INFORME TÉCNICO

DISEÑO DE FILTRO FRANCÉS PARA CONTROL DE ESCORRENTÍA

Y ESTABILIZACIÓN DE RELLENO CON MATERIAL ORGÁNICO

DE EXCAVACIÓN

Solicitante:	Ing. Angie Lizeth Fagua Sánchez
Matrícula inmobiliaria:	070-12194
Área del predio:	40 hectáreas
Coordenadas:	5.575714, -73.324079
Ubicación:	Vereda Pirgua, municipio de Tunja, Boyacá
Cuenca hidrográfica:	Río Alto Chicamocha
Profesional responsable:	Angie Fagua — Ingeniera Ambiental y Sanitaria
Fecha:	Junio de 2026

Documento radicado ante la Alcaldía Municipal de Tunja
para los trámites correspondientes de manejo de aguas y estabilidad geotécnica

Tabla de contenido

Tabla de contenido 2
1. Introducción 3
2. Antecedentes 3
3. Objetivos 4
3.1 Objetivo general 4
3.2 Objetivos específicos 4
4. Diagnóstico y caracterización hidrológica 4
4.1 Ubicación hidrológica 4
4.2 Condiciones climáticas 4
4.3 Escorrentía superficial 5
4.4 Localización específica y determinantes ambientales del predio 5
4.5 Zonificación ambiental POMCA — Río Alto Chicamocha 6
5. Diseño del filtro francés 8
5.1 Descripción general 8
5.2 Dimensiones de diseño 8
5.3 Sección constructiva tipo 8
5.4 Esquema en planta 9
5.5 Materiales 10
6. Memoria de cálculo hidráulico 11
6.1 Caudal de diseño — Método racional 11
6.2 Capacidad hidráulica del dren — Ecuación de Manning 11
6.3 Aporte complementario del medio granular (Ley de Darcy) 12
6.4 Verificación de velocidades 12
6.5 Resumen de diseño hidráulico 13
7. Medidas de mitigación y recomendaciones 13
7.1 Control de escorrentía 13
7.2 Protección del relleno 13
7.3 Revegetalización 14
8. Control de flujo de agua y prevención para suelos expansivos 14
9. Conclusiones 15

1. Introducción

Con el propósito de garantizar la estabilidad del relleno conformado con material proveniente de excavaciones y contenido orgánico, ubicado en el predio identificado con matrícula inmobiliaria 070-12194 en la vereda Pirgua, municipio de Tunja, se propone la implementación de un sistema de drenaje subterráneo tipo filtro francés, destinado a captar, conducir y evacuar las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial.

La presencia de materiales orgánicos dentro del relleno genera susceptibilidad a saturación, pérdida de resistencia y asentamientos diferenciales. Por ello, se plantea un sistema de drenaje mediante geotextiles y material granular que permita reducir la presión de poros y controlar la infiltración, garantizando la estabilidad geotécnica del relleno en el largo plazo.

El predio objeto de este estudio tiene un área total de 40 hectáreas y se localiza en las coordenadas geográficas 5.575714 N, -73.324079 W, dentro de la cuenca del Río Alto Chicamocha, con influencia de drenajes secundarios asociados a la quebrada La Salada y la quebrada Las Cebollas.

El presente informe se radica ante la Alcaldía Municipal de Tunja como soporte técnico para el trámite correspondiente, e incluye el diagnóstico hidrológico del área, el diseño geométrico e hidráulico del filtro francés, la memoria de cálculo, los planos esquemáticos y las recomendaciones constructivas y de mitigación ambiental.

2. Antecedentes

El predio se encuentra localizado en el sector de Pirgua, municipio de Tunja, dentro de la zonificación ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del Río Alto Chicamocha.

De acuerdo con la cartografía ambiental disponible, el sector presenta las siguientes condiciones relevantes:

- Influencia de drenajes naturales, intermitentes y permanentes.
- Presencia de áreas de importancia ambiental dentro de la cuenca.
- Sectores identificados para procesos de recuperación y restauración ecológica.
- Materiales de relleno susceptibles a saturación por efecto de la escorrentía superficial.

El manejo inadecuado de las aguas lluvias en este tipo de rellenos puede ocasionar los siguientes efectos adversos sobre la estabilidad del terreno:

- Incremento de las presiones de poros en el material de relleno.
- Pérdida de capacidad portante del suelo de soporte.
- Asentamientos diferenciales del relleno.

- Generación de procesos de erosión superficial y arrastre de finos.

En este contexto, la implementación de sistemas de drenaje subsuperficial tipo filtro francés constituye una medida preventiva ampliamente reconocida en la práctica geotécnica para garantizar la estabilidad de rellenos con contenido orgánico, razón por la cual se desarrolla el presente diseño.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de filtro francés para controlar la escorrentía superficial y el drenaje interno del relleno construido con material orgánico de excavación, en el predio ubicado en la vereda Pirgua, municipio de Tunja.

3.2 Objetivos específicos

1. Captar las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial generadas en el área del relleno.
2. Reducir la saturación del material de relleno mediante un sistema de drenaje eficiente.
3. Disminuir los riesgos de expansión, pérdida de resistencia y asentamiento del relleno.
4. Proteger la estabilidad geotécnica del terreno en el mediano y largo plazo.
5. Conducir las aguas captadas hacia un punto seguro de descarga, evitando procesos erosivos.
6. Sustentar técnicamente, mediante memoria de cálculo hidráulico, la capacidad de drenaje del sistema propuesto.

4. Diagnóstico y caracterización hidrológica

4.1 Ubicación hidrológica

El predio se encuentra dentro de la cuenca del Río Alto Chicamocha, en el área de influencia del Río Jordán, y en una zona de drenajes naturales intermitentes y permanentes. La cartografía ambiental evidencia la presencia de drenajes cercanos que condicionan el comportamiento hidráulico del terreno.

4.2 Condiciones climáticas

Para el sector de Tunja, de acuerdo con los registros climatológicos disponibles, se presentan las siguientes condiciones:

- Precipitación anual: 700 a 900 mm/año.
- Temporadas lluviosas: marzo a mayo, y septiembre a noviembre.
- Temperatura promedio anual: 13 °C.

4.3 Escorrentía superficial

Debido a las pendientes moderadas del terreno y a la baja permeabilidad relativa del material orgánico de excavación, se generan en el sitio los siguientes fenómenos hidrológicos:

- Escorrentías superficiales concentradas en los puntos bajos del relleno.
- Infiltraciones internas hacia el cuerpo del relleno.
- Acumulación de agua en la base del relleno, en ausencia de un sistema de drenaje adecuado.

4.4 Localización específica y determinantes ambientales del predio

Con base en la cartografía oficial de determinantes ambientales suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) para el predio identificado con matrícula inmobiliaria 070-12194 (código catastral 15001000100000002135600000000), se identifican las siguientes condiciones específicas de localización, ilustradas en la Figura 3:

- El predio limita al occidente con el Río Jordán (Río Chulo), el cual discurre encañonado dentro de su faja paralela y cauce permanente, identificados en la cartografía oficial.
- Al oriente del predio discurre la Quebrada La Salada, drenaje de tipo permanente tributario de la cuenca del Río Alto Chicamocha.
- Hacia el sector nororiental del área de estudio se identifica adicionalmente la Quebrada Las Cebollas (Quebrada Honda), de carácter intermitente.
- El polígono predial no se superpone directamente con la faja paralela ni con el cauce permanente del Río Jordán, los cuales se localizan al exterior del límite predial; no obstante, dada la proximidad, se recomienda mantener las franjas de retiro y protección establecidas por la autoridad ambiental para corrientes hídricas.
- El predio se encuentra dentro de la cuenca del Río Alto Chicamocha, en jurisdicción del municipio de Tunja, vereda Pirgua, en límites con las veredas Centro, Poravita y San Onofre, y con el municipio de Cómbita.

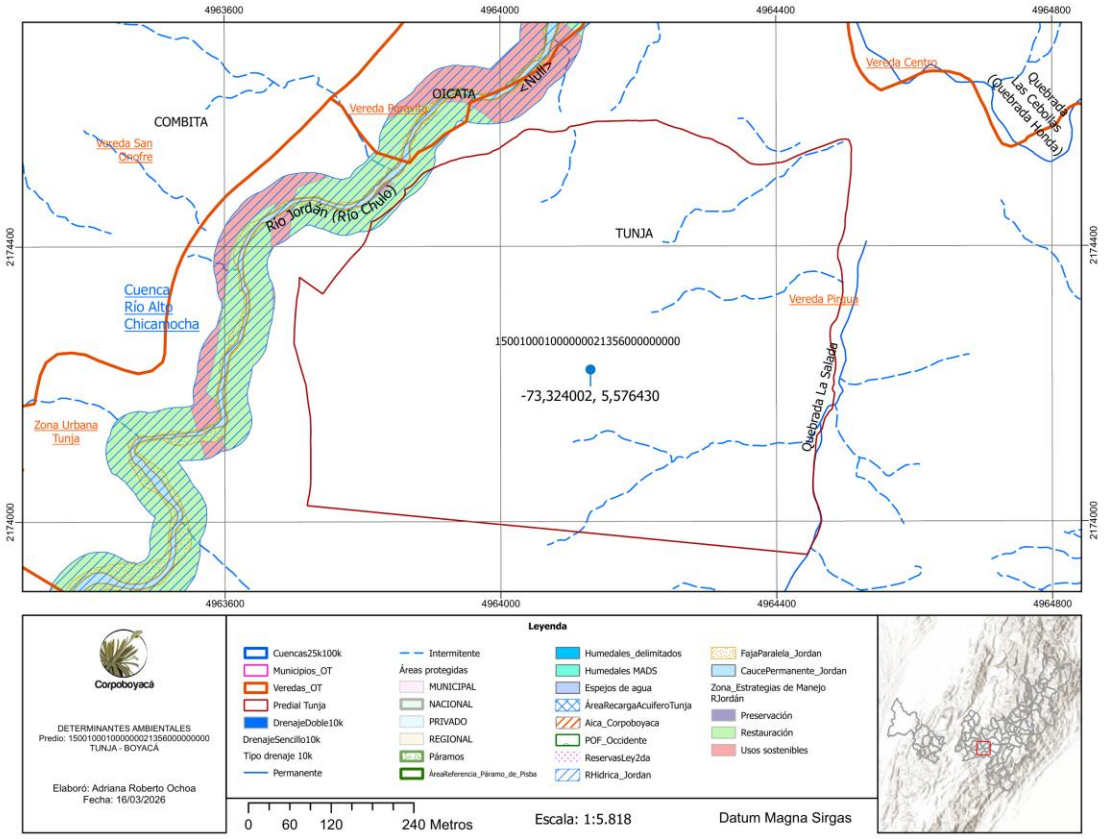


Figura 3. Determinantes ambientales del predio — Corpoboyacá (16/03/2026).

4.5 Zonificación ambiental POMCA — Río Alto Chicamocha

De acuerdo con la zonificación ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del Río Alto Chicamocha, igualmente suministrada por Corpoboyacá (Figura 4), el predio se clasifica predominantemente dentro de las siguientes categorías de uso:

- Áreas Agrosilvopastoriles: corresponden a la mayor extensión del predio, categoría que admite usos agropecuarios combinados con cobertura arbórea, compatible con el desarrollo de obras de drenaje y estabilización como la aquí propuesta.
- Áreas de recuperación para el uso múltiple: el punto específico de localización del predio (coordenadas 5.575714, -73.324079) se ubica dentro de esta categoría, orientada a la recuperación de suelos y coberturas mediante prácticas de manejo sostenible.
- Áreas de importancia ambiental: se identifican hacia el sector oriental del predio, colindando con la Quebrada La Salada.
- Áreas de restauración ecológica: se localizan al occidente, en el sector de influencia directa del Río Jordán.

Esta zonificación confirma que las obras de manejo de aguas y estabilización de relleno propuestas en el presente informe son compatibles con la vocación de uso del suelo determinada por la autoridad ambiental, en la medida en que contribuyen a la recuperación y estabilización del terreno y a la mitigación de procesos erosivos, en línea con los objetivos de las categorías de "recuperación para el uso múltiple" y "restauración ecológica" señaladas para el sector.

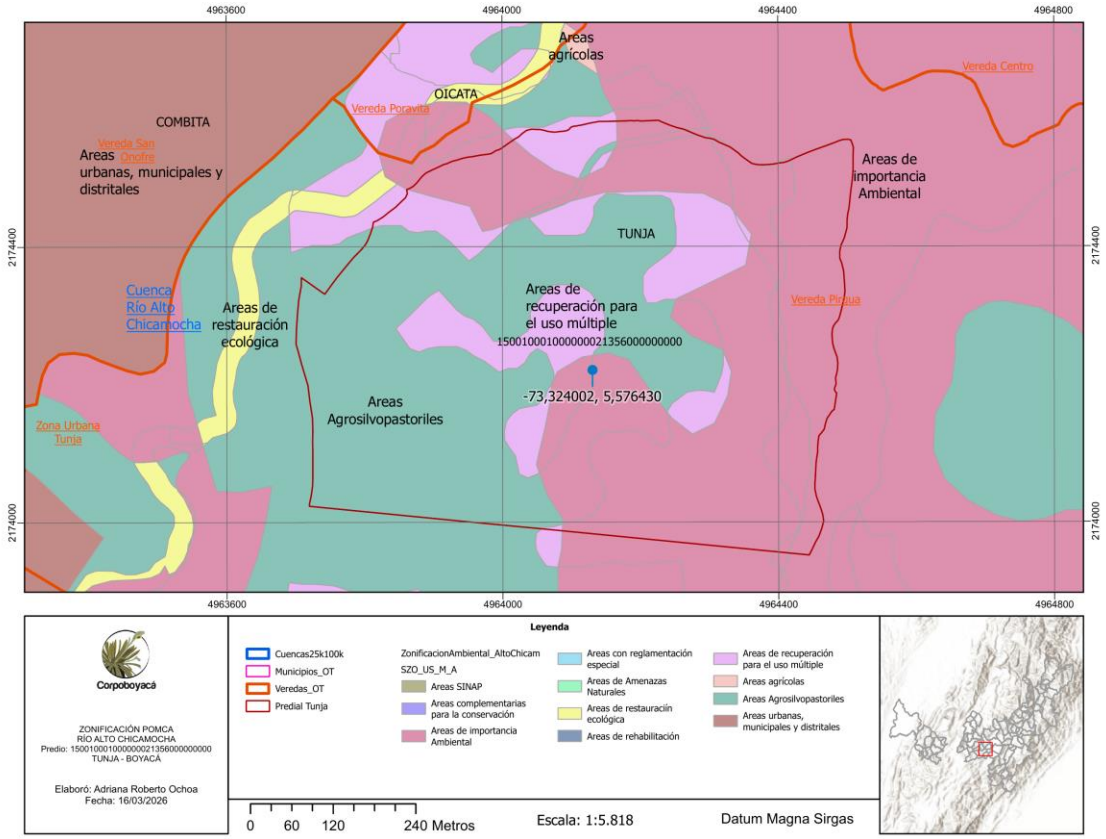


Figura 4. Zonificación ambiental POMCA Río Alto Chicamocha — Corpoboyacá (16/03/2026).

5. Diseño del filtro francés

5.1 Descripción general

Se propone un sistema de dren francés de configuración perimetral, ubicado en el pie y en los puntos de quiebre de pendiente del relleno, complementado con una cuneta de coronación en la parte alta para interceptar la escorrentía antes de que alcance el cuerpo del relleno. El sistema conduce las aguas captadas hacia un punto bajo de descarga controlada, según se ilustra en el esquema de planta (Figura 2).

5.2 Dimensiones de diseño

Parámetro	Valor de diseño
Ancho de zanja	0,60 m
Profundidad de zanja	0,80 m
Pendiente longitudinal mínima	1 %
Diámetro de tubería (seleccionado)	8" (200 mm) PVC perforado
Material filtrante	Grava lavada de 1" a 2"
Geotextil envolvente	No tejido, 200 g/m²
Longitud de tramo entre pozos	100 m (máximo)

5.3 Sección constructiva tipo

La Figura 1 presenta la sección transversal típica del filtro francés, mostrando la disposición del geotextil, el material filtrante y la tubería perforada dentro de la zanja de drenaje.

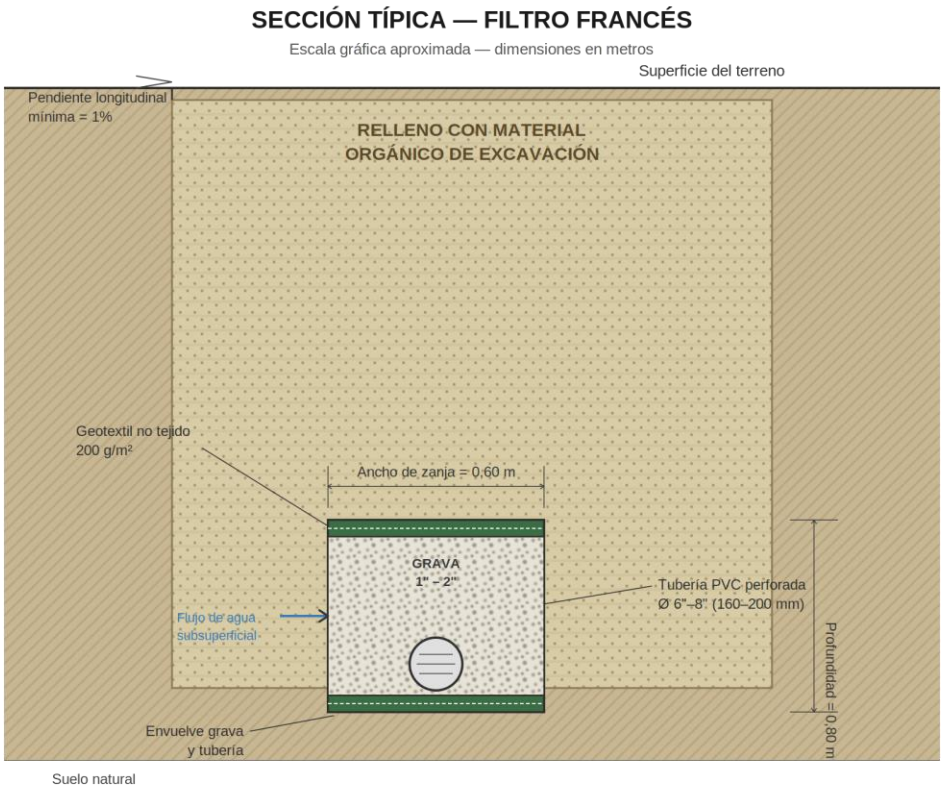


Figura 1. Sección constructiva del filtro francés — Vereda Pirgua, Tunja

Figura 1. Sección constructiva del filtro francés.

5.4 Esquema en planta

La Figura 2 presenta la disposición general en planta del sistema de filtro francés perimetral, la cuneta de coronación, los pozos de inspección y el punto de descarga hacia el cauce natural más cercano.

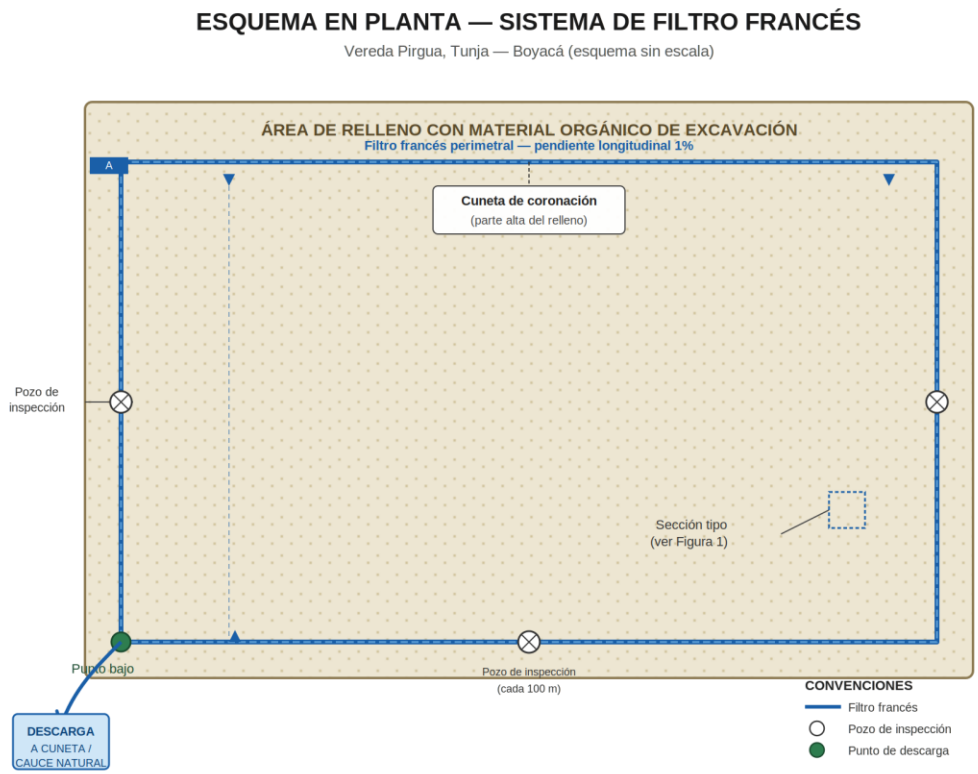


Figura 2. Esquema en planta del sistema de filtro francés perimetral

Figura 2. Esquema en planta del sistema de filtro francés.

5.5 Materiales

Geotextil no tejido

- Peso mínimo: 200 g/m².
- Función de separación entre el suelo natural y el material filtrante.
- Función de filtración, evitando el paso de partículas finas hacia el dren.
- Función de retención de finos, previniendo la colmatación del sistema.

Material filtrante

- Grava lavada de 1" a 2", libre de finos.
- Permeabilidad alta, que favorece el flujo subsuperficial hacia la tubería.

Tubería

- PVC perforado de 8" (200 mm) de diámetro, según resultados de la memoria de cálculo hidráulico.
- Ranuras inferiores para favorecer la captación del flujo subsuperficial.
- Pendiente longitudinal mínima del 1%, garantizando autolimpieza del conducto.

6. Memoria de cálculo hidráulico

A continuación se presenta la memoria de cálculo que sustenta el diseño hidráulico del filtro francés, desarrollada con base en el método racional para la estimación del caudal de escorrentía, y la ecuación de Manning para la verificación de la capacidad de conducción de la tubería perforada. Los parámetros climáticos corresponden a valores típicos reportados para la zona del altiplano boyacense (municipio de Tunja).

6.1 Caudal de diseño — Método racional

El caudal de escorrentía superficial se estima mediante la ecuación del método racional:

$$Q = (C \times I \times A) / 360$$

Donde:

- Q: caudal de diseño (m³/s).
- C: coeficiente de escorrentía, adimensional.
- I: intensidad de lluvia de diseño (mm/h).
- A: área de drenaje tributaria (ha).

Parámetro	Valor adoptado
Longitud de tramo de análisis (L)	100 m
Ancho de franja aportante	20 m
Área de aporte por tramo (A)	2.000 m² = 0,20 ha
Intensidad de lluvia de diseño (I) — Tr = 10 años	65 mm/h
Coeficiente de escorrentía (C) — relleno con cobertura parcial	0,40

Reemplazando en la ecuación:

Q = (0,40 × 65 × 0,20) / 360 = 0,01444 m³/s ≈ 14,44 l/s

Este caudal corresponde al volumen de escorrentía que debe ser captado y evacuado por cada tramo de 100 metros lineales de filtro francés.

6.2 Capacidad hidráulica del dren — Ecuación de Manning

La capacidad de conducción de la tubería perforada se verifica mediante la ecuación de Manning para flujo en conductos circulares:

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

Donde V es la velocidad media del flujo (m/s), n es el coeficiente de rugosidad de Manning, R_h es el radio hidráulico (m) y S es la pendiente longitudinal del conducto (m/m).

Parámetro	Valor adoptado
Coeficiente de rugosidad (n) — PVC	0,010
Pendiente longitudinal (S)	0,01 m/m (1,0 %)

Verificación con tubería de 6" (160 mm):

- Velocidad a tubo lleno: V = 1,17 m/s
- Caudal a tubo lleno: Q = 23,52 l/s
- Capacidad de diseño (75 % de la sección llena): Q = 17,64 l/s
- Factor de seguridad respecto al caudal requerido (14,44 l/s): FS = 1,22

Verificación con tubería de 8" (200 mm) — diámetro seleccionado:

- Velocidad a tubo lleno: V = 1,36 m/s
- Caudal a tubo lleno: Q = 42,64 l/s
- Capacidad de diseño (75 % de la sección llena): Q = 31,98 l/s
- Factor de seguridad respecto al caudal requerido (14,44 l/s): FS = 2,21

Se selecciona el diámetro de 8" (200 mm) como diámetro de diseño definitivo, dado que ofrece un factor de seguridad superior (FS = 2,21), adecuado para absorber la variabilidad propia de un relleno con material orgánico, así como posibles reducciones de capacidad por colmatación parcial a lo largo de la vida útil del sistema.

6.3 Aporte complementario del medio granular (Ley de Darcy)

Adicionalmente al flujo conducido por la tubería, el material granular (grava) que envuelve el dren aporta una capacidad de conducción complementaria, estimada mediante la ley de Darcy para flujo en medios porosos:

$$Q = k \times A \times S$$

Con una permeabilidad adoptada para grava limpia de k = 0,10 m/s, un área neta de grava en la sección de 0,4486 m² y la pendiente de diseño S = 0,01 m/m, se obtiene un caudal adicional de aproximadamente 0,45 l/s, el cual constituye una capacidad de reserva adicional del sistema.

6.4 Verificación de velocidades

La velocidad de flujo obtenida en la tubería de 8" (1,36 m/s) se encuentra dentro del rango recomendado de 0,60 a 2,00 m/s para tuberías de drenaje, evitando tanto la sedimentación de partículas (velocidades

muy bajas) como procesos erosivos o de socavación en los puntos de descarga (velocidades excesivas). Por lo tanto, no se requiere la instalación de estructuras disipadoras de energía adicionales, siempre que el punto de descarga cuente con la protección señalada en el numeral 7.1.

6.5 Resumen de diseño hidráulico

Parámetro de diseño	Resultado
Caudal de diseño por tramo (100 m)	14,44 l/s
Diámetro de tubería seleccionado	8" (200 mm) PVC perforado
Capacidad de diseño de la tubería	31,98 l/s
Factor de seguridad	2,21
Velocidad de flujo en la tubería	1,36 m/s (no erosiva)
Pendiente longitudinal adoptada	1,0 %
Caudal complementario en medio granular	0,45 l/s (reserva adicional)

Nota: los parámetros de intensidad de lluvia (I), coeficiente de escorrentía (C) y área de aporte se adoptaron a partir de valores típicos para la zona del altiplano boyacense y de la práctica geotécnica usual para rellenos de características similares, ante la ausencia de un estudio pluviométrico específico del predio. Se recomienda que, en la etapa de diseño de detalle, estos parámetros sean verificados o ajustados con base en información de campo y registros de la estación climatológica más cercana del IDEAM.

7. Medidas de mitigación y recomendaciones

7.1 Control de escorrentía

- Construcción de cunetas superficiales de coronación en la parte alta del relleno.
- Canalización adecuada de las aguas lluvias hacia el sistema de filtro francés.
- Descarga controlada hacia el cauce natural o cuneta más cercana, con estructura de protección en el punto de salida.
- Protección contra erosión mediante enrocado o gaviones en los puntos de descarga.

7.2 Protección del relleno

- Compactación del material de relleno en capas de 20 cm de espesor.
- Retiro del material vegetal excesivo previo a la conformación del relleno.
- Cobertura superficial con suelo seleccionado de baja permeabilidad.

7.3 Revegetalización

Con el fin de reducir la erosión superficial y favorecer la evapotranspiración, se recomienda establecer:

- Pastos de rápido crecimiento y adaptados a las condiciones climáticas de Tunja.
- Cobertura vegetal permanente en taludes y zonas expuestas.
- Barreras vivas en los puntos de mayor pendiente.

8. Control de flujo de agua y prevención para suelos expansivos

Los materiales orgánicos y arcillosos presentes en el relleno pueden experimentar cambios volumétricos asociados a variaciones en su contenido de humedad. Para prevenir estos efectos, se recomienda:

7. Mantener en operación permanente el sistema de drenaje propuesto.
8. Evitar empozamientos de agua sobre la superficie del relleno.
9. Instalar y mantener en buen estado las cunetas de coronación.
10. Impermeabilizar la parte superior del relleno mediante cobertura vegetal o capa de suelo seleccionado.
11. Realizar monitoreos periódicos, especialmente después de eventos de lluvia intensa.

9. Conclusiones

- El predio identificado con matrícula inmobiliaria 070-12194, de 40 hectáreas, ubicado en la vereda Pirgua (Tunja), presenta influencia hidrológica directa de la cuenca del Río Alto Chicamocha, limitando con el Río Jordán (Río Chulo) al occidente y la Quebrada La Salada al oriente, según la cartografía oficial de Corpoboyacá.
- De acuerdo con la zonificación ambiental del POMCA del Río Alto Chicamocha, el predio se clasifica mayoritariamente como Área Agrosilvopastoril y Área de recuperación para el uso múltiple, categorías compatibles con las obras de drenaje y estabilización propuestas.
- El relleno conformado con material orgánico de excavación requiere un control efectivo de humedad para garantizar su estabilidad geotécnica.
- El filtro francés diseñado, con tubería PVC perforada de 8" (200 mm), constituye una medida eficiente para el manejo de las aguas de escorrentía y subsuperficiales, con un factor de seguridad de 2,21 frente al caudal de diseño calculado.
- El uso de geotextil no tejido de 200 g/m² evita la colmatación del dren y prolonga su vida útil.
- La implementación integral del sistema —filtro francés, cuneta de coronación, protección de descarga y revegetalización— incrementa significativamente la estabilidad y la vida útil del relleno.
- Los resultados de la memoria de cálculo sustentan técnicamente la viabilidad del diseño propuesto para su radicación ante la Alcaldía Municipal de Tunja.

_____

ANGIE LIZETH FAGUA SANCHEZ
Ingeniera Ambiental y Sanitaria
TP 15238-403982 BYC
Profesional responsable