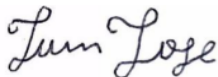


 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 1/18

MEMORIA DE CÁLCULO **RED SANITARIA Y VENTILACIÓN** **COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL — MUNICIPIO DE GAMARRA, CESAR**

NTC 1500 / RAS 2000 Título D / Método de Hunter

Campo	Dato
Proyecto	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR — Programa "Mejoramiento de la Infraestructura Educativa en Distintos Municipios del Departamento del Cesar".
Municipio	Gamarra, Cesar
Documento N°	02GAM
Revisión	0A
Fecha	Julio de 2026
Elaboró	Juan José Oñate Arzuaga
M.P.	091037 – 0661809 CND
Firma	 ING. JUAN JOSE OÑATE ARZUAGA M.P. 091037 – 0661809 CND Especialista en Gerencia de Construcciones

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 2/18

Contenido

1. OBJETO	4
1.1. Generalidades	4
1.2. Objetivo del diseño	4
1.3. Alcance	4
2. MARCO NORMATIVO	5
2.1. Generalidades	5
2.2. NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería	5
2.3. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	5
2.4. Resolución 0330 de 2017	6
2.5. Método de Hunter	6
2.6. Ecuación de Manning	6
2.7. Fuerza tractiva	6
2.8. Criterios generales de diseño	6
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SANITARIO	7
3.1. Generalidades	7
3.2. Funcionamiento hidráulico de la red sanitaria	7
3.3. Configuración general del sistema	7
3.4. Material de las tuberías	8
3.5. Criterios de diseño adoptados	8
3.6. Organización de la red sanitaria	9
3.7. Descripción del sistema de descarga	9
4. PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO	9
4.1. Generalidades	9
4.2. Relación de llenado (y/D)	9
4.3. Relación de caudales (q/Q) y de velocidades (v/V)	10
4.4. Velocidad mínima de autolimpieza y fuerza tractiva	10
4.5. Resumen de los parámetros adoptados	10
5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE – MÉTODO DE HUNTER	10
5.1. Generalidades	10
5.2. Inventario de aparatos sanitarios	11
5.3. Cálculo de las Unidades de Hunter	11
5.4. Conversión de Unidades de Hunter a caudal de diseño	11
5.5. Interpretación hidráulica del resultado	11
5.6. Resumen de resultados	12

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 3/18

6. BAJANTES SANITARIOS	12
7. DISEÑO HIDRÁULICO DE LOS COLECTORES SANITARIOS	12
7.1. Generalidades	12
7.2. Metodología de cálculo	13
7.3. Parámetros geométricos de los colectores	13
7.4. Procedimiento general de cálculo hidráulico	13
7.5. Desarrollo del cálculo del tramo crítico (Caja C3 – Conexión red existente)	14
7.6. Verificación hidráulica de la red sanitaria	15
7.7. Interpretación de los resultados	15
7.8. Conclusiones del diseño hidráulico	15
8. PUNTO DE DESCARGA — RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE	16
9. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SANITARIA	16
9.1. Generalidades	16
9.2. Descripción y justificación	16
9.3. Criterios de instalación (NTC 1500)	17
9.4. Inventario de válvulas minivent	17
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17

Nota: actualizar la tabla de contenido en Word (clic derecho → Actualizar campos).

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 4/18

1. OBJETO

1.1. Generalidades

La presente memoria de cálculo tiene por objeto desarrollar el diseño hidráulico de la red sanitaria y del sistema de ventilación del bloque nuevo de aulas del Colegio Promoción Social, localizado en el kilómetro 2 de la vía Gamarra – Aguachica, municipio de Gamarra, departamento del Cesar, como parte del proyecto "CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR".

El documento presenta el procedimiento técnico empleado para el dimensionamiento de las tuberías sanitarias, los bajantes, los colectores horizontales y el sistema de ventilación, garantizando el adecuado transporte de las aguas residuales domésticas desde cada uno de los aparatos sanitarios hasta el punto de conexión con la red de alcantarillado existente del establecimiento.

El diseño se desarrolló considerando que el proyecto descarga a la red de alcantarillado sanitario existente de 6", conforme a lo indicado en el plano SAN-101.

1.2. Objetivo del diseño

El objetivo principal del diseño consiste en garantizar que la red sanitaria pueda transportar el caudal máximo probable generado por la totalidad de los aparatos sanitarios del bloque nuevo, manteniendo condiciones hidráulicas que eviten sedimentaciones, obstrucciones, pérdidas del sello hidráulico de los sifones y sobrepresiones dentro de la red. Para alcanzar este propósito, el diseño verifica el cumplimiento de los siguientes criterios:

- Determinación del caudal máximo probable mediante el Método de Hunter.
- Dimensionamiento hidráulico de las tuberías sanitarias.
- Verificación de la capacidad de los bajantes sanitarios conforme a la NTC 1500.
- Verificación de velocidades mínimas de autolimpieza.
- Comprobación de la fuerza tractiva mínima exigida por la reglamentación.
- Verificación del grado de llenado de las tuberías.
- Diseño del sistema de ventilación mediante válvulas de admisión de aire (Minivent) y tramos de ventilación de 2".
- Conducción segura del caudal hasta la red de alcantarillado existente.

1.3. Alcance

La presente memoria comprende el desarrollo técnico de los siguientes componentes:

- Inventario de aparatos sanitarios.
- Determinación de las Unidades de Hunter.
- Cálculo del caudal máximo probable.
- Verificación de los bajantes sanitarios.
- Diseño de colectores horizontales.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 5/18

- Verificación mediante la ecuación de Manning y fuerza tractiva.
- Verificación de relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno.
- Diseño del sistema de ventilación.
- Verificación del punto de descarga a la red de alcantarillado existente.
- Comprobación del cumplimiento de la NTC 1500 y del RAS.

No hace parte del presente documento el diseño estructural de las cajas de inspección, la red de aguas lluvias (Doc. 04GAM) ni el diseño de la red de alcantarillado existente, los cuales corresponden a memorias independientes del proyecto.

2. MARCO NORMATIVO

2.1. Generalidades

El diseño hidráulico de la red sanitaria fue desarrollado conforme a la reglamentación colombiana vigente para instalaciones hidrosanitarias, considerando las normas que regulan el cálculo del caudal de diseño, el dimensionamiento de tuberías, las condiciones hidráulicas de funcionamiento y los criterios mínimos para los sistemas de ventilación. La aplicación de estas normas garantiza que el sistema proyectado opere bajo condiciones de seguridad sanitaria, adecuada capacidad hidráulica y facilidad de mantenimiento durante toda su vida útil.

2.2. NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería

La Norma Técnica Colombiana NTC 1500 establece los criterios para el diseño de instalaciones hidrosanitarias en edificaciones. En el presente proyecto esta norma se utiliza para:

- Determinar las Unidades de Hunter de cada aparato sanitario.
- Calcular el caudal máximo probable de descarga.
- Definir los diámetros mínimos de las tuberías y la capacidad de los bajantes.
- Establecer las pendientes mínimas de los colectores.
- Verificar las velocidades mínimas de autolimpieza.
- Diseñar el sistema de ventilación mediante válvulas de admisión de aire.

El empleo del Método de Hunter permite representar el comportamiento probabilístico del uso simultáneo de los aparatos sanitarios, evitando sobredimensionamientos innecesarios en la red.

2.3. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

El dimensionamiento hidráulico de los colectores sanitarios se desarrolla conforme al Título D del RAS, el cual establece las ecuaciones hidráulicas para el análisis del flujo en tuberías parcialmente llenas. En particular se emplean la Ecuación D.6.11, correspondiente a la ecuación de Manning para flujo uniforme, y la Ecuación D.6.15, correspondiente al cálculo de la fuerza tractiva o tensión de arrastre. Estas expresiones permiten verificar que la red sanitaria tenga capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño sin generar sedimentaciones ni velocidades excesivas.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 6/18

2.4. Resolución 0330 de 2017

Adicionalmente se verifican los criterios establecidos por la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, particularmente los relacionados con la fuerza tractiva mínima, la relación máxima de llenado de la tubería y las condiciones hidráulicas de operación de colectores sanitarios. Estos criterios complementan las verificaciones hidráulicas exigidas por el RAS y garantizan el adecuado funcionamiento de la red durante su operación.

2.5. Método de Hunter

El cálculo del caudal máximo probable de descarga se realiza mediante el Método de Hunter, ampliamente utilizado en el diseño de instalaciones sanitarias. Este método reconoce que los aparatos sanitarios de una edificación no funcionan simultáneamente, por lo que el caudal de diseño resulta considerablemente inferior a la suma de los caudales individuales. Para representar este comportamiento probabilístico, a cada aparato sanitario se le asigna un número de Unidades de Hunter (UH), cuyo valor depende del tipo de aparato y de sus características de descarga. Posteriormente, mediante las curvas o tablas de Hunter, el total de unidades acumuladas se transforma en el caudal máximo probable que deberá transportar la red. Esta metodología constituye el procedimiento oficialmente adoptado por la NTC 1500 para el dimensionamiento de instalaciones sanitarias en edificaciones.

2.6. Ecuación de Manning

El comportamiento hidráulico de los colectores se analiza mediante la ecuación de Manning, ampliamente utilizada para el cálculo de conducciones a flujo libre:

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

donde V es la velocidad del flujo (m/s), n el coeficiente de rugosidad de Manning, R el radio hidráulico (m) y S la pendiente hidráulica (m/m). Esta ecuación permite determinar la velocidad del agua residual y, posteriormente, la capacidad hidráulica de cada colector.

2.7. Fuerza tractiva

Además de verificar la velocidad, el RAS exige comprobar que el flujo genere una tensión suficiente sobre el fondo de la tubería para impedir la sedimentación de sólidos. Esta condición se evalúa mediante la ecuación:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

donde τ es la fuerza tractiva (Pa), γ el peso específico del agua, R el radio hidráulico y S la pendiente. El cumplimiento de este criterio garantiza que la red tenga capacidad de autolimpieza y evita la acumulación progresiva de sedimentos en el interior de las tuberías.

2.8. Criterios generales de diseño

Con base en la reglamentación anteriormente descrita, el sistema sanitario del bloque nuevo del Colegio Promoción Social fue diseñado bajo los siguientes principios:

- Transporte por gravedad en toda la red.
- Flujo parcialmente lleno en los colectores.
- Uso de tuberías sanitarias en PVC.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 7/18

- Bajantes sanitarios de 4" para las descargas del segundo piso.
- Ventilación mediante válvulas Minivent y tramos de ventilación de 2".
- Descarga final a la red de alcantarillado existente de 6".
- Cumplimiento de las velocidades mínimas de autolimpieza y de la fuerza tractiva mínima.
- Verificación del grado máximo de llenado de las tuberías.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SANITARIO

3.1. Generalidades

La red sanitaria del bloque nuevo tiene como finalidad recolectar y transportar las aguas residuales domésticas generadas en la edificación hasta la red de alcantarillado existente. El sistema fue diseñado para funcionar completamente por gravedad, por lo que no se requiere la utilización de estaciones de bombeo ni equipos electromecánicos para el transporte de las aguas residuales.

El proyecto corresponde a una edificación de dos niveles: en el primer piso se ubican las aulas 1 a 3, la sala de profesores, la rectoría, la administración, el aula de informática, la zona de baños y la zona de cocina; en el segundo piso se ubican las aulas 4 y 5, el aula de bilingüismo, la sala de arte, el laboratorio de química y la zona de baños. La altura libre entre el piso 1 y el piso 2 es de 4,15 m, condición que define la longitud de los bajantes sanitarios de la edificación.

Todas las aguas residuales provenientes de inodoros, lavamanos, orinales, bebederos, pocetas de aseo y demás aparatos sanitarios son conducidas mediante tuberías sanitarias de PVC hasta los colectores principales, los cuales descargan finalmente en la red de alcantarillado existente.

3.2. Funcionamiento hidráulico de la red sanitaria

Una red sanitaria por gravedad opera bajo el principio de flujo libre, es decir, el agua residual circula impulsada únicamente por la acción de la gravedad, sin que las tuberías trabajen completamente llenas. En este tipo de sistemas, el flujo ocupa únicamente una fracción de la sección transversal de la tubería, permaneciendo una porción superior libre que permite la circulación del aire. Esta condición resulta fundamental para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema, ya que evita la formación de presiones internas que puedan afectar el sello hidráulico de los sifones instalados en los aparatos sanitarios.

Desde el punto de vista hidráulico, el diseño debe garantizar simultáneamente el transporte continuo del caudal máximo probable, velocidades suficientes para producir autolimpieza, un grado de llenado inferior al límite establecido por la reglamentación, la ausencia de presiones positivas o negativas que afecten los aparatos sanitarios y una adecuada ventilación de la red.

3.3. Configuración general del sistema

La red sanitaria del proyecto está conformada por cuatro componentes principales:

a) Ramales de descarga

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 8/18

Son las tuberías que reciben directamente las descargas provenientes de cada aparato sanitario (ramales AN de 1 1/2", 2" y 4" según los planos SAN-102 y SAN-103). Cada aparato descarga inicialmente sobre un sifón hidráulico que impide el retorno de gases provenientes de la red. Los ramales transportan el agua residual hasta las cajas de inspección o hasta los colectores secundarios.

b) Bajantes sanitarios

Las descargas de la zona de baños del segundo piso se conducen mediante dos bajantes sanitarios de PVC de 4" (longitud $\approx$ 4,15 m), los cuales entregan su caudal a los colectores horizontales del primer piso, conforme a los planos SAN-102 y SAN-104.

c) Colectores horizontales

Los colectores horizontales constituyen la red principal del sistema sanitario. Su función consiste en reunir progresivamente los caudales provenientes de las diferentes zonas de la edificación (cajas AN C1, C2 y C3) y conducirlos hasta el último tramo del sistema, que descarga directamente en la red de alcantarillado existente de 6". Durante su recorrido, el caudal transportado aumenta conforme se incorporan nuevos ramales, razón por la cual cada tramo debe verificarse hidráulicamente.

d) Sistema de ventilación

La ventilación de la red se resuelve mediante válvulas de admisión de aire tipo Minivent instaladas en los ramales y tramos verticales de ventilación de 2" (VENT 2") en las baterías de baños, conforme a los planos del proyecto.

3.4. Material de las tuberías

Todas las conducciones sanitarias fueron proyectadas utilizando tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) para uso sanitario. La selección de este material obedece a su baja rugosidad interna, alta resistencia a la corrosión, excelente comportamiento frente a aguas residuales domésticas, facilidad de instalación mediante uniones herméticas, bajo peso y amplia disponibilidad comercial. Para el cálculo hidráulico se adopta el coeficiente de rugosidad de Manning recomendado para tuberías de PVC:

$$n = 0,009$$

3.5. Criterios de diseño adoptados

- Utilización de tuberías sanitarias de PVC.
- Diámetro uniforme de 4 pulgadas para los colectores principales.
- Pendiente del 1,0 %, verificada mediante la ecuación de Manning.
- Transporte completamente por gravedad.
- Bajantes sanitarios de 4" para las descargas del segundo piso.
- Ventilación mediante válvulas Minivent y tramos VENT 2".
- Descarga final a la red de alcantarillado existente de 6".

La adopción de un diámetro uniforme en los colectores principales simplifica el proceso constructivo, reduce la variedad de accesorios requeridos durante la ejecución de la obra y facilita las actividades futuras de operación y mantenimiento, sin comprometer la capacidad hidráulica del sistema.

3.6. Organización de la red sanitaria

Con el fin de optimizar el funcionamiento hidráulico y facilitar el mantenimiento de la infraestructura, la red sanitaria fue dividida en diferentes zonas de drenaje, cada una asociada a una caja de inspección principal (AN C1, AN C2 y AN C3). Las principales zonas sanitarias del proyecto corresponden a:

Zona / Caja	Ambiente	Aparatos
Baños Piso 1	Batería sanitaria hombres / mujeres	19 aparatos
Administrativo	Baños rectoría / administración	4 aparatos
Sala de profesores	Cocineta	1 aparato
Baños Piso 2	Batería sanitaria hombres / mujeres (Bajantes BS-1 y BS-2)	16 aparatos
Aseo Piso 2	Poceta / lavatraperos y bebederos	2 aparatos

Tabla 3-1. Zonas sanitarias del proyecto.

Cada una de estas zonas descarga inicialmente a una caja de inspección, desde donde el flujo es incorporado progresivamente a los colectores principales hasta llegar a la conexión con la red de alcantarillado existente. Esta configuración permite una distribución ordenada de los caudales y facilita tanto la construcción como el mantenimiento de la red.

3.7. Descripción del sistema de descarga

El sistema sanitario diseñado para el bloque nuevo puede resumirse mediante la siguiente secuencia de funcionamiento:

**Aparatos sanitarios → Ramales de descarga → Bajantes sanitarios (piso 2) → Colectores horizontales →
Cajas de inspección → Conexión a la red de alcantarillado existente de 6"**

Esta configuración garantiza que la totalidad de las aguas residuales domésticas generadas en el establecimiento sean conducidas de manera segura hasta la red de alcantarillado existente.

4. PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO

4.1. Generalidades

El adecuado funcionamiento de una red sanitaria por gravedad depende de que el flujo de las aguas residuales se desarrolle bajo condiciones hidráulicas que permitan el transporte continuo de los sólidos presentes en el agua sin generar sedimentaciones, obstrucciones o velocidades excesivas. Para lograr este objetivo, el diseño verifica simultáneamente el caudal máximo probable, la velocidad del flujo, la capacidad hidráulica de la tubería, la relación de llenado (y/D), la relación de utilización (q/Q), la relación de velocidades (v/V), la fuerza tractiva, la pendiente hidráulica y la rugosidad del material.

4.2. Relación de llenado (y/D)

La relación entre la profundidad del flujo y el diámetro interno de la tubería indica qué porcentaje de la sección transversal se encuentra ocupado por el flujo. Para colectores sanitarios se recomienda:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 10/18

$$y/D \leq 0,75$$

Este límite garantiza la existencia de un espacio suficiente para la circulación del aire y evita el funcionamiento a presión de la red.

4.3. Relación de caudales (q/Q) y de velocidades (v/V)

La relación q/Q representa el porcentaje de utilización de la capacidad hidráulica de la tubería: cuando este valor es inferior a la unidad, la conducción posee capacidad suficiente para transportar el flujo. La relación v/V permite obtener, mediante las relaciones hidráulicas para tuberías parcialmente llenas, la velocidad real correspondiente al porcentaje de llenado calculado para cada tramo.

4.4. Velocidad mínima de autolimpieza y fuerza tractiva

El RAS establece que la velocidad mínima recomendable para colectores sanitarios es aproximadamente $V_{\min} = 0,60$ m/s, y el Art. 141 de la Resolución 0330 de 2017 establece una fuerza tractiva mínima de $\tau = 1,00$ Pa. El cumplimiento de estos valores garantiza que el flujo posea suficiente capacidad para remover los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales.

4.5. Resumen de los parámetros adoptados

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Tipo de uso	Institucional (escuela)	—	Proyecto
Coeficiente de Manning (n)	0,009	adim.	RAS 2000 Título D — PVC
Fuerza tractiva mínima (τ)	$\geq 1,0$	Pa	Art. 141, Res. 0330
Relación y/D y q/Q máxima	0,75 / 0,85	adim.	RAS / Art. 143, Res. 0330
Velocidad mínima	0,60	m/s	NTC 1500
Velocidad máxima	5,00	m/s	NTC 1500
Peso específico del agua (γ)	9.810	N/m ³	Valor estándar
Pendiente de colectores	1,00	%	Planos SAN-101 / SAN-102

Tabla 4-1. Parámetros de diseño hidráulico.

5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE – MÉTODO DE HUNTER

5.1. Generalidades

El diseño de una red sanitaria requiere determinar el caudal máximo que deberá transportar cada uno de sus colectores durante las condiciones normales de operación del sistema. En una institución educativa, el uso de los sanitarios ocurre de manera intermitente y aleatoria: mientras algunos aparatos se encuentran en funcionamiento, otros permanecen inactivos. Por ello, el caudal real que circula por la red es considerablemente menor que la suma de las descargas individuales de todos los aparatos. Con el propósito de representar este comportamiento estadístico, la NTC 1500 adopta el Método de Hunter, el cual permite estimar el caudal máximo probable de descarga a partir del número de aparatos sanitarios instalados y de la frecuencia esperada de utilización.

5.2. Inventario de aparatos sanitarios

Con base en los planos hidrosanitarios del proyecto (SAN-102, SAN-103 y SAN-104), se identificó el siguiente inventario de aparatos sanitarios para los dos niveles de la edificación:

Aparato sanitario	UH/aparato (tanque)	Cantidad	Total UH
Inodoro Tanque	3	16	48
Orinal	2	6	12
Lavamanos	1	16	16
Bebedero	1	2	2
Poceta / Lavatrapero (aseo)	2	1	2
Lavaplatos (cocineta)	2	1	2
TOTAL UH del proyecto	—	42	82

Tabla 5-1. Inventario de aparatos sanitarios y unidades de Hunter.

A cada aparato se le asignó el correspondiente número de Unidades de Hunter conforme a la NTC 1500. Este inventario deberá verificarse contra el listado definitivo de aparatos del proyecto arquitectónico antes de la radicación final de la memoria.

5.3. Cálculo de las Unidades de Hunter

La contribución total del edificio se obtiene sumando las Unidades de Hunter correspondientes a todos los aparatos sanitarios instalados:

$$UH_T = \sum UH_i = 82$$

Este valor representa la totalidad de las descargas probables que pueden producirse simultáneamente dentro del establecimiento educativo.

5.4. Conversión de Unidades de Hunter a caudal de diseño

Una vez determinado el número total de Unidades de Hunter, este valor se transforma en un caudal máximo probable utilizando las curvas probabilísticas desarrolladas por Hunter y adoptadas por la NTC 1500 (sistemas con inodoros de tanque). Consultando la curva correspondiente para $UH = 82$ se obtiene un caudal máximo probable igual a:

$$Q = 2,33 \text{ L/s}$$

Este valor corresponde al caudal de diseño que deberá ser transportado por el colector principal del sistema sanitario.

5.5. Interpretación hidráulica del resultado

El resultado obtenido indica que, aunque la institución cuenta con un número importante de aparatos sanitarios, la probabilidad de que todos descarguen simultáneamente es muy baja. En consecuencia, el colector principal únicamente necesita ser diseñado para transportar un caudal de aproximadamente 2,33 L/s, valor significativamente inferior a la suma de las descargas individuales de todos los aparatos. La utilización de este método permite obtener

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 12/18

una solución hidráulicamente eficiente y económicamente racional, manteniendo adecuados niveles de seguridad durante la operación del sistema.

5.6. Resumen de resultados

Parámetro	Valor
Total de Unidades de Hunter	82 UH
Método de cálculo	Hunter (NTC 1500)
Caudal máximo probable	2,33 L/s
Tipo de descarga	Probabilística
Destino final	Red de alcantarillado existente 6"

Tabla 5-2. Resumen unidades Hunter y caudal de diseño.

6. BAJANTES SANITARIOS

Por tratarse de una edificación de dos niveles, las descargas de la zona de baños del segundo piso se conducen mediante dos bajantes sanitarios de PVC de 4" (BS-1 y BS-2), con longitud aproximada de 4,15 m correspondiente a la altura libre entre el piso 2 y el piso 1, conforme a los planos SAN-102 y SAN-104.

La carga hidráulica del segundo piso corresponde a 42 UH (16 aparatos más los bebederos y la poceta de aseo), distribuidas aproximadamente en 21 UH por bajante. De acuerdo con la NTC 1500, un bajante sanitario de 4" admite hasta 240 UH para edificaciones de hasta tres pisos, por lo que cada bajante trabaja muy por debajo de su capacidad admisible:

Bajante	UH servidas	Ø	UH admisibles NTC 1500	Verif.
BS-1	21	4"	240	✓
BS-2	21	4"	240	✓

Tabla 6-1. Verificación de bajantes sanitarios.

En consecuencia, los bajantes proyectados garantizan la conducción segura de las descargas del segundo piso sin riesgo de sobrepresiones ni pérdida de los sellos hidráulicos, en conjunto con el sistema de ventilación descrito en el Capítulo 9.

7. DISEÑO HIDRÁULICO DE LOS COLECTORES SANITARIOS

7.1. Generalidades

Los colectores sanitarios constituyen la red principal de conducción de las aguas residuales domésticas generadas en el bloque nuevo del Colegio Promoción Social. Su función consiste en transportar por gravedad el caudal proveniente de los ramales y bajantes sanitarios hasta la red de alcantarillado existente, garantizando un funcionamiento continuo, seguro y eficiente. El diseño hidráulico se realizó considerando flujo uniforme y permanente en tuberías parcialmente llenas, utilizando la ecuación de Manning para determinar la capacidad hidráulica de las conducciones y la fuerza tractiva como criterio de autolimpieza.

7.2. Metodología de cálculo

El procedimiento utilizado para el dimensionamiento hidráulico de cada tramo de la red sanitaria comprende las siguientes etapas: determinación del número acumulado de Unidades de Hunter (UH); conversión de las UH al caudal máximo probable; selección del diámetro de la tubería; definición de la pendiente longitudinal; determinación del área y el radio hidráulico; obtención de la velocidad mediante la ecuación de Manning; cálculo de la capacidad hidráulica; verificación de la relación q/Q ; determinación de las relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno (v/V y y/D); cálculo de la velocidad efectiva; y verificación de la fuerza tractiva. Este procedimiento fue aplicado a todos los tramos de la red sanitaria hasta el punto de descarga en la red de alcantarillado existente.

7.3. Parámetros geométricos de los colectores

Para el cálculo hidráulico se emplean las dimensiones interiores reales de las tuberías de PVC sanitario, ya que el comportamiento hidráulico depende del diámetro interno efectivo y no del diámetro nominal. La siguiente tabla resume los diámetros interiores y el coeficiente de rugosidad de Manning adoptado:

Diám. Nominal	Diám. (mm)	Diám. Int. (mm)	Espesor (mm)	Manning
2 pulg	60,32	58,48	2,92	0,009
3 pulg	82,56	76,20	3,18	0,009
4 pulg	110,00	107,40	3,30	0,009
6 pulg	168,00	160,20	4,12	0,009
8 pulg	200,00	182,00	9,00	0,009

Tabla 7-1. Diámetros hidráulicos de Tubería PVC Sanitaria.

7.4. Procedimiento general de cálculo hidráulico

Paso 1. Selección del diámetro

Se selecciona el diámetro nominal de la tubería de acuerdo con el caudal acumulado y las restricciones establecidas por la NTC 1500 y el RAS.

Paso 2. Área hidráulica

$$A = \pi \cdot D^2 / 4$$

Paso 3. Radio hidráulico (sección llena)

$$R = D / 4$$

Paso 4. Velocidad mediante Manning

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

Paso 5. Capacidad hidráulica

$$Q = A \times V$$

Paso 6. Relación de utilización

$$q / Q$$

Paso 7. Relaciones hidráulicas

A partir de la relación q/Q se obtienen, mediante las relaciones hidráulicas para tuberías circulares parcialmente llenas, los parámetros v/V y y/D .

Paso 8. Velocidad efectiva

$$v = (v/V) \cdot V$$

Paso 9. Fuerza tractiva

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot S$$

donde R_h es el radio hidráulico efectivo para el flujo parcial.

7.5. Desarrollo del cálculo del tramo crítico (Caja C3 – Conexión red existente)

Este tramo transporta el caudal máximo de la red sanitaria y, por tanto, representa la condición de diseño más desfavorable.

Parámetro	Valor
Tramo	Caja C3 – Conexión red de alcantarillado 6"
Unidades Hunter	82
Caudal de diseño	2,33 L/s
Diámetro	4"
Diámetro interior	107,40 mm
Pendiente	1,00 %
Manning	0,009

Tabla 7-2. Parámetros de cálculo del tramo crítico Caja C3 – Conexión red existente.

Área hidráulica

$$A = \pi \cdot (0,1074)^2 / 4 = 0,009057 \text{ m}^2$$

Radio hidráulico

$$R = 0,1074 / 4 = 0,02685 \text{ m}$$

Velocidad a sección llena

$$V = (1/0,009) \cdot (0,02685)^{(2/3)} \cdot (0,010)^{(1/2)} = 0,997 \text{ m/s}$$

Capacidad hidráulica

$$Q = A \times V = 0,009057 \times 0,997 = 0,009026 \text{ m}^3/\text{s} = 9,03 \text{ L/s}$$

Relación de utilización

$$q/Q = 2,33 / 9,03 = 0,258$$

Relación de velocidades y de llenado

$$v/V = 0,838 \quad y/D = 0,346$$

Velocidad efectiva

$$v = 0,838 \times 0,997 = 0,835 \text{ m/s}$$

Fuerza tractiva

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot S = 2,02 \text{ Pa}$$

Los resultados obtenidos demuestran que el tramo crítico cumple con todos los criterios hidráulicos de diseño, garantizando una adecuada capacidad de conducción y condiciones de autolimpieza.

7.6. Verificación hidráulica de la red sanitaria

Una vez desarrollado el procedimiento anterior para el tramo más desfavorable, el mismo análisis fue aplicado a la totalidad de los colectores de la red sanitaria, adoptando las longitudes de los planos SAN-101 y SAN-102:

Tramo	UH	Q _{dis} (L/s)	Ø	S (%)	L (m)	Q _{ll} (L/s)	q/Q	y/D	v _{ef} (m/s)	τ (Pa)
Baños P1 + BS-1 → Caja C1	42	1,48	4"	1,0	4,61	9,03	0,163	0,273	0,73	1,67
Caja C1 → Caja C2	82	2,33	4"	1,0	15,98	9,03	0,258	0,346	0,84	2,02
Caja C2 → Caja C3	82	2,33	4"	1,0	16,55	9,03	0,258	0,346	0,84	2,02
Caja C3 → Conexión red 6"	82	2,33	4"	1,0	26,46	9,03	0,258	0,346	0,84	2,02

Tabla 7-3. Verificación hidráulica de los colectores sanitarios.

7.7. Interpretación de los resultados

Del análisis hidráulico presentado en la Tabla 7-3 se concluye que todos los colectores sanitarios proyectados cumplen con los criterios de diseño establecidos por la NTC 1500, el RAS y la Resolución 0330 de 2017. La relación q/Q presenta valores comprendidos entre 0,163 y 0,258, lo que indica que ningún tramo trabaja cercano a su capacidad máxima y que todas las tuberías cuentan con un margen suficiente para atender las condiciones normales de operación e incluso futuras ampliaciones.

Las velocidades efectivas varían entre 0,73 m/s y 0,84 m/s, superiores al mínimo de autolimpieza (0,60 m/s). La relación de llenado y/D oscila entre 0,273 y 0,346, valores significativamente inferiores al límite recomendado de 0,75, lo que asegura que las tuberías trabajen a flujo parcialmente lleno, permitiendo la circulación del aire y el correcto funcionamiento del sistema de ventilación. Finalmente, la fuerza tractiva obtenida en todos los tramos (1,67 a 2,02 Pa) supera el valor mínimo normativo de 1,0 Pa, garantizando el arrastre de sólidos y reduciendo el riesgo de sedimentaciones.

7.8. Conclusiones del diseño hidráulico

El análisis desarrollado demuestra que el diámetro de 4 pulgadas adoptado para los colectores, con pendiente del 1,0 %, es suficiente para transportar el caudal máximo probable de 2,33 L/s generado por el bloque nuevo del Colegio Promoción Social. Las verificaciones realizadas mediante la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno evidencian que la red opera con amplios márgenes de seguridad, manteniendo velocidades

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 16/18

adecuadas, un grado de llenado inferior al máximo permitido y una fuerza tractiva suficiente para garantizar la autolimpieza de las tuberías.

8. PUNTO DE DESCARGA — RED DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

El tramo final de la red (Caja C3 → Conexión) conduce la totalidad del caudal sanitario (82 UH = 2,33 L/s) hasta la red de alcantarillado existente del establecimiento. El punto de descarga corresponde a la conexión a la red de alcantarillado de 6" indicada en el plano SAN-101, localizada en el costado occidental del predio, en el recorrido de la red interna existente de la institución.

Parámetro	Valor	Referencia
Caudal de diseño en el tramo final	2,33 L/s (82 UH)	Método Hunter
Tubería de llegada	PVC 4" (Ø_int 107,4 mm)	Colector C3 → Conexión
Pendiente del colector final	1,0 %	Diseño hidráulico
Punto de descarga	Conexión a red de alcantarillado 6"	Plano SAN-101
Sistema de alcantarillado	Red existente de la institución — municipio de Gamarra	Disponible en el predio
Conexión	Disponible — red habilitada	Condición del proyecto

Tabla 8-1. Datos del punto de descarga.

La capacidad de la tubería receptora de 6" ($Q_{II} = 26,22$ L/s al 1,0 %) resulta ampliamente superior al caudal sanitario entregado por el bloque nuevo, por lo que la conexión no compromete el funcionamiento hidráulico de la red existente.

9. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SANITARIA

9.1. Generalidades

El sistema de ventilación de la red sanitaria tiene como finalidad mantener el equilibrio de presiones dentro de las tuberías durante la descarga de las aguas residuales, evitando la pérdida del sello hidráulico de los sifones y el ingreso de gases provenientes de la red sanitaria al interior de las edificaciones.

Para el bloque nuevo del Colegio Promoción Social se adoptó un sistema mixto conformado por válvulas de admisión de aire tipo Minivent instaladas en los ramales de descarga y tramos verticales de ventilación de 2" (VENT 2") en las baterías de baños de ambos niveles, conforme a los planos SAN-102, SAN-103 y SAN-104. Esta solución simplifica la instalación de la red sanitaria, reduce la cantidad de tuberías de ventilación que atraviesan la cubierta y mantiene el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema.

9.2. Descripción y justificación

La edificación es de dos plantas con recorridos sanitarios relativamente cortos y bajantes de baja altura (4,15 m), condiciones que permiten resolver la ventilación mediante válvulas minivent (válvulas de admisión de aire) instaladas individualmente en cada ramal, en combinación con los tramos VENT 2" de las baterías, en reemplazo de columnas de ventilación verticales prolongadas hasta cubierta. Cada válvula minivent admite aire cuando se produce una

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 17/18

depresión en la tubería (apertura a ≥ 2 mm de succión) y permanece cerrada ante presiones positivas, impidiendo la salida de gases.

9.3. Criterios de instalación (NTC 1500)

- Una válvula minivent cubre hasta 6 aparatos sanitarios en un radio máximo de 3,00 m.
- Capacidad de ventilación de cada válvula: 7,2 L/s de caudal de aire.
- Instalación: a no menos de 150 mm por encima de la cota de vertimiento del aparato más alto del ramal.
- No se permite instalar en espacios completamente cerrados sin ventilación al exterior.

9.4. Inventario de válvulas minivent

Zona / Ambiente	N° aparatos	N° válvulas	Criterio
Batería sanitaria mujeres — Piso 1	9	2	Grupos de ≤ 6
Batería sanitaria hombres — Piso 1	10	2	Grupos de ≤ 6
Baños rectoría / administración	4	1	≤ 6 aparatos/válvula
Cocineta sala de profesores	1	1	≤ 6 aparatos/válvula
Batería sanitaria mujeres — Piso 2	8	2	Grupos de ≤ 6
Batería sanitaria hombres — Piso 2	8	2	Grupos de ≤ 6
Aseo / bebederos — Piso 2	2	1	≤ 6 aparatos/válvula
TOTAL	42	11	—

Tabla 9-1. Válvulas minivent requeridas por zona.

Adicionalmente, las baterías de baños de ambos niveles cuentan con tramos de ventilación en tubería PVC de 2" (VENT 2 in $\varnothing$, L $\approx 1,24 - 1,28$ m) conforme a los planos, los cuales complementan la admisión de aire de los ramales principales.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseño de la red sanitaria y del sistema de ventilación fue desarrollado conforme a los criterios establecidos en la NTC 1500, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y la Resolución 0330 de 2017.
- Mediante el Método de Hunter se determinó un caudal máximo probable de 2,33 L/s (82 UH), utilizado como base para el dimensionamiento hidráulico de la red sanitaria.
- Los dos bajantes sanitarios de 4" del segundo piso (21 UH cada uno) trabajan muy por debajo de la capacidad admisible de la NTC 1500 (240 UH), garantizando la conducción segura de las descargas.
- Las verificaciones hidráulicas realizadas mediante la ecuación de Manning demuestran que los colectores de 4" con pendiente del 1,0 % poseen capacidad suficiente ($q/Q \leq 0,258$) para transportar el caudal de diseño sin superar su capacidad hidráulica.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE AULAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA EL COLEGIO PROMOCIÓN SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE GAMARRA, DEPARTAMENTO DEL CESAR MEMORIA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO HIDRÁULICO	Doc. N°: 02GAM
		Rev.: 0A Fecha: JUL/2026
		Página: 18/18

- Los análisis de velocidad ($0,73 - 0,84$ m/s), grado de llenado ($y/D \leq 0,346$) y fuerza tractiva ($\geq 1,67$ Pa) evidencian que la red operará bajo condiciones adecuadas de autolimpieza, reduciendo el riesgo de sedimentación y obstrucción de las tuberías.
- El sistema de ventilación mediante válvulas de admisión de aire tipo Minivent y tramos VENT 2" resulta apropiado para las condiciones arquitectónicas e hidráulicas del proyecto, garantizando la protección del sello hidráulico de los aparatos sanitarios.
- La red sanitaria proyectada conduce la totalidad de las aguas residuales domésticas hasta la conexión con la red de alcantarillado existente de 6", cuya capacidad resulta ampliamente superior al caudal entregado.
- Ejecutar la instalación de las tuberías respetando las pendientes, alineaciones y diámetros indicados en los planos y en la presente memoria de cálculo.
- Instalar las tuberías sobre una cama de apoyo adecuada y realizar el relleno de las excavaciones por capas, evitando deformaciones o esfuerzos que puedan afectar la red.
- Verificar la hermeticidad de las uniones y realizar las pruebas de funcionamiento antes de la puesta en servicio del sistema.
- Instalar las válvulas Minivent en posición vertical y en lugares accesibles para facilitar su inspección y mantenimiento.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya la inspección periódica de cajas de inspección, colectores y dispositivos de ventilación.
- Evitar la descarga de residuos sólidos, grasas o materiales no biodegradables que puedan generar obstrucciones en la red sanitaria.
- En caso de futuras ampliaciones de la infraestructura o incremento de la población estudiantil, verificar nuevamente el caudal de diseño y la capacidad hidráulica del sistema.