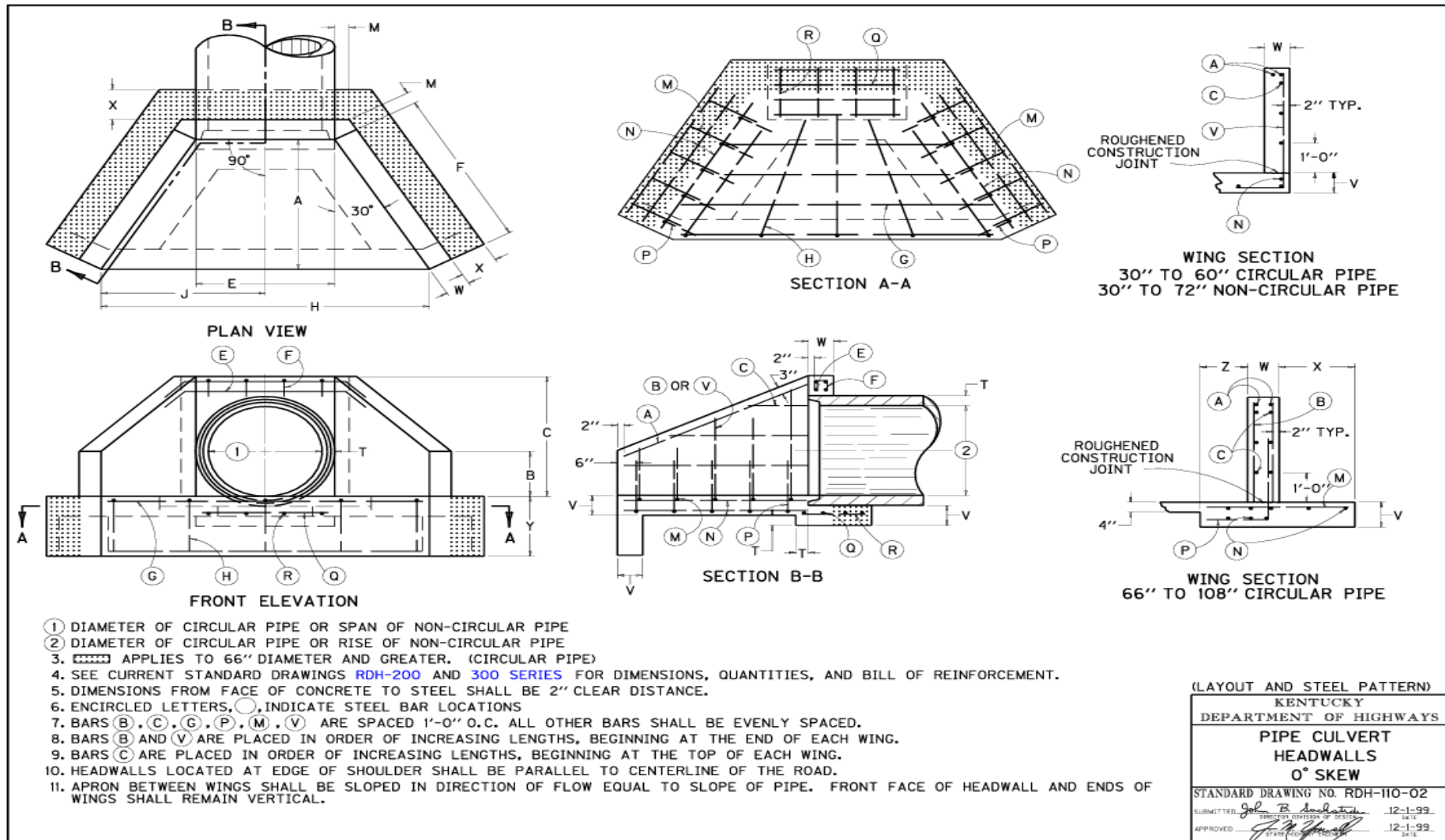
- D salida ≤ 600 mm $\rightarrow$ cámara cuadrada o circular de 0.60–1.20 m de lado/diámetro interior
- D salida entre 600–1000 mm $\rightarrow$ cámara de 1.20 m mínimo
- D salida > 1000 mm $\rightarrow$ dimensión = D + 0.40 m de espacio libre perimetral mínimo, con acceso para mantenimiento

3.6.4. Cabezales: Descarga de aguas pluviales

Se adopta un cabezal de salida con muros de ala abocinados a 45° por su doble función estructural e hidráulica: las aletas retienen el talud del terraplén y confinan el flujo en la transición al cauce, mientras la losa de hormigón entre ellas protege sus pies contra la socavación. En la salida del colector, la expansión del flujo produce una disipación importante de energía. Por esta razón, el diseño del cabezal se controla principalmente por el riesgo de socavación y no por el coeficiente de pérdida. Se adoptan muros de ala abiertos a 45°, configuración reconocida en HEC-14, porque orienta adecuadamente el agua hacia el cauce y ofrece una solución razonable en cuanto a costo y superficie de protección.

Para evitar que la losa de salida pierda apoyo por efecto de la erosión, se incorpora un dentellón en su extremo. Su profundidad será $\geq 2 \cdot d_{50}$ del material de protección, siguiendo el criterio de (Thompson & Kilgore, 2006). Las dimensiones restantes del cabezal y de los muros de ala a 45° se seleccionarán de acuerdo con el diámetro del colector, como se muestra a continuación:

Imagen 2. Esquema de diseño para cabezales de descarga con muro de ala a 45 grados.



Nota. Tomado del Kentucky Department of Highways. (Kentucky Department of Highways, 1999)

Donde las dimensiones de diseño son:

Imagen 3. Dimensiones de los elementos del cabezal en función del diámetro del colector.

DIMENSION	DIAMETER OF PIPE														DIMENSION
	30''	36''	42''	48''	54''	60''	66''	72''	78''	84''	90''	96''	102''	108''	
A	3'-9''	4'-4''	4'-11''	5'-6''	6'-1''	6'-8''	7'-5''	8'-0''	8'-7''	9'-2''	9'-9''	10'-4''	10'-11''	11'-6''	A
B	1'-3''	1'-6''	1'-9''	2'-0''	2'-3''	2'-6''	2'-9''	3'-0''	3'-3''	3'-6''	3'-9''	4'-0''	4'-3''	4'-6''	B
C	3'-6''	4'-0''	4'-7''	5'-1''	5'-8''	6'-2''	7'-0''	7'-5''	8'-0''	8'-6''	9'-1''	9'-7''	10'-2''	10'-8''	C
E	3'-1''	3'-8''	4'-3''	4'-10''	5'-5''	6'-0''	6'-7''	7'-2''	7'-9''	8'-4''	8'-11''	9'-6''	10'-1''	10'-8''	E
F	4'-4''	5'-0''	5'-8''	6'-4''	7'-0''	7'-8''	8'-7''	9'-3''	9'-11''	10'-7''	11'-3''	11'-11''	12'-7''	13'-3''	F
H	7'-6''	8'-8''	10'-0''	11'-2''	12'-6''	13'-8''	15'-2''	16'-6''	17'-8''	19'-0''	20'-2''	21'-6''	22'-8''	24'-0''	H
J	3'-9''	4'-4''	5'-0''	5'-7''	6'-3''	6'-10''	7'-7''	8'-3''	8'-10''	9'-6''	10'-1''	10'-9''	11'-4''	12'-0''	J
M	0'-5''						0'-6''								M
T	0'-3.5''	0'-4.0''	0'-4.5''	0'-5.0''	0'-5.5''	0'-6.0''	0'-6.5''	0'-7.0''	0'-7.5''	0'-8.0''	0'-8.5''	0'-9.0''	0'-9.5''	0'-10.0''	T
V	0'-8''						1'-0''								V
W	0'-8''						0'-10''								W
X	----						2'-0''				2'-6''				X
Y	2'-0''						2'-6''				3'-0''				Y
Z	----						1'-3''				1'-9''				Z
CU. YDS. CONC. 2 HEADWALLS	3.36	4.30	5.35	6.53	7.82	9.22	18.76	20.95	23.25	25.67	31.48	34.31	37.25	40.32	CU. YDS. CONC. 2 HEADWALLS
LBS. STEEL 2 HEADWALLS	281	363	430	496	583	687	1320	1571	1815	2043	2451	2753	3050	3379	LBS. STEEL 2 HEADWALLS
DIMENSIONS AND QUANTITIES ARE BASED ON CONCRETE PIPE AND WILL VARY SLIGHTLY FOR CORRUGATED METAL PIPE.															

Nota. Tomado del Kentucky Department of Highways. (Kentucky Department of Highways, 1999)

Estas dimensiones permiten seleccionar de manera directa las medidas de diseño de los muros de ala, la losa de protección y los demás componentes estructurales, asegurando que el cabezal sea compatible con el diámetro del colector proyectado.

Y el refuerzo de diseño estará dado por:

Imagen 4. Especificaciones de acero de refuerzo para cada elemento del cabezal, en función del diámetro del colector.

[illegible]

Nota. Tomado del Kentucky Department of Highways. (Kentucky Department of Highways, 1999).

Las especificaciones del acero de refuerzo para cada elemento del cabezal, considerando diferentes diámetros de tubería. Para definir la cantidad, longitud y disposición del refuerzo estructural, garantizando que el cabezal posea la resistencia necesaria para soportar las cargas del terreno, del relleno y las solicitaciones hidráulicas durante su vida útil.

3.6.5. Pendiente de diseño

Las pendientes de diseño suelen tener un mínimo de 0.2% y 1%, y están estrechamente relacionadas al diámetro de la tubería en cuestión y los límites mínimos de velocidad de diseño tanto para tubería llena como parcialmente llena. Por tanto, la elección de la pendiente será dependiente de la velocidad y de la capacidad de la tubería, y mediante un cálculo iterativo donde se encontraría la pendiente necesaria para cumplir con las condiciones normativas de diseño (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996).

3.6.6. Velocidad a tubería llena

La velocidad a tubería llena se la calcula mediante la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde R es el radio hidráulico de la sección, que no es más que la relación entre el área y el perímetro mojados, para este caso son área y perímetro totales, y S es la pendiente del tramo de tubería a diseñar, por tanto, mientras más grande es la tubería y la pendiente, más velocidad se obtiene.

No obstante, hay límites para esta velocidad calculada, no debe ser menor a 0.90 m/s y no mayor a 7.5 m/s para secciones PVC, por tanto, se debe iterar hasta obtener la velocidad, diámetro y pendiente más eficiente (Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1996).

3.6.7. Caudal a Tubería llena

Con el diámetro estimado y la velocidad a tubería llena calculada, se podrá obtener el caudal a tubería llena, que estará dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Ecuación general de Caudal a tubería llena.

$$Q = A * V$$

Este caudal a tubería llena se lo comparará con el caudal de diseño obtenido por el método racional, para comparar la capacidad hidráulica de la tubería escogida.

3.6.8. Relaciones hidráulicas para tuberías circulares parcialmente llenas.

En colectores por gravedad la sección circular nunca se diseña a tubo lleno: se dimensiona para escurrir parcialmente llena (típicamente d/D máximo de 0.70–0.75 en sanitario y hasta 0.80–0.93 en pluvial) para conservar borde libre, ventilación y capacidad de reserva ante picos. Esto obliga a calcular caudal y velocidad a profundidades intermedias, y ahí es donde las tablas de elementos hidráulicos son la herramienta estándar (Metcalf & Eddy, 1981)

Cuando una tubería circular trabaja parcialmente llena, parámetros como el área hidráulica, el perímetro mojado, el radio hidráulico, la velocidad y el caudal cambian en función del tirante. Por esta razón, es necesario analizar relaciones hidráulicas adimensionales que permitan comparar las condiciones de funcionamiento parcial con aquellas correspondientes a la tubería llena.

Mediante la ecuación de Manning se pueden determinar la velocidad y el caudal de circulación considerando la pendiente longitudinal de la tubería, el coeficiente de rugosidad del material y el radio hidráulico correspondiente. En el caso de conducciones parcialmente llenas, estos parámetros varían de acuerdo con el nivel alcanzado por el flujo, por lo que resulta necesario verificar que el diámetro seleccionado permita transportar adecuadamente el caudal de diseño sin que la tubería alcance condiciones desfavorables de funcionamiento.

La velocidad hidráulica también constituye un criterio importante de comprobación, debido a que velocidades demasiado bajas pueden favorecer la sedimentación de partículas y la acumulación de materiales dentro del colector. Para el presente estudio se considerará una velocidad mínima de 0,60 m/s, con la finalidad de mantener condiciones adecuadas de circulación y reducir la posibilidad de depósitos que puedan disminuir progresivamente la capacidad hidráulica de la red. De igual manera, se deberá verificar que las velocidades obtenidas se mantengan dentro de rangos compatibles con el material de la tubería y con las estructuras complementarias del sistema.

Para facilitar este análisis, diversas fuentes bibliográficas presentan ábacos y tablas con relaciones hidráulicas previamente calculadas para tuberías circulares parcialmente llenas, evitando desarrollar individualmente las expresiones geométricas para cada condición de tirante. Estas tablas constituyen una herramienta práctica para determinar la relación entre caudal, velocidad, profundidad y radio hidráulico. Para el presente caso de estudio se empleará la siguiente tabla de relaciones hidráulicas, Donde, se obtendrá la velocidad y tirante de agua de diseño mediante la relación entre el caudal de diseño dado por el método racional sobre el caudal máximo a tubería llena

Tabla 4. Tabla de relaciones hidráulicas para tuberías circulares parcialmente llenas.

RELACIONES HIDRÁULICAS PARA CONDUCTOS CIRCULARES (N/N ₀ VARIABLE)												
Q/Q ₀	V/V ₀	d/Ø	R/R ₀	H/Ø	Q/Q ₀	V/V ₀	d/Ø	R/R ₀	H/Ø	Q/Q ₀	V/V ₀	d/Ø
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.34	0.755	0.452	0.938	0.348	0.68	0.936	0.678
0.01	0.292	0.092	0.239	0.041	0.35	0.760	0.460	0.950	0.354	0.69	0.941	0.686
0.02	0.362	0.124	0.315	0.067	0.36	0.768	0.468	0.962	0.361	0.70	0.945	0.692
0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	0.37	0.776	0.476	0.974	0.368	0.71	0.951	0.699
0.04	0.427	0.165	0.410	0.102	0.38	0.781	0.482	0.983	0.374	0.72	0.955	0.705
0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.39	0.787	0.488	0.992	0.381	0.73	0.958	0.710
0.06	0.473	0.196	0.481	0.128	0.40	0.796	0.498	1.007	0.388	0.74	0.961	0.719
0.07	0.492	0.210	0.510	0.140	0.41	0.802	0.504	1.014	0.395	0.75	0.965	0.724
0.08	0.505	0.220	0.530	0.151	0.42	0.806	0.510	1.021	0.402	0.76	0.969	0.732
0.09	0.520	0.232	0.554	0.161	0.43	0.810	0.516	1.028	0.408	0.77	0.972	0.738
0.10	0.540	0.248	0.588	0.170	0.44	0.816	0.523	1.035	0.415	0.78	0.975	0.743
0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	0.45	0.822	0.530	1.043	0.422	0.79	0.980	0.750
0.12	0.570	0.270	0.630	0.188	0.46	0.830	0.536	1.050	0.429	0.80	0.984	0.756
0.13	0.580	0.280	0.650	0.197	0.47	0.834	0.542	1.056	0.436	0.81	0.987	0.763
0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.48	0.840	0.550	1.065	0.443	0.82	0.990	0.770
0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.49	0.845	0.557	1.073	0.450	0.83	0.993	0.778
0.16	0.613	0.308	0.704	0.221	0.50	0.850	0.563	1.079	0.458	0.84	0.997	0.785
0.17	0.624	0.315	0.716	0.229	0.51	0.855	0.570	1.087	0.465	0.85	1.001	0.791
0.18	0.634	0.323	0.729	0.238	0.52	0.860	0.576	1.094	0.472	0.86	1.005	0.798
0.19	0.645	0.334	0.748	0.244	0.53	0.865	0.582	1.100	0.479	0.87	1.007	0.804
0.20	0.656	0.346	0.768	0.251	0.54	0.870	0.588	1.107	0.487	0.88	1.011	0.813
0.21	0.665	0.353	0.780	0.258	0.55	0.875	0.594	1.113	0.494	0.89	1.015	0.820
0.22	0.672	0.362	0.795	0.266	0.56	0.880	0.601	1.121	0.502	0.90	1.018	0.826
0.23	0.680	0.370	0.809	0.273	0.57	0.885	0.608	1.125	0.510	0.91	1.021	0.835
0.24	0.687	0.379	0.824	0.280	0.58	0.890	0.615	1.129	0.518	0.92	1.024	0.843
0.25	0.695	0.386	0.836	0.287	0.59	0.895	0.620	1.132	0.526	0.93	1.027	0.852
0.26	0.700	0.393	0.848	0.294	0.60	0.900	0.626	1.138	0.534	0.94	1.030	0.860
0.27	0.706	0.400	0.860	0.300	0.61	0.903	0.632	1.139	0.542	0.95	1.033	0.868
0.28	0.713	0.409	0.874	0.307	0.62	0.908	0.639	1.143	0.550	0.96	1.036	0.876
0.29	0.720	0.417	0.888	0.314	0.63	0.913	0.645	1.147	0.559	0.97	1.038	0.884
0.30	0.729	0.424	0.898	0.321	0.64	0.918	0.651	1.151	0.568	0.98	1.039	0.892
0.31	0.732	0.431	0.907	0.328	0.65	0.922	0.658	1.155	0.576	0.99	1.040	0.900
0.32	0.740	0.439	0.919	0.334	0.66	0.927	0.666	1.160	0.585	1.00	1.041	0.914
0.33	0.750	0.447	0.931	0.341	0.67	0.931	0.672	1.163	0.595	1.01	1.042	0.920

Nota. Tomado de Rocha y Felices. (Rocha Felices, 2007)

3.7. METODOLOGÍA DE O.E.4: ELABORAR LOS PLANOS TÉCNICOS Y EL PRESUPUESTO REFERENCIAL PRELIMINAR DEL PROYECTO.

3.7.1. Criterios transversales (aplican a toda lámina)

Antes de ir elemento por elemento, se definen las convenciones que rigen todo el juego de planos:

- **Formato y rotulado:** serie A (A1 para planos generales, A3 para detalles), cajetín normalizado (proyecto, contenido, escala, fecha, dibujó/revisó/aprobó, N.º de lámina y código), norma de dibujo técnico (INEN/ISO 5457, 7200).
- **Escalas por tipo:** los planos generales pueden presentarse entre 1:500 y 1:1000, los planos detallados entre 1:50 y 1:100. Para secciones de construcción y detalles se utilizan escalas de 1:20 o 1:25 y desgloses 1:10, si el perfil tiene una escala horizontal diferente de la vertical ambas deben indicarse claramente en el plano.
- **Líneas y capas (layers):** los ejes se representan con líneas delgadas donde los contornos principales son más gruesos y las partes ocultas se marcan con guiones. También es aconsejable separar la información por capas, la organización facilita la revisión, evita confusiones y muestra que el dibujo se realizó con un criterio técnico uniforme.
- **Simbología y abreviaturas:** una sola caja de símbolos para todo el conjunto (drenaje, pozo, dirección de flujo, tipo de tubería, etc.) y una leyenda de abreviaturas.
- **Norte, coordenadas y grilla:** norte y cuadrícula UTM (Zona 17S) en todo plano
- **Sistema de referencia:** codificación de elementos (S-01, PZ-03, CB-02...) coherente entre planta, perfil, tablas y cuadros de cantidades.

Se usa el Software AutoCAD/Civil 3D para planta-perfil y trazado; el perfil se genera del alineamiento y superficie, uso de bloques y estilos normalizados (bloque de sumidero, pozo, cajetín; estilos de texto y cota)(Madsen & Madsen, 2015).

3.7.2. Planos de Sumideros.

Contenido de la lámina: planta de implantación sobre la vialidad (ubicación, separaciones), planta del sumidero tipo, dos cortes ortogonales (longitudinal y transversal), detalle de reja y marco (despiece metálico con dimensiones y soldaduras), detalle de conexión a la cámara/colector. Acompañan: cuadro de acero ($\emptyset$, longitud, cantidad, peso), notas de

materiales, tabla de sumideros (código, abscisa, cota tapa, cota fondo, tipo). Escala planta/cortes 1:25, detalle de reja 1:10 (Madsen & Madsen, 2015).

3.7.3. Planos de Tuberías colectoras.

Los planos de las tuberías, tanto las que van de sumidero a cámara, cámara a cámara y de cámara a cabezal deben constar de dos vistas importantes:

- Plano de Implantación
- Plano de elevación

Es la lámina de planta-perfil, la más característica: mitad superior planta de trazado (eje, pozos, abscisas, sentido de flujo); mitad inferior perfil longitudinal (línea de terreno vs. rasante de tubería, cotas de invert y clave en cada pozo, pendiente %, diámetro, material, longitud entre pozos, abscisado corrido). Se incluye banda de datos bajo el perfil (cota terreno, cota invert, profundidad, pendiente, $\emptyset$, tramo). Aparte: sección tipo de zanja (cama, encamado, relleno, compactación, ancho) a 1:20 y tabla de tramos (pozo-pozo, L, S, $\emptyset$, y datos hidráulicos si se muestran)(Engineers & Federation, 2007;Madsen & Madsen, 2015)

3.7.4. Planos de Cámaras de revisión.

Estas láminas deben contener la planta y cortes de la cámara tipo, detalle de mediacaña/banqueta interior (encauzamiento del flujo entre tuberías), detalle de losa tapa + cerco y tapa (con clase de tráfico), detalle de peldaños, y esquema de conexiones entrantes/salientes con sus cotas de invert. Cuadro de acero por tipo de cámara y tabla de pozos (código, abscisa, cota terreno, cota invert, profundidad, $\emptyset$ tuberías, tipo). Cuando hay varias profundidades, se dibuja una cámara tipo acotada paramétricamente (dimensiones variables H1, H2...) en vez de una por cada pozo (Engineers & Federation, 2007).

De la misma manera que los sumideros, es necesario un diseño estructural de estos elementos, tales como espesores de muros y losas, así como detalles de refuerzos en cada sección del elemento.

3.7.5. Planos de Cabezales de descarga.

Los planos de cabezales deben tener la siguiente información según la norma IEOS:

- Dimensiones del cabezal, tales como ancho total, largo, alturas y dimensiones geométricas interiores y exteriores de la losa, muros de ala, dentellones y zapatas.
- Cota de excavación o cota de posición en el sistema referencial propuesto o detallado.
- Detalles de acero de refuerzo para cada sección del elemento, así como detalles de la tubería a conectar, tales como diámetro exterior y diámetro interior.

- Detalles de materiales externos al cabezal, tales como material de relleno bajo y sobre la tubería y el cabezal, así como enrocados u hormigones ciclópeos a implementar.
- Planta, alzado frontal y cortes del cabezal; detalle de aletas (ángulo 45°, longitud, altura), detalle de losa de protección (apron) y dentellón (con profundidad), detalle de protección de escollera (gradación, espesor, extensión en planta). Cuadro de acero, tabla de cabezales, y nota de referencia a la memoria de estabilidad/socavación.

3.7.6. Presupuesto referencial de proyecto.

El presupuesto referencial del proyecto se obtuvo mediante un procedimiento secuencial y trazable, en el que cada valor monetario deriva de una cantidad de obra medida sobre los planos definitivos y de un precio unitario descompuesto en sus insumos. El procedimiento comprende cuatro etapas encadenadas: (i) el cómputo de cantidades de obra; (ii) el análisis de precios unitarios de cada rubro; (iii) la asignación de precios referenciales a los insumos mediante estudio de mercado; y (iv) la integración del presupuesto total.

Este enfoque responde a la exigencia del artículo 23 de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (LOSNCP), que condiciona el inicio de todo procedimiento precontractual a la existencia de estudios y diseños completos, definitivos y actualizados —planos, cálculos y especificaciones técnicas—, así como al análisis de desagregación tecnológica; y a las normas para el cálculo del presupuesto referencial contenidas en la Codificación de Resoluciones del Servicio Nacional de Contratación Pública (Resolución Externa RE-SERCOP-2016-0000072 y sus reformas) (SERCOP, 2022).

El cálculo comenzó con la categorización del proyecto en categorías específicas basadas en una unidad de medida y descripción técnica, posteriormente se tomaron en cuenta el plano, perfil, sección y detalles para obtener las cantidades. La excavación y el relleno de zanjas se calcularon a partir de las áreas promedio entre secciones separadas, el concreto se midió por elemento para separar losas, muros, cabezales y losas de protección. Para el acero, las longitudes se tomaron por diámetro y se convirtieron a peso usando el valor nominal, las tuberías se midieron por longitud y los desagües y cámaras por unidad, se utilizó AutoCAD y Civil 3D para ver áreas y volúmenes directamente desde el modelo y reducir errores de transcripción y cálculo.

Como verificación, se compararon las cotas y dimensiones de la planta con las del perfil, y se revisó que los pesos de acero coincidieran con los cuadros incluidos en los planos. La organización por rubros, unidades y especificaciones se alinea con la exigencia de estudios

completos del artículo 23 de la LOSNCP, y la técnica de medición sigue los criterios establecidos en la literatura de referencia sobre cómputos y presupuestos de obra (Chandias, 2003; Suarez Salazar, 2005).

El análisis del precio unitario descompone el costo de producir una unidad de medida para cada artículo en sus componentes básicos. Adoptamos el formato oficial utilizado en la contratación pública ecuatoriana para clasificar el precio unitario en costos directos - equipo, mano de obra, materiales y transporte - y costos indirectos y ganancia, como se resume en la Tabla 5:

Tabla 5. Tabla de componentes del análisis de precio unitario de cada rubro.

Componente	Detalle	Cálculo
Equipo (M)	Maquinaria, equipo y herramienta menor (5 % de la mano de obra).	$\Sigma (\text{cantidad} \times \text{tarifa horaria} \times \text{rendimiento})$
Mano de obra (N)	Categorías por estructura ocupacional (E2, D2, C2, C1, B3...).	$\Sigma (\text{número} \times \text{SRH} \times \text{rendimiento})$
Materiales (O)	Insumos afectados por su factor de desperdicio.	$\Sigma (\text{cantidad} \times \text{precio unitario})$
Transporte (P)	Acarreo de materiales o equipo hasta la obra.	$\Sigma (\text{cantidad} \times \text{tarifa} \times \text{distancia})$
Costo directo (X)	Suma de los cuatro componentes anteriores.	$X = M + N + O + P$
Indirectos y utilidad (Y)	Administración, imprevistos y utilidad, como porcentaje del costo directo (típicamente 20 %).	$Y = \% \cdot X$
Precio unitario (PU)	Costo total del rubro por unidad de medida.	$PU = X + Y$

Nota. Tomado de Suarez y Salazar (Suarez Salazar, 2005).

El costo de la mano de obra se calculó a partir del Salario Real por Hora (SRH) de cada categoría ocupacional. El costo de la mano de obra se determinó mediante el SRH, para calcularlo se consideró el salario sectorial de cada categoría añadiendo los beneficios de ley: aporte patronal al IESS, décimo tercero, décimo cuarto, fondos de reserva y vacaciones.

El costo anual se dividió por las horas efectivamente trabajadas (y no menos que el mínimo establecido por el Ministerio de Trabajo). Las categorías ocupacionales como peón E2, albañil D2 y maestro de obra C1 se tomaron de las tablas vigentes, el caso del equipo la tarifa por hora se relacionó con el rendimiento del rubro y se añadió la herramienta menor equivalente al 5 % de la mano de obra. Los materiales se valoraron multiplicando la cantidad necesaria, incluido el desperdicio previsto, por el precio unitario de cada insumo (Suarez Salazar, 2005).

Los rendimientos indican cuánta mano de obra o cuánto tiempo de equipo se necesita para ejecutar una unidad de cada rubro. Los valores utilizados se contrastaron con experiencias de obras semejantes y con tablas de referencia aplicadas en el medio. Sobre el costo directo se aplicó un porcentaje único de costos indirectos y utilidad (administración, imprevistos y utilidad), obteniéndose el precio unitario del rubro. Las bases legales y de precios de mano de obra corresponden a la Codificación de Resoluciones del SERCOP, a los acuerdos ministeriales de salarios mínimos sectoriales del Ministerio del Trabajo y a las tablas de salarios y tarifas de referencia publicadas por la Contraloría General del Estado (Codificación y Actualización de Las Resoluciones Emitidas Por El SERCOP, 2016).

Los valores mencionados en el APU se basaron en un estudio de mercado según lo requerido por las regulaciones para preparar el presupuesto referencial. La revisión se centró en el estado técnico y la disponibilidad del insumo o artículo utilizado para el trabajo. También se consideraron procesos similares adjudicados en los últimos 24 meses en el Portal de Compras Públicas. Cuando se utilizaron precios históricos, se actualizaron para reflejar las fluctuaciones del mercado y la inflación. Además, cuando había suficiente oferta, se solicitaron al menos tres cotizaciones para comparar los valores disponibles.

Con la información recopilada, elegimos la mejor fuente para cada componente de costo, la mano de obra se valoró con el salario sectorial actual; el equipo con tarifas locales de alquiler u operación; y los materiales se evaluaron con cotizaciones de proveedores locales comparadas con adjudicaciones recientes de entidades públicas. Cuando existía un rubro adjudicado con características semejantes, su precio se utilizó como referencia conforme a la Codificación del SERCOP (Codificación y Actualización de Las Resoluciones Emitidas Por El SERCOP, 2016). El presupuesto de cada rubro se obtuvo multiplicando la cantidad de obra computada por su precio unitario, el presupuesto referencial total del proyecto resulta de la sumatoria de los presupuestos de todos los rubros.

Ecuación 7. Ecuación de costo.

$$\text{Presupuesto referencial} = \Sigma (\text{Cantidad} \times \text{PU})$$

A este valor se agrega el Impuesto al Valor Agregado, dado que la certificación de disponibilidad presupuestaria debe considerar el monto del presupuesto referencial más el porcentaje del IVA, según la Codificación de Resoluciones del SERCOP. En cumplimiento del artículo 23 de la LOSNCP, el presupuesto se complementó con la desagregación tecnológica y el cálculo del Valor Agregado Ecuatoriano (VAE). Este último permite establecer la

participación nacional prevista dentro del proyecto. La documentación utilizada para justificar el presupuesto referencial deberá incorporarse al expediente y publicarse junto con el pliego, de acuerdo con la Codificación aplicable.

De esta manera, cada valor del presupuesto puede seguirse desde su origen: primero se obtiene la cantidad en los planos, luego se calcula el precio unitario, después se determina el costo de cada rubro y, finalmente, se suman todas las partidas. La confiabilidad del resultado depende de que las mediciones, los APU y las fuentes de precios queden debidamente documentados y puedan verificarse. Se tienen los siguientes rubros a cuantificar para:

Instalación de tuberías

- Excavación con maquinaria (m^3)
- Relleno con arena gruesa (m^3)
- Transporte de arena gruesa (m^3 -km)
- Suministro e instalación de tubería PVC de doble pared AA.LL (para cada diámetro requerido) (ml)
- Relleno y compactación con material de sitio (m^3)
- Relleno y compactación con sub-base granular (m^3)
- Desalojo de material de sitio (m^3)
- Imprimación asfáltica (m^2)
- Suministro, colocación y compactación de capa de 2" de hormigón asfáltico.
- Transporte de hormigón asfáltico (m^3 -km)

Instalación de sumideros, cámaras y cabezales

- Excavación manual (m^3)
- Relleno y compactación con material de mejoramiento (m^3)
- Transporte de material de mejoramiento (m^3 -km)
- Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (kg)
- Hormigón simple $f'_c 280 \text{ kg/cm}^2$ (Incluye encofrado) (m^3)
- Suministro e instalación de rejillas metálicas (0.6x1.20m) (unidad)
- Suministro e instalación de tapas metálicas (d=600mm) (unidad)

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL O.E.1: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento realizado mediante el receptor GNSS RTK Singular XYZ E1, en el cual se observa la delimitación del área de estudio y el trazado de las vías urbanas levantadas durante el trabajo de campo. La información recopilada constituye la base para la elaboración del diseño hidráulico y el trazado de la red de alcantarillado pluvial, al reflejar con precisión las características del sector.

Imagen 5. Levantamiento topográfico general de las vías urbanas de la Población El Azúcar.

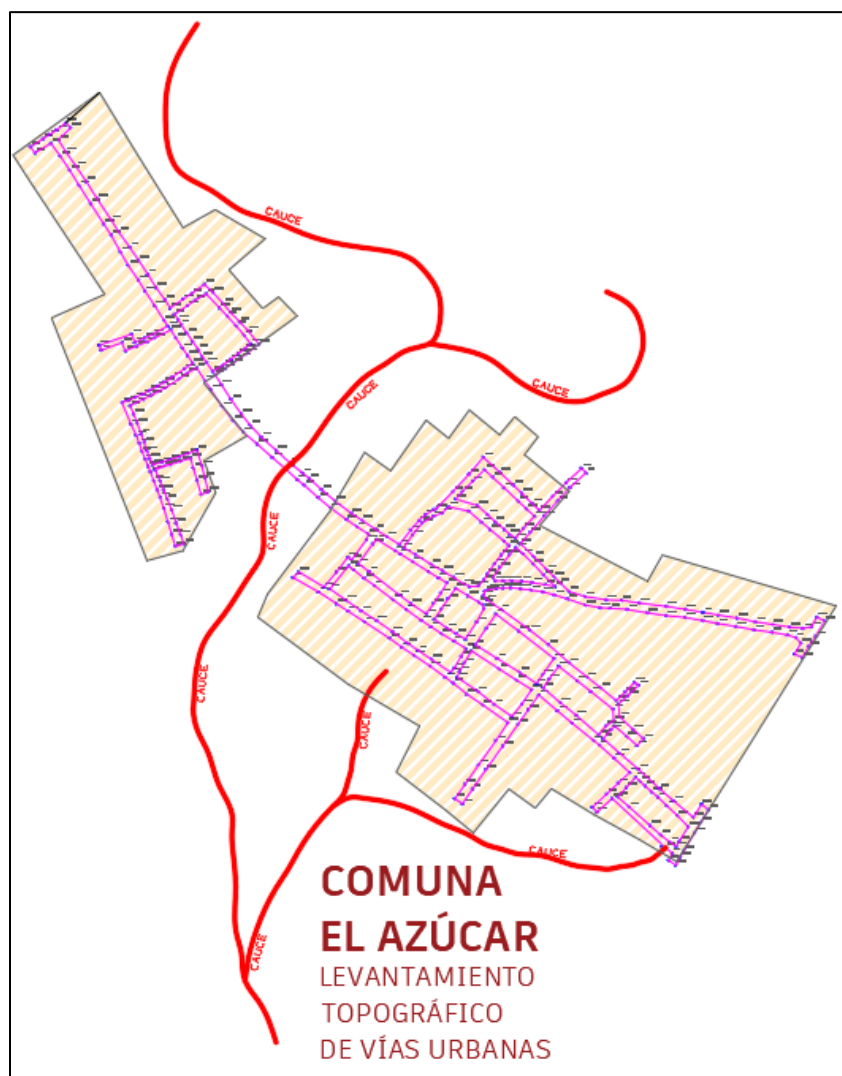
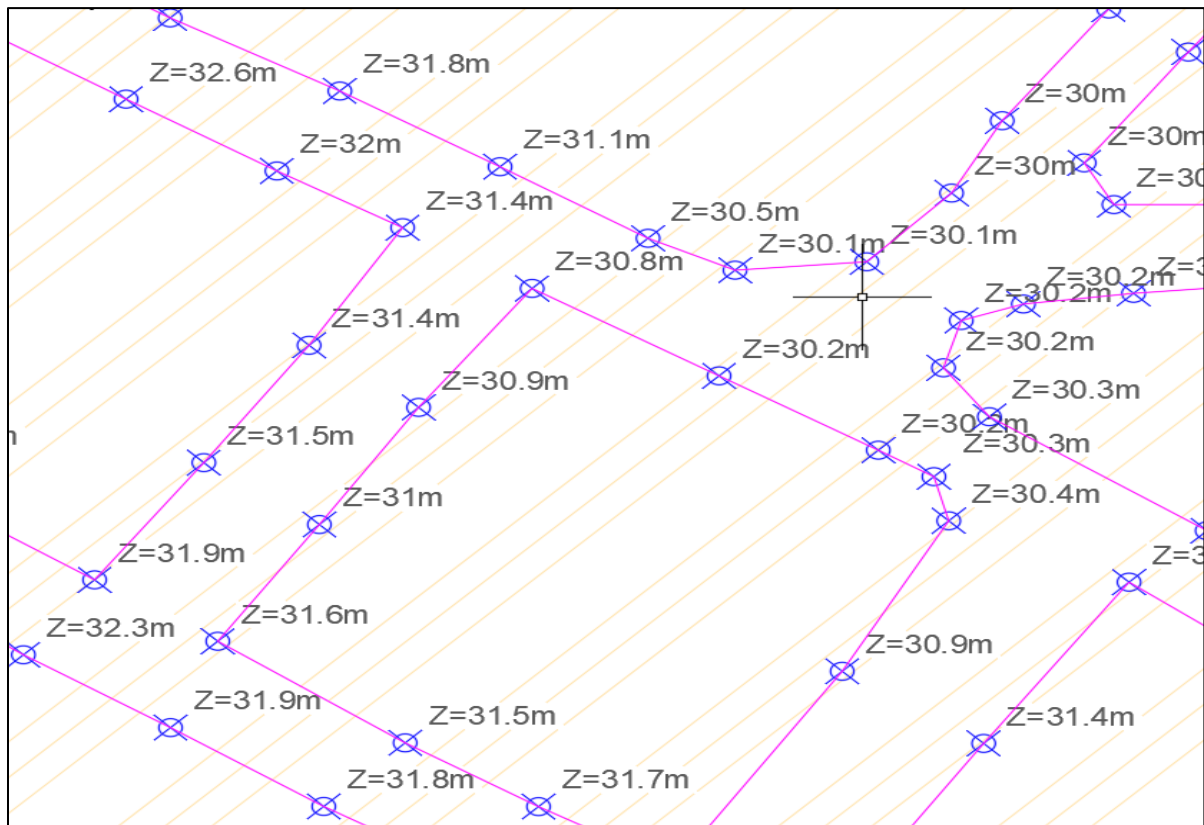


Imagen 6. Acercamiento a puntos con información de cota.



A partir del levantamiento topográfico se permitieron identificar las diferencias del nivel del terreno. Se determino que existe un desnivel pronunciado dentro de la zona urbana, pasando del punto más bajo a 29 m.s.n.m, a una cota máxima de 37 m.s.n.m. Además, existe un canal principal que cruza por en medio de la zona urbana, el cual es idóneo para la descarga de las aguas pluviales colectadas de ambas márgenes del canal.

Con el fin de complementar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se analizó el nivel máximo de inundación del área de estudio, considerando una cota de 29,00 m s.n.m. como referencia para identificar las zonas con mayor riesgo de acumulación de aguas lluvias.

4.2. RESULTADOS DEL O.E.2 Y O.E.3: CAUDALES DE DISEÑO MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL Y RED DE COLECTORES PLUVIALES

4.2.1. Áreas de aportación

Primero se deben delimitar los puntos altos y bajos, que permitirán definir las áreas de aportación a cada punto bajo, puntos donde se buscará coleccionar esas aguas pluviales. A continuación, se muestra el diagramado de áreas en donde se debe entender que los cauces mostrados son naturales:

Imagen 7. Trazado de áreas de aportación con el área correspondiente de cada una



Existen 16 puntos bajos y por ende 16 áreas de aportación hacia esos puntos definidos, desde áreas pequeñas que van desde 0.2 hectáreas hasta áreas grandes de hasta 5 hectáreas.

4.2.2. Caudales y diámetros de diseño de los colectores.

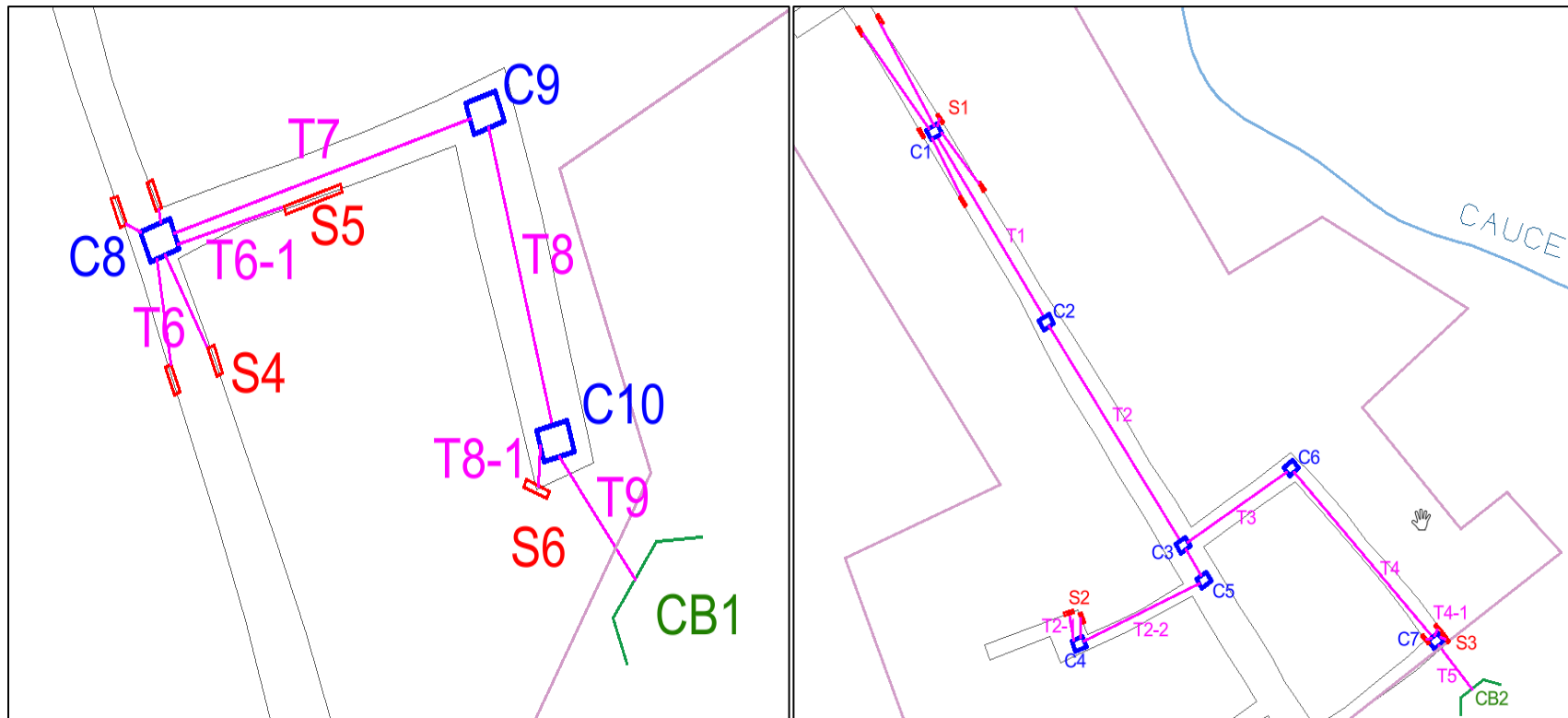
A continuación, se muestran los cálculos de caudales de diseño, y diámetros de diseño escogidos para cada colector propuesto, obtenidos mediante la aplicación del método racional y los criterios de diseño hidráulico establecidos en la metodología descrita en la sección 3.6. Para el sistema propuesto se seleccionó tubería de PVC de doble pared estructurada en la totalidad de los colectores que conectan los sumideros, cámaras de revisión y cabezales de descarga. Esta selección se fundamenta en que el PVC presenta una baja rugosidad hidráulica (coeficiente de Manning aproximado de $n=0.009$) lo que reduce las pérdidas de energía y favorece el transporte eficiente de los caudales de diseño con menores pendientes, alta resistencia a la corrosión, bajo peso, así como menores costo de construcción y mantenimiento, no se seleccionó tubería de hormigón armado por los colectores debido a que este material presenta una mayor rugosidad hidráulica ($n=0.013$). Para los sumideros, cámaras de revisión y cabezales de descarga fueron proyectados en hormigón armado debido a que son estructuras sometidas a cargas permanentes del terreno y del tránsito vehicular.

Tabla 6. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto

Sumidero/Cámara	Longitud s m	ABS	AREA		Parcial l Has	Acumulado o Has	Coeficiente de Escorrentía a	T. concent.		Periodo de Retorno años	Intensidad (I) mm/h	Caudal de Diseño		D s m %	Tubería Llena		q/Q	d/D	d (cm)	v/V	v m/seg	DH (m)	
			Propia	Adicional				Inicial	Llegada			Parcial	Acumulado		V	Q							
			Has	Has				Has	Has			lts/seg	lts/seg		m/seg	l/seg							
			COLECTOR L																				
C1	CÁMARA	0.00																					
	C. SECUNDARIO	65.00	1.90		1.90	1.90	55	3.90	0.95	10	112.71	327	327	700	0.3	1.14	440	0.74	0.64	44.80	1.09	1.25	0.20
C2	CÁMARA	65.00																					
	C. PRIMARIO	77.62	0.00		0.00	1.90	55	4.84	1.13	10	98.55	0	327	700	0.3	1.14	440	0.74	0.64	44.80	1.09	1.25	0.23
C3	CÁMARA	142.62																					
S2	SUMIDERO(S)	0.00																					
	C. SECUNDARIO	8.25	0.60		0.60	0.60	55	3.32	0.15	10	124.31	114	114	400	0.4	0.91	114	1.00	0.82	32.80	1.14	1.04	0.03
C4	CÁMARA	8.25																					
	C. SECUNDARIO	41.31	0.00		0.00	0.60	55	3.47	0.76	10	120.95	0	114	400	0.4	0.91	114	1.0	0.82	32.80	1.14	1.04	0.17
C5	CÁMARA	49.56																					
	C. SECUNDARIO	9.23	0.00		0.00	0.60	55	4.23	0.17	10	107.10	0	114	400	0.4	0.91	114	1.0	0.82	32.80	1.14	1.04	0.04
C3	CÁMARA	58.79																					
C3	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	38.52	0.00		0.00	0.00	55	5.98	0.51	10	86.59	0	441	800	0.30	1.25	628	0.70	0.617	49.36	1.08	1.35	0.12
C6	CÁMARA	38.52																					
	C. PRIMARIO	67.30	0.00		0.00	0.00	55	6.49	0.90	10	82.30	0	441	800	0.30	1.25	628	0.7	0.617	49.36	1.08	1.35	0.20
C7	CÁMARA	105.82																					
	C. PRIMARIO	17.00	0.95		0.95	0.95	55	2.34	0.21	10	154.17	224	665	900	0.30	1.35	859	0.77	0.650	58.50	1.10	1.49	0.05
CB2	CABEZAL	122.82																					

Se observa en la Tabla 6 que los caudales individuales no superan los 327 lts/s, y el acumulado máximo del colector C7 es de 665 lts/s. Se comienza con un colector de 700mm y finaliza en el cabezal de descarga con uno de 900mm.

Imagen 8. Implantación del trazado de colectores de sumideros a cámaras, de cámara a cámara y de cámara a cabezal



Para la colección del punto S1, fueron necesarios 6 sumideros simples grandes espaciados para la mejor eficiencia de colección de agua pluvial. Se optó por coleccionar el caudal del punto bajo S2 hacia el mismo colector principal. Para los puntos S4, S5 y S6 se optó por un trazado de colección simple, no sin antes colocar los sumideros estratégicamente en las esquinas y puntos más bajos en dirección a las cámaras principales.

Tabla 7. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.

Sumidero/Cámara	Longitud es	ABS	AREA		Parci al	Acumulad o	Coeficient e de Escorrentí a	T. concent.		Period o de Retorn o	Intensida d (I)	Caudal de Diseño		D s	Tubería Llena		q/ Q	d/D	d (cm)	v/V	v	DH	
			Propi a	Adicion al				Inicia l	llegad a			Parci al	Acumula do		V	Q							
m	Has	Has	Has	Has	min	min	años	mm/h	lts/seg	lts/seg	m m	%	m/seg	l/seg	m/seg	(m)							
COLECTOR L																							
S4	SUMIDERO(S)	0.00																					
	C. SECUNDARIO	10.74	1.10		1.10	1.10	55	2.69	0.14	10	141.69	238	238	600	0.45	1.26	357	0.67	0.599	35.94	1.072	1.35	0.05
C8	CÁMARA	10.74																					
S5	SUMIDERO(S)	0.00																					
	C. SECUNDARIO	13.40	0.20		0.20	0.20	55	1.12	0.23	10	242.97	74	74	364	0.50	0.95	99	0.75	0.646	23.51	1.10	1.05	0.07
C8	CÁMARA	13.40																					
C8	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	37.75			0.00	0.00	55	2.83	0.51	10	137.27	0	313	700	0.350	1.23	475	0.66	0.593	41.51	1.07	1.32	0.13
C9	CÁMARA	37.75																					
	C. PRIMARIO	31.05			0.00	0.00	55	3.34	0.42	10	123.95	0	313	700	0.350	1.23	475	0.66	0.593	41.51	1.07	1.32	0.11
C10	CÁMARA	68.80																					
	C. PRIMARIO	15.40	0.15		0.15	0.15	55	2.34	0.21	10	154.17	35	348	700	0.350	1.23	475	0.73	0.634	44.38	1.09	1.35	0.05
CB1	CABEZAL																						

Se observa en la Tabla 7 que los caudales individuales no superan los 238 lts/s, y el acumulado máximo del colector C10 es de 348 lts/s. Se comienza con un colector de 600mm y finaliza en el cabezal de descarga con uno de 700mm.

Tabla 8. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.

Sumidero/Cámara	Longitudes	ABS	AREA		Parcial	Acumulado	Coeficiente de Escorrentía	T. concent.		Periodo de Retorno	Intensidad (I)	Caudal de Diseño		D	s	Tubería Llena		q/Q	d/D	d (cm)	v/V	v	D H								
			Propia	Adicional				Inicial	Llegada			Parcial	Acumulado			V	Q														
			Has	Has				Has	Has			min	min			años	mm/h							lbs/seg	lbs/seg	m/m	%	m/seg	l/seg	m/seg	(m)
			COLECTOR L																												
C19	CÁMARA	0.00																													
	C. PRIMARIO	62.50	0.87		0.87	0.87	55	3.23	1.06	10	126.55	168	168	500	0.35	0.99	194	0.87	0.722	36.10	1.127	1.11	0.22								
C20	CÁMARA	62.50																													
	C. PRIMARIO	80.00	0.00		0.00	0.00	55	4.28	1.35	10	106.30	0	168	500	0.350	0.99	194	0.87	0.722	36.10	1.13	1.11	0.28								
C21	CÁMARA	142.50																													
	C. PRIMARIO	64.50	0.82		0.82	0.82	55	2.43	0.87	10	150.55	189	357	700	0.350	1.23	475	0.75	0.646	45.22	1.10	1.35	0.23								
C22	CÁMARA	207.00																													
	C. PRIMARIO	13.00	0.35		0.35	1.17	55	0.92	0.16	10	274.86	147	504	800	0.350	1.35	678	0.74	0.640	51.20	1.09	1.48	0.05								
CB3	CABEZAL																														

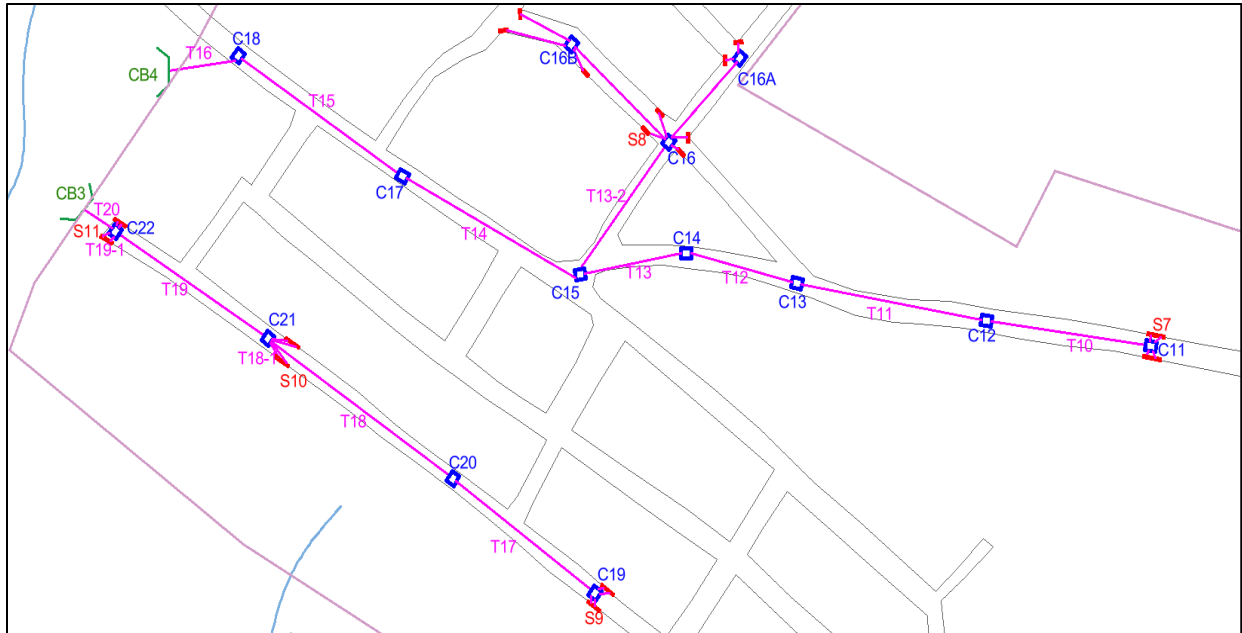
Se observa en la Tabla 8 un máximo de 189 lbs/s parcial, donde se encuentra el punto de mayor colección de los sistemas, y el acumulado máximo del colector C22 es de 504 lbs/s. Se comienza con un colector de 500mm y finaliza en el cabezal de descarga con uno de 800mm.

Tabla 9. Cálculo secuencial del diámetro, velocidad, pendiente y caudal de cada colector propuesto.

Sumidero/Cámara	Longit udes	ABS	AREA		Parcial	Acum ulado	Coefi ciente de Escor rentía	T. concent.		Periodo de Retorno	Intensid ad (l)	Caudal de Diseño		D	s	Tubería Llena		q/Q	d/D	d (cm)	v/V	v	DH
			Propia	Adicional				Inicial	llegada			Parcial	Acumula do			V	Q						
m	Has	Has	Has	Has	min	min	años	mm/h	lts/seg	lts/seg	mm	%	m/seg	l/seg	m/se g	(m)							
COLECTOR L																							
C11	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	62.00	1.37		1.37	1.37	55	2.57	0.93	10	145.50	305	305	600	0.35	1.11	315	0.97	0.79	47.64	1.13	1.27	0.22
C12	CÁMARA	62.00																					
	C. PRIMARIO	68.00	0.00		0.00	0.00	55	3.50	1.02	10	120.36	0	305	600	0.35	1.11	315	0.97	0.79	47.64	1.13	1.27	0.24
C13	CÁMARA	130.00																					
	C. PRIMARIO	39.00	0.00		0.00	0.00	55	4.52	0.58	10	102.85	0	305	600	0.35	1.11	315	0.97	0.79	47.64	1.13	1.27	0.14
C14	CÁMARA	169.00																					
	C. PRIMARIO	37.00	0.00		0.00	0.00	55	5.10	0.55	10	95.43	0	305	600	0.35	1.11	315	0.97	0.79	47.64	1.13	1.27	0.13
C15	CÁMARA	206.00																					
C16A	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	38.30	1.50		1.50	1.50	55	1.47	0.52	10	205.55	471	471	700	0.35	1.23	475	0.99	0.81	56.77	1.14	1.41	0.13
C16	CÁMARA	38.30																					
C16B	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	48.00	3.50		3.50	3.50	55	2.33	0.55	10	154.76	828	828	900	0.35	1.46	928	0.89	0.73	66.15	1.13	1.65	0.17
C16	CÁMARA	48.00																					
C16	CÁMARA	0.00																					
	C. SECUND.	52.50	0.00		0.00	0.00	55	4.77	0.56	10	0.00	0	1300	1130	0.30	1.57	1577	0.82	0.68	77.86	1.11	1.75	0.16
C15	CÁMARA	52.50																					
C15	CÁMARA	0.00																					
	C. PRIMARIO	71.00	0.00		0.00	0.00	55	5.33	0.72	10	92.92	0	1604	1205	0.30	1.64	1871	0.86	0.71	86.16	1.12	1.85	0.21
C17	CÁMARA	71.00																					
	C. PRIMARIO	70.00	0.00		0.00	0.00	55	6.05	0.71	10	85.94	0	1604	1205	0.30	1.64	1871	0.86	0.71	86.16	1.12	1.85	0.21
C18	CÁMARA	141.00																					
	C. PRIMARIO	26.00	0.00		0.00	0.00	55	6.76	0.26	10	80.25	0	1604	1205	0.30	1.64	1871	0.86	0.71	86.16	1.12	1.85	0.08
CB4	CABEZAL	167.00																					

Se observa en la Tabla 9 que los caudales principales manejan 1604 lts/s acumulado, tenemos un máximo de 828 lts/s parcial, donde se encuentra el punto de mayor colección de los sistemas. Se utilizarán colectores de entre 600 mm y 1205 mm.

Imagen 9. Implantación del trazado de colectores de sumideros a cámaras, de cámara a cámara y de cámara a cabezal.



En la Imagen 9, se observan 2 de los colectores de la zona este de la población, para el superior, se necesitó recolectar las aguas desde el punto S7, ya que no existen puntos de descarga al este de cauce principal. Fue necesario la adición de las cámaras C16B Y C16A para abarcar el caudal grande que tributa al punto S8, colocando los sumideros en zonas de intersección para mayor eficiencia en colección.

4.3. DISEÑO HIDRÁULICO DE SUMIDEROS Y ESTRUCTURAS DE DESCARGA, CONFORME A LOS LINEAMIENTOS ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS PROPUESTAS.

4.3.1. Diseño hidráulico de Sumideros

Debido a caudales grandes por áreas de aportación grandes algunos puntos de colección se conformarán por 2 o más sumideros, los puntos de colección, dimensiones y cantidad de sumideros, además de los detalles de la tubería tales como diámetro y longitud se detallan a continuación:

Tabla 10. Especificación de cantidad y dimensiones de sumideros, además de los detalles de los colectores secundarios adjuntos.

PUNTO	CANTIDAD	TIPO	ANCHO	SECCIÓN LARGO	ALTO	TUBERÍA	
						DIÁMETRO	LONGITUD
S1	6	SSG	0.6	1.2	0.9	286	36.93
						286	36.93
						286	4.00
						286	4.00
						286	19.30
S2	2	SSG	0.6	1.2	0.9	286	19.30
						286	10.95
						286	8.50
S3	3	SDG	0.6	2.4	0.9	(2) 300	8.00
						300	4.50
						300	30.90
S4	4	SSG	0.6	1.2	0.9	300	12.95
						300	12.95
						300	3.50
S5	1	SDG	0.6	2.4	0.9	300	3.50
S6	1	SDG	0.6	2.4	0.9	(2) 250	16.95
S7	2	SSG	0.6	1.2	0.9	300	5.40
						(2) 300	8.00
						(2) 300	8.00
S8	9	SSG	0.6	1.2	0.9	300	20.50
					0.9	300	26.10
					0.9	300	10.85
					0.9	300	5.10
					0.9	300	5.10
					0.9	300	10.00
					0.9	300	10.00
					0.9	300	8.10
					0.9	300	6.15
S9	2	SDG	0.6	2.4	0.9	(2) 250	8.00
					0.9	(2) 250	8.00
S10	2	SDG	0.6	2.4	0.9	(2) 250	20.60
					0.9	(2) 250	20.60
S11	2	SDG	0.6	2.4	0.9	(2) 250	7.00
					0.9	(2) 250	7.00

Como se indicó en la sección 3.6.2. se usarán sumideros simples grandes de 0.6x1.2m y sumideros dobles grandes de 0.6x2.40m. La cantidad de sumideros obedecerá al caudal de diseño del colector principal que reúne la tributación de los sumideros, el cual, teniendo ya un diámetro definido, se usará la cantidad de tuberías de entre 250 y 300 mm cumplan con un área igual o mayor que el área de sección del colector principal. El criterio para decidir si usar solo sumideros simples o usar sumideros dobles es la posición de la ubicación del punto específico de colección, si es posible colocar en puntos estratégicos de colección más sumideros (simples) se opta por aquello por eficiencia-

4.3.2. Diseño hidráulico de Cámaras

Se optaron las siguientes secciones de cámaras para cada tramo de colectores, junto con las cotas de excavación tanto de los colectores (salidas) como de la misma cámara con y sin material mejorado, que considera un espesor nominal de losa de 20 cm, más 50 cm de mejoramiento granular debajo.

Tabla 11. Especificaciones cuantitativas de las cámaras de colección propuestas, se muestran detalles tales como dimensiones, tipo y profundidad de cámara.

CÁMARA	COLECTOR (DIÁMETRO mm)	TIPO	SECCIÓN (m)		ALTURA CHIMENEA DE ACCESO (m)	COTA (msnm)		PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN (m)			
			ANCH./ DIÁM.	LARGO		SUPERFICIE	INVERT DE COLECTOR	COLECTOR	CÁMARA (SIN MEJORAMIENTO)	CÁMARA (CON MEJORAMIENTO)	
C1	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.72	32.00	30.28	1.72	1.92	2.42
C2	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	2.34	33.40	30.07	3.34	3.54	4.04
C3	800	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	5.59	36.50	29.81	6.69	6.89	7.39
C4	400	Pozo (CM2)	1.20		0.82	0.82	37.00	35.48	1.52	1.72	2.22
C5	400	Pozo (CM2)	1.20		0.75	0.78	36.30	34.82	1.49	1.69	2.19
C6	800	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	5.22	36.00	29.68	6.32	6.52	7.02
C7	900	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	2.45	33.10	29.46	3.65	3.85	4.35
C8	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.55	31.20	29.65	1.55	1.75	2.25
C9	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.90	31.40	29.50	1.90	2.10	2.60
C10	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.53	30.80	29.27	1.53	1.73	2.23
C11	600	Pozo (CM2)	1.20		0.62	0.62	33.00	31.48	1.52	1.72	2.22
C12	600	Pozo (CM2)	1.20		3.36	3.36	35.50	31.24	4.26	4.46	4.96
C13	600	Pozo (CM2)	1.20		1.60	1.60	32.50	30.01	2.50	2.70	3.20
C14	600	Pozo (CM2)	1.20		1.08	1.08	30.80	28.82	1.98	2.18	2.68
C15	1205	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	1.21	30.20	27.50	2.71	2.91	3.41
C16	1130	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.13	29.20	27.67	1.53	1.73	2.23
C16A	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	2.27	31.10	27.83	3.27	3.47	3.97
C16B	900	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	2.02	31.10	27.88	3.22	3.42	3.92
C17	1205	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	4.24	33.00	27.26	5.74	5.94	6.44
C18	1205	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	3.07	31.60	27.03	4.57	4.77	5.27
C19	500	Pozo (CM2)	1.20		0.74	0.74	32.00	30.46	1.54	1.74	2.24
C20	500	Pozo (CM2)	1.20		2.11	2.11	33.10	30.19	2.91	3.11	3.61
C21	700	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	2.04	32.90	29.86	3.04	3.24	3.74
C22	800	Caja rectangular (CM1)	1.90	1.90	1.50	0.41	31.00	29.49	1.51	1.71	2.21

4.3.3. Diseño hidráulico de Cabezales

En base a las secciones predeterminadas por el diámetro de la tubería que llega al cabezal, dados en la sección 3.6.4, donde se adoptan cabezales de descarga con muros de ala a 45° y dimensiones típicas en función del diámetro de la tubería, se definieron las dimensiones de los cabezales propuestos para el sistema pluvial. Para ello, se consideraron los diámetros de los colectores determinados en la sección 4.2.2, los cuales descargan hacia los cabezales proyectados, se tiene que para el caso de estudio las medidas de los cabezales son:

Tabla 12. Especificación de dimensiones de cabezales propuestos, adoptando secciones estándar según diámetro de la tubería de descarga.

Dimensión	Descripción	Cabezal 700 mm (30") (CBZ1)	Cabezal 800 a 1205 mm (36" a 48") (CBZ2)
Ø (D)	Diámetro de tubería usado para diseño	0.75 m	0.8 a 1.20 m
A	Altura del muro de ala en la cara exterior	1.20 m	1.70 m
B	Espesor superior del muro de ala	0.40 m	0.60 m
C	Altura del cabezal frontal (cara)	1.05 m	1.50 m
E	Altura del muro de ala en intersección con cabezal	0.95 m	1.50 m
F	Longitud del muro de ala (proyección)	1.30 m	2.10 m
H	Longitud total de la base (front elevation)	2.30 m	3.30 m
J	Ancho de la abertura/base inferior	1.15 m	1.80 m
M	Espesor de losa de fondo	0.12 m	0.15 m
T	Espesor de pared/aleta	0.08 m	0.15 m
V	Espesor de la losa de base	0.20 m	0.30 m
W	Ancho del cabezal frontal en planta	0.20 m	0.25 m
X	Espesor adicional / proyección de aleta (sección B-B)	—	0.75 m
Y	Longitud horizontal de aleta (en planta)	—	0.90 m

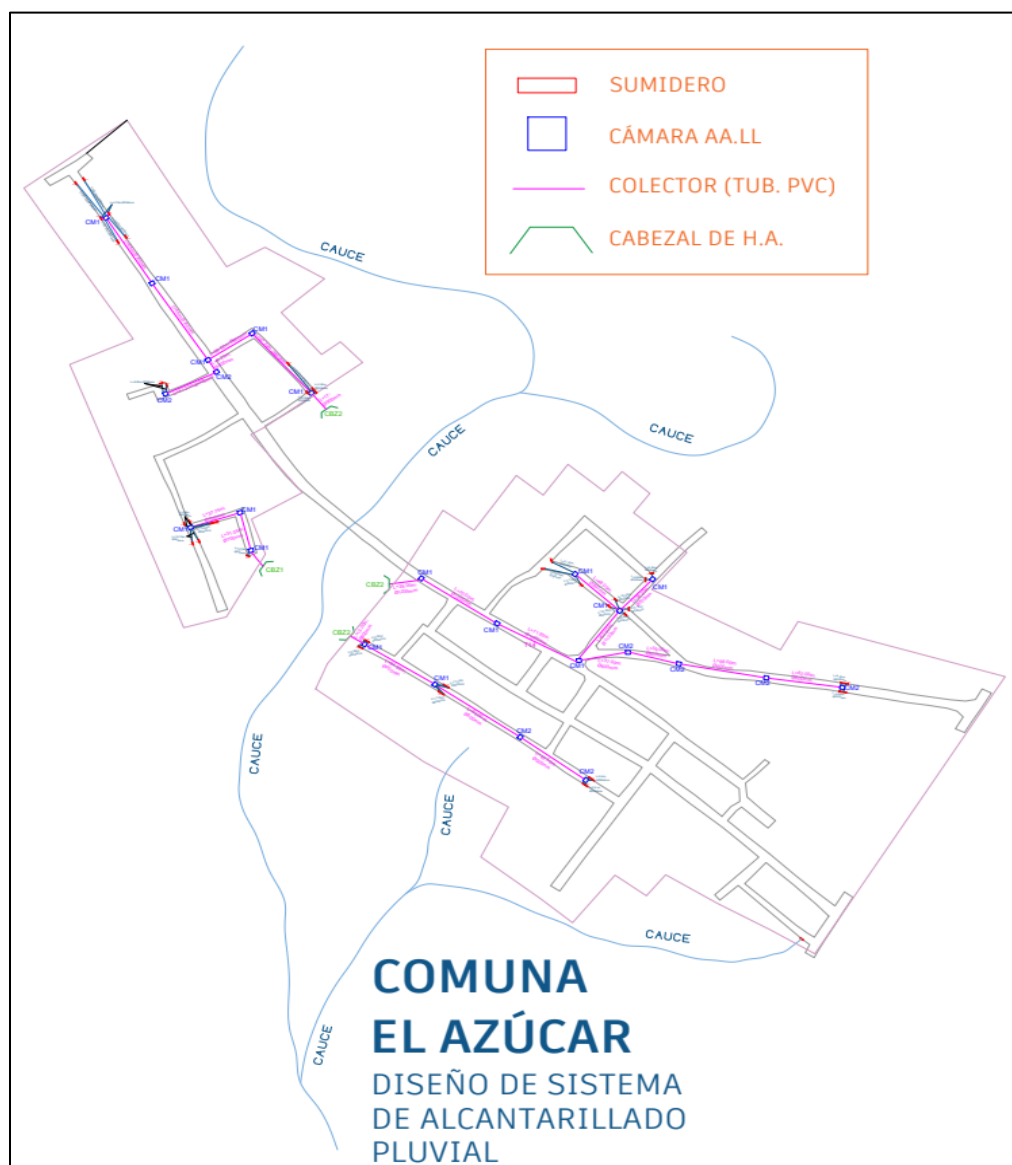
La sección hidráulica de cada cabezal junto con el armado se mostrará en la sección 4.4.4.

4.4. RESULTADOS DEL O.E.4: PLANOS TÉCNICOS Y PRESUPUESTO DE PROYECTO.

4.4.1. Planos de Colectores

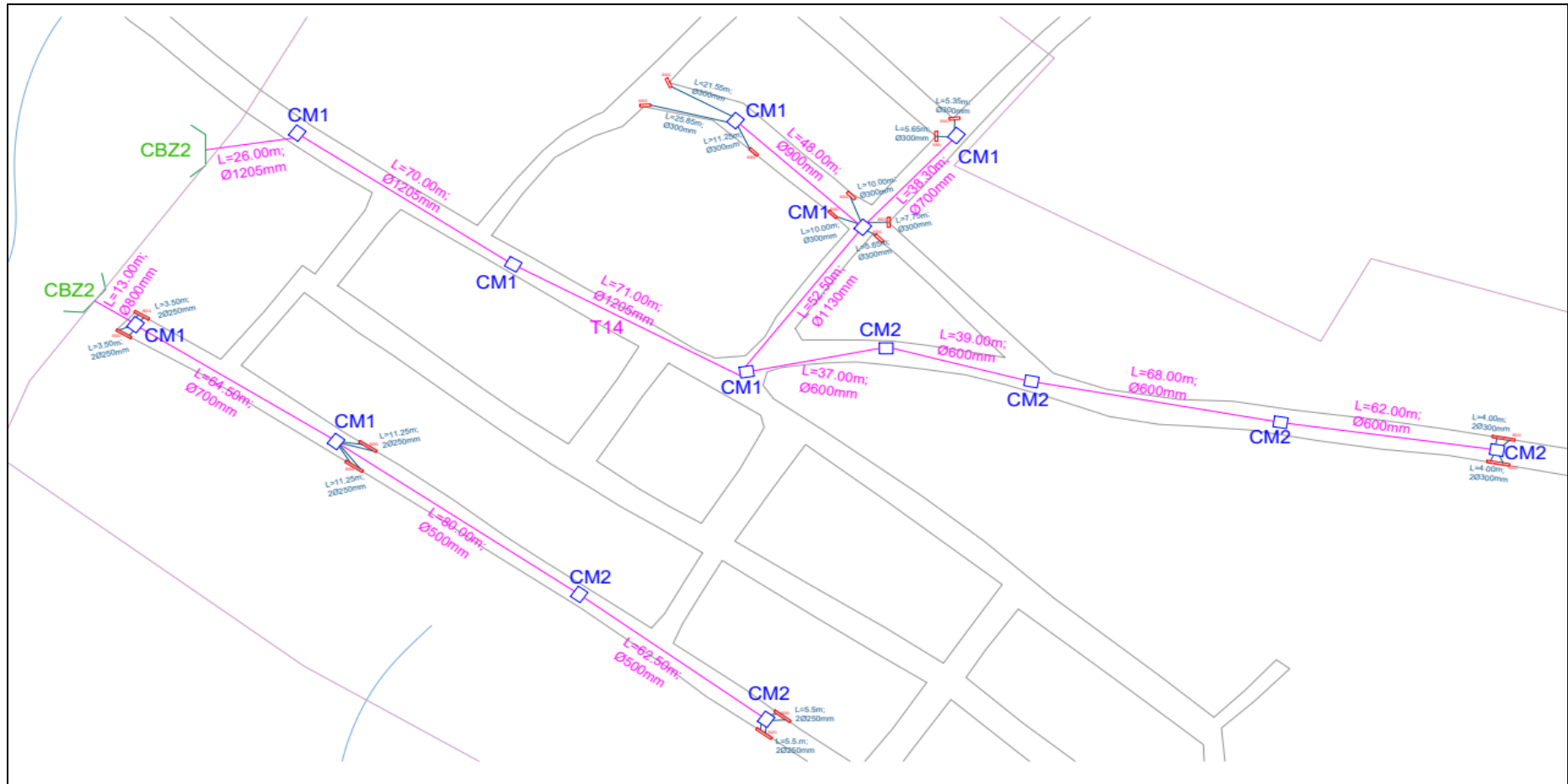
A continuación, los planos de los colectores principales, secundarios y de sumideros:

Imagen 10. Diseño final de sistema de colección de aguas lluvias de la zona urbana de la comuna El Azúcar



Se observa la red completa de colección de aguas pluviales en los dos bloques del área poblacional. En el centro cruza el cauce perpendicularmente a la vía, la cual ya cuenta con un puente flotante que mitiga los efectos negativos en la vía por el paso de grandes caudales de aguas pluviales.

Imagen 12. Acercamiento a la implantación de los colectores, donde se especifica diámetro y longitud.



Los acercamientos presentados en las Figuras 11 y 12 facilitan la identificación de la ubicación de los pozos de inspección, las conexiones entre tramos, los cambios de dirección y los puntos de empalme de la red, permiten verificar, a una escala de mayor detalle, que cada tramo de colector representado en el plano general corresponde con los diámetros y longitudes obtenidos mediante el diseño hidráulico y consignados en las Tablas 6 a 9.

4.4.2. Planos de Sumideros

A continuación, los planos de los colectores principales, secundarios y de sumideros:

Imagen 13. Plano estructural de sumidero simple grande.

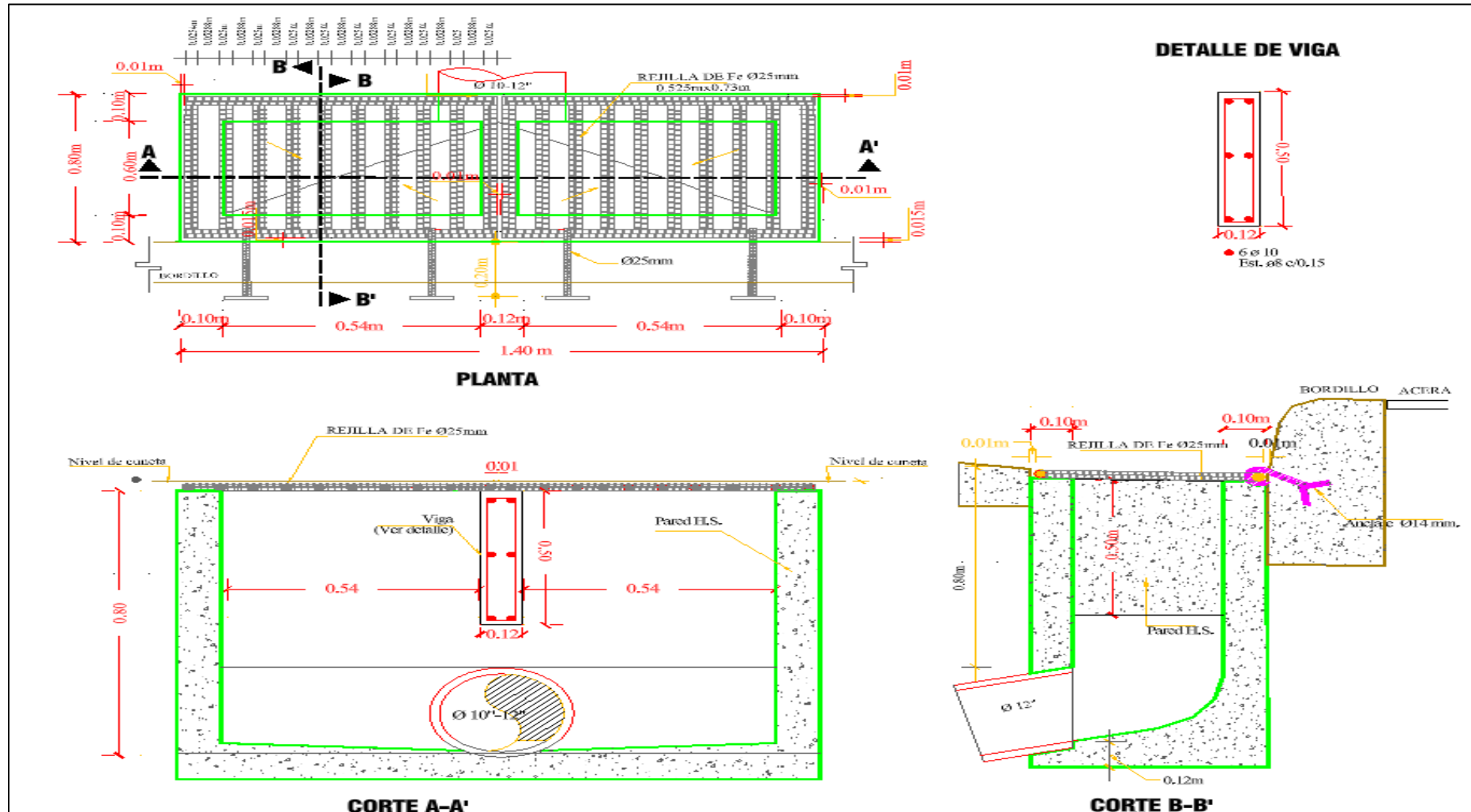
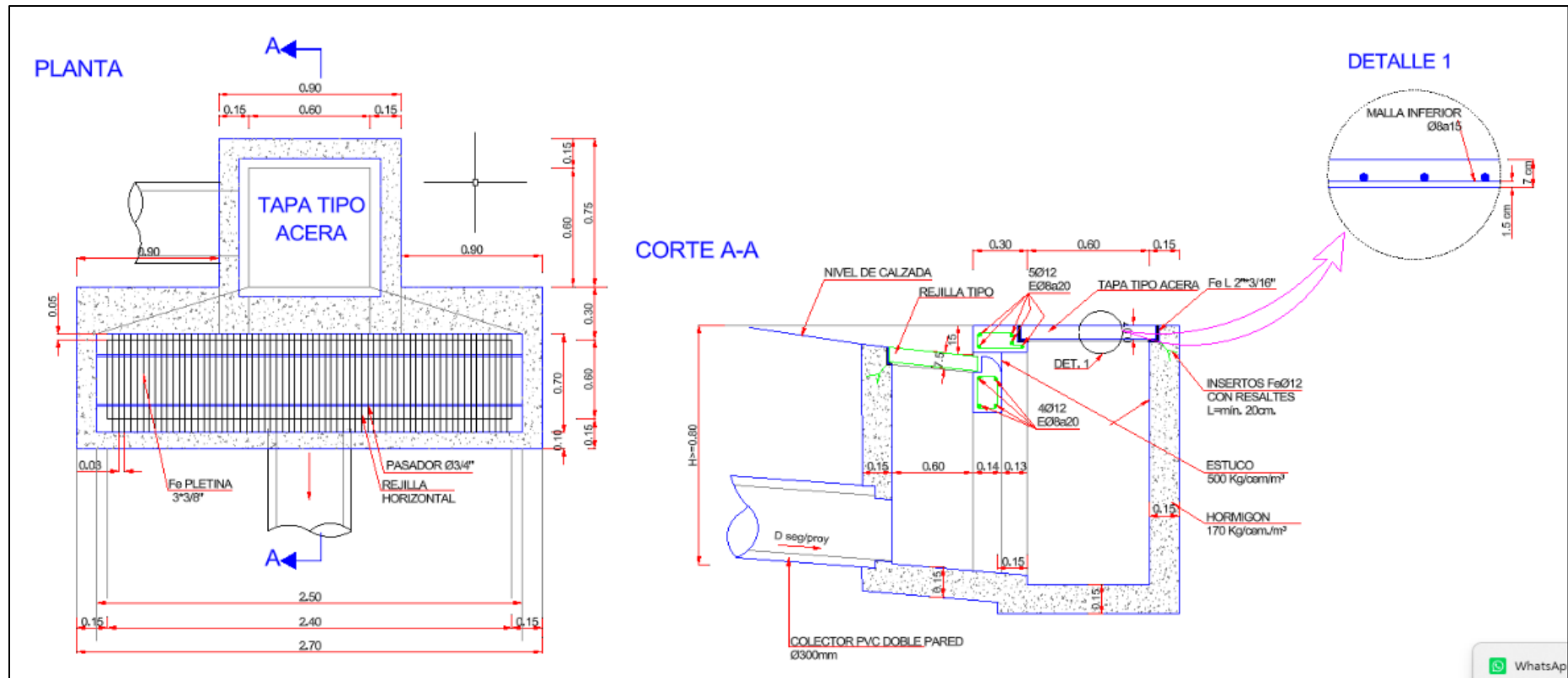


Imagen 14. Plano estructural de sumidero doble grande.

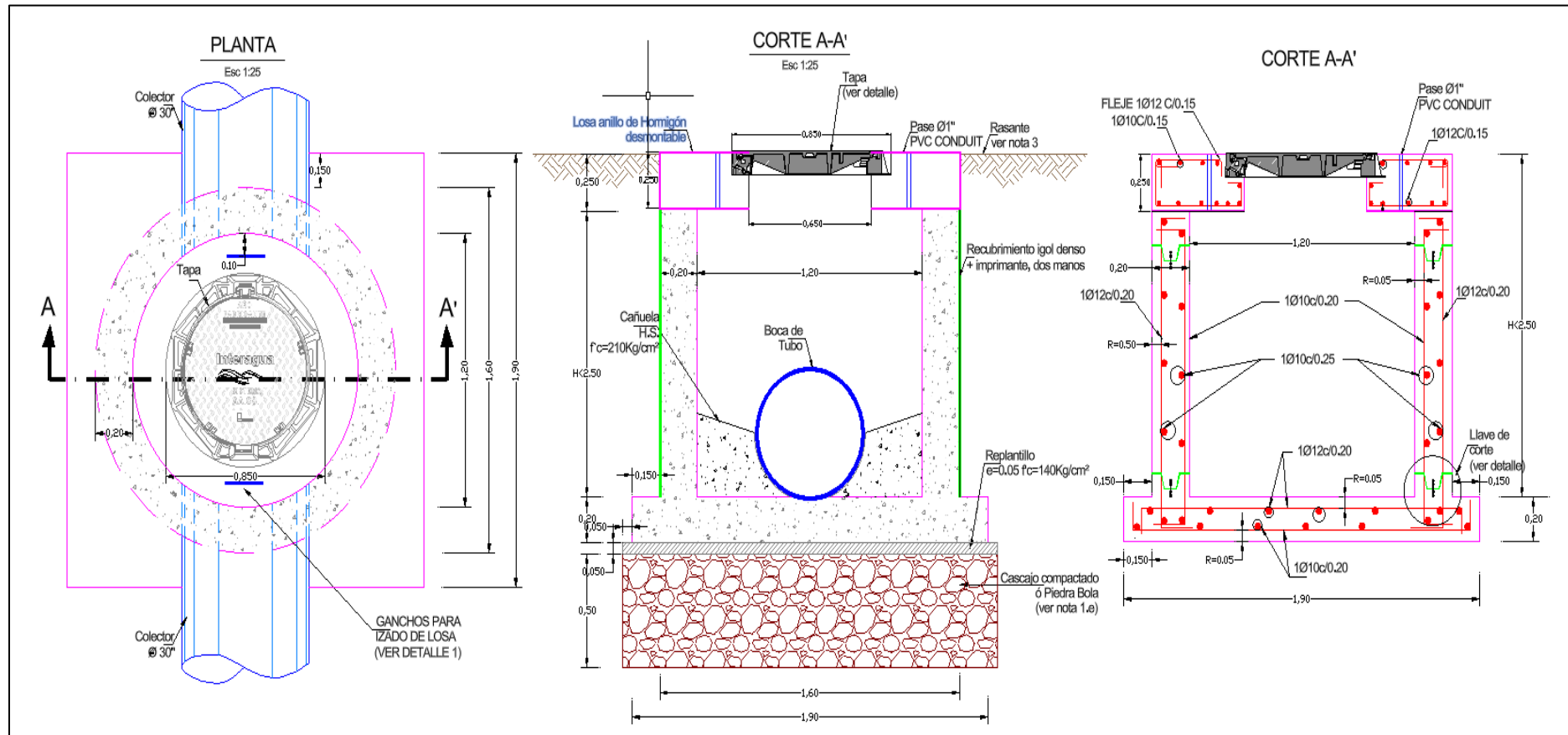


Los planos estructurales traducen las dimensiones definidas en la Tabla 10 (0,6 x 1,2 m para SSG y 0,6 x 2,4 m para SDG) en detalles constructivos armados, necesarios para la cuantificación de acero y hormigón que se incorpora en la Tabla 13. La diferencia dimensional entre ambos tipos, esencialmente en la longitud de la caja, se mantiene consistente con la lógica de captación discutida en el análisis de la Tabla 10: duplicar la longitud del sumidero permite duplicar aproximadamente la longitud de reja de captación sin necesidad de rediseñar por completo la estructura, economizando el proceso de cálculo estructural en la fase de prefactibilidad, rejilla hierro dúctil y tapa metálica tipo de acero fabricado en acero estructural ASTM A36.

4.4.3. Planos de Cámaras de Revisión

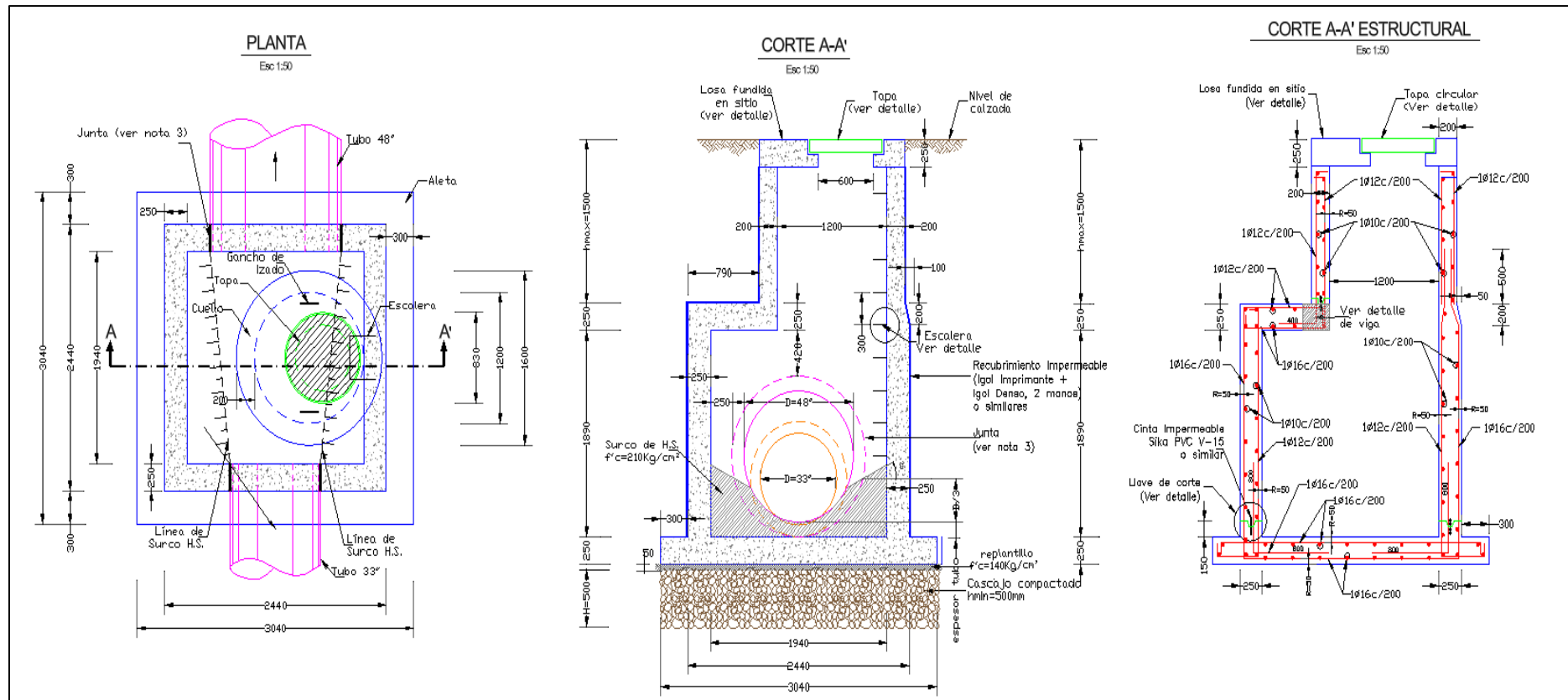
A continuación, los planos generales de los cámaras de revisión:

Imagen 15. Plano estructural de Cámara de colección Tipo I.



Se opta por un diseño sencillo y típico, es importante denotar que estas cámaras no deberían superar los 4 metros de altura y un diseño reforzado para resistir cargas dinámicas vehiculares, presión lateral de tierra y fuerzas sísmicas, rejilla hiezo dúctil.

Imagen 16. Plano estructural de Cámara de colección Tipo II.

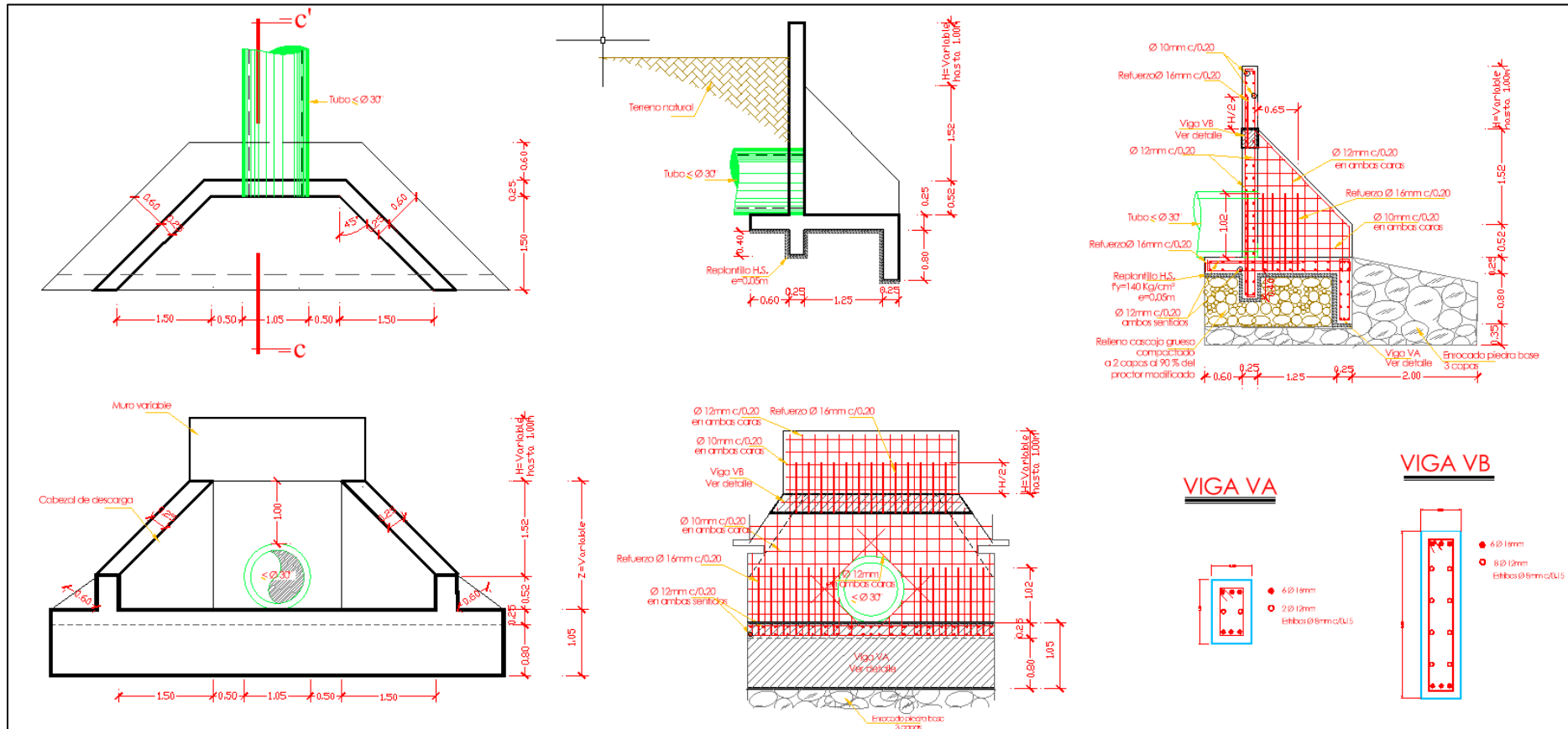


La dispersión de profundidades de excavación observada en la Tabla 11, donde varias cámaras (como C3 y C6, con profundidades superiores a 6,3 m) superan el límite de 4 m establecido para el diseño simplificado. El diseño cuenta con la resistencia a cargas dinámicas vehiculares, presiones laterales de tierra y fuerzas sísmicas, es importante mejorar el suelo donde se cimentará la cámara, con mínimo 0.5 metros de espesor con mejoramiento granular, Rejilla hierro dúctil.

4.4.4. Planos de Cabezales

A continuación, los planos generales de los cabezales:

Imagen 17. Plano estructural de Cabezal para tuberías no mayores a 800 mm.



The image contains several technical drawings of a drainage structure, likely a manhole or inspection pit, showing plan, section, and detail views.

Plan View (Top Left): Shows the top view of the structure. It features a central circular opening with a diameter of $\varnothing 33'' - \varnothing 48''$. The structure has a trapezoidal shape with sloped sides. Dimensions include a total width of 1.50m, a central width of 0.50m, and a total length of 1.62m. Slopes are indicated as 1:1.5 and 1:1.0. A vertical dimension of 0.60m is shown for the side walls.

Section View (Top Right): Shows a cross-section of the structure. It includes a concrete base (Viga VA) and a concrete wall (Viga VB). The structure is built on a compacted gravel base (Enrocado piedra base 3 capas). The total height is 1.81m. The base width is 0.60m, and the wall thickness is 0.25m. The structure is reinforced with steel bars (Barridos $\varnothing 8mm$ c/0.15).

Detail View (Bottom Left): Shows a detail of the structure's base. It includes a concrete base (Viga VA) and a concrete wall (Viga VB). The structure is built on a compacted gravel base (Enrocado piedra base 3 capas). The total height is 1.81m. The base width is 0.60m, and the wall thickness is 0.25m. The structure is reinforced with steel bars (Barridos $\varnothing 8mm$ c/0.15).

Detail View (Bottom Right): Shows a detail of the structure's base. It includes a concrete base (Viga VA) and a concrete wall (Viga VB). The structure is built on a compacted gravel base (Enrocado piedra base 3 capas). The total height is 1.81m. The base width is 0.60m, and the wall thickness is 0.25m. The structure is reinforced with steel bars (Barridos $\varnothing 8mm$ c/0.15).

62

4.4.5. Presupuesto general de proyecto

A continuación, se muestra el presupuesto general del sistema de alcantarillado pluvial en la zona urbana de la comuna El Azúcar:

Tabla 13. Presupuesto desglosado de proyecto.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS (SUMINISTRO Y MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS)					
1	EXCAVACION CON MAQUINARIA H: 4,00 A 6:00 M	M3	4943.51	\$ 6.11	\$ 30,204.83
2	CAMA DE ARENA	M3	44.24	\$ 31.82	\$ 1,407.56
3	TRANSPORTE DE ARENA	M3-KM	2211.76	\$ 0.25	\$ 552.94
4	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 250MM	ML	90.00	\$ 26.69	\$ 2,402.10
5	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 280MM	ML	140.00	\$ 33.65	\$ 4,711.00
6	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 335MM (Di = 300MM)	ML	200.00	\$ 41.32	\$ 8,264.00
7	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 440MM (Di = 400MM)	ML	51.00	\$ 68.62	\$ 3,499.62
8	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 540MM (Di=500MM)	ML	143.00	\$ 110.96	\$ 15,867.28
9	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 650MM (Di = 600MM)	ML	206.00	\$ 140.65	\$ 28,973.90
10	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC ESTRUCTURADO DE 760MM (Di= 700MM)	ML	330.00	\$ 199.18	\$ 65,729.40
11	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC ESTRUCTURADO DE 875MM (Di=800mm)	ML	119.00	\$ 300.84	\$ 35,799.96
12	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 900MM	ML	65.00	\$ 348.64	\$ 22,661.60
13	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 1130MM	ML	53.00	\$ 509.33	\$ 26,994.49
14	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 1205MM	ML	167.00	\$ 569.83	\$ 95,161.61
15	RELLENO Y COMPACTADO (MAT. DE SITIO)(COMPACTADOR DE PLANCHA)	M3	2342.28	\$ 5.90	\$ 13,819.47
16	RELLENO HIDRATADO Y COMPACTADO CON SUBBASE CLASE (NO INCLUYE TRANSPORTE)	M3	782.13	\$ 9.51	\$ 7,438.08
17	TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUBBASE CLASE 3	M3-KM	43017.28	\$ 0.25	\$ 10,754.32
18	DESALOJO	M3	2787.24	\$ 2.53	\$ 7,051.72
19	BACHEO (GENERAL) CON HORMIGÓN ASFÁLTICO EN CALIENTE (INCLUYE IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)	M3	78.21	\$ 260.01	\$ 20,336.23
INSTALACIÓN DE SUMIDEROS, DADOS, CÁMARAS Y CABEZALES					
20	SUMIDERO DE HORMIGON ARMADO (incluye rejilla ductil)	U	24.00	\$ 372.91	\$ 8,949.84
21	SUMIDERO DOBLE DE HORMIGON ARMADO (incluye rejilla ductil)	U	10.00	\$ 412.15	\$ 4,121.50
22	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	7362.45	\$ 2.71	\$ 19,952.23
23	HORMIGON SIMPLE F'c = 280kg/cm ² (INCLUYE ENCOFRADO)	m3	122.01	\$ 319.13	\$ 38,937.21
24	ENCACHADO DE PIEDRA BASE	M3	23.40	\$ 153.84	\$ 3,599.86
TOTAL					\$473,590.88

En Anexos se encontrarán las tablas de la cuantificación de cantidades. Con base en dichas cuantificaciones y en el análisis de precios unitarios, el monto total estimado asciende a \$473,590.88 USD (cuatrocientos setenta y tres mil quinientos noventa dólares americanos con 88/100). Como observación, los precios no contemplan IVA.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Con respecto al O.G.: Se concluye que el estudio desarrollado permitió establecer la prefactibilidad técnica de un sistema de alcantarillado pluvial para el sector urbano de la Comuna El Azúcar, cantón Santa Elena. La propuesta planteada responde a las condiciones actuales del área de estudio y constituye una alternativa orientada a mejorar el manejo de las aguas lluvias dentro de la zona urbana. El sistema proyectado presenta condiciones favorables para la captación, conducción y evacuación de la escorrentía superficial, permitiendo reducir la acumulación de agua durante eventos de precipitación. De esta manera, la infraestructura propuesta representa una solución preliminar técnicamente viable para contribuir a disminuir los problemas de anegamiento que afectan a la comunidad. Finalmente, el estudio constituye una base técnica para el desarrollo posterior de los estudios definitivos y para la futura gestión de la ejecución del sistema de alcantarillado pluvial.

Con respecto al O.E.1: El levantamiento topográfico ejecutado con el receptor GNSS RTK en el sector urbano de la Comuna El Azúcar permitió determinar que el terreno presenta un desnivel pronunciado, con cotas que oscilan entre los 29 y 37 m.s.n.m., condición topográfica favorable para un sistema por gravedad. La información obtenida evidenció, además, la presencia de un canal natural que atraviesa longitudinalmente la zona urbana y que se constituyó en el elemento receptor idóneo para las descargas pluviales de ambos frentes. Complementariamente, la recopilación de información hidrometeorológica oficial del INAMHI aportó los registros pluviométricos requeridos para caracterizar la intensidad de las precipitaciones locales, insumo fundamental para el posterior cálculo hidrológico. Se concluye que la caracterización física del sitio fue satisfactoria y proporcionó una base topográfica confiable para el diseño posterior de la red.

Con respecto al O.E.2: La aplicación del método racional, con un período de retorno de 10 años, un coeficiente de escorrentía ponderado de 0,55 y las intensidades obtenidas a partir de las curvas IDF construidas con datos del INAMHI, permitió delimitar 16 áreas de aportación asociadas a igual número de puntos bajos, con superficies parciales que varían entre 0,2 y 5 hectáreas. Para el segundo objetivo se obtuvieron caudales desde 74 L/s en los primeros tramos hasta más de 1 600 L/s en el colector principal. La diferencia entre estos valores muestra cómo

el aporte de las distintas áreas se acumula dentro de la red durante una lluvia intensa. Por el tamaño de las subcuencas urbanas analizadas, el método racional fue adecuado para estimar los caudales. Los resultados también guardan relación con las condiciones de escorrentía que se esperan en la Península de Santa Elena.

Con respecto al O.E.3: El dimensionamiento hidráulico de la red se ejecutó cumpliendo los lineamientos del ex IEOS (1996), obteniéndose colectores con diámetros que varían entre 400 mm en tramos secundarios y 1 205 mm en el colector principal de descarga, con pendientes entre 0,30 % y 0,50 % y velocidades a sección llena entre 0,91 m/s y 1,64 m/s, todas dentro de los rangos normativos. La red se configuró en cuatro colectores principales que descargan a través de igual número de cabezales (CB1 a CB4) hacia el canal natural central. Complementariamente se diseñaron sumideros simples grandes (0,60 × 1,20 m) y sumideros dobles grandes (0,60 × 2,40 m), cámaras de tipo caja rectangular (1,90 × 1,90 m) y pozos circulares (1,20 m), garantizando el correcto acceso para inspección y mantenimiento. Se concluye que el sistema propuesto es hidráulicamente eficiente y compatible con las condiciones locales.

Con respecto al O.E.4: La elaboración de los planos técnicos de colectores, sumideros, cámaras de colección y cabezales permitió consolidar la propuesta gráfica del sistema, mientras que el análisis de precios unitarios arrojó un presupuesto referencial total de USD 473,590.88 (sin incluir IVA). Este monto abarca los rubros de movimiento de tierras, provisión e instalación de tubería PVC de doble pared estructurada en diámetros nominales entre 250 y 1 205 mm, obras complementarias de hormigón armado para sumideros, cámaras y cabezales, y actividades de bacheo y desalojo. Se concluye que la propuesta es económicamente factible dentro de los rangos habituales para proyectos de saneamiento pluvial en comunas de similar tamaño poblacional y que constituye una base sólida para gestionar su financiamiento e implementación por parte del gobierno autónomo descentralizado correspondiente.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda considerar el estudio de prefactibilidad desarrollado como base técnica para continuar con las etapas posteriores de planificación y diseño definitivo del sistema de alcantarillado pluvial de la Comuna El Azúcar. Para ello, previo a su ejecución, deberán actualizarse y complementarse los estudios necesarios de acuerdo con las condiciones existentes al momento de implementar el proyecto, garantizando que la solución propuesta mantenga su eficiencia para la captación, conducción y evacuación de las aguas lluvias.

Asimismo, se recomienda que la entidad competente gestione los recursos técnicos y económicos necesarios para avanzar hacia el diseño definitivo y posterior construcción de la infraestructura, priorizando una solución que contribuya a reducir los problemas de acumulación de agua y mejorar las condiciones de drenaje del sector urbano.

Se recomienda al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Elena mantener actualizada la información topográfica del sector urbano de la Comuna El Azúcar mediante levantamientos periódicos que integren tecnologías complementarias como GNSS-RTK y fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados, con el fin de reflejar la evolución del tejido urbano y sus nuevas edificaciones. Asimismo, se sugiere gestionar ante el INAMHI la instalación de al menos una estación pluviométrica adicional cercana al área de estudio, dado que las series históricas locales resultaron limitadas y cualquier ampliación de la red hidrometeorológica reforzará la confiabilidad de futuros diseños.

En la etapa final del diseño, es deseable actualizar las curvas IDF con series de lluvia más largas e incluir escenarios de cambio climático, ya que la precipitación extrema puede aumentar en intensidad (IPCC, 2022). También es deseable comparar los flujos producidos con el método racional con la modelización en EPA-SWMM o HEC-HMS. Esto nos permitiría identificar las diferencias y personalizar aún más las secciones que reciben las contribuciones más significativas.

Durante los estudios finales, necesitamos evaluar la red con modelización dinámica y en un estado no permanente. Esto es especialmente necesario para regiones con más de 900 mm donde debe descartarse la presurización durante tormentas infrecuentes. El sistema también dependerá del mantenimiento: antes de la temporada de lluvias será necesario limpiar desagües, colectores y cabezales, y verificar el estado de las cámaras. Como medida complementaria, en futuras etapas pueden incorporarse soluciones SUDS, entre ellas pavimentos permeables o jardines de infiltración, para disminuir parte del caudal que llega a la red.

Se recomienda que, antes de iniciar la contratación será necesario actualizar el presupuesto con los precios vigentes de materiales, equipos y mano de obra. Para ello deben revisarse las referencias de la Cámara de la Construcción y los salarios sectoriales establecidos por el Ministerio del Trabajo. La ejecución puede organizarse en términos de colectores CB1, CB2, CB3 y CB4. Esto ayudaría a coordinar recursos, minimizar el tráfico y la vida diaria de la comunidad. Debido a la magnitud del proyecto, también se puede realizar un cofinanciamiento con el Banco de Desarrollo de Ecuador y programas de cooperación relacionados con infraestructura de saneamiento y resiliente al clima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, P., & Baque, L. (2024). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PROYECTADO A 25 AÑOS EN LA COMUNA LOMA ALTA DE LA PARROQUIA COLONCHE, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA SANTA ELENA*. UPSE.
- Aparicio Mijares, F. Javier. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie* (Grupo Noriega, Ed.). Limusa.
- B., W. B., S., W., H., U.-C., S., I., T., S., R., A., & R., K. (2015). *The SuDs Manual* (Fifth). CIRIA. www.ciria.org
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3rd ed.). Pearson Educación.
- Bizier, Paul. (2007). *Gravity sanitary sewer design and construction*. Water Environment Federation. <http://www.asce.org>
- Butler, D., & Davies, J. W. (2011). *Urban Drainage* (Spon Press, Ed.; 3rd Edition). Spon Press.
- Butler, D., Digman, C. J., Makropoulos, C., & Davies, J. W. (2018). *Urban Drainage* (Fourth Edition). CRC Press.
- CAMICON. (2023). *Manual de análisis de precios unitarios*. CAMICON. <https://camicon.ec/web/departamento-tecnico/#>
- Carlos E. M. Tucci. (2006). *Curso de Gestión de Inundaciones Urbanas*.
- Chandias, M. E. (2003). *Computos y presupuestos*. Librería y Editorial Alsina.
- Chow, V. Te. (1959). *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill.

- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos* (M. E. Suarez R., Ed.; J. G. Saldarriaga, Tran.; Primera). McGraw Hill.
- Chow, V. Te, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrologia Aplicada* (M. E. Suárez R., Ed.; J. G. Saldarriaga, Tran.; Primera). McGraw Hill.
- Codificacion y Actualizacion de Las Resoluciones Emitidas Por El SERCOP (2016).
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 92, pp. 79–97). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- COOTAD (2019). www.lexis.com.ec
- DITECNIA. (2026). *TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC Y PE BD*. <https://www.ditecnia.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGA-6-Catalogo-de-Tuberias-y-Accesorios-de-PVC-y-PE-BD-Plastigama-Agricultura.pdf>
- Domínguez García-Tejero, Francisco. (1998). *Topografía general y aplicada* (13 Ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Engineers, A. S. of C., & Federation, W. E. (2007). Gravity Sanitary Sewer Design and Construction. In *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 60 / WEF Manual of Practice No. FD-5* (2nd ed.). American Society of Civil Engineers.
- Especificaciones técnicas para la producción de Cartografía escala 1:5000 (2016). www.igm.gob.ec
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*.
- INEC. (2022). *Proyecciones poblacionales cantonales y parroquiales del Ecuador 2010-2030*. INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

- Kentucky Department of Highways. (1999). *PIPE CULVERT HEADWALLS 0° SKEW*.
- Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, Pub. L. 305 (2014). www.lexis.com.ec
- López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado* (Segunda, Vol. 1). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Madsen, D. A., & Madsen, D. P. (2015). *Civil Drafting Technology*. Pearson.
- Mendoza G. Andrés, & Mendoza O. Diego. (2023). *EVALUACIÓN Y ESTUDIO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE DRENAJE EXISTENTES EN LA VÍA SAYÁ – EL AZÚCAR DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA*. UPSE.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1981). *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater* (G. Tchobanoglous, Ed.). McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (McGraw Hill, Ed.). McGraw Hill.
- Neira, R., & Morales, X. (2024). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA COMUNA BARCELONA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*. UPSE.
- Normas para Estudio y Diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, Pub. L. No. 6-1992-08-18 (1996). <https://doi.org/10.07>
- Rocha Felices, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales* (Primera). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Roderick D., R. (2010). *Design of Municipal Wastewater treatment Plants* (McGraw Hill, Ed.; Fifth, Vol. 1). McGraw Hill Companies. <http://www.asce.org>
- Rossel, F., & Cadier, E. (2009). El Niño and prediction of anomalous monthly rainfalls in Ecuador. *Hydrological Processes*, 23(22), 3253–3260. <https://doi.org/10.1002/hyp.7401>
- SERCOP. (2022). *Metodología para la elaboración del presupuesto referencial en obras públicas*. SERCOP. <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/15969-2/>
- Serpell B., A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción* (Alfaomega, Ed.; Segunda). UCC. <http://estudiantesingcivil.blogspot.mx/>

- Suarez Salazar, C. (2005). *Costo y tiempo en edificación*. Editorial Limusa.
- Thompson, P. L., & Kilgore, R. T. (2006). Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels. In *Hydraulic Engineering Circular No. 14 (HEC-14)* (3rd ed.). U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/06086/hec14.pdf>
- Torres Nieto, Á., & Villate Bonilla, E. (1968). *Topografía* (Norma, Ed.). Norma.
- Tubos Perfilados de PVC Rígido de Pared Estructurada e Interior Lisa y Accesorios Para Alcantarillado. Requisitos. (2010).
- UNDP. (2023). *Reducing climate vulnerability and flood risk in coastal urban and semi urban areas in cities in Latin America*.

ANEXOS

ANEXO 1

Imagen 19. Análisis de precios unitarios del rubro de excavación con maquinaria de 400 a 600 m³.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El azúcar					
RUBRO:	EXCAVACION CON MAQUINARIA H: 4,00 A 6:00 M				UNIDAD	M3
No.	1					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.080
Retroexcavadora		1	35.00	35.00	0.09	3.320
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						3.40
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		3.00	4.34	13.02	0.09	1.236
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		1.00	4.87	4.87	0.09	0.460
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						1.70
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						0.00
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.00
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						5.10
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				1.02
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 6.11
U.- VALOR OFERTADO						\$ 6.11
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 20. Análisis de precios unitarios del rubro de cámara de arena.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El azucar					
RUBRO:	CAMA DE ARENA				UNIDAD	M3
No.	2					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.08
Compactador mecánico tipo plancha		1	3.75	3.75	0.12	0.46
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	0.540
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		1.00	4.34	4.34	0.12	0.53
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.12	0.59
Albañil		1.00	4.39	4.39	0.12	0.53
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	1.650
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Agua			m3	1.08	0.12	0.13
Arena gruesa			m3	22.00	1.10	24.20
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
					SUBTOTAL O	24.330
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						26.520
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 5.304
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 31.824
U.- VALOR OFERTADO						\$ 31.820
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 21. Análisis de precios unitarios del rubro de transporte de materiales.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	TRANSPORTE DE MATERIALES				UNIDAD	M3-KM
No.	3					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						-
Volqueta 12m3		1	35.00	35.00	0.00	0.16
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						0.160
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Chofer volquetas		1.00	6.38	6.38	0.00	0.03
Peón		1.00	4.34	4.34	0.00	0.02
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						0.050
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						0.000
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						0.210
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 0.042
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 0.252
U.- VALOR OFERTADO						\$ 0.250
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 22. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 250 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 250MM				UNIDAD	ML
No.	4					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.13
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	0.130
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		0.50	4.87	2.44	0.16	0.40
Plomero		1.00	4.39	4.39	0.16	0.72
Peón		2.00	4.34	8.68	0.16	1.42
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	2.540
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubo PVC corrugado D=250mm x 6m			U	115.13	0.17	19.57
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	19.572
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						22.242
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 4.448
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 26.691
U.- VALOR OFERTADO						\$ 26.690
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 23. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 280 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 280MM				UNIDAD	ML
No.	5					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.14
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	0.140
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		0.50	4.87	2.44	0.25	0.61
Plomero		1.00	4.39	4.39	0.25	1.10
Peón		1.00	4.34	4.34	0.25	1.09
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	2.800
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígido para Alcantarillado 280 mm (Di 250 mm)			ml	25.10	1.00	25.10
-				-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	25.100
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						28.040
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 5.608
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 33.648
U.- VALOR OFERTADO						\$ 33.650
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 24. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 335 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 335MM (Di = 300MM)				UNIDAD	ML
No.	6.0					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.20
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	0.204
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.30	1.46
Plomero		1.00	4.39	4.39	0.30	1.32
Peón		1.00	4.34	4.34	0.30	1.30
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	4.080
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígido para Alcantarillado 335 mm (Di 300 mm)			ml	30.15	1.00	30.15
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	30.150
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						34.434
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 6.887
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 41.321
U.- VALOR OFERTADO						\$ 41.320
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 25. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 440 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 440MM (Di = 400MM)			UNIDAD	ML	
No.	7					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.32
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						0.320
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.85	0.36	1.72
Plomero		1.00	4.39	4.39	0.36	1.56
Peón		2.00	4.34	8.68	0.36	3.09
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						6.370
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígido para Alcantarillado 440 mm (Di 400 mm)			ml	50.49	1.00	50.49
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
SUBTOTAL O						50.490
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						57.180
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 11.436
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 68.616
U.- VALOR OFERTADO						\$ 68.620
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 26. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 540 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 540MM (Di=500MM)				UNIDAD	ML
No.	8					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.32
Excavadora de oruga		0.25	56.00	14.00	0.33	4.67
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						4.990
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.33	1.62
Plomero		1.00	4.39	4.39	0.33	1.46
Peón		2.00	4.34	8.68	0.33	2.89
Op. Excavadora		0.25	4.87	1.22	0.33	0.41
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						6.380
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígido para Alcantarillado 540 mm (Di 500 mm)			ml	81.10	1.00	81.10
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
SUBTOTAL O						81.100
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						92.470
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 18.494
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 110.964
U.- VALOR OFERTADO						\$ 110.960
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 27. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 650 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:		El Azucar				
RUBRO:		PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 650MM (Di = 600MM)			UNIDAD	ML
No.		9				
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.56
Excavadora de oruga		0.5	56.00	28.00	0.41	11.43
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						11.990
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.85	0.41	1.98
Plomero		2.00	4.39	8.78	0.41	3.59
Peón		2.00	4.34	8.68	0.41	3.54
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		1.00	4.87	4.87	0.41	1.99
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						11.100
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tuberia Rigido para Alcantarillado 650 mm (Di 600 mm)			ml	94.12	1.00	94.12
-						-
-						-
-						-
-						-
-						-
-						-
-						-
-						-
-						-
SUBTOTAL O						94.120
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						117.210
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 23.442
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 140.652
U.- VALOR OFERTADO						\$ 140.650
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 28. Análisis de precios unitarios del rubro de suministro e instalación de tubería PVC estructurado de 760 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC ESTRUCTURADO DE 760MM (Di= 700MM)				UNIDAD	ML
No.	10					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.62
Excavadora de oruga		0.25	56.00	14.00	0.46	6.41
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	7.030
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.46	2.23
Plomero		2.00	4.39	8.78	0.46	4.02
Peón		2.00	4.34	8.68	0.46	3.97
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		1.00	4.87	4.87	0.46	2.23
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	12.450
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígido para Alcantarillado 760 mm (Di 700 mm)			ml	146.50	1.00	146.50
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
					SUBTOTAL O	146.500
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						165.980
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 33.196
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 199.176
U.- VALOR OFERTADO						\$ 199.180
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 29. Análisis de precios unitarios del rubro de suministro e instalación de tubería PVC estructurado de 875 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:		El Azucar				
RUBRO:		SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC ESTRUCTURADO DE 875MM (Di=800mm)			UNIDAD	ML
No.		11				
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.71
Excavadora de oruga		0.25	56.00	14.00	0.60	8.40
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	9.110
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.60	2.92
Plomero		2.00	4.39	8.78	0.60	5.27
Peón		2.00	4.34	8.68	0.60	5.21
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		0.25	4.87	1.22	0.60	0.73
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	14.130
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tuberia Rigido para Alcantarillado 875 mm (Di 800 mm)			ml	227.46	1.00	227.46
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
					SUBTOTAL O	227.460
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						250.700
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 50.140
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 300.840
U.- VALOR OFERTADO						\$ 300.840
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 30. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 900 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:						
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 900MM			UNIDAD	ML	
No.	12					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.93
Excavadora de oruga		0.5	56.00	28.00	0.75	21.00
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						21.930
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.75	3.65
Plomero		2.00	4.39	8.78	0.75	6.59
Peón		2.00	4.34	8.68	0.75	6.51
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		0.50	4.87	2.44	0.75	1.83
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						18.580
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería Rígida para Alcantarillado 975 mm (Di 900 mm)			ml	250.02	1.00	250.02
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
SUBTOTAL O						250.020
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						290.530
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES			20.00%			\$ 58.106
S.- OTROS INDIRECTOS			0%			
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 348.636
U.- VALOR OFERTADO						\$ 348.640
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 31. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 1000 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 1000MM			UNIDAD	ML	
No.	13					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						1.11
Excavadora de oruga		0.25	56.00	14.00	0.90	12.60
Equipo de topografía		0.25	5.00	1.25	0.90	1.13
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	14.845
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.90	4.38
Plomero		2.00	4.39	8.78	0.90	7.90
Peón		2.00	4.34	8.68	0.90	7.81
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		0.25	4.87	1.22	0.90	1.10
Topógrafo		0.25	4.87	1.22	0.90	1.10
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	22.290
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería PVC pared estructurada 1035 mm			ml	336.89	1.00	336.89
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	336.890
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						374.025
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES						\$ 74.805
S.- OTROS INDIRECTOS						
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 448.829
U.- VALOR OFERTADO						\$ 448.830
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 32. Análisis de precios unitarios del rubro de provisión e instalación de tubería PVC doble pared estructurada AALL 1205 mm.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:						
RUBRO:	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC DOBLE PARED ESTRUCTURADA AALL 1205MM				UNIDAD	ML
No.	14					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						1.24
Excavadora de oruga		0.25	56.00	14.00	1.00	14.00
Equipo de topografía		0.25	5.00	1.25	1.00	1.25
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	16.490
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	1.00	4.87
Plomero		2.00	4.39	8.78	1.00	8.78
Peón		2.00	4.34	8.68	1.00	8.68
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		0.25	4.87	1.22	1.00	1.22
Topógrafo		0.25	4.87	1.22	1.00	1.22
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	24.770
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Tubería PVC pared estructurada 1245 mm			ml	433.60	1.00	433.60
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
					SUBTOTAL O	433.600
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						474.860
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 94.972
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 569.832
U.- VALOR OFERTADO						\$ 569.830
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 33. Análisis de precios unitarios del rubro de relleno y compactado.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	RELLENO Y COMPACTADO (MAT. DE SITIO)(COMPACTADOR DE PLANCHA)				UNIDAD	M3
No.	15					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.11
Retroexcavadora		1	35.00	35.00	0.07	2.62
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						2.730
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		5.00	4.34	21.70	0.07	1.62
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		0.50	4.87	2.44	0.07	0.18
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		1.00	4.87	4.87	0.07	0.36
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						2.160
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Agua			m3	1.08	0.03	0.03
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
-				-		-
SUBTOTAL O						0.027
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						4.917
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 0.983
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 5.900
U.- VALOR OFERTADO						\$ 5.900
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 34. Análisis de precios unitarios del rubro de relleno hidratado y compactado con subbase (no incluye transporte).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:		El Azucar				
RUBRO:		RELLENO HIDRATADO Y COMPACTADO CON SUBBASE CLASE (NO INCLUYE TRANSPORTE)			UNIDAD	M3
No.		16				
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.01
Equipo de topografía		1	5.00	5.00	0.005	0.03
Tanquero		1	25.00	25.00	0.005	0.13
Rodillo vibrabrio liso		1	40.00	40.00	0.005	0.20
Motoniveladora		1	55.00	55.00	0.005	0.28
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	0.650
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		1.00	4.34	4.34	0.005	0.02
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		0.50	4.87	2.44	0.005	0.01
Chofer tanqueros		1.00	6.38	6.38	0.005	0.03
Op. Motoniveladora		1.00	4.87	4.87	0.005	0.02
Op. Rodillo autopropulsado		1.00	4.64	4.64	0.005	0.02
Engrasador o abastecedor responsable en construcción		1.00	4.39	4.39	0.005	0.02
Topógrafo		1.00	4.87	4.87	0.005	0.02
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	0.140
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Agua			m3	1.08	0.05	0.06
Sub-Base clase III			m3	5.90	1.20	7.08
-				-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	7.136
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						7.926
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 1.585
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 9.511
U.- VALOR OFERTADO						\$ 9.510
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 35. Análisis de precios unitarios del rubro de transporte de material de subbase clase 3.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS							
UBICACIÓN:	El Azucar						
RUBRO:	TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUBBASE CLASE 3				UNIDAD	M3-KM	
No.	17						
M.- EQUIPOS			CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)							-
Volqueta 12m3			1	35.00	35.00	0.00	0.16
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
					SUBTOTAL M		0.160
N.- MANO DE OBRA			CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Chofer volquetas			1.00	6.38	6.38	0.00	0.03
Peón			1.00	4.34	4.34	0.00	0.02
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
-				-	-	-	-
					SUBTOTAL N		0.050
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
-			-	-		-	
					SUBTOTAL O		0.000
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
-						-	
					SUBTOTAL P		0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)							0.210
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES			20.00%				\$ 0.042
S.- OTROS INDIRECTOS			0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)							\$ 0.252
U.- VALOR OFERTADO							\$ 0.250
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA							

Imagen 36. Análisis de precios unitarios del rubro de desalojo.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	DESALOJO				UNIDAD	M3
No.	18					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.02
Retroexcavadora		1	35.00	35.00	0.03	0.94
Volqueta 8m3		1	25.00	25.00	0.03	0.67
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						1.630
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Op. Auto-tren cama baja (trailer)		0.50	4.87	2.44	0.03	0.07
Chofer tanqueros		1.00	6.38	6.38	0.03	0.17
Ayudante de maquinaria		2.00	4.46	8.92	0.03	0.24
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						0.480
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						0.000
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						2.110
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 0.422
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 2.532
U.- VALOR OFERTADO						\$ 2.530
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 37. Análisis de precios unitarios del rubro de bacheo con hormigón asfáltico en caliente.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	BACHEO (GENERAL) CON HORMIGÓN ASFÁLTICO EN CALIENTE (INCLUYE IMPRIMACIÓN Y TRANSPORTE)				UNIDAD	M3
No.	19					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.48
Volqueta		1	30.00	30.00	0.25	7.59
Rodillo vibratorio liso		1	40.00	40.00	0.25	10.12
Mini cargadora		1	20.00	20.00	0.25	5.06
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	23.250
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		4.00	4.34	17.36	0.25	4.39
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	0.25	1.23
Op. Distribuidor de asfalto		1.00	4.64	4.64	0.25	1.17
Chofer trailer		1.00	6.38	6.38	0.25	1.61
Op. Termoformado		1.00	4.64	4.64	0.25	1.17
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	9.570
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Asfalto RC 250			gln	1.65	1.13	1.86
Hormigón Asfáltico			m3	91.00	2.00	182.00
-			0	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
					SUBTOTAL O	183.857
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						216.677
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES						\$ 43.335
S.- OTROS INDIRECTOS						0%
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 260.012
U.- VALOR OFERTADO						\$ 260.010
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 38. Análisis de precios unitarios del rubro de sumidero simple grande de hormigón armado (incluye rejilla metálica).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azúcar					
RUBRO:	SUMIDERO SIMPLE GRANDE DE HORMIGÓN ARMADO (INCLUYE REJILLA METÁLICA)			UNIDAD	U	
No.	20					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						2.54
Concretera		1	4.00	4.00	1.90	7.61
Vibrador		1	3.00	3.00	1.90	5.71
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	15.860
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		2.00	4.34	8.68	1.90	16.51
Carpintero		1.00	4.39	4.39	1.90	8.35
Albañil		2.00	4.39	8.78	1.90	16.70
Maestro soldador especializado		1.00	4.87	4.87	1.90	9.26
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	50.820
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Cemento (saco 50kg)			saco	8.30	2.00	16.60
Arena gruesa			m3	22.00	0.22	4.84
Piedra 3/4" a 1"			m3	23.50	0.36	8.46
Agua			m3	1.08	0.15	0.16
Tabla semidura			u	8.94	4.00	35.76
Cuarton semiduro			u	5.49	2.00	10.98
Tira semidura			u	2.50	0.50	1.25
Clavos			Kg	2.25	1.50	3.38
Acero de refuerzo Fy = 4200			Kg	1.29	3.20	4.13
REJILLA HIERRO (TAPA) D=1"			u	145.97	1.00	145.97
Listón de encofrado de 5 x 4 sin cepillar			ml	1.15	2.50	2.88
firas 1"x3"x4mts			u	2.35	2.00	4.70
Alambre recocido #18			Kg	3.95	1.26	4.98
					SUBTOTAL O	244.077
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						310.757
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 62.151
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 372.908
U.- VALOR OFERTADO						\$ 372.910
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 39. Análisis de precios unitarios del rubro de sumidero doble grande de hormigón armado (incluye rejilla metálica).

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azúcar					
RUBRO:	SUMIDERO DOBLE GRANDE DE HORMIGÓN ARMADO (INCLUYE REJILLA METÁLICA)			UNIDAD	U	
No.	21					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						2.81
Concretera		1	4.00	4.00	2.10	8.40
Vibrador		1	3.00	3.00	2.10	6.30
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL M	17.510
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		2.00	4.34	8.68	2.10	18.23
Carpintero		1.00	4.39	4.39	2.10	9.22
Albañil		2.00	4.39	8.78	2.10	18.44
Maestro soldador especializado		1.00	4.87	4.87	2.10	10.23
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
					SUBTOTAL N	56.120
O.- MATERIALES		UNIDAD		PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Cemento (saco 50kg)			saco	8.30	3.50	29.05
Arena gruesa			m3	22.00	0.44	9.68
Piedra 3/4" a 1"			m3	23.50	0.72	16.92
Agua			m3	1.08	0.15	0.16
Tabla semidura			u	8.94	4.00	35.76
Cuarlon semiduro			u	5.49	2.00	10.98
Tira semidura			u	2.50	0.50	1.25
Clavos			Kg	2.25	1.50	3.38
Acero de refuerzo Fy = 4200			Kg	1.29	3.20	4.13
REJILLA HIERRO (TAPA) D=1"			u	145.97	1.00	145.97
Listón de encofrado de 5 x 4 sin cepillar			ml	1.15	2.50	2.88
tiras 1"x3"x4mts			u	2.35	2.00	4.70
Alambre recocido #18			Kg	3.95	1.26	4.98
					SUBTOTAL O	269.827
P.- TRANSPORTE		UNIDAD		CANTIDAD	TARIFA	COSTO
-						-
					SUBTOTAL P	0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						343.457
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 68.691
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 412.148
U.- VALOR OFERTADO						\$ 412.150
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 40. Análisis de precios unitarios del rubro de acero de refuerzo $f_y=4200$ kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:		El Azucar				
RUBRO:		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2			UNIDAD	KG
No.		22				
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						0.04
Cortadora - dobladora manual		0.3	5.00	1.50	0.05	0.07
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						0.107
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		2.00	4.34	8.68	0.05	0.41
Fierro		1.00	4.39	4.39	0.05	0.21
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		0.50	4.87	2.44	0.05	0.12
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						0.740
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Acero de refuerzo Fy = 4200			Kg	1.29	1.03	1.33
Alambre galvanizado # 18			Kg.	2.86	0.03	0.09
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						1.415
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						2.262
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 0.452
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 2.714
U.- VALOR OFERTADO						\$ 2.710
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 41. Análisis de precios unitarios del rubro de hormigón simple $f_c=280$ kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	HORMIGON SIMPLE F'c = 280kg/cm2 (INCLUYE ENCOFRADO)				UNIDAD	m3
No.	23					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)						4.83
Concretera		1	4.00	4.00	2.19	8.76
Vibrador		1	3.00	3.00	2.19	6.57
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						20.160
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		6.00	4.34	26.04	2.19	57.03
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	2.19	10.67
Albañil		2.00	4.39	8.78	2.19	19.23
Carpintero		1.00	4.39	4.39	2.19	9.61
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						96.540
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Cemento (saco 50kg)			saco	8.30	9.00	74.70
Arena gruesa			m3	22.00	0.49	10.78
Agua			m3	1.08	0.84	0.91
Piedra 3/4" a 1"			m3	23.50	0.25	5.88
Tabla semidura			u	8.94	4.00	35.76
Cuarlon semiduro			u	5.49	3.00	16.47
Clavos			Kg	2.25	1.00	2.25
Tira semidura			u	2.50	1.00	2.50
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						149.242
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						265.942
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES						\$ 53.188
S.- OTROS INDIRECTOS						0%
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 319.131
U.- VALOR OFERTADO						\$ 319.130
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

Imagen 42. Análisis de precios unitarios del rubro de encachado de piedra base.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
UBICACIÓN:	El Azucar					
RUBRO:	ENCACHADO DE PIEDRA BASE				UNIDAD	M3
No.	23					
M.- EQUIPOS		CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5% (M/O)		1	-	-	-	3.18
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL M						3.180
N.- MANO DE OBRA		CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón		3.00	4.34	13.02	2.86	37.21
Albañil		1.00	4.39	4.39	2.86	12.55
Maestro mayor de ejecución de obras civiles		1.00	4.87	4.87	2.86	13.92
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
-			-	-	-	-
SUBTOTAL N						63.680
O.- MATERIALES			UNIDAD	PRECIO UNIT. A	CANTIDAD B	COSTO C=A*B
Cemento (saco 50kg)			saco	8.3	4	33.2
Piedra base			m3	18.3	1	18.3
Arena gruesa			m3	22	0.44	9.68
Agua			m3	1.08	0.15	0.162
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
-			-	-		-
SUBTOTAL O						61.342
P.- TRANSPORTE			UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B
-						-
SUBTOTAL P						0.000
Q.- TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						128.202
R.- INDIRECTOS Y UTILIDADES		20.00%				\$ 25.640
S.- OTROS INDIRECTOS		0%				
T.- COSTO TOTAL DEL RUBRO (Q+R)						\$ 153.842
U.- VALOR OFERTADO						\$ 153.840
OBSERVACIONES: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

ANEXO 2

Tabla 14. Cuantificación de cantidades en m³ para instalación de sumideros y sus colectores

PUNTO DE DESCAR GA	CANTID AD DE SUMIDE ROS	CORTE CON RELLE NO	MEJORAMIE NTO	ARE NA	MAT. SITI O	SUB- BASE	ASFAL TO	DESALO JO
S1	6	32.93	7.60	0.76	9.22	12.67	1.27	23.71
		32.93	7.60	0.76	9.22	12.67	1.27	23.71
		3.57	0.82	0.08	1.00	1.37	0.14	2.57
		3.57	0.82	0.08	1.00	1.37	0.14	2.57
		17.21	3.97	0.40	4.82	6.62	0.66	12.39
		17.21	3.97	0.40	4.82	6.62	0.66	12.39
S2	2	9.77	2.25	0.23	2.73	3.76	0.38	7.03
		7.58	1.75	0.17	2.12	2.92	0.29	5.46
		14.56	3.36	0.34	3.92	5.60	0.56	10.64
S3	3	4.10	0.95	0.09	1.10	1.58	0.16	2.99
		28.12	6.49	0.65	7.57	10.82	1.08	20.55
		11.78	2.72	0.27	3.17	4.53	0.45	8.61
S4	4	11.78	2.72	0.27	3.17	4.53	0.45	8.61
		3.19	0.74	0.07	0.86	1.23	0.12	2.33
		3.19	0.74	0.07	0.86	1.23	0.12	2.33
S5	1	28.65	6.61	0.66	8.81	11.02	1.10	19.83
S6	1	4.91	1.13	0.11	1.32	1.89	0.19	3.59
S7	2	14.56	3.36	0.34	3.92	5.60	0.56	10.64
		14.56	3.36	0.34	3.92	5.60	0.56	10.64
		18.66	4.31	0.43	5.02	7.18	0.72	13.63
S8	9	23.75	5.48	0.55	6.39	9.14	0.91	17.36
		9.87	2.28	0.23	2.66	3.80	0.38	7.22
		4.64	1.07	0.11	1.25	1.79	0.18	3.39
		4.64	1.07	0.11	1.25	1.79	0.18	3.39
		9.10	2.10	0.21	2.45	3.50	0.35	6.65
		9.10	2.10	0.21	2.45	3.50	0.35	6.65
S9	2	7.37	1.70	0.17	1.98	2.84	0.28	5.39
		5.60	1.29	0.13	1.51	2.15	0.22	4.09
		13.52	3.12	0.31	4.16	5.20	0.52	9.36
		13.52	3.12	0.31	4.16	5.20	0.52	9.36
		34.81	8.03	0.80	10.71	13.39	1.34	24.10
S10	2	34.81	8.03	0.80	10.71	13.39	1.34	24.10
		11.83	2.73	0.27	3.64	4.55	0.46	8.19
S11	2	11.83	2.73	0.27	3.64	4.55	0.46	8.19
		477.22	110.13	11.01	135.56	183.55	18.35	341.67

ANEXO 3

Tabla 15. Cuantificación de cantidades en m³ para instalación de cámaras.

CÁMAR A	TIPO	EXC	RELLENO - MEJORAMIENT O	MAT. SITIO	SUB- BASE	ASFALT O	DESALO JO
C1	Caja rectangular	12.80	2.645	7.25	2.645	0.2645	5.55
C2	Caja rectangular	21.35	2.645	15.79	2.645	0.2645	5.55
C3	Caja rectangular	39.09	2.645	33.54	2.645	0.2645	5.55
C4	Pozo	3.55	0.32	2.88	0.32	0.032	0.67
C5	Pozo	3.50	0.32	2.82	0.32	0.032	0.67
C6	Caja rectangular	37.15	2.645	31.60	2.645	0.2645	5.55
C7	Caja rectangular	22.99	2.645	17.43	2.645	0.2645	5.55
C8	Caja rectangular	11.90	2.645	6.35	2.645	0.2645	5.55
C9	Caja rectangular	13.76	2.645	8.21	2.645	0.2645	5.55
C10	Caja rectangular	11.80	2.645	6.25	2.645	0.2645	5.55
C11	Pozo	3.55	0.32	2.88	0.32	0.032	0.67
C12	Pozo	7.93	0.32	7.26	0.32	0.032	0.67
C13	Pozo	5.11	0.32	4.44	0.32	0.032	0.67
C14	Pozo	4.29	0.32	3.62	0.32	0.032	0.67
C15	Caja rectangular	18.01	2.645	12.46	2.645	0.2645	5.55
C16	Caja rectangular	11.79	2.645	6.23	2.645	0.2645	5.55
C16A	Caja rectangular	21.00	2.645	15.45	2.645	0.2645	5.55
C16B	Caja rectangular	20.74	2.645	15.18	2.645	0.2645	5.55
C17	Caja rectangular	34.06	2.645	28.50	2.645	0.2645	5.55
C18	Caja rectangular	27.87	2.645	22.31	2.645	0.2645	5.55
C19	Pozo	3.58	0.32	2.91	0.32	0.032	0.67
C20	Pozo	5.78	0.32	5.10	0.32	0.032	0.67
C21	Caja rectangular	19.78	2.645	14.22	2.645	0.2645	5.55
C22	Caja rectangular	11.69	2.645	6.14	2.645	0.2645	5.55
		373.0 7	44.88	278.82	44.88	4.49	94.25

ANEXO 4

Tabla 16. Cuantificación de cantidades en m³ para instalación de los colectores principales.

COLECTOR	CORTE CON RELLENO	MEJORAMIENTO	ARENA	MAT. SITIO	SUB-BASE	ASFALTO	DESALDO
COLECTOR 1	1290.05	86.45	8.64	753.23	144.08	14.41	536.82
COLECTOR 2	169.62	27.58	2.76	10.63	45.96	4.60	91.62
COLECTOR 3	2152.44	166.96	16.70	980.26	278.27	27.83	1172.18
COLECTOR 4	481.11	51.24	5.12	183.78	85.40	8.54	297.33
TOTAL	4093.22	332.22	33.22	1927.90	553.71	55.37	2097.94

ANEXO 5

Tabla 17. Cuantificación de cantidades de hormigón y acero de refuerzo en m³ y kg respectivamente para construcción de 16 cámaras y 4 cabezales propuestos.

DIMENSIONES							CANTIDADES	
ANCHO INT.	LARGO INT.	ALTURA INT.	ANCHO EXT.	LARGO EXT.	ALTURA EXT.	VOL. HORM	VOL TOT	PESO ACERO
1.9	1.9	1.5	2.3	2.3	1.90	4.64	74.18	4658.25
0.7	0.7	39.70	1	1	40.00	20.55	20.55	1290.42
	1.2			1.6	11.08	9.75	9.75	612.08
					1 CABEZAL TIPO 1		2.57	127.00
					3 CABEZALES TIPO 2		14.97	674.70
					TOTAL		122.01	7362.45

ANEXO 6

Tabla 18. Coordenadas de las áreas de aportación de la zona urbana.

ESTE UTM (m)	NORTE UTM (m)	Elevacion (m)
546,355.749	9,751,547.099	37.100
546,438.113	9,751,606.829	34.000
546,472.683	9,751,549.996	33.100
546,517.613	9,751,477.875	36.100
546,548.247	9,751,495.041	34.500
546,595.817	9,751,467.319	33.400
546,561.277	9,751,437.644	35.500
546,593.516	9,751,400.693	34.500
546,608.554	9,751,411.858	33.900
546,626.292	9,751,393.685	33.300
546,548.442	9,751,336.989	34.000
546,537.059	9,751,330.244	34.300
546,578.081	9,751,279.116	30.900
546,537.549	9,751,255.791	31.500
546,548.642	9,751,225.087	31.000
546,517.487	9,751,169.799	32.100
546,483.380	9,751,160.309	34.600
546,392.317	9,751,391.882	35.000
546,443.008	9,751,414.313	33.500
546,374.971	9,751,517.253	35.600
546,355.749	9,751,547.099	37.100
546,598.134	9,751,128.600	28.900
546,657.183	9,751,207.014	30.200
546,690.525	9,751,263.637	31.400
546,715.284	9,751,246.027	32.000
546,749.097	9,751,294.303	30.600
546,770.588	9,751,276.957	31.000
546,790.302	9,751,304.031	30.600
546,819.059	9,751,280.309	31.800
546,833.603	9,751,297.674	30.100
546,855.757	9,751,278.440	31.400
546,842.765	9,751,261.432	32.500
546,885.338	9,751,226.436	33.200
546,857.279	9,751,193.911	30.700
546,960.049	9,751,140.713	33.900
546,974.163	9,751,165.702	32.400
547,126.596	9,751,121.072	34.800
547,139.626	9,751,117.256	35.300
546,987.573	9,750,873.408	32.300
546,951.727	9,750,894.623	31.800
546,909.480	9,750,917.900	33.700
546,868.425	9,750,942.918	34.600
546,853.011	9,750,924.405	34.000
546,827.947	9,750,942.598	33.900
546,760.019	9,750,858.833	34.300
546,733.276	9,750,876.811	31.900
546,768.264	9,750,921.999	32.700
546,720.695	9,750,958.643	27.700
546,742.794	9,751,002.580	31.900
546,675.109	9,751,042.343	28.600
546,588.770	9,751,106.396	28.500
546,598.134	9,751,128.600	28.900

ANEXO 7

Imagen 43 a 49. Registro fotográfico del levantamiento topográfico realizado en la comuna El Azúcar.



