“CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS OBRAS CIVILES, ELÉCTRICAS, HIDROSANITARIAS Y MECÁNICAS PARA LA REMODELACIÓN DE LA CANCHA SINTÉTICA DE FÚTBOL, PARQUE INFANTIL Y PARQUE BIOSALUDABLE, UBICADOS EN EL BARRIO LA BAJERA DEL MUNICIPIO DE SAN JACINTO – BOLÍVAR”



Memoria técnica de manejo de aguas lluvias

CAMILO ANDRÉS TAPIA AGUAS
INGENIERO CIVIL
MÁSTER EN INGENIERÍA DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA
ESPECIALISTA EN HIDROINFORMÁTICA
M.P.: 22202-434831 COR

VERSIÓN	FECHA
01	**09-2026**

REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR
MUNICIPIO DE SAN JACINTO

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN PREVIA 5
2. ALCANCE 6
3. NORMAS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES 6
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7
4.1 CONTEXTO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO 8
4.2 ENTORNO FÍSICO, TOPOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA 9
4.3 ACCESIBILIDAD, VÍAS Y USOS DEL ENTORNO 10
4.4 CLIMATOLOGÍA 11
4.5 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN 12
5. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO 13
5.1 IMPLANTACIÓN ARQUITECTÓNICA 14
6. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA PLUVIAL 15
6.1 INSPECCIÓN Y PERCEPCIÓN COMUNITARIA 16
7. ESTUDIO HIDROLÓGICO 17
7.1 SERIE DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL 18
7.2 DISTRIBUCIÓN LOG-PEARSON TIPO III 19
7.3 MOMENTOS ESTADÍSTICOS Y FACTOR DE FRECUENCIA 20
7.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE DISEÑO 21
7.5 CURVA INTENSIDAD–DURACIÓN–FRECUENCIA 22
7.6 INTENSIDADES PARA Tr = 10 AÑOS 23
7.7 CURVA IDF Y CRITERIO DEL PERIODO DE RETORNO 24
8. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL 25
8.1 CONFIGURACIÓN DE DRENAJE 26
8.2 PARÁMETROS DE DISEÑO 27
8.3 CAUDAL DE DISEÑO POR EL MÉTODO RACIONAL 28
8.4 MEDIO FILTRANTE Y DRENAJE SUBSUPERFICIAL 29
8.5 SEPARACIÓN DE DRENES 30
8.6 DISTRIBUCIÓN DE LA RED 31
8.7 CAPACIDAD A TUBO LLENO 32
8.8 VERIFICACIÓN EN FLUJO PARCIAL 33

8.9 RESULTADOS HIDRÁULICOS – TABLA 4 34
8.10 VERIFICACIÓN POR TRAMO 35
8.11 DRENAJE DE CUBIERTAS Y ÁREAS DURAS 36
8.12 CANALES Y BAJANTES 37
8.13 ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS 38
8.14 INSPECCIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO 39
9. MANTENIMIENTO PREVENTIVO 40
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 41
ANEXO A. TRAZABILIDAD Y ACTA DE VERIFICACIÓN 42

ILUSTRACIONES

Figura 1. Localización nacional y departamental del municipio de San Jacinto. 6
Figura 2. Implantación urbana del área de intervención en el barrio La Bajera. 7
Figura 3. Planta arquitectónica general del proyecto. 13
Figura 4. Evidencia de encharcamiento en la superficie sintética. 14
Figura 5. Referencia espacial y ficha de la estación Casa de Piedra. 16
Figura 6. Curva IDF de diseño para la estación Casa de Piedra y Tr = 10 años. 23
Figura 7. Esquema funcional de laterales, colector y cámaras. 25
Figura 8. Sección conceptual del paquete filtrante y drenaje bajo cancha. 28
Figura 9. Perfil esquemático de flujo entre cámaras y descarga. 30

MEMORIA TÉCNICA DE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS PARA LA CANCHA SINTÉTICA LA BAJERA EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO, BOLÍVAR.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

TIPO DE PROYECTO	CONSULTORÍA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LAS OBRAS CIVILES, ELÉCTRICAS, HIDROSANITARIAS Y MECÁNICAS PARA LA REMODELACIÓN DE LA CANCHA SINTÉTICA DE FÚTBOL, PARQUE INFANTIL Y PARQUE BIOSALUDABLE, UBICADOS EN EL BARRIO LA BAJERA DEL MUNICIPIO DE SAN JACINTO – BOLÍVAR
LOCALIZACIÓN	MUNICIPIO DE SAN JACINTO, BOLÍVAR – BARRIO LA BAJERA.
DESCRIPCIÓN	DISEÑO DEL SISTEMA DE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS.
PROPIETARIO	ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN JACINTO
DISEÑO	ING. CAMILO ANDRÉS TAPIA AGUAS

1. INFORMACIÓN PREVIA

Para el diseño se dispone del levantamiento topográfico del área de intervención, con información de altimetría, planimetría, estructuras, vías existentes, bordes y puntos bajos que condicionan la evacuación de la escorrentía.

La información se complementó mediante inspección visual de la cancha y su entorno, así como entrevistas con usuarios y responsables del mantenimiento. Estas actividades permitieron reconocer los sectores de encharcamiento, la deficiencia del sistema de filtración y las condiciones necesarias para la proyección del drenaje pluvial.

2. ALCANCE

El presente documento comprende el diseño hidrosanitario del sistema de drenaje de aguas lluvias para la cancha sintética, el parque infantil y el parque biosaludable del barrio La Bajera.

- Diseño del sistema de drenaje subsuperficial de la cancha.
- Determinación de la precipitación e intensidad de diseño para Tr = 10 años.
- Cálculo de caudales, colectores, canales, bajantes y estructuras de inspección.

3. NORMAS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS APLICABLES

- Resolución 0330 de 2017 – Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Resolución 0799 de 2021 – Disposiciones que modifican la Resolución 0330 de 2017.
- Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias – NTC 1500:2020, cuarta actualización.
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Títulos J y K.

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

San Jacinto se encuentra en el departamento de Bolívar, en la región Caribe de Colombia y dentro de la subregión de los Montes de María. El proyecto se ubica en el barrio La Bajera de la cabecera municipal, sobre un entorno urbano conectado con la Troncal de Occidente.

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el barrio La Bajera, cabecera municipal de San Jacinto, departamento de Bolívar. La posición regional vincula el municipio con el sistema de los Montes de María y con la red vial que comunica el centro del departamento con Cartagena y Sincelejo.

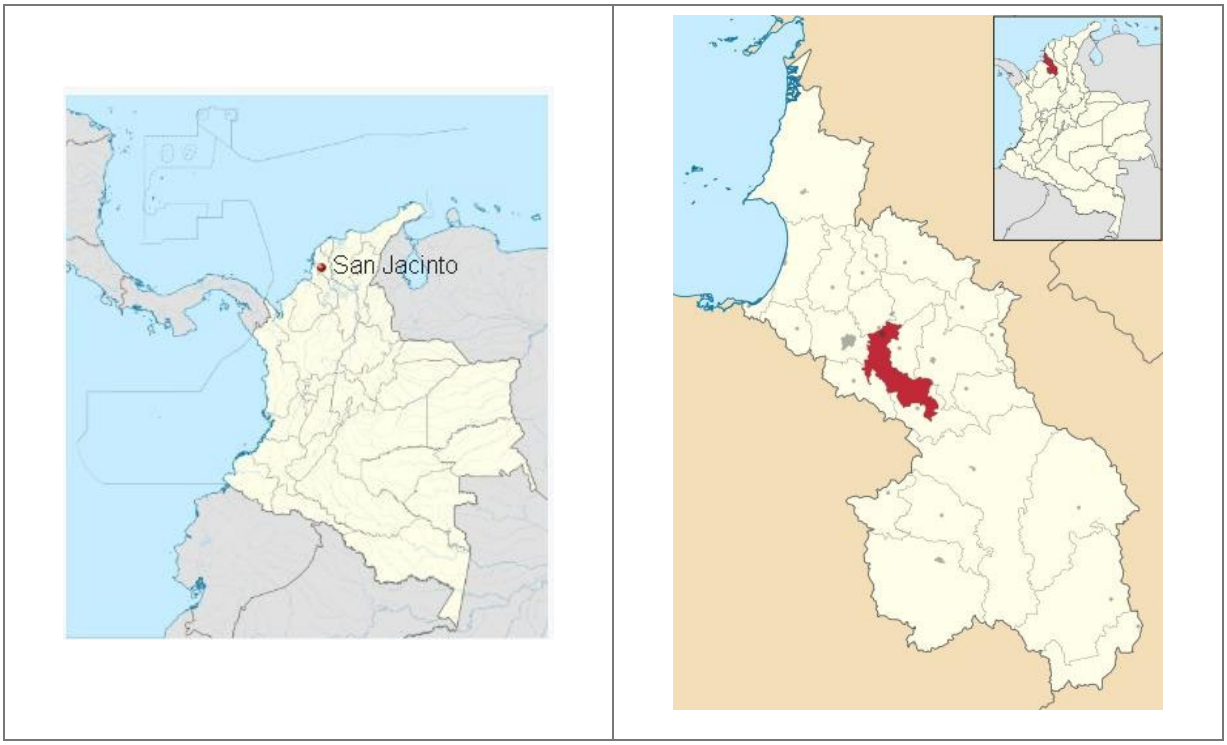


Figura 1. Localización nacional y departamental del municipio de San Jacinto.

Fuente: Memoria y cartografía de localización del proyecto.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Departamento	Bolívar
Municipio	San Jacinto
Sector	Barrio La Bajera
Intervención	Cancha sintética, juegos infantiles y parque biosaludable

4.1 CONTEXTO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO

San Jacinto es un municipio del departamento de Bolívar cuyo núcleo urbano concentra servicios institucionales, comerciales, residenciales y recreativos. La actuación en La Bajera se integra a la infraestructura pública municipal y busca mantener la disponibilidad de los espacios deportivos y comunitarios durante la temporada lluviosa.



Figura 2. Implantación urbana del área de intervención en el barrio La Bajera.

Fuente: Plano de localización y ortoimagen incluida en los documentos del proyecto.

Relación con el espacio público

La cancha y los parques conforman un conjunto de uso intensivo, con superficies de diferente permeabilidad y tiempos de concentración cortos. El drenaje se plantea como infraestructura de soporte del espacio público: evita la permanencia del agua, protege los materiales de base y permite la recuperación rápida de las actividades después de una lluvia.

Condición urbana: La descarga debe conservar continuidad hidráulica con el drenaje receptor, sin trasladar encharcamientos a accesos, predios vecinos o recorridos peatonales.

4.2 ENTORNO FÍSICO, TOPOGRAFÍA E HIDROGRAFÍA

El relieve local presenta variaciones suaves que controlan el desplazamiento superficial hacia los bordes y puntos bajos de la cancha. El levantamiento topográfico define cotas de referencia alrededor de 228,60 m y permite ordenar las pendientes de los colectores sin generar contrapendientes ni profundidades innecesarias.

COMPONENTE	INCIDENCIA HIDROSANITARIA
Relieve	Superficie urbana de pendiente baja a moderada, sensible a irregularidades locales y asentamientos de las capas granulares.
Suelos y rellenos	Materiales de conformación que requieren separación, confinamiento y filtro para conservar la permeabilidad y evitar migración de finos.
Hidrografía	Escorrentía urbana de respuesta rápida; la descarga del proyecto debe incorporarse de forma controlada al sistema receptor del sector.
Topografía de diseño	Pendientes longitudinales positivas entre cámaras, con especial control de los tramos C1–C2 y C2–C3.

Criterios de implantación

- Conservar cotas de acabado compatibles con accesos, bordillos y superficies deportivas.
- Evitar que zanjas y cámaras interrumpan rutas accesibles o generen resaltes en áreas de circulación.
- Prever salida positiva y verificable en el punto de descarga, con protección frente a erosión y retorno de sedimentos.

La coordinación altimétrica entre arquitectura, estructura de pavimentos y red pluvial es indispensable para que el agua alcance los elementos de captación y no quede retenida dentro del paquete de la grama sintética.

4.3 ACCESIBILIDAD, VÍAS Y USOS DEL ENTORNO

El acceso al escenario se realiza por la malla vial urbana del barrio La Bajera. Durante la construcción, el transporte de tuberías, material granular y equipos menores podrá efectuarse desde las vías perimetrales, manteniendo pasos seguros para residentes y usuarios.

ELEMENTO	CONDICIÓN DE DISEÑO Y OBRA
Vías perimetrales	Programar acopios dentro del área autorizada y evitar la obstrucción de cunetas o sumideros existentes.
Accesos peatonales	Mantener rutas limpias; las tapas y rejillas deberán quedar a nivel y ser antideslizantes.
Uso deportivo	Proteger la grama, juntas y relleno; no ubicar cámaras dentro de zonas de impacto salvo detalle específico.
Juegos infantiles	Excluir bordes cortantes, puntos de atrapamiento y depresiones que acumulen agua.
Parque biosaludable	Controlar escorrentía de losas y superficies duras hacia captaciones sin afectar bases de equipos.

Manejo durante la obra

Las excavaciones permanecerán señalizadas y protegidas. Los materiales finos no se depositarán sobre la base permeable terminada. Antes de cada jornada de lluvia se verificará que exista una ruta provisional de evacuación y que los extremos de tubería estén taponados para impedir el ingreso de suelo.

Coordinación: La secuencia constructiva deberá integrar drenaje, capas de cancha, urbanismo y paisajismo; la red pluvial quedará probada antes de instalar acabados definitivos.

4.4 CLIMATOLOGÍA

La zona presenta condiciones cálidas propias del Caribe colombiano. Las temperaturas altas durante la mayor parte del año favorecen pérdidas por evaporación, pero no reducen la necesidad de evacuar con rapidez los aguaceros convectivos de corta duración, que producen los mayores caudales instantáneos sobre superficies impermeables y semipermeables.

VARIABLE	RELACIÓN CON EL PROYECTO
Temperatura	Régimen cálido con variación anual moderada; influye en la operación del espacio deportivo y en el secado posterior a la lluvia.
Humedad	Elevada durante episodios lluviosos; prolonga la saturación del relleno si el drenaje interno pierde continuidad.
Evaporación	Significativa en época seca, aunque insuficiente como mecanismo de manejo de encharcamientos intensos.
Vientos	Pueden transportar hojas, polvo y residuos hacia rejillas y canales, por lo que se requiere limpieza periódica.
Lluvias intensas	Eventos concentrados y de rápida respuesta que gobiernan el dimensionamiento hidráulico de la red.

Implicación para la cancha sintética

La eficiencia del sistema depende de que la precipitación atraviese la superficie, el relleno y la base granular sin encontrar capas colmatadas. Por ello el diseño combina capacidad hidráulica en tuberías con una solución filtrante que conserva vacíos y retiene partículas susceptibles de migrar.

El comportamiento climático también fundamenta la selección de materiales resistentes a radiación solar, humedad, ciclos de secado y exposición en cámaras, canales y bajantes.

4.5 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN

El régimen de lluvias se caracteriza por alternancia estacional y ocurrencia de eventos intensos. Para diseño interesa la intensidad asociada a duraciones próximas al tiempo de concentración de la cuenca de proyecto, mientras que la precipitación máxima en 24 horas sirve como variable base para la construcción regional de las curvas IDF.

CONDICIÓN ESTACIONAL	IMPLICACIÓN OPERATIVA
Época relativamente seca	Menor frecuencia de eventos; oportunidad para mantenimiento mayor, reposición de material filtrante y lavado de conducciones.
Transición lluviosa	Incremento de residuos arrastrados; se recomienda inspección previa de rejillas, cámaras y salida.
Temporada lluviosa	Mayor probabilidad de tormentas de diseño y saturación antecedente; exige continuidad de la red y disponibilidad del punto de descarga.

$$P24{,}10 = 124{,}02\ mm/día \quad | \quad I30{,}10 = 94{,}45\ mm/h$$

Tormenta de diseño: Se adopta un periodo de retorno de diez (10) años en toda la memoria. Esta condición se utiliza en la estimación de intensidad y caudal y permanece vinculada a las verificaciones hidráulicas de la red.

Duración crítica

La cuenca es pequeña y urbanizada; por tanto, la respuesta es rápida. Para el caudal máximo se toma una duración de 30 minutos, compatible con el tiempo de concentración del conjunto y conservadora frente a la acumulación en la base de la grama.

5. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto comprende la remodelación integral de un escenario recreodeportivo existente. La solución pluvial se integra a tres componentes con respuestas superficiales diferentes y se coordina con la implantación arquitectónica, las capas estructurales y las circulaciones.

COMPONENTE	RESPUESTA PLUVIAL PREVISTA
Cancha sintética	Superficie deportiva permeable sobre relleno y base granular; drenaje subsuperficial mediante laterales y colectores.
Juegos infantiles	Superficies de seguridad y zonas duras con escurrimiento dirigido, sin depresiones en áreas de permanencia.
Parque biosaludable	Plataformas para equipos y senderos; control del agua alrededor de pedestales y bordes.
Cubiertas y elementos auxiliares	Captación por canales metálicas y bajantes independientes conectadas de manera controlada.

Objetivos funcionales

- Mantener la aptitud de uso de la cancha y reducir el tiempo de recuperación posterior a cada lluvia.
- Proteger la base de la grama sintética frente a saturación, bombeo de finos y pérdida de capacidad portante.
- Conducir el caudal máximo de 0,045 m^3/s dentro de rangos de velocidad y esfuerzo de autolimpieza aceptables.
- Facilitar inspección, limpieza y reposición localizada sin desmontajes extensos del espacio público.

Vida útil: La durabilidad del sistema depende tanto del dimensionamiento como de la conservación del medio filtrante, las cámaras y el punto de descarga.

5.1 IMPLANTACIÓN ARQUITECTÓNICA

La implantación organiza la cancha como elemento central y dispone las áreas recreativas y de acondicionamiento físico en su entorno. El drenaje se desarrolla bajo y alrededor de la superficie sintética, respetando accesos, cerramientos, zonas de juego y mobiliario.



Figura 3. Planta arquitectónica general del proyecto.

Fuente: Planos arquitectónicos del proyecto La Bajera.

Coordinación hidrosanitaria

Las cámaras C1 a C5 se ubican en posiciones accesibles para mantenimiento. Los drenes laterales descargan al colector principal y este conduce hacia la salida prevista, sin interferir con cimentaciones, juegos, equipos biosaludables ni bordes de la cancha.

Los niveles de acabado deberán favorecer la captación. Las superficies duras se resolverán con pendientes continuas y no descargarán libremente sobre la grama, con el fin de no concentrar sedimentos o sobrecargar el sistema filtrante.

6. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA PLUVIAL

La inspección del escenario evidenció encharcamiento sobre la cancha sintética y permanencia de agua después de eventos de lluvia. El comportamiento observado es consistente con una capacidad insuficiente de infiltración y con discontinuidades en la evacuación interna de la base.



Figura 4. Evidencia de encharcamiento en la superficie sintética.

Fuente: Registro fotográfico de la inspección visual del proyecto.

HALLAZGO	EFECTO
Encharcamiento superficial	Interrupción temporal del uso, deterioro del relleno y riesgo de pérdida de regularidad.
Filtración deficiente	Acumulación dentro del paquete granular y aumento del tiempo de drenaje.
Mantenimiento limitado	Colmatación progresiva por finos y residuos en puntos de captación y descarga.

6.1 INSPECCIÓN Y PERCEPCIÓN COMUNITARIA

Las entrevistas y el recorrido permitieron complementar la evidencia física. Los usuarios identifican pérdida de disponibilidad de la cancha durante lluvias fuertes y necesidad de limpiezas reactivas. Esta información se utiliza para orientar una solución registrable, mantenible y compatible con actividades comunitarias.

Causa probable	Mecanismo	Respuesta de diseño
Colmatación de la base	Disminución de vacíos por migración de finos	Geodrén NT1600 y medio granular seleccionado
Separación inadecuada de drenes	Recorridos horizontales largos dentro de la base	Retícula paralela con separación máxima de 8,02 m
Capacidad limitada del colector	Remanso y permanencia del agua infiltrada	Diámetros escalonados de 6, 8, 10 y 12 pulgadas
Pendientes discontinuas	Bolsas de agua y sedimentos	Replanteo altimétrico y control de solera entre cámaras
Limpieza esporádica	Obstrucción de rejillas, canales y descarga	Programa preventivo semestral y jornadas comunitarias

Síntesis del diagnóstico

El problema no se limita a la tubería: involucra la relación entre superficie, relleno, base filtrante, drenes, colectores y descarga. En consecuencia, el proyecto adopta una solución integral que controla la infiltración, limita la migración de finos y verifica la capacidad hidráulica de cada tramo.

Condición de servicio: El sistema debe permitir que el agua salga del paquete de la cancha con rapidez suficiente para proteger la base y restituir el uso seguro del escenario.

7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico determina la precipitación máxima asociada al nivel de protección del proyecto y la transforma en intensidades de corta duración. Se emplea la estación Casa de Piedra por su representatividad regional, disponibilidad de máximos anuales y proximidad al ámbito climático de San Jacinto.

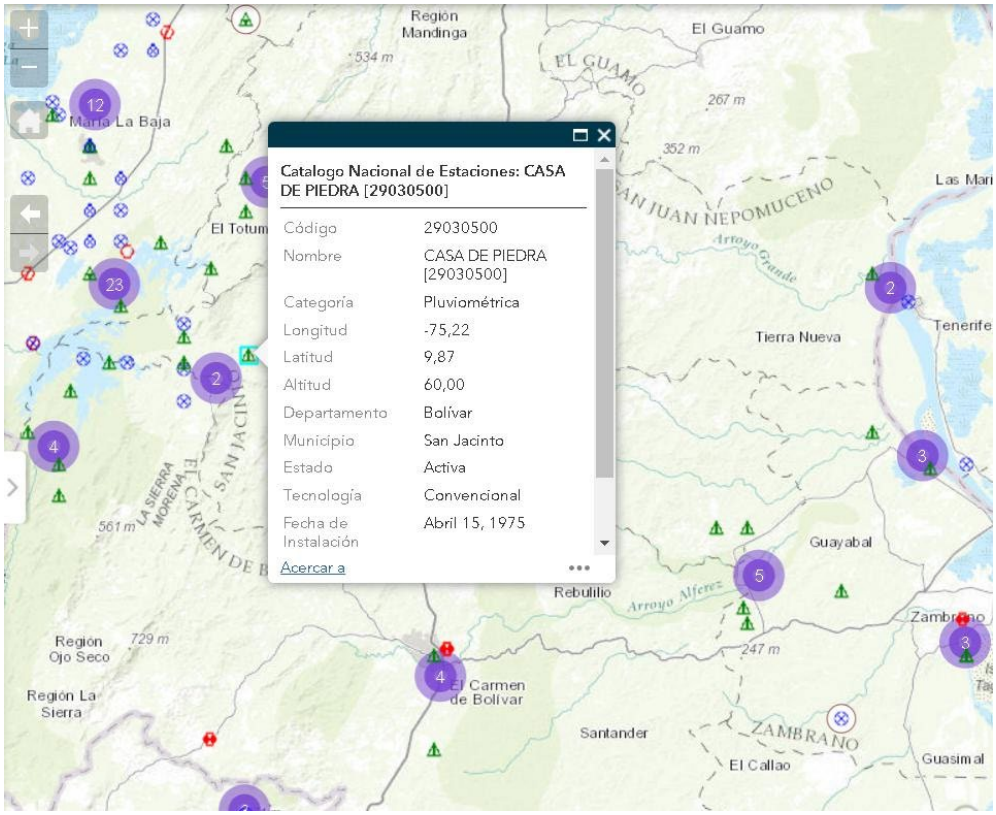


Figura 5. Referencia espacial y ficha de la estación Casa de Piedra.

Fuente: Catálogo y serie hidrológica disponible para la estación Casa de Piedra.

METADATO	VALOR
Código	29030500
Nombre	Casa de Piedra
Variable	Precipitación máxima en 24 horas
Periodo analizado	1995–2024
Número de datos	30 máximos anuales
Periodo de retorno	10 años

7.1 SERIE DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL

La muestra está constituida por treinta valores anuales de precipitación máxima en 24 horas. Se verificó consistencia de unidades, continuidad cronológica y ausencia de registros duplicados antes del análisis de frecuencia.

AÑO	P24 (mm)	AÑO	P24 (mm)
1995	141,0	2010	99,0
1996	103,0	2011	90,0
1997	97,1	2012	86,0
1998	118,4	2013	95,0
1999	89,0	2014	108,0
2000	80,0	2015	51,0
2001	131,5	2016	106,0
2002	75,0	2017	106,0
2003	60,1	2018	96,0
2004	82,0	2019	60,0
2005	130,0	2020	120,0
2006	85,0	2021	74,0
2007	125,0	2022	76,0
2008	88,0	2023	74,0
2009	85,0	2024	73,0

ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO	VALOR
Mínimo	51,0 mm
Máximo	141,0 mm
Promedio aritmético	93,47 mm
Longitud	30 años

Fuente: Serie de máximos anuales de la estación Casa de Piedra, código 29030500.

7.2 DISTRIBUCIÓN LOG-PEARSON TIPO III

Para estimar el cuantil de precipitación se adopta la distribución Log-Pearson tipo III. La variable original X, expresada en milímetros, se transforma a base diez mediante Y = log10(X). Sobre la serie transformada se calculan la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría.

$$Y_i = log_{10}(X_i)$$

$$\bar{Y} = (1/n)\,\Sigma Y_i \quad ; \quad S_Y = [\Sigma(Y_i - \bar{Y})^2/(n-1)]^{1/2}$$

$$C_s = n\cdot\Sigma(Y_i - \bar{Y})^3 / [(n-1)(n-2)S_Y{}^3]$$

N.º	AÑO	X (mm)	Y = log_{10}X
1	1995	141,0	2,149219
2	1996	103,0	2,012837
3	1997	97,1	1,987219
4	1998	118,4	2,073352
5	1999	89,0	1,949390
6	2000	80,0	1,903090
7	2001	131,5	2,118926
8	2002	75,0	1,875061
9	2003	60,1	1,778874
10	2004	82,0	1,913814
11	2005	130,0	2,113943
12	2006	85,0	1,929419

Tratamiento estadístico: La transformación reduce la influencia relativa de los valores altos y permite incorporar la asimetría observada en la serie de máximos.

7.3 MOMENTOS ESTADÍSTICOS Y FACTOR DE FRECUENCIA

Los estadísticos de la serie logarítmica se calcularon con precisión suficiente para conservar trazabilidad numérica. El factor de frecuencia K se determina para una probabilidad anual de excedencia de 0,10, correspondiente a un periodo de retorno de 10 años.

PARÁMETRO	VALOR
Número de datos, n	30
Media logarítmica, $\bar{Y}$	1,95839552
Desviación estándar, S_Y	0,10810013
Coeficiente de asimetría, C_s	−0,26325193
Periodo de retorno, Tr	10 años
Probabilidad de excedencia	0,10
Factor K_{10}	1,24978

$$Y_{10} = \bar{Y} + K_{10} \cdot S_Y = 1{,}95839552 + 1{,}24978(0{,}10810013)$$

$$Y_{10} = 2{,}09349660$$

Control de consistencia

El signo negativo del coeficiente de asimetría indica una cola ligeramente extendida hacia valores bajos en el dominio logarítmico. El factor K empleado es compatible con esa asimetría y con la probabilidad de excedencia seleccionada.

Resultado intermedio: El valor Y_{10} se transforma nuevamente a unidades de precipitación mediante la relación $X = 10^y$.

7.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE DISEÑO

La precipitación máxima en 24 horas asociada a diez años se obtiene mediante la transformación inversa del cuantil logarítmico. El resultado constituye la entrada pluviométrica de la expresión regional de intensidad.

$$P_{24,10} = 10\text{^}(Y_{10}) = 10\text{^}(2{,}09349660)$$

$$P_{24,10} = 124{,}0214\ mm/día \approx 124{,}02\ mm/día$$

CONCEPTO	VALOR ADOPTADO
Variable	Precipitación máxima en 24 horas
Estación	Casa de Piedra – 29030500
Distribución	Log-Pearson tipo III
Tr	10 años
Cuantil logarítmico	2,09349660
Precipitación de diseño	124,02 mm/día

Aplicación

El cuantil de 124,02 mm/día no se aplica directamente al método racional. Primero se convierte a intensidad para la duración crítica mediante la relación regional IDF; de esta manera se representa el carácter concentrado de las tormentas que gobiernan la respuesta de la cuenca.

Redondeo: Los cálculos conservan cifras decimales internamente. Los valores de presentación se redondean sin alterar los diámetros, pendientes ni verificaciones hidráulicas.

7.5 CURVA INTENSIDAD–DURACIÓN–FRECUENCIA

La curva IDF se determina con la expresión regional para la región Caribe, formulada en función de la precipitación máxima diaria, el periodo de retorno y la duración del evento. Para el proyecto se emplean los parámetros regionales compatibles con el método del Manual de Drenaje para Carreteras del INVÍAS.

$$I(D,Tr) = [24{,}85 \cdot Tr^{0{,}22} \cdot P_{24,Tr}^{0{,}10}] / (D/60)^{0{,}50}$$

PARÁMETRO	VALOR / UNIDAD
Coeficiente regional	24,85
Exponente de Tr	0,22
Exponente de P24	0,10
Exponente de duración	0,50
Tr de diseño	10 años
P24,10	124,0214 mm/día
D	Duración en minutos
I	Intensidad en mm/h

Conversión de unidades

$$1 \text{ mm/h sobre } 1 \text{ ha} = 2{,}7778 \text{ L/s}$$

La tabla de intensidades presenta simultáneamente mm/h y L/s·ha, lo que facilita la aplicación del método racional y la revisión independiente de los caudales.

7.6 INTENSIDADES PARA Tr = 10 AÑOS

La siguiente tabla constituye la curva IDF tabulada de diseño. El intervalo de diez minutos permite interpolar intensidades para tiempos de concentración intermedios sin perder consistencia con la expresión regional.

DURACIÓN (min)	I (mm/h)	I (L/s·ha)
10	163,588	45,441
20	115,674	32,132
30	94,448	26,235
40	81,794	22,721
50	73,159	20,322
60	66,785	18,551
70	61,830	17,175
80	57,837	16,066
90	54,529	15,147
100	51,731	14,370
110	49,324	13,701
120	47,224	13,118
130	45,371	12,603
140	43,721	12,145
150	42,238	11,733
160	40,897	11,360
170	39,676	11,021
180	38,558	10,711
190	37,530	10,425
200	36,579	10,161

Fuente: Cálculo de diseño con P24,10 = 124,0214 mm y expresión regional Caribe.

Valor de cálculo: Para D = 30 min se obtiene I = 94,448 mm/h, intensidad utilizada en el caudal máximo del sistema.

7.7 CURVA IDF Y CRITERIO DEL PERIODO DE RETORNO

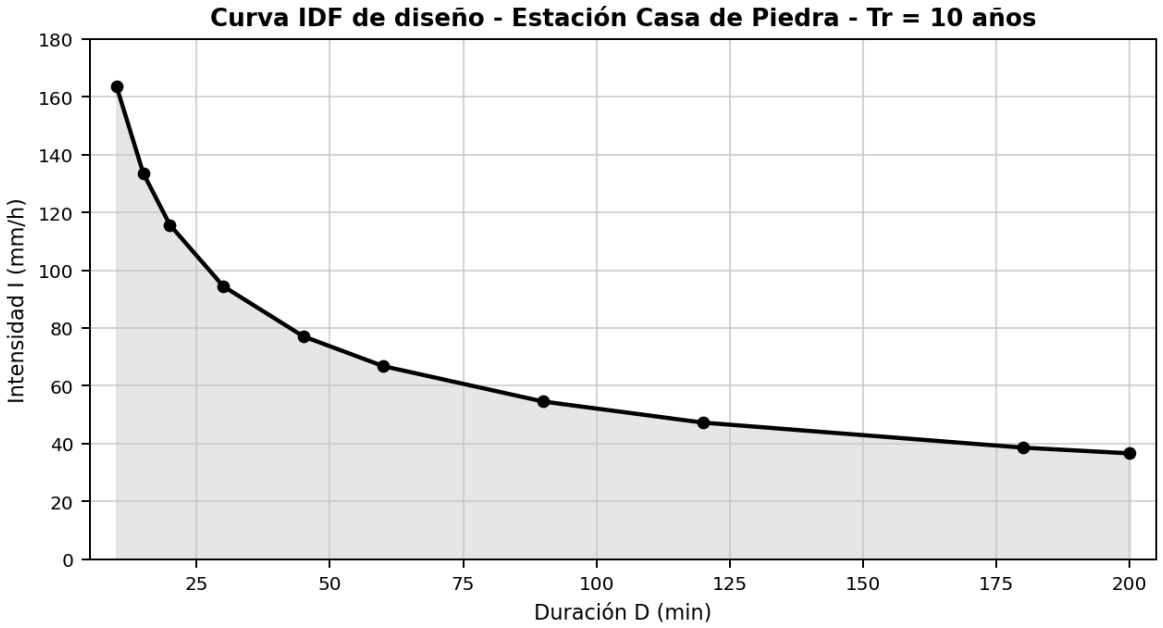


Figura 6. Curva IDF de diseño para la estación Casa de Piedra y Tr = 10 años.

Fuente: Elaboración propia con la serie Casa de Piedra y la relación regional Caribe.

Criterio de protección

Se adopta Tr = 10 años debido a la sensibilidad de la base de la grama sintética frente a saturación prolongada. Una tormenta que exceda la capacidad de evacuación puede producir migración de finos, pérdida de soporte, deformaciones superficiales y restricciones de uso. El nivel seleccionado ofrece una protección coherente con la función pública del escenario, su intensidad de ocupación y los costos de intervención de la superficie deportiva.

El periodo de retorno se aplica de manera uniforme a la estimación de la precipitación, la curva IDF y el caudal racional. Esta coherencia evita combinar niveles de riesgo diferentes dentro de una misma comprobación.

Criterio adoptado: Toda la red se dimensiona con Tr = 10 años; las prácticas de mantenimiento preservan la capacidad calculada durante la operación.

8. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

La solución combina drenaje superficial y subsuperficial. El agua que cae sobre la cancha atraviesa la grama y las capas permeables, ingresa a los laterales drenantes y se entrega a un colector escalonado. La escorrentía de áreas duras y cubiertas se capta de forma independiente antes de su conexión controlada.

ETAPA	FUNCIÓN
Captación	Superficie sintética permeable, pendientes de áreas duras, canales y bajantes.
Filtración	Base granular y geodrén que retienen finos y mantienen continuidad del flujo.
Drenaje lateral	Líneas paralelas separadas como máximo 8,02 m.
Colectores	Tuberías PVC entre cámaras C1, C2, C3, C4 y C5.
Inspección	Cámaras accesibles para limpieza, revisión de empalmes y control de cotas.
Descarga	Entrega positiva al receptor previsto, con protección contra erosión y obstrucción.

Principios hidráulicos

- La capacidad de cada tramo debe superar el caudal acumulado de diseño.
- La velocidad se mantiene entre 0,60 m/s y 3,00 m/s.
- La relación Q/Qlleno permanece inferior a la unidad y se comprueba el esfuerzo cortante.
- La pendiente longitudinal es continua y se controla con topografía de obra.

Caudal máximo: El colector de salida se verifica para Q = 0,045 m³/s.

8.1 CONFIGURACIÓN DE DRENAJE

Se adopta una configuración de laterales paralelos que reduce la distancia horizontal recorrida por el agua dentro de la base y facilita la conexión ordenada al colector. La geometría es compatible con la forma rectangular de la cancha y permite sectorizar inspecciones.

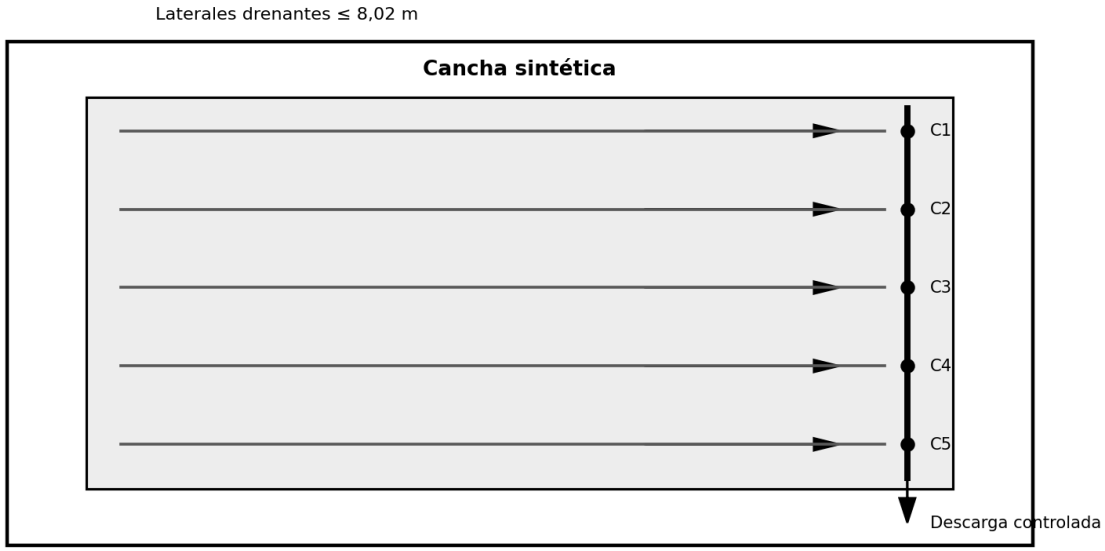


Figura 7. Esquema funcional de laterales, colector y cámaras.

ELEMENTO	DISPOSICIÓN
Laterales	Disposición paralela; separación máxima 8,02 m; envolvente filtrante.
Colector	Diámetros crecientes en dirección del caudal acumulado.
Cámaras	Cambios de tramo, incorporación de aportes e inspección.
Sentido de flujo	Desde la retícula bajo cancha hacia C1–C5 y descarga.

Fuente: Esquema de diseño elaborado a partir de la implantación hidrosanitaria.

8.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros hidráulicos se definen antes del dimensionamiento y se aplican de forma uniforme a la red. Los límites de velocidad controlan sedimentación y desgaste, mientras que la rugosidad representa tubería PVC en condición de servicio.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Periodo de retorno	10	años
Coeficiente de escorrentía	0,85	—
Área efectiva	0,202	ha
Intensidad de 30 min	94,448	mm/h
Caudal máximo	0,045	m^3/s
Rugosidad Manning PVC	0,013	$s/m^{1/3}$
Velocidad mínima	0,60	m/s
Velocidad máxima	3,00	m/s
Esfuerzo cortante de referencia	0,20	kg/m^2
Separación máxima de drenes	8,02	m

Criterios particulares de los primeros tramos

TRAMO	DIÁMETRO	PENDIENTE
C1–C2	6 in PVC	0,67 %
C2–C3	8 in PVC	0,60 %

Material: Las tuberías y accesorios serán de PVC apto para alcantarillado pluvial, con uniones herméticas y diámetros interiores compatibles con las verificaciones.

8.3 CAUDAL DE DISEÑO POR EL MÉTODO RACIONAL

El caudal pico se calcula mediante el método racional, apropiado para una cuenca urbana pequeña y con respuesta rápida. El coeficiente de escorrentía ponderado representa conjuntamente la cancha, las áreas duras y los elementos complementarios que aportan a la red.

$$Q = 0{,}00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

SÍMBOLO	VALOR	DESCRIPCIÓN
C	0,85	Coeficiente de escorrentía
I	94,448 mm/h	Intensidad para D = 30 min y Tr = 10 años
A	0,202 ha	Área efectiva aportante
0,00278	Factor	Conversión a m³/s

$$Q = 0{,}00278(0{,}85)(94{,}448)(0{,}202) = 0{,}04508\ m^3/s$$

$$Qmáx\ adoptado = 0{,}045\ m^3/s$$

Distribución de caudales

El caudal aumenta en dirección de la descarga por incorporación sucesiva de laterales y superficies tributarias. Para cada tramo se asigna el caudal acumulado correspondiente: 0,006; 0,010; 0,020; 0,032 y 0,045 m³/s.

Comprobación: El redondeo a 0,045 m³/s conserva coherencia con la precisión de las áreas y no reduce el diámetro del tramo final.

8.4 MEDIO FILTRANTE Y DRENAJE SUBSUPERFICIAL

El drenaje subsuperficial debe transportar el agua infiltrada sin permitir el arrastre de partículas finas hacia las tuberías. Para ello se especifica un medio granular limpio, de gradación controlada, confinado con geodrén NT1600 y conectado a tuberías perforadas o elementos drenantes equivalentes definidos en planos.

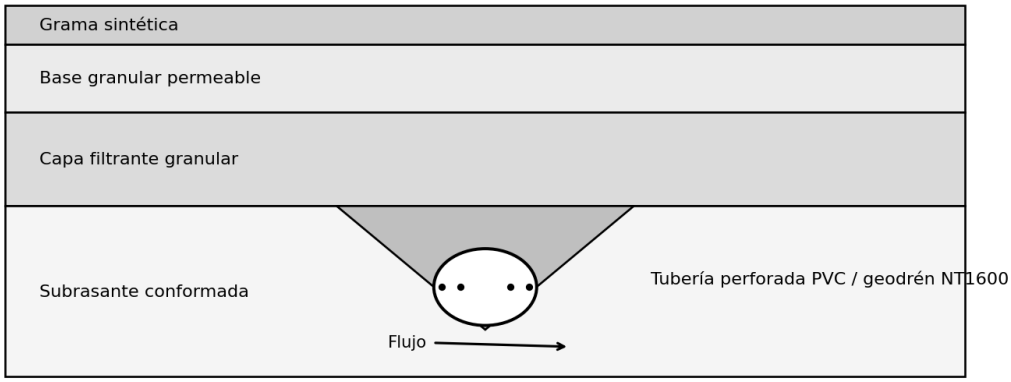


Figura 8. Sección conceptual del paquete filtrante y drenaje bajo cancha.

CAPA / ELEMENTO	FUNCIÓN
Grama y relleno	Permitir el paso vertical del agua y conservar planicidad.
Base permeable	Distribuir cargas y conducir el flujo hacia los drenes.
Material filtrante	Retener partículas incompatibles y mantener vacíos interconectados.
Geodrén NT1600	Separar materiales, favorecer el flujo y limitar colmatación interna.
Tubería drenante	Recibir el agua infiltrada y conducirla al colector.

8.5 SEPARACIÓN DE DRENES

La separación de los laterales se establece considerando la necesidad de limitar la trayectoria horizontal del agua dentro de la base y mantener un descenso rápido del nivel de saturación. El espaciamiento máximo de diseño es 8,02 m; en planos pueden adoptarse distancias menores para adaptarse a bordes y puntos de conexión.

$$Lmáx = 8{,}02\ m$$

CRITERIO	REQUISITO
Uniformidad	Los laterales se distribuyen de manera regular; las franjas extremas no deben exceder media separación salvo verificación específica.
Pendiente transversal	La conformación de la base conduce hacia los laterales sin depresiones ni cambios abruptos.
Conexiones	Los empalmes al colector se ejecutan con piezas compatibles, accesibles y protegidas frente al ingreso de finos.
Geometría en obra	La separación se mide entre ejes y se registra en el plano de obra ejecutada.

Verificación constructiva

- Comprobar el fondo de zanja y retirar material suelto antes de colocar el filtro.
- Evitar roturas, pliegues o discontinuidades en el geodrén.
- Mantener los extremos de la tubería protegidos hasta completar la conexión.
- Registrar cotas y separación antes de cubrir cada frente de trabajo.

Tolerancia: Ninguna desviación de replanteo podrá incrementar la separación máxima establecida.

8.6 DISTRIBUCIÓN DE LA RED

La red principal se organiza en cinco tramos de capacidad creciente. La pendiente se expresa en m/m para cálculo y en porcentaje para construcción. Los diámetros nominales se coordinan con accesorios, cámaras y cotas de solera.

TRAMO	Q (m³/s)	DN (in)	S (m/m)	S (%)
C1–C2	0,006	6	0,0067	0,67
C2–C3	0,010	8	0,0060	0,60
C3–C4	0,020	10	0,0060	0,60
C4–C5	0,032	10	0,0100	1,00
C5–DESCARGA	0,045	12	0,0060	0,60

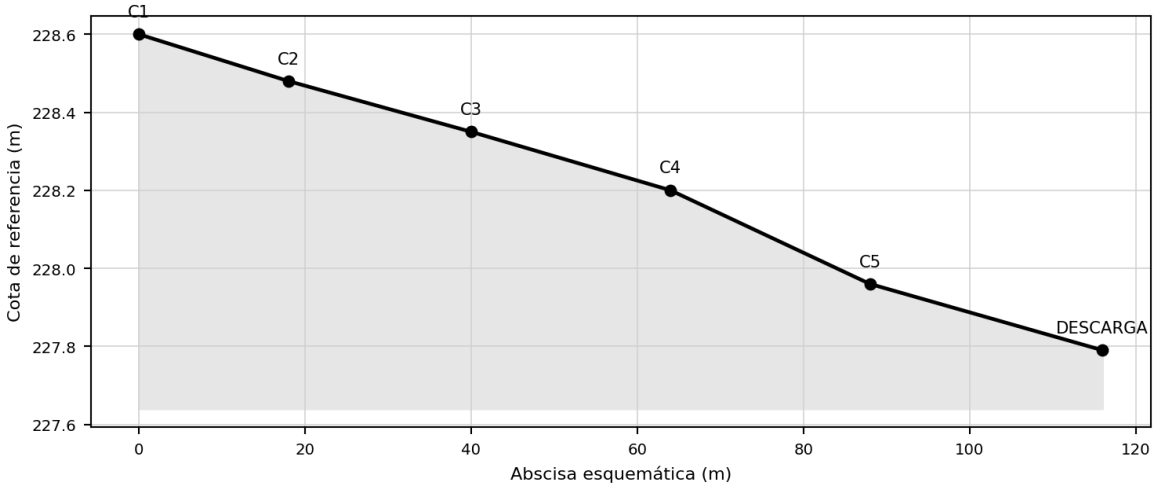


Figura 9. Perfil esquemático de flujo entre cámaras y descarga.

Control de replanteo

La figura representa la continuidad hidráulica y no sustituye las cotas del plano. En obra se comprobarán cota de terreno, cota clave, cota batea, diámetro real y pendiente de cada tramo mediante nivelación antes del relleno definitivo.

8.7 CAPACIDAD A TUBO LLENO

La capacidad teórica a tubo lleno se calcula con la ecuación de Manning. Para una sección circular, el área es πD²/4 y el radio hidráulico lleno es D/4. Se adopta n = 0,013 para PVC.

$$V = (1/n)\cdot R_h\,\text{^}(2/3)\cdot S\text{^}(1/2)$$

$$Qlleno = A\cdot V \quad ; \quad A = \pi D^2/4 \quad ; \quad R_h = D/4$$

TRAMO	D (m)	S	Vlleno (m/s)	Qlleno (m³/s)
C1–C2	0,1524	0,0067	0,713	0,01300
C2–C3	0,2032	0,0060	0,817	0,02650
C3–C4	0,2540	0,0060	0,948	0,04806
C4–C5	0,2540	0,0100	1,224	0,06204
C5–DESCARGA	0,3048	0,0060	1,071	0,07814

Ejemplo: tramo C1–C2

$$D = 0{,}1524\ m;\ S = 0{,}0067;\ R_h = 0{,}0381\ m$$

$$Qlleno = 0{,}01300\ m^3/s > Qdiseño = 0{,}00600\ m^3/s$$

La misma secuencia se aplica a los demás tramos. La capacidad a tubo lleno supera el caudal asignado en todos los casos, por lo que la evaluación continúa con relaciones de flujo parcial.

8.8 VERIFICACIÓN EN FLUJO PARCIAL

Como el caudal de diseño es menor que la capacidad llena, se determina la geometría hidráulica de la sección parcialmente ocupada. El ángulo central θ se obtiene por iteración hasta igualar el caudal de Manning; con el área mojada se calcula la velocidad real.

$$A = (r^2/2)(\theta - sen\theta) \quad ; \quad P = r\theta \quad ; \quad R_h = A/P$$

$$y = r[1 - cos(\theta/2)] \quad ; \quad V = Q/A$$

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot S \quad ; \quad \gamma \approx 1000\ kgf/m^3$$

TRAMO	Q/Qlleno	y/D	V (m/s)	τ (kg/m²)
C1–C2	0,461	0,477	0,699	0,248
C2–C3	0,377	0,426	0,760	0,273
C3–C4	0,416	0,450	0,905	0,355
C4–C5	0,516	0,509	1,234	0,642
C5–DESCARGA	0,576	0,544	1,109	0,482

Criterios de aceptación

- 0,60 m/s ≤ V ≤ 3,00 m/s.
- Q/Qlleno < 1,00.
- Esfuerzo cortante igual o superior a 0,20 kg/m² como referencia de autolimpieza.

Resultado: Los cinco tramos satisfacen simultáneamente los criterios de velocidad, capacidad y esfuerzo cortante.

8.9 RESULTADOS HIDRÁULICOS – TABLA 4

La Tabla 4 consolida los valores adoptados y los resultados de flujo parcial. Los diámetros corresponden a PVC y las pendientes se expresan con la precisión necesaria para replanteo y control.

TRAMO	Q	DN	S	Qlleno	Q/Qll	y/D	V	τ	ESTADO
C1–C2	0,006	6"	0,67	0,01300	0,461	0,477	0,699	0,248	CUMPLE
C2–C3	0,010	8"	0,60	0,02650	0,377	0,426	0,760	0,273	CUMPLE
C3–C4	0,020	10"	0,60	0,04806	0,416	0,450	0,905	0,355	CUMPLE
C4–C5	0,032	10"	1,00	0,06204	0,516	0,509	1,234	0,642	CUMPLE
C5–DESCARGA	0,045	12"	0,60	0,07814	0,576	0,544	1,109	0,482	CUMPLE

Tabla 4. Verificación hidráulica final de los colectores pluviales. Q y Qlleno en m³/s; S en %; V en m/s; τ en kg/m².

Lectura de resultados

La velocidad mínima calculada es 0,699 m/s en C1–C2 y la máxima es 1,234 m/s en C4–C5; ambas quedan dentro del intervalo admisible. La mayor relación de llenado es 0,576 en el tramo final, por lo que se mantiene reserva hidráulica. El menor esfuerzo cortante es 0,248 kg/m², superior al valor de referencia.

Conformidad: Todos los tramos cumplen los parámetros hidráulicos adoptados.

8.10 VERIFICACIÓN POR TRAMO

TRAMO	GEOMETRÍA	VELOCIDAD	CAPACIDAD	ESTADO
C1–C2	6 in; 0,67 %	V = 0,699 m/s	Q/Qll = 0,461	Cumple
C2–C3	8 in; 0,60 %	V = 0,760 m/s	Q/Qll = 0,377	Cumple
C3–C4	10 in; 0,60 %	V = 0,905 m/s	Q/Qll = 0,416	Cumple
C4–C5	10 in; 1,00 %	V = 1,234 m/s	Q/Qll = 0,516	Cumple
C5–DESCARGA	12 in; 0,60 %	V = 1,109 m/s	Q/Qll = 0,576	Cumple

Tramo C1–C2

El diámetro de 6 pulgadas y la pendiente de 0,67 % producen una velocidad de 0,699 m/s. El valor supera el mínimo de 0,60 m/s, la capacidad llena es 0,01300 m³/s y el caudal asignado ocupa aproximadamente 46,1 % de dicha capacidad.

Tramo C2–C3

El diámetro de 8 pulgadas y la pendiente de 0,60 % permiten transportar 0,010 m³/s con velocidad de 0,760 m/s y relación Q/Qlleno de 0,377. El esfuerzo cortante calculado es 0,273 kg/m².

Tramos aguas abajo

Los diámetros de 10 y 12 pulgadas reciben los aportes acumulados y conservan velocidades entre 0,905 y 1,234 m/s. La capacidad disponible se mantiene por encima del caudal máximo de 0,045 m³/s.

Resultado global: No se presentan tramos con velocidad subcrítica de sedimentación, velocidad excesiva o capacidad insuficiente.

8.11 DRENAJE DE CUBIERTAS Y ÁREAS DURAS

Las superficies duras y cubiertas complementarias generan escorrentía directa. Su drenaje se coordina con el sistema general para evitar descargas puntuales sobre la grama o las zonas de juego. Las pendientes arquitectónicas deben conducir hacia canales, bajantes o captaciones identificadas en planos.

SUPERFICIE	CRITERIO DE MANEJO
Cubiertas	Conducir hacia canales metálicas; evitar reboses sobre accesos y equipos.
Senderos y losas	Pendiente continua hacia captaciones o bordes controlados; sin depresiones.
Juegos infantiles	Evacuar fuera de zonas amortiguantes y evitar arrastre de partículas del piso de seguridad.
Parque biosaludable	Alejar el agua de pedestales, anclajes y juntas del pavimento.
Perímetro de cancha	Impedir el ingreso de escorrentía cargada de sedimentos a la base permeable.

Coordinación de niveles

- Las rejillas se instalarán a la cota hidráulicamente baja del paño servido.
- Las tapas de inspección quedarán a nivel de acabado y fuera de áreas de impacto directo.
- Las descargas de bajantes no erosionarán rellenos ni descargarán detrás de bordillos cerrados.
- Los reboses visibles se orientarán hacia rutas seguras, sin afectar evacuación peatonal.

Compatibilidad: La red de cubiertas no debe introducir sedimentos o residuos gruesos al drenaje filtrante de la cancha.

8.12 CANALES Y BAJANTES

Las cubiertas se drenan mediante canales metálicas de sección mínima 0,25 m × 0,25 m y bajantes de 4 pulgadas. La disposición final se definirá según la geometría arquitectónica, manteniendo accesibilidad para limpieza y sujeciones compatibles con la estructura.

$$Qcubierta = 0{,}00278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

COMPONENTE	ESPECIFICACIÓN
Coeficiente C	0,95 para cubierta impermeable, salvo ponderación documentada
Intensidad	Correspondiente a Tr = 10 años y duración igual o mayor al tiempo de concentración
Canal	Metálica, sección mínima 0,25 m × 0,25 m, con pendiente positiva
Bajante	PVC de 4 in, con abrazaderas, piezas de inspección y descarga controlada
Rebose	Visible y orientado hacia un punto seguro cuando la arquitectura lo permita

Detalles mínimos

- Sellar encuentros de canal, embudos y bajantes para evitar humedades sobre elementos constructivos.
- Instalar rejilla o canastilla removible donde exista ingreso probable de hojas.
- Mantener cambios de dirección suaves y prever registro en la base de cada bajante.
- Conectar a la red pluvial mediante accesorio sanitario, sin reducción de sección.

Operación: Canales y bajantes se inspeccionarán al inicio de cada temporada lluviosa y después de eventos con arrastre notable de residuos.

8.13 ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

La ejecución debe conservar la capacidad calculada y la función filtrante. El contratista presentará procedimiento de instalación, fichas técnicas y certificados de los materiales antes de iniciar cada actividad.

ACTIVIDAD	REQUISITO DE EJECUCIÓN
Replanteo	Localizar ejes, cámaras, interferencias, cotas de batea y punto de descarga.
Excavación	Estabilizar paredes, controlar agua y evitar sobreexcavación; conformar apoyo continuo.
Tubería PVC	Uniones limpias y herméticas; campana orientada según recomendación del fabricante; pendiente comprobada.
Filtro y geodrén	Material limpio, sin contaminación por suelo; traslapos y envolvente continuos.
Cámaras	Fondo afinado, cañuelas continuas, tapas seguras y acceso para equipos de limpieza.
Relleno	Colocación por capas, compactación compatible y protección contra desplazamiento de la tubería.
Descarga	Protección del entorno, estabilidad del empalme y ausencia de obstrucciones.

Control de materiales

Se verificarán diámetro, clase, integridad, accesorios, rugosidad compatible, granulometría del filtro y referencia del geodrén NT1600. No se aceptarán tuberías ovaladas, fisuradas o contaminadas interiormente.

Planos de obra ejecutada: Antes de la recepción se entregará registro de cotas, diámetros, pendientes, cámaras, conexiones y fotografías previas al relleno.

8.14 INSPECCIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

La red será objeto de inspección durante la instalación y de pruebas antes de cubrir elementos críticos. La aceptación exige continuidad física, pendiente positiva, ausencia de obstrucciones y descarga libre.

CONTROL	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Inspección visual	Uniones completas, alineación, diámetro, integridad de tubos, cámaras y geodrén.
Control topográfico	Cotas de batea y pendiente de cada tramo; énfasis en 0,67 % para C1–C2 y 0,60 % para C2–C3.
Prueba de flujo	Aporte de agua limpia desde puntos altos; comprobación de tránsito continuo y salida sin represamiento.
Limpieza	Retiro de arena, mortero, empaques, residuos y material de obra antes de la entrega.
Inspección de cámaras	Cañuelas, empalmes, tapas, ventilación y accesibilidad.
Puesta en servicio	Registro de resultados, planos ejecutados y entrega del plan de mantenimiento al operador.

Secuencia de recepción

- Revisión documental de fichas y registros de replanteo.
- Inspección física de tramos y cámaras accesibles.
- Prueba hidráulica funcional y comprobación del punto de descarga.
- Cierre de observaciones y firma del acta de recibo.

Condición previa: La grama sintética y los acabados definitivos solo se recibirán cuando el drenaje inferior haya demostrado continuidad.

9. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo se realizará como mínimo cada seis meses y se reforzará antes de la temporada lluviosa. Después de tormentas intensas se efectuará una inspección extraordinaria de rejillas, cámaras, canales, bajantes y descarga.

ELEMENTO	FRECUENCIA	ACTIVIDAD
Rejillas y captaciones	Semestral y después de tormentas	Retirar hojas, residuos, arena y verificar fijación.
Cámaras C1–C5	Semestral	Medir sedimentos, limpiar cañuelas y revisar uniones.
Colectores	Anual o según sedimentos	Lavado dirigido desde cámaras; registrar caudal y material retirado.
Canales y bajantes	Semestral	Limpiar, sellar juntas y revisar abrazaderas y embudos.
Superficie sintética	Mensual	Retirar residuos; observar zonas blandas, deformadas o con drenaje lento.
Punto de descarga	Mensual en época lluviosa	Eliminar obstrucciones y revisar erosión o retorno de agua.

Participación comunitaria

La administración municipal podrá programar jornadas comunitarias de limpieza para el retiro superficial de residuos alrededor de la cancha y los parques. Estas jornadas no sustituyen la intervención técnica en cámaras o tuberías, pero reducen la carga de sólidos y fortalecen el cuidado del espacio público.

Registro: Cada mantenimiento deberá anotar fecha, condición encontrada, material retirado, fotografías, responsable y acciones pendientes.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La estación Casa de Piedra, código 29030500, proporciona la serie de máximos anuales 1995–2024 utilizada en el análisis hidrológico.

2. La distribución Log-Pearson tipo III produce una precipitación máxima en 24 horas de 124,02 mm para Tr = 10 años.

3. La curva IDF de diseño entrega 94,448 mm/h para 30 minutos; con C = 0,85 y A = 0,202 ha se obtiene Qmáx = 0,045 m³/s.

4. El periodo de retorno de diez años protege la base de la grama sintética frente a saturación, migración de finos, deformación y pérdida de disponibilidad del escenario.

5. El tramo C1–C2 se diseña en PVC de 6 pulgadas con pendiente de 0,67 %, y el tramo C2–C3 en PVC de 8 pulgadas con pendiente de 0,60 %.

6. Todos los tramos presentan velocidades entre 0,699 y 1,234 m/s, relaciones Q/Qlleno inferiores a 0,576 y esfuerzos cortantes superiores a 0,248 kg/m²; por tanto, cumplen los parámetros hidráulicos.

7. La solución debe ejecutarse junto con el medio filtrante, el geodrén NT1600 y los laterales con separación máxima de 8,02 m.

8. Se establece mantenimiento preventivo semestral, inspección posterior a lluvias intensas y apoyo de limpieza comunitaria superficial.

Recomendación principal: Conservar en obra las pendientes, diámetros y continuidad del medio filtrante consignados en planos y en esta memoria; cualquier condición de campo deberá ser evaluada por la dirección técnica antes de ejecutar.

_____

CAMILO ANDRÉS TAPIA AGUAS
Ingeniero Civil
M.P. 22202-434831 COR

ANEXO A. TRAZABILIDAD Y ACTA DE VERIFICACIÓN

CONTROL	DATO / CRITERIO	ESTADO
Precipitación de entrada	Casa de Piedra 29030500; 30 máximos anuales; 1995–2024	Verificado
Análisis de frecuencia	Log-Pearson III; $\bar{Y}$ = 1,95839552; S_Y = 0,10810013; C_s = −0,26325193	Verificado
Cuantil	P24,10 = 124,0214 mm/día	Verificado
Curva IDF	Región Caribe; I30,10 = 94,448 mm/h	Verificado
Método racional	C = 0,85; A = 0,202 ha; Qmáx = 0,045 m³/s	Verificado
Material	PVC; n = 0,013	Verificado
Tramo C1–C2	DN 6 in; S = 0,67 %; V = 0,699 m/s	Cumple
Tramo C2–C3	DN 8 in; S = 0,60 %; V = 0,760 m/s	Cumple
Red completa	0,60 ≤ V ≤ 3,00 m/s; Q/Qlleno < 1; τ ≥ 0,20 kg/m²	Cumple
Mantenimiento	Periodicidad preventiva mínima semestral	Definido

Lista de aceptación en obra

[ ] Cotas y pendientes comprobadas mediante levantamiento de obra ejecutada.

[ ] Diámetros, accesorios y material PVC identificados y certificados.

[ ] Medio granular y geodrén instalados sin contaminación ni discontinuidades.

[ ] Cámaras C1–C5 limpias, accesibles y con cañuelas continuas.

[ ] Prueba de flujo satisfactoria desde los puntos altos hasta la descarga.

[ ] Canales de 0,25 m × 0,25 m y bajantes de 4 in limpias y sujetas.

[ ] Planos de obra ejecutada y registro fotográfico entregados.

[ ] Programa semestral de mantenimiento socializado con el operador.

RESPONSABLE DE VERIFICACIÓN: _____ FECHA: ____ / ____ / _____