DISEÑO DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS Y DRENAJES DE “CONSTRUCCIÓN DE CANCHA EN GRAMA SINTÉTICA EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR’”

INFORME TECNICO

FECHA DE VERSIÓN:

FEBRERO 2025

GRUPO DE TRABAJO

Ing. Civil, Esp.Gerencia de Proyectos

Ingeniero Civil, Esp.Estructuras

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 5

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 6

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO 6

2 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE 7

2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AL PROYECTO 7

2.1.1 Estimación de consumos

2.1.2 Sistema de suministro de agua al proyecto 7

2.2 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE 8

2.2.1 Cálculo de los caudales 8

2.2.2 Dimensionamiento de las redes interiores 9

2.3 SELECCIÓN DEL MEDIDOR 9

2.3.1 Medidor general 10

2.3.2 Pérdida en medidor general. 10

3 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES 12

3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO 12

3.2 DESAGÜE DE AGUAS NEGRAS 12

3.3 DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES 13

3.3.1 Velocidad mínima y máxima 13

3.3.2 Fuerza tractiva 13

3.3.3 Profundidad de diseño 14

3.3.4 Registros de inspección 14

3.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 14

3.5 Diseño de las zanjas de infiltración 15

4 DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIA 17

4.1 DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE PARA BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS 17

4.2 Análisis hidrológico 19

4.2.1 Morfometría de la cuenca 19

4.2.2 Coeficiente de escorrentía 20

4.2.3 Tiempo de concentración 21

4.2.4 Determinación del periodo de retorno 21

4.2.5 Estimación de la intensidad de la lluvia 22

4.2.6 Estimación de los caudales máximos 22

4.3 Diseño hidráulico 23

4.3.1 Parámetros de diseño 24

4.3.2 Diseño de sección hidráulica 26

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumos proyecto Cancha de futbol sintética.

Tabla 2. Unidades de Consumo. 8

Tabla 6. Especificaciones de medidor 9

Tabla 7. Caudal para medidor general 10

Tabla 8. Pérdida por medidor 11

Tabla 12. Unidades de desagüe 12

Tabla 4-4. Coeficiente de retorno para aguas residuales de acuerdo al nivel de complejidad del sistema 14

Tabla 4-5. Caudales generados por aguas servidas 15

Tabla 4-6. Cálculos de las zanjas de infiltración. 16

Tabla 5-1. Valores de coeficiente de escorrentía 18

Tabla 5-2. Estimación de caudal para cada una de las bajantes de aguas lluvias 19

Tabla 5-3. Cálculo del número de bajantes requeridos 19

LISTA DE FIGURAS

Figura 5. Cuencas o áreas aferentes en zona de estudio 20

Figura 6. Coeficientes de rugosidad de Manning (Chow, 1994) 26

1 INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

A continuación, se presenta la memoria técnica de diseño de las instalaciones hidráulico-sanitarias, y drenajes, del proyecto de la nueva cancha de Futbol sintética, ubicada en el departamento de Bolívar, municipio de ZAMBRANO. Para esto se tienen en cuenta las recomendaciones del Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500), el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), la Norma Sismo Resistente Colombiana (NSR-10).

1.2 Localización del proyecto

La unidad deportiva se encuentra ubicado en el departamento de Bolivar, , aproximadamente en las coordenadas 9°44'12.87"N de latitud norte y -74°49'11.16"Ode longitud oeste. En la Figura 1 se muestra la localización del proyecto. La imagen es tomada del software Google Earth.



Figura 1. Localización del proyecto "CONSTRUCCIÓN DE CANCHA EN GRAMA SINTÉTICA EN EL

MUNICIPIO DE ZAMBRANO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR'".

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en una edificación clasificada como Lugares de Reunión y destinada a escenarios deportivos. Cuenta con, baterías de baños, graderías, cancha sintética, entre otras.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de los presentes estudios y diseños se limitan a las siguientes acciones.

- Diseño de las redes de suministro y distribución de agua potable a la edificación.
- Diseño de las redes de evacuación de las aguas residuales, recomendaciones del sistema de tratamiento y disposición final de las mismas.
- Diseño del sistema de drenajes.

2 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

2.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AL PROYECTO

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para todas las zonas y aparatos sanitarios del proyecto se tuvo en cuenta el consumo diario aproximado en las instalaciones del mismo, de acuerdo al tipo de ocupación y características del mismo.

2.1.1 Sistema de suministro de agua al proyecto

El sistema de suministro de agua se realizará mediante conexión directa al acueducto municipal que garanticen las presiones mínimas en todos los aparatos sanitarios de la edificación; a continuación, se describen los componentes de todo el sistema de abastecimiento al proyecto:

- Acometida desde la red pública.
  El diseño de la acometida, así como los cálculos de las pérdidas en la misma pueden ser vistos en la sección correspondiente.
  Sobre la acometida desde la red pública se ubica el medidor general de agua potable, cuyo cálculo es mostrado en la sección 2.3.1.

- Sistema de redes para la distribución del agua hasta cada uno de los aparatos sanitarios.
  Las redes de distribución saldrán directamente desde el tanque hidroneumático con los diámetros mínimos recomendados por las normativas vigentes y de las características de materiales recomendados y comúnmente usados para los sistemas hidráulicos.

2.2 DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

2.2.1 Cálculo de los caudales

Para el cálculo de los caudales se utilizó el método de HUNTER modificado, el cual relaciona el mismo con el gasto máximo demandado por los equipos sanitarios, las unidades de consumo vienen dadas según la ocupación (público o privada) y según el tipo de control del suministro (con fluxómetro o común).

Los artefactos sanitarios y las unidades de consumo utilizados para el cálculo de los caudales se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Unidades de Consumo.

UNIDADES DE SUMINISTRO			
Tipo aparato	**Aparato**	**Unidades**	**Presión recomendada**
			mca
Privados	Sanitario Flux.	6	15
	Sanitario Tanq.	3	7
	Lavamano	1	5
	Ducha	2	10
	Fregadero	2	5
	Llave	2	5
	Lavatraperos	2	5
Públicos	Sanitario Flux.	10	15
	Sanitario Tanq.	5	7
	Lavamano	4	5
	Ducha	4	10
	Orinal Flux.	10	15
	Orinal Llave	2	5

Esta asignación de unidades, así como los caudales de cada aparato sanitario tenidos en cuenta para los cálculos hidráulicos, fue realizada teniendo en cuenta el Código Colombiano de Fontanería, norma NTC 1500. La asignación de diámetros y caudales se presentan en las tablas ubicadas en los anexos.

2.2.2 Dimensionamiento de las redes interiores

Las redes interiores de agua se diseñaron de manera que esta sea suministrada con las presiones mínimas requeridas para tuberías de PVC.

Las pérdidas de presión por fricción se calcularon a partir de la formulada de HAZEN- WILLIAMS, usando un coeficiente de fricción de C= 150 para tuberías en PVC.

En todos los tramos se mantendrán las siguientes velocidades:

Para ø ≤ 2" V≤ 2.0 m/s
Para ø ≥ 3" V≤ 2.5 m/s

Los diámetros empleados, así como los trazados y detalles pueden ser vistos en los planos anexos.

2.3 SELECCIÓN DEL MEDIDOR

Se propone la instalación de un medidor de 3/4", para esto se chequea el caudal de diseño en las acometidas del edificio con el nominal (Qn), caudal máximo (Qmax) y caudal mínimo (Qmin), los cuales deberán estar dentro de los rangos del medidor mecánico de 3/4" según el fabricante.

Tabla 2. Especificaciones de medidor.

CALIBRE		NOMINAL CAUDAL Qn	CAUDAL MÁXIMO Qmáx	CAUDAL TRANSICIÓN Qt (Clase B/C)		CAUDAL TRANSICIÓN Qmin (Clase B/C)		DE TRABAJO PRESIÓN	LECTURA MÍNIMA	LECTURA MÁXIMA
mm	pulg	l/h	l/h	l/h		l/h		bar		m^3
15	1/2"	1500	3000	120	22,5	30	15	16	0,05	99999
20	3/4"	2500	5000	200	37,5	50	25	16	0,05	99999

25	1"	3500	7000	280	52,5	70	35	16	0,05	99999
32	1 1/4"	6000	12000	480	90	120	60	16	0,05	99999
40	1 1/2"	10000	20000	800	150	200	100	16	0,05	999999
50	2"	15000	30000	3000	225	450	90	16	0,05	999999

2.3.1 Medidor general

A continuación, se muestra el cálculo del caudal que pasa por el medidor general de la edificación, y de acuerdo a esto se selecciona el medidor del diámetro adecuado.

Tabla 3. Caudal para medidor general.

Descripción	Tipo de medidor	Caudal de distribución		Diámetro de Medidor	Caudal Nominal
		[lps]	[m^3/h]	[in]	[m^3/h]
Medidor General	volumen	0,13	0,47	3/4	2 1/2

Cómo se observa, los rangos de caudal del proyecto están dentro de los rangos de medición del medidor de 3/4".

2.3.2 Pérdida en medidor general.

Para calcular la pérdida de carga del medidor se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

$$J = \left(\frac{Qd}{Qn}\right)^2 * H$$

Donde;
J = Pérdida del medidor, Qd = caudal de diseño, Qn = caudal nominal, H = 10 m.c.a.

En la Tabla 4 se muestra el cálculo de las pérdidas generadas en el medidor.

Tabla 4. Pérdida por medidor.

Descripción	Tipo de medidor	Caudal de distribución		Diámetro de Medidor	Caudal Nominal	Pérdida de carga por caudal nominal
		[lps]	[m^3/h]	[in]	[m^3/h]	[m]
Medidor General	volumen	0,13	0,47	3/4	2 1/2	0,352

3 SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de evacuación de aguas residuales se realizará mediante un sistema de alcantarillado convencional, por medio de registros sanitarios en el interior de las instalaciones proyecto. Las aguas servidas se transportarán hacia una cámara de inspección de la red de alcantarillado departamental.

3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para efecto de diseño se acogen las Normas, Especificaciones y Recomendaciones suministradas por el RAS 2000 y el Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500).

Las redes fueron diseñadas teniendo en cuenta las siguientes variables: caudal, velocidad, pendiente, diámetro, radio hidráulico, coeficiente de rugosidad y fuerza tractiva; atendiendo a los requerimientos mínimos exigidos en las normas para cada uno de ellos.

3.2 DESAGÜE DE AGUAS NEGRAS

Los caudales de aguas negras aportados por cada aparato sanitario se determinan por el Método de UNIDADES SANITARIAS de descarga, siendo esta la base para el diseño de las redes internas de la edificación, con los siguientes valores por aparato:

Tabla 5. Unidades de desagüe.

Descripción	Unidades
Sanitario	4
Lavamanos	1
Duchas	2
Fregadero	2
Llave	2
Lavatraperos	2
Orinal	2

Todos los desagües serán por gravedad utilizando tuberías de PVC sanitarias (PVC-S) interconectadas con cajas de inspección de aguas negras en el primer piso (CAN) de 0,60 x 0,60 m. y con bajantes y accesorios en los niveles superiores.

Los diseños de las redes, diámetros y trazados pueden ser observados en los planos anexos.

3.3 DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES

A continuación, se muestran los parámetros tenidos en cuenta para el cálculo de la red de evacuación de las aguas residuales hasta el alcantarillado público.

3.3.1 Velocidad mínima y máxima

Teniendo como base las normas que reglamentan el diseño de sistemas de alcantarillado, la velocidad mínima real será de 0.5 m/s; y la velocidad máxima real será función del tipo de tubería:
Concreto = 4.0 m/s
PVC = 6.0 m/s

De acuerdo esto los cálculos de velocidad y pérdidas de fricción se llevaron a cabo teniendo en cuenta una velocidad restrictiva de 6.0 m/s correspondiente a una tubería en PVC.

3.3.2 Fuerza tractiva

La fuerza tractiva mínima real será mayor o igual a 0,12 K/m2; garantizando de esta manera la no sedimentación y formación de sulfatos.

3.3.3 Profundidad de diseño

Para el presente proyecto se optó por utilizar profundidades iniciales de 0.4 m desde los primeros registros en la parte interna de las instalaciones y las profundidades de los siguientes atendiendo a las pendientes utilizadas.

3.3.4 Registros de inspección

Se colocarán cámaras de inspección en todo cambio de dirección, pendiente, diámetro, elevación, en los arranques y donde confluyan varios tramos de un mismo sistema de desagüe. Ver planos anexos.

En los anexos se muestran los cálculos para la red de evacuación de las aguas residuales.

3.4 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para el sistema de tratamiento de las aguas servidas provenientes de las instalaciones del proyecto, se recomienda la utilización de un tanque séptico integrado, las características y especificaciones para el mismo serán determinadas de acuerdo a los caudales generados en la estimación de los consumos hallados y un coeficiente de retorno. El valor del coeficiente de retorno empleado para las aguas residuales fue escogido de acuerdo a las recomendaciones del RAS 2000 (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 3-6. Coeficiente de retorno para aguas residuales de acuerdo al nivel de complejidad del sistema.

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y Medio	0.80
Medio Alto y Alto *	0.85

*Puede ser definido por la persona prestadora del servicio público de alcantarillado

De igual forma el consumo empleado para terminar los caudales del tanque séptico serán los correspondientes a las áreas de utilización de agua y que tengan directamente desagüe hacia la red, es decir, se excluyen las zonas comunes y verdes donde pueda haber riego.

Tabla 3-7. Caudales generados por aguas servidas.

Consumo	3,8	m3/día
Coeficiente retorno	0,85	
Caudal S. Tratamiento	3,2	m3/día

De acuerdo a los cálculos realizados se recomienda la utilización de un tanque de tratamiento de aguas residuales con volumen mínimo de aproximadamente 5.0 m^3/día.

El tanque propuesto corresponde a un sistema integrado prefabricado, donde la única variable tenida en cuenta es el volumen del tanque requerido, es decir, de acuerdo con los resultados mostrados anteriormente se recomienda un tanque de 5000 lt. (de acuerdo con la oferta comercial en el mercado), el cual posee la capacidad suficiente para tratar el caudal de 3.2 m3/día estimado anteriormente.

3.5 Diseño de las zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración poseen anchos de hasta 0.9m y cada una contiene una sola línea de distribución.

$$A_{infiltración} = \frac{Q}{R}$$

$$L = A_{infiltración}/(2P)$$

Donde:

$A_{infiltración}$ el área de infiltración en m^2

Q es el caudal efluente en l/día

R la tasa de aplicación en $l/m^2/d$

L la longitud del lecho en metro

P la profundidad útil de la zanja en metros.

Algunas recomendaciones para el diseño de cualquier zanja de infiltración son:

- Los tubos pueden ser perforados o de junta abierta.
- La longitud máxima permisible de las líneas de tuberías es de 30m.
- Las pendientes se recomiendan entre 1.5% y 3%.
- La distancia entre las líneas de tuberías puede variar entre 1.8m y 2.4m.
- La profundidad de la zanja debe ser de mínimo 30cm.
- Los tubos se colocan sobre una capa de grava de mínimo 15cm de espesor.
- Encima de tubo se coloca una capa de grava de 5cm de espesor.
- EL ancho mínimo de las zanjas es de 30cm y de hasta 90cm.

A continuación, se muestra el cálculo de la longitud de zanjas requerido para el proyecto.

Tabla 3-8. Cálculos de las zanjas de infiltración.

Caudal	Caudal	Tasa de aplicación R	Prof. Útil	Área infiltración	Long. Zanja
m3/día	Lt/día	l/m2/día	m	m2	m
3,2	3187,5	32	1,3	99,61	38,31

4 DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIA

4.1 DISEÑO SISTEMA DE DRENAJE PARA BAJANTES DE AGUAS LLUVIAS

Las bajantes de aguas lluvias están capacitadas para la evacuación del caudal que se genera a partir de una precipitación instantánea, debido a que no se considera reducción por tiempo de concentración ni percolación a través del terreno al tratarse de superficies impermeables donde el agua se concentra rápido. La intensidad de diseño asumida es de 180.42 mm/hora la cual corresponde a un tiempo de concentración de cinco (5) minutos y periodo de retorno de cinco (5) años. Realizando una transformación de unidades es posible determinar el caudal correspondiente a un metro cuadrado de área:

$$i\text{: } 180.42\ \frac{mm}{h} * \frac{1\ m}{1000\ mm} * \frac{1\frac{m^3}{m^2}}{1m} * \frac{1h}{3600\ s} = 0.000050\ {}^{m^3}/_{s}/_{m^2}$$

$$i\text{: } 0.000050\ {}^{m^3}/_{s}/_{m^2} = 0.0501\ {}^{lps}/_{m^2}$$

El caudal total corresponderá al producto del área protegida y del caudal unitario hallado anteriormente.

Para la estimación de los caudales máximos, se utilizó la fórmula del Método Racional

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

Donde:

Q: Caudal instantáneo máximo (m^3/s).

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia (mm/h).

A: Área de la cuenca (ha).

R: Coeficiente de reducción por el tamaño del área.

El coeficiente de escorrentía depende de la impermeabilidad de la zona, la pendiente del terreno, el tipo de superficie, del uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.); a continuación, se muestran las recomendaciones que hace el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 para la determinación del coeficiente de escorrentía (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Tabla 5-1. Valores de coeficiente de escorrentía.

Tipo de superficie	"C"
Cubiertas	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.90
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre otros	0.75
Residencial unifamiliar con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separadas	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques – cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Fuente. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., 2012).

La zona estudiada se trata de una zona de cubiertas. Teniendo en cuenta la recomendación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Resolución 0330 de 2017) se empleó un coeficiente de 0.90.

A continuación, se presenta el resultado del cálculo de las bajantes de aguas lluvias requeridas en el proyecto:

Tabla 5-2. Estimación de caudal para cada una de las bajantes de aguas lluvias.

Descripción	Área de drenaje	Intensidad		C	Caudal	
	[m^2]	[lps/m^2]	[l/min*m^2]	[adimensional]	[m^3/s]	[lps]
Bajante 1 - A1	50.00	0.050	3.01	0.90	0.0047	4.736
Bajante 2 - A2	50.00	0.050	3.01	0.90	0.0019	1.861

Tabla 5-3. Cálculo del número de bajantes requeridos.

Descripción	Área de Drenaje	Intensidad		Caudal de escorrentía		Diámetro bajante	r = 7/24	$(r)^{5/3}$	$(d)^{8/3}$	Capacidad bajante	No. mínimo de bajantes	Caudal total
	[m^2]	[lps/m^2]	[l/min* m^2]	[m^3/s]	[lps]	[in]				[m^3/s]	[unidad]	[m^3/s]
A1	50,00	0,076	4,55	0,0034	3,414	4	2/7	0,128	40,317	0,009	1	0,009

De acuerdo con los resultados anteriores se propone la instalación de una bajante de Ø 4 pulgadas para la zona de cubiertas del camerino.

4.2 Análisis hidrológico

4.2.1 Morfometría de la cuenca

Para la estimación de los caudales de escorrentía se dividió el área de estudio en varias cuencas o áreas aferentes según se realizarán los trazados del drenaje de la cancha. En la siguiente figura se muestra la división realizada para los cálculos hidrológicos e hidráulicos del área de estudio.

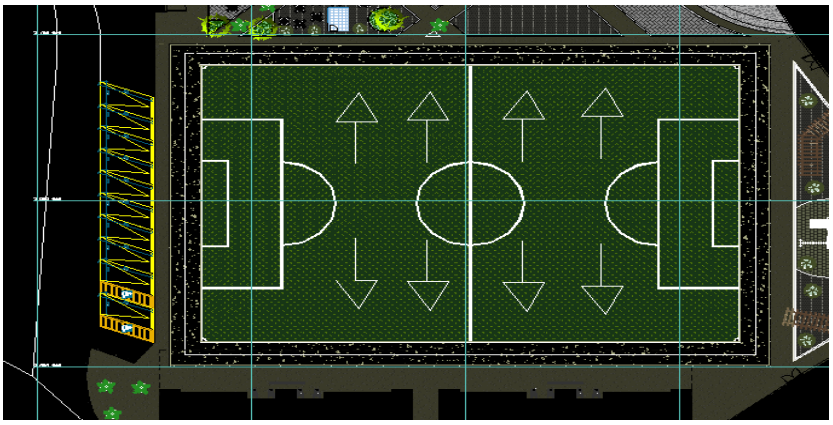


Figura 2. Cuencas o áreas aferentes en zona de estudio.

4.2.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía depende de la impermeabilidad de la zona, la pendiente del terreno, el tipo de superficie, del uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.); a continuación, se muestran las recomendaciones que hace el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 , para la determinación del coeficiente de escorrentía (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Tabla 5-4. Valores de coeficiente de escorrentía.

Tipo de superficie	"C"
Cubiertas	0.90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.90
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre otros	0.75
Residencial unifamiliar con casas contiguas y predominio de jardines	0.60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separadas	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques – cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Las áreas del proyecto presentan dos tipos de uso del suelo, correspondiente a "pavimentos asfálticos y superficies en concreto" y al césped sintético. Teniendo en cuenta la recomendación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), se optó por un coeficiente de escorrentía de 0,9, dado la cantidad de zonas duras y que casi la totalidad del agua caída sobre el césped se infiltrará para su posterior evacuación.

4.2.3 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo necesario para que una partícula o gota de agua viaje desde el punto más alejado hasta el punto de salida de la cuenca.

Para el presente estudio por el tipo de superficies, correspondientes a zonas duras como placas y cubiertas, los tiempos de concentración son pequeños y el agua recorre en poco tiempo la superficie hasta el punto de salida o control de la subcuenca analizada. Por lo anterior, siguiendo las recomendaciones de la literatura se emplearon tiempos de concentración de 5 minutos.

4.2.4 Determinación del periodo de retorno

El período de retorno o frecuencia de diseño, debe determinarse teniendo en cuenta la importancia del proyecto, el tipo de obra de drenaje, y los daños o perjuicios que las inundaciones o procesos erosivos puedan ocasionar a las estructuras cercanas. A continuación, se muestran los valores recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000.

Tabla 5-5. Período de retorno o grado de protección.

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

Para el presente estudio se realizaron los análisis para un periodo de retorno de 5 años.

4.2.5 Estimación de la intensidad de la lluvia

Para la determinación de la Intensidad se utiliza el método Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia.

En la **tabla 5-6.** se muestran los cálculos realizados para determinar la intensidad de la lluvia en el sector, teniendo en cuenta la información de las estaciones meteorológicas.

Tabla 5-6. Intensidad de lluvia calculada para áreas analizadas.

Cuenca	Área	Tc	I [mm/hora]					Coeficiente de escorrentía	R	Q [m³/s]				
			Periodo de retorno [años]							Periodo de retorno [años]				
	[ha]	[min]	3	5	10	50	100	[adimensional]		3	5	10	50	100
A2	0,320000	5,0	164,6	180,4	204,4	273,1	309,4	0,90	1,00	0,1317	0,1443	0,1635	0,2185	0,2475
A3	0,320000	6,0	158,7	174,0	197,1	263,4	298,4	0,90	1,00	0,1270	0,1392	0,1577	0,2107	0,2387

4.2.6 Estimación de los caudales máximos

Para la estimación de los caudales máximos de la cuenca, se aplicó el Método Racional:

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

Dónde:

Q: Caudal instantáneo máximo (m^3/s).

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de la lluvia (mm/h).

A: Área de la cuenca (ha).

R: Coeficiente de reducción por el tamaño del área.

R se calcula con la siguiente expresión (Monsalve, 1999):

$$R = \frac{i_m}{i_0} = 1 - 0.0054\sqrt[4]{A}$$

Dónde:

i_0: Intensidad de lluvia en el centro de la tormenta.

i_m: Intensidad de lluvia total media.

Los caudales calculados para el periodo de retorno elegido se muestran en la Tabla 5-.

Tabla 5-7. Caudales máximos para los drenjes analizado.

Descripción	Área de Drenaje	Intensidad		Caudal de escorrentía	
	[m^2]	[lps/m^2]	[l/min*m^2]	[m^3/s]	[lps]
A1	150,00	0,076	4,55	0,0102	10,241

4.3 Diseño hidráulico

En el presente capítulo se muestra el diseño de las secciones hidráulicas para los canales y tuberías propuestas en las zonas internas de la "CONSTRUCCIÓN DE CANCHA EN GRAMA SINTÉTICA EN EL MUNICIPIO DE ZAMBRANO DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR'" . Los diseños son realizados de acuerdo con la estimación de caudales antes realizada y teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas por el estudio de suelos.

El agua se capta en la cancha a través de un filtro y tubería perforada y es evacuada

a través de un colector dispuesto según se muestra en los planos anexos.

4.3.1 Parámetros de diseño

Para llevar a cabo la presente actividad, con base en la información obtenida se determinaron los siguientes parámetros hidráulicos, con el fin de realizar los diseños de las estructuras requeridas.

- Conceptos hidráulicos aplicados

El diseño hidráulico de las estructuras hidráulicas que se proponen en el presente estudio, se realizó teniendo en cuenta las ecuaciones para Flujo Uniforme descritas a continuación:

$$Q = \frac{1}{n} * So^{1/2} * Rh^{2/3} * Ah$$

Donde:
Q = caudal (m3/s)
n = coeficiente de rugosidad de Manning
So = pendiente longitudinal del cauce (m/m)
Rh = radio hidráulico de la sección transversal = Ah/Pm
Ah = Área hidráulica (m2)
Pm = Perímetro mojado (m)

- Pendiente longitudinal de los cauces

Para determinar la pendiente longitudinal del cauce estudiado se tuvo en cuenta la topografía del terreno, realizando el cálculo a través de la relación entre la diferencia de la cota más alta y cota más baja de dicho tramo, y la longitud plana del mismo.

- Coeficiente de rugosidad de Manning

Este parámetro se obtuvo de acuerdo con las características del arroyo y el tipo de material del fondo. Para esto, se tuvieron en cuenta los criterios de selección del coeficiente de rugosidad para distintos tipos de terrenos (Chow, 1994). En la Figura 14 se muestran las tablas que resumen los criterios para determinar la rugosidad apropiada dependiendo de las características del terreno.

El coeficiente de rugosidad de Manning empleado es de 0.017 para superficies en concreto y de 0.009 par superficies plásticas de polímeros tipo PVC o PEAD.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
a. Latón, liso	0.009	**0.010**	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	**0.024**	0.030
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	**0.010**	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	**0.013**	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	**0.014**	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	**0.013**	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	**0.012**	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	**0.013**	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o *riprap*	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o *riprap*	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	**0.013**	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	**0.015**	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	.....	0.500

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	**0.022**	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	**0.030**	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
D-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Malorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de *n* es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	.....	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	.....	0.100

Figura 3. Coeficientes de rugosidad de Manning (Chow, 1994).

4.3.2 Diseño de sección hidráulica

Después de realizado el análisis hidrológico se realizó el diseño de los tramos del drenaje requerido y tubos en los tramos dispuestos según se muestran en los planos anexos. En la siguiente tabla se muestran los cálculos realizados teniendo en cada tramo de canal diseñado.

Tabla 5-8. Dimensionamiento de estructuras propuestas.

Área de drenaje	Longitud	Pendiente		Cota terreno		Cota clave		Cota batea		Profundidad registro		Ø Nominal	V Real	Q Real	Q Diseño
[m^2]	[m]	[m/m]	[%]	[Inicial]	[Final]	[Inicial]	[Final]	[Inicial]	[Final]	[Inicial]	[Final]	[in]	[m/s]	[lps]	[lps]
3072,31	100,00	0,010	1,00	18,90	17,90	18,90	17,90	18,50	17,50	0,40	0,40	16	2,40	152,95	152,95

ANEXOS

CALCULOS DE LOS COLECTORES SANITARIOS

Tramo		Cota Terreno		Cota Clave		Cota Batea		Longitud	Pendiente	Ø Nominal	n	Q Real	Q Diseño	Fuerza tractiva	
		[Inicial]	[Final]	[Inicial]	[Final]	[Inicial]	[Final]	[m]	[%]	[in]		[lps]	[lps]	[Kg/m^2]	[N/m^2]
R1	R2	18,40	17,80	18,11	17,33	18,00	17,22	78,00	1,00	4	0,009	3,218	2,417	0,24	2,35
R2	R3	17,80	17,70	17,32	17,30	17,21	17,19	2,10	1,00	4	0,009	3,218	3,165	0,24	2,35
R3	R4	17,70	0,00	17,29	17,12	17,18	17,01	16,60	1,00	4	0,009	3,218	3,165	0,24	2,35



JAIRO ANTONIO GALARRAGA HERNANDEZ
Ingeniero Civil
C.C. 73.198.293
Matrícula Profesional Nº 13202148491 BLV