

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 1/25		

MEMORIA DE CÁLCULO **RED DE AGUAS LLUVIAS** **INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR**

NTC 1500 / RAS 2000 Título D / Curva IDF Bell-Chen IDEAM Región 2

Campo	Descripción
Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.
Municipio	Astrea, Cesar
Documento N°	01AST
Revisión	0A
Fecha	25 de junio de 2026
Elaboró	Juan José Oñate Arzuaga
M.P.	091037 – 0661809 CND
FIRMA	

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 2/25	

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	OBJETIVOS.....	4
2.1.	Objetivo General	4
2.2.	Objetivos Específicos.....	4
3.	ALCANCE.....	5
4.	NORMATIVIDAD DE REFERENCIA	5
5.	DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DEL PREDIO	6
5.1.	Características del predio	6
6.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	6
6.1.	Generalidades.....	6
7.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE	7
7.1.	Subsistema de cubiertas	7
7.2.	Subsistema de colectores horizontales	7
7.3.	Subsistema de aguas superficiales	7
8.	ÁNÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF	7
8.1.	Generalidades.....	7
8.2.	Selección de la estación pluviométrica.....	8
8.3.	Serie histórica de precipitación	9
8.4.	Determinación de la precipitación media multianual	10
8.5.	Determinación de las intensidades de precipitación.....	10
8.6.	Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).....	11
8.7.	Selección de la intensidad de diseño	13
8.8.	Resumen del análisis hidrológico	13
9.	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE	14
9.1.	Determinación de los caudales de diseño	14
9.2.	Criterio de capacidad hidráulica.....	15
9.3.	Resultados del dimensionamiento de bajantes	15
10.	DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES.....	16
10.1.	Generalidades.....	16

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 3/25	

10.2.	Parámetros de diseño hidráulico	16
10.3.	Cálculo hidráulico	16
10.4.	Verificación hidráulica.....	18
10.5.	Esfuerzo tractivo.....	18
10.6.	Resultados del diseño	18
11.	DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALES A CIELO ABIERTO	19
11.1.	Generalidades.....	19
	Parámetros de diseño	19
11.2.	Aportes de caudal al canal	20
11.3.	Cálculo hidráulico	20
11.4.	Resultados del diseño	22
12.	MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.....	24
13.	CONCLUSIONES	24

Tablas

Tabla 6-1.	Parámetros generales de diseño.....	6
Tabla 8-1.	Datos de la estación pluviométrica.....	9
Tabla 8-2.	Serie histórica 2000–2025. ESTACIÓN 25020220 ASTREA, Fuente: IDEAM-DHIME. Variable: Precipitación total anual (mm).....	10
Tabla 8-3.	Parámetros del modelo Bell-Chen — Región 2.	11
Tabla 8-4.	Intensidades de precipitación.....	12
Tabla 8-5.	Resumen de parámetros hidrológicos.....	14
Tabla 10-1.	Parámetros globales de diseño	16
Tabla 10-2.	Dimensionamiento hidráulico de colectores.....	19
Tabla 11-1.	Parámetros globales de diseño de canales.	20
Tabla 11-2.	Aportes de caudal por canal.....	20
Tabla 11-3.	Dimensionamiento hidráulico de canales a cielo abierto.....	23
Tabla 11-4.	Geometrías adoptadas para los canales a cielo abierto.....	23
Tabla 12-1.	Especificaciones del sistema de aguas superficiales.	24

Figuras

Figura 8-1.	Ubicación estación pluviométrica Astrea, identificada con código 25020220.....	8
Figura 8-2.	Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).	13

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 4/25		

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para el **Instituto Educativo Álvaro Araujo Noguera, en el municipio de Astrea, departamento del Cesar**. Su finalidad es sustentar técnicamente el dimensionamiento de los elementos encargados de captar, conducir y evacuar las aguas provenientes de las cubiertas y de las áreas exteriores de la institución, garantizando un funcionamiento hidráulico adecuado durante los eventos de lluvia considerados en el diseño.

El sistema fue concebido para operar mediante gravedad y está conformado por tres componentes proyectados: canales rectangulares a cielo abierto, colectores horizontales enterrados y drenaje superficial de las áreas libres. Los bajantes de cubierta son elementos existentes en los bloques construidos de la institución; como parte de las medidas complementarias del sistema de drenaje, se recomienda conectarlos a los canales proyectados más cercanos, de modo que el caudal de cubierta sea captado y conducido hacia los puntos de descarga definidos en el diseño.

El agua lluvia generada sobre las superficies impermeables (cubiertas de edificaciones, corredores, patios pavimentados, rampas y áreas internas) debe ser captada, conducida y entregada de forma segura al canal de aguas lluvias existente ubicado en el costado sur del predio, evitando acumulación superficial, erosión y daños a la infraestructura escolar.

El documento presenta la metodología empleada para la obtención de las intensidades de lluvia de diseño, el cálculo de los caudales generados por las diferentes áreas tributarias, el dimensionamiento hidráulico de las redes y la verificación del cumplimiento de los criterios normativos aplicables.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias, determinando las condiciones de diseño y verificando la capacidad de los elementos proyectados para garantizar una evacuación eficiente de las escorrentías generadas en el proyecto.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la precipitación media multianual a partir de la información oficial del IDEAM.
- Construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) mediante el método Bell-Chen.
- Definir la intensidad de lluvia de diseño conforme al período de retorno adoptado.
- Calcular los caudales de diseño mediante el Método Racional.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 5/25		

- Dimensionar hidráulicamente los canales a cielo abierto y los colectores horizontales del sistema de drenaje pluvial.
- Verificar la capacidad hidráulica del sistema mediante los criterios establecidos en la reglamentación vigente.

3. ALCANCE

La presente memoria comprende el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para la infraestructura del **Instituto Educativo Álvaro Araujo Noguera**.

Dentro de su alcance se incluyen:

- Selección de la estación pluviométrica del IDEAM.
- Procesamiento de la serie histórica de precipitaciones.
- Determinación de la precipitación media multianual.
- Construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).
- Selección de la intensidad de lluvia de diseño.
- Cálculo de caudales mediante el Método Racional.
- Recomendación de conexión de los bajantes existentes a los canales proyectados en el presente diseño.
- Dimensionamiento de colectores horizontales.
- Verificación hidráulica de los elementos proyectados.
- Dimensionamiento de canales.

No hacen parte de esta memoria el diseño de redes públicas de alcantarillado pluvial, estructuras mayores de drenaje urbano, obras de regulación hidráulica ni sistemas externos de manejo de inundaciones.

4. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, Título B - Obtención de intensidades de precipitación mediante el método Bell-Chen.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título D - Diseño hidráulico de sistemas de drenaje pluvial.
- NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería - Dimensionamiento de bajantes y redes pluviales interiores.
- Resolución 0330 de 2017 - Parámetros técnicos para sistemas de acueducto y alcantarillado.
- IDEAM - Información hidrológica oficial para el desarrollo de curvas IDF.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 6/25	

5. DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DEL PREDIO

5.1. Características del predio

Con base en el plano arquitectónico general analizado, el predio presenta las siguientes características relevantes para el diseño del drenaje pluvial:

- Topografía: Pendiente general norte–sur. Niveles NPT que van desde ± 0.00 m en acceso hasta $+0.80$ m en bloques interiores y rampas de conexión.
- Área construida: Bloques de aulas existentes y propuestas, bloque administrativo, comedor, zona de servicios y patio escolar central.
- Superficies impermeables: Cubiertas de edificios, corredores cubiertos, patios pavimentados, rampas y acceso vehicular.
- Superficie permeable: Zonas de jardinería y zonas verdes entre edificaciones.
- Receptor final: Canal de aguas lluvias existente al sur del predio.
- Acceso vehicular: Costado norte, con portones de acceso y garita existente.

6. PARÁMETROS DE DISEÑO

6.1. Generalidades

Los parámetros de diseño corresponden a las condiciones hidrológicas, hidráulicas y normativas adoptadas para el desarrollo de los cálculos presentados en esta memoria.

Estos valores constituyen la base para la determinación de las intensidades de lluvia, los caudales de diseño y el dimensionamiento de cada uno de los componentes del sistema de drenaje.

Parámetro	Valor
Fuente de información hidrológica	IDEAM
Estación pluviométrica	ASTREA [25020220]
Longitud de la serie histórica	26 años
Método hidrológico	Bell-Chen
Método de cálculo de caudales	Método Racional
Método hidráulico	Manning
Material de tuberías	PVC Sanitario
Período de retorno adoptado	10 años
Tiempo de concentración adoptado	10 minutos
Intensidad de diseño	211,45 mm/h

Tabla 6-1. Parámetros generales de diseño.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 7/25		

7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

7.1. Subsistema de cubiertas

Los bloques existentes del Instituto Educativo cuentan con bajantes verticales de PVC instalados en sus cubiertas. Estos bajantes no hacen parte del alcance del presente diseño; sin embargo, como medida complementaria se recomienda conectarlos a los canales a cielo abierto proyectados, de manera que el caudal de escorrentía proveniente de las cubiertas sea conducido de forma controlada hacia los puntos de descarga del sistema. Las áreas tributarias de los bajantes existentes han sido incorporadas en las áreas aferentes de cada canal (véase Tabla 10-2), garantizando que el caudal total que recibirá cada canal esté correctamente contabilizado en el diseño hidráulico.

7.2. Subsistema de colectores horizontales

Los colectores horizontales conectan las cajas de inspección entre sí y concentran los caudales acumulados de cada bloque hasta los puntos de descarga en la vía pública. Las tuberías son PVC sanitaria ($n = 0,009$), diámetros 4" y 6", con pendiente del 1,0 %. Los colectores se diseñaron verificando Manning, fuerza tractiva y relaciones hidráulicas parcialmente llenas.

Los puntos de descarga del sistema de colectores son dos:

- SAL. CLL 15 — recibe el caudal acumulado de la red principal, tramo C.ALL 8 → SAL. CLL 15 ($Q = 252,62 \text{ L/s}$, $\varnothing 18"$).
- Canal Existente (CAN. EXIST.) — recibe los caudales de la red secundaria mediante dos tramos: CANAL 11 → CAN. EXIST. ($Q = 295,41 \text{ L/s}$, $\varnothing 20"$) y CANAL 10 → CAN. EXIST. ($Q = 101,50 \text{ L/s}$, $\varnothing 14"$).

7.3. Subsistema de aguas superficiales

El área libre interior del predio (zonas verdes, patios y circulaciones) evacuará las aguas lluvias superficiales mediante pendientes mínimas controladas del 0,3 % dirigidas hacia las áreas exteriores y la canal existente en la zona sur del predio

8. ÁNLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF

8.1. Generalidades

La lluvia de diseño constituye el parámetro hidrológico fundamental para el dimensionamiento del sistema de drenaje de aguas lluvias. Su determinación se realizó a partir de información oficial del Centro Educativo de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), empleando la metodología Bell-Chen para

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 8/25		

regiones donde no existen curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) desarrolladas específicamente para el sitio del proyecto.

El procedimiento comprende la recopilación de la información pluviométrica, el cálculo de la precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas, la determinación de las intensidades de precipitación para diferentes períodos de retorno y tiempos de duración, y la construcción de las curvas IDF que servirán de base para el cálculo de los caudales de diseño.

8.2. Selección de la estación pluviométrica

Para el desarrollo del análisis hidrológico se utilizó la información registrada por la estación pluviométrica Astrea, identificada con código 25020220, administrada por el IDEAM.

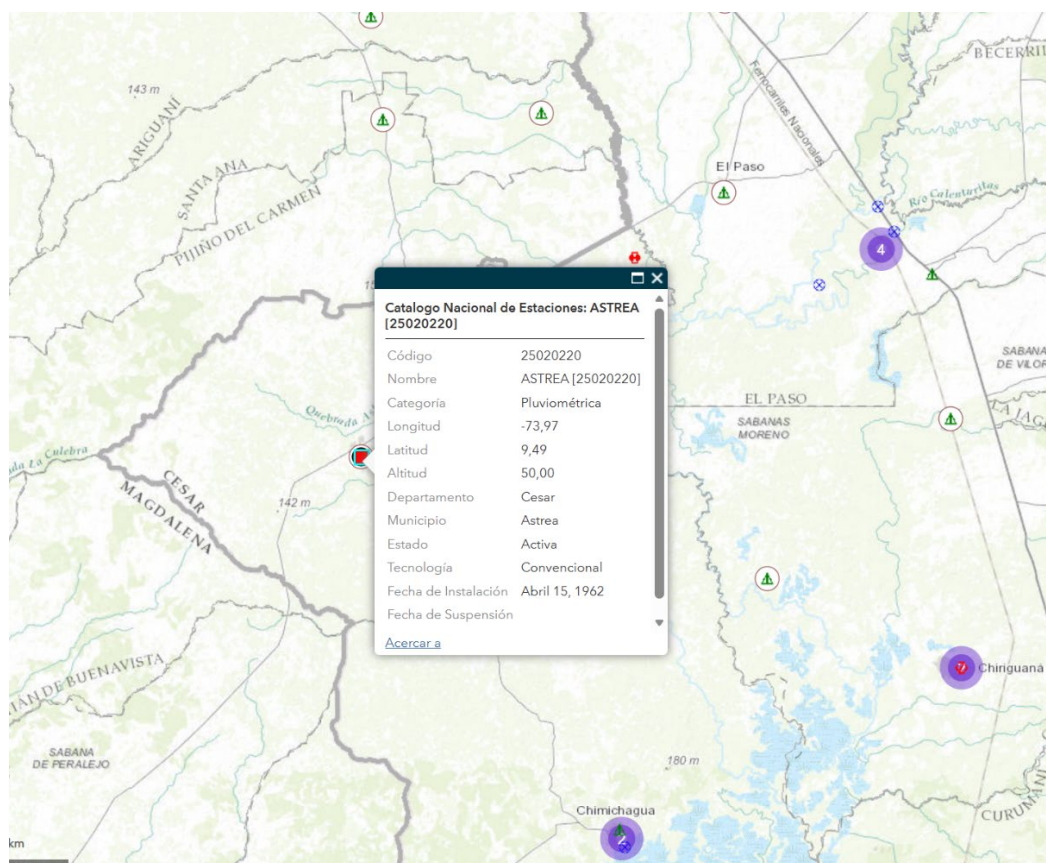


Figura 8-1. Ubicación estación pluviométrica Astrea, identificada con código 25020220.

La serie histórica utilizada comprende el período 2000–2025, correspondiente a veintiséis (26) años de registros de precipitación, información considerada suficiente para la determinación de la precipitación media multianual empleada en el método Bell–Chen. Los datos generales de la estación utilizada se presentan en la siguiente tabla.

Parámetro	Dato
Estación	ASTREA [25020220]
Entidad	IDEAM — DHIME
Latitud / Longitud	9.4929444440/ -73.97288889
Elevación	50 m s.n.m.
Departamento / Municipio	Cesar / Astrea
Variable registrada	Precipitación máxima anual (mm)
Periodo de la serie	2000 – 2025 (26 años)
Precipitación media multianual (M)	1.614,61 mm

Tabla 8-1. Datos de la estación pluviométrica.

8.3. Serie histórica de precipitación

A partir de la estación seleccionada se recopiló la serie histórica de precipitaciones máximas anuales correspondiente al período de análisis.

La información fue organizada cronológicamente y posteriormente utilizada para determinar la precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas, parámetro requerido por el método Bell–Chen.

La serie histórica utilizada se presenta en la siguiente tabla.

Año	P_anual (mm)
2000	1.389,0
2001	1.170,3
2002	1.591,4
2003	1.685,0
2004	1.282,0
2005	1.621,5
2006	2.000,1
2007	1.465,0
2008	1.702,0
2009	1.266,0
2010	2.735,0
2011	2.375,6
2012	1.879,0
2013	1.767,0
2014	1.394,0
2015	1.035,0
2016	1.323,0
2017	1.437,0
2018	1.442,0
2019	1.313,0
2020	1.529,0
2021	1.853,0
2022	2.235,0

Año	P_anual (mm)
2023	1.543,0
2024	1.571,0
2025	1.376,0

Tabla 8-2. Serie histórica 2000–2025. ESTACIÓN 25020220 ASTREA, Fuente: IDEAM-DHIME. Variable: Precipitación total anual (mm).

8.4. Determinación de la precipitación media multianual

La precipitación media multianual de veinticuatro (24) horas se determinó mediante el promedio aritmético de las precipitaciones máximas anuales registradas por la estación seleccionada.

Ecuación 8.1. Precipitación media multianual

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

Donde:

- M : Precipitación media multianual de 24 horas (mm)
- P_i : Precipitación máxima anual registrada (mm)
- n : Número de años analizados

Sustituyendo los valores obtenidos de la serie histórica:

$$M = \frac{\sum P_i}{26}$$

Se obtiene:

$$M = 1.614,61 \text{ mm}$$

Este valor representa la precipitación media multianual de referencia para la estación Astrea y constituye el parámetro principal del modelo Bell–Chen

8.5. Determinación de las intensidades de precipitación

Las intensidades de lluvia se determinaron mediante el modelo Bell–Chen, recomendado por el RAS 2000 para regiones donde no se dispone de curvas IDF desarrolladas experimentalmente.

Ecuación 8.2. Modelo Bell–Chen

$$i = \frac{a T^b M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

- i : Intensidad de precipitación (mm/h)
- T : Período de retorno (años)
- M : Precipitación media multianual (mm)
- t : Duración de la lluvia (mm)
- a, b, c, d : Coeficientes regionales Bell–Chen

Para el presente proyecto se adoptaron los coeficientes correspondientes a la **Región Hidrológica No. 2**, de acuerdo con la regionalización del IDEAM.

La intensidad de precipitación se calcula con la expresión regionalizada del IDEAM para la Región 2 — Zona Caribe:

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción
Coef. regional	a	24,85	Tabla IDEAM — Región 2, Zona Caribe
Exp. período de retorno	b	0,22	Tabla IDEAM — Región 2
Exp. duración	c	0,50	Tabla IDEAM — Región 2
Exp. precipitación	d	0,10	Tabla IDEAM — Región 2
Precip. media multianual	M	1.614,61 mm	Media de la serie 2000–2025 (26 años)
Período de retorno diseño	T	10 años	Seleccionado

Tabla 8-3. Parámetros del modelo Bell–Chen — Región 2.

8.6. Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)

Aplicando la Ecuación (8.2) se calcularon las intensidades de precipitación para períodos de retorno de **2, 5, 10, 25, 50 y 100 años**, considerando duraciones comprendidas entre **10 y 360 minutos**.

Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 8-4**, mientras que la representación gráfica de dichas intensidades corresponde a la **Figura 8-2**.

t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
10	148,40	181,54	211,45	258,68	301,29	350,92
20	104,94	128,37	149,52	182,91	213,04	248,14
30	85,68	104,81	122,08	149,35	173,95	202,60
40	74,20	90,77	105,73	129,34	150,64	175,46
50	66,37	81,19	94,56	115,68	134,74	156,94
60	60,58	74,12	86,32	105,60	123,00	143,26
70	56,09	68,62	79,92	97,77	113,88	132,64
80	52,47	64,19	74,76	91,46	106,52	124,07
90	49,47	60,51	70,48	86,23	100,43	116,97
100	46,93	57,41	66,87	81,80	95,28	110,97
110	44,74	54,74	63,75	77,99	90,84	105,81
120	42,84	52,41	61,04	74,67	86,97	101,30



t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
130	41,16	50,35	58,65	71,74	83,56	97,33
140	39,66	48,52	56,51	69,13	80,52	93,79
150	38,32	46,87	54,60	66,79	77,79	90,61
160	37,10	45,39	52,86	64,67	75,32	87,73
170	35,99	44,03	51,28	62,74	73,07	85,11
180	34,98	42,79	49,84	60,97	71,01	82,71
190	34,05	41,65	48,51	59,34	69,12	80,51
200	33,18	40,59	47,28	57,84	67,37	78,47
210	32,38	39,62	46,14	56,45	65,75	76,58
220	31,64	38,71	45,08	55,15	64,23	74,82
230	30,94	37,85	44,09	53,94	62,82	73,17
240	30,29	37,06	43,16	52,80	61,50	71,63
250	29,68	36,31	42,29	51,74	60,26	70,18
260	29,10	35,60	41,47	50,73	59,09	68,82
270	28,56	34,94	40,69	49,78	57,98	67,53
280	28,05	34,31	39,96	48,89	56,94	66,32
290	27,56	33,71	39,27	48,03	55,95	65,16
300	27,09	33,15	38,61	47,23	55,01	64,07
310	26,65	32,61	37,98	46,46	54,11	63,03
320	26,23	32,09	37,38	45,73	53,26	62,03
330	25,83	31,60	36,81	45,03	52,45	61,09
340	25,45	31,13	36,26	44,36	51,67	60,18
350	25,08	30,69	35,74	43,72	50,93	59,32
360	24,73	30,26	35,24	43,11	50,21	58,49

Tabla 8-4. Intensidades de precipitación.

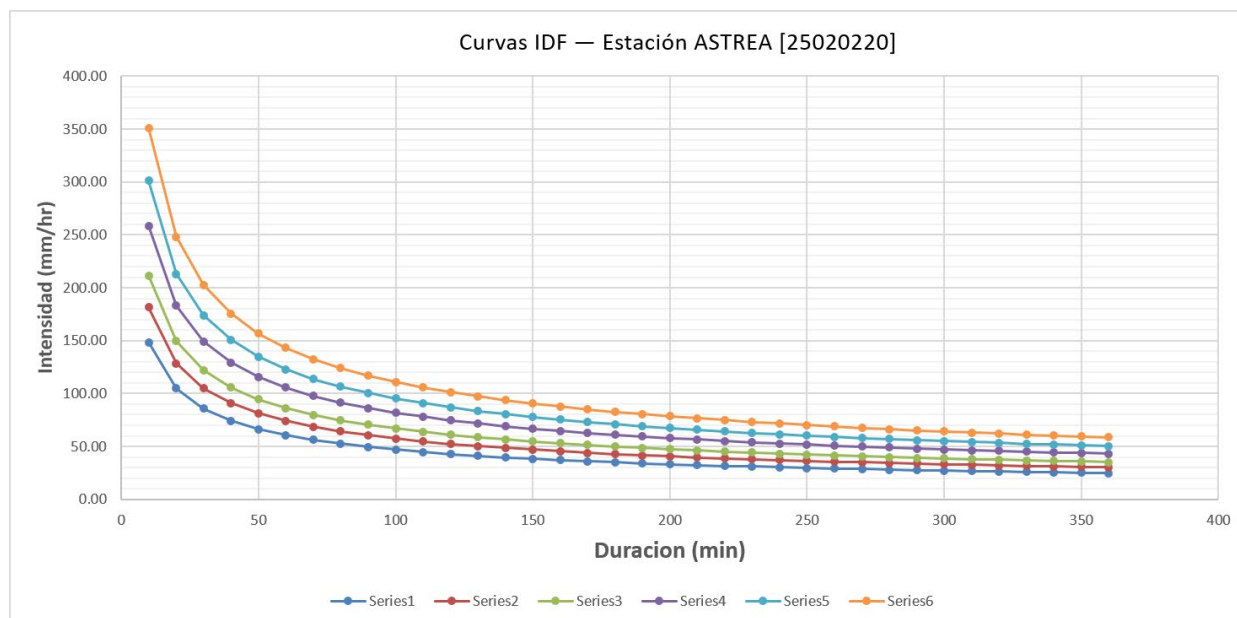


Figura 8-2. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).

Del análisis de las curvas se observa el comportamiento esperado del fenómeno hidrológico, evidenciándose una disminución de la intensidad conforme aumenta la duración del evento y un incremento de la intensidad para mayores períodos de retorno.

8.7. Selección de la intensidad de diseño

Para el dimensionamiento hidráulico de los elementos del sistema de drenaje se adoptó la intensidad correspondiente a un **período de retorno de 10 años** y una **duración de 10 minutos**, criterio empleado para edificaciones institucionales de las características del proyecto.

La intensidad de diseño obtenida es:

Ecuación 8.3. Intensidad de diseño adoptada

$$i = 211,45 \text{ mm/h}$$

Este valor constituye el parámetro de entrada para el cálculo de los caudales de escorrentía mediante el Método Racional, desarrollado en el capítulo siguiente.

8.8. Resumen del análisis hidrológico

Como resultado del procedimiento desarrollado se obtuvieron los parámetros hidrológicos que servirán de base para el diseño hidráulico del sistema de drenaje.

Parámetro	Valor
Estación IDEAM	ASTREA [25020220]
Serie histórica	2000–2025 (26 años)
Precipitación media multianual	1.614,61 mm
Método empleado	Bell–Chen / IDEAM Región 2
Período de retorno	10 años
Duración adoptada	10 min
Intensidad de diseño	211,45 mm/h

Tabla 8-5. Resumen de parámetros hidrológicos.

9. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE

El dimensionamiento hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias comprende la determinación de los caudales generados por cada área tributaria y la verificación de la capacidad hidráulica de los elementos encargados de su captación y conducción.

El procedimiento de cálculo se desarrolló en dos etapas:

- Determinación del caudal de diseño mediante el Método Racional.
- Dimensionamiento hidráulico de canales a cielo abierto y colectores horizontales de aguas lluvias.

Los resultados obtenidos para cada componente fueron posteriormente verificados de acuerdo con los criterios establecidos por la NTC 1500 y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

9.1. Determinación de los caudales de diseño

El caudal generado por cada superficie de captación se determinó mediante el Método Racional, considerando el coeficiente de escorrentía correspondiente al tipo de superficie, la intensidad de precipitación obtenida en el análisis hidrológico y el área tributaria asociada a cada punto de captación.

Ecuación 9.1. Método Racional

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3600}$$

Donde:

- Q: caudal de diseño [L/s];
- C: coeficiente de escorrentía (0,85)
- I: intensidad [mm/h]
- A: área tributaria [m²].

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 15/25	

Para las cubiertas del proyecto se adoptó un coeficiente de escorrentía correspondiente a superficies impermeables, conforme a los criterios establecidos en el RAS.

9.2. Criterio de capacidad hidráulica

Una vez determinado el caudal de diseño, se verificó que el diámetro seleccionado para cada bajante presentara una capacidad hidráulica suficiente para transportar el flujo calculado.

La condición de diseño adoptada corresponde a:

Ecuación 9.2. Verificación hidráulica

$$Q_d \leq 0.85 Q_u$$

donde:

Q_d : Caudal de diseño

Q_u : Capacidad hidráulica de la tubería a flujo lleno (L/s)

Equivalentemente, la condición puede expresarse como:

Ecuación 9.3

$$\frac{Q_d}{Q_u} \leq 0.85$$

Esta verificación garantiza que la tubería opere en régimen de flujo parcialmente lleno, manteniendo capacidad hidráulica disponible para absorber variaciones del caudal y favoreciendo condiciones adecuadas de ventilación, operación y mantenimiento.

9.3. Resultados del dimensionamiento de bajantes

Los bajantes de los bloques existentes están incluidos en las áreas aferentes de cada canal (Tabla 10-2). No aplica diseño adicional.

Los bajantes de cubierta existentes en los bloques construidos del Instituto Educativo no fueron dimensionados en el presente diseño, dado que su instalación es preexistente. Su caudal de aporte ha sido incorporado en las áreas tributarias de los canales proyectados (Tabla 10-2). Se recomienda conectarlos directamente a los canales más cercanos mediante cajas de transición, asegurando la correcta captación y conducción de las aguas de cubierta hacia los puntos de descarga del sistema de drenaje proyectado.

10. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES

10.1. Generalidades

Los colectores horizontales tienen como función recibir los caudales provenientes de los bajantes y conducirlos por gravedad hasta el punto de descarga del sistema. Su dimensionamiento se realizó considerando las condiciones de flujo parcialmente lleno, de manera que la tubería mantenga capacidad hidráulica disponible durante la operación y permita una adecuada ventilación del sistema.

El análisis hidráulico se desarrolló mediante la ecuación de Manning, verificando para cada tramo la capacidad de conducción, la velocidad de circulación, el porcentaje de llenado y el esfuerzo tractivo, garantizando que las condiciones de operación sean compatibles con los criterios establecidos por el RAS y las especificaciones técnicas del proyecto.

10.2. Parámetros de diseño hidráulico

Para el dimensionamiento de los colectores se adoptaron los parámetros indicados en la Tabla 9.1.

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Duración de diseño (t _{baj})	10	min	Tiempo de concentración en cubiertas
Intensidad de diseño (i)	211,45	mm/h	Curva IDF, Tr=10 a, t=10 min — Est. ASTREA
Coefficiente de escorrentía (C)	0,85	—	Cubierta impermeable — RAS 2000 Tabla D.4.1
Coefficiente de Manning (n)	0,009	—	PVC/Novafort — RAS 2000 Título D
Esfuerzo tractivo mínimo (τ)	1,0	Pa	Art. 141, Res. 0330 de 2017
Relación y/D máxima	0,85	—	Art. 143, Res. 0330 de 2017
Velocidad mínima	0,60	m/s	NTC 1500
Velocidad máxima	5,00	m/s	NTC 1500

Tabla 10-1. Parámetros globales de diseño

Estos parámetros fueron empleados en la totalidad de los tramos que conforman la red de drenaje de aguas lluvias.

10.3. Cálculo hidráulico

El cálculo de la capacidad hidráulica de los colectores se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo uniforme.

Ecuación 10.1. Velocidad de flujo

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

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 17/25	

Donde:

- V : Velocidad media del flujo (m/s)
- n : Coeficiente de Manning
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente hidráulica (m/m)

La capacidad hidráulica de cada tramo se obtuvo mediante la ecuación de continuidad.

Ecuación 10.2. Continuidad

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

- Q : Caudal (m³/s)
- A : Área hidráulica (m²)
- V : Velocidad (m/s)

El área hidráulica de la tubería a flujo lleno está dada por:

Ecuación 10.3. Área hidráulica

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

- D : Diámetro interno (m)
- A : Área hidráulica (m²)

Para tuberías circulares trabajando a flujo lleno, el radio hidráulico se obtiene mediante:

Ecuación 10.4. Radio hidráulico

$$R = \frac{D}{4}$$

Sin embargo, dado que los colectores del proyecto operan a **flujo parcialmente lleno**, las propiedades hidráulicas (área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y velocidad relativa) fueron determinadas mediante las relaciones geométricas para tuberías circulares parcialmente llenas, incorporadas en la hoja de cálculo de diseño.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 18/25		

10.4. Verificación hidráulica

Con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema, cada tramo fue evaluado verificando el cumplimiento de los siguientes criterios:

- Capacidad hidráulica disponible superior al caudal de diseño.
- Grado máximo de llenado igual o inferior al 85 %.
- Velocidad suficiente para evitar sedimentación.
- Ausencia de flujo a presión.
- Condiciones adecuadas para operación y mantenimiento.

Adicionalmente, se verificó el esfuerzo tractivo desarrollado en cada tramo para garantizar la capacidad de autolimpieza de la red.

10.5. Esfuerzo tractivo

El esfuerzo tractivo representa la fuerza ejercida por el flujo sobre la superficie interior de la tubería y constituye uno de los principales parámetros para verificar la capacidad de transporte de sedimentos.

La expresión empleada corresponde a:

Ecuación 10.5. Esfuerzo tractivo

$$\tau = \gamma RS$$

Donde:

- τ : Esfuerzo tractivo (N/m²)
- γ : Peso específico del agua (N/m³)
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente hidráulica (m/m)

Los valores obtenidos para cada tramo fueron comparados con los criterios mínimos de diseño, verificando que el sistema posea capacidad suficiente para transportar el material fino eventualmente incorporado al flujo.

10.6. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los colectores se presentan en la **Tabla 10.2**, donde se incluyen el caudal de diseño, diámetro adoptado, pendiente, velocidad, porcentaje de llenado, esfuerzo tractivo y condición de cumplimiento para cada tramo.

Tramo	Q_dis (L/s)	Ø (pulg)	D_int (mm)	D_int (m)	n	Pend. (%)	S (m/m)	A_II (m²)	V_II (m/s)	Q_II (m³/s)	t_II (kg/m²)	q/Q	v/V	V_ef (m/s)	y/D	t_ef (kg/m²)	✓V	✓q	✓t
CANAL 1—C.ALL 1	28.208	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.7657	0.972	1.377	0.735	1.201	✓V	✓q	✓t
C.ALL 1—C.ALL 2	28.208	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.7657	0.972	1.377	0.735	1.201	✓V	✓q	✓t
CANAL 2—C.ALL 2	41.139	10"	227.00	0.2270	0.009	1.00	0.0100	0.04047	1.641	0.066406	0.5675	0.6195	0.917	1.504	0.640	1.145	✓V	✓q	✓t
C.ALL 2—C.ALL 3	69.347	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.5746	0.898	1.711	0.611	1.121	✓V	✓q	✓t
CANAL 3—C.ALL 3	61.908	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.5130	0.861	1.641	0.571	1.082	✓V	✓q	✓t
C.ALL 3—C.ALL 4	131.255	14"	327.00	0.3270	0.009	1.00	0.0100	0.08398	2.093	0.175766	0.8175	0.7468	0.966	2.021	0.722	1.196	✓V	✓q	✓t
CANAL 4—C.ALL 4	58.114	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.4815	0.853	1.625	0.551	1.060	✓V	✓q	✓t
C.ALL 4—C.ALL 5	189.369	16"	362.00	0.3620	0.009	1.00	0.0100	0.10292	2.240	0.230514	0.9050	0.8215	0.991	2.221	0.772	1.213	✓V	✓q	✓t
C.ALL 5—C.ALL 6	189.369	16"	362.00	0.3620	0.009	1.00	0.0100	0.10292	2.240	0.230514	0.9050	0.8215	0.991	2.221	0.772	1.213	✓V	✓q	✓t
CANAL 13—C.ALL 6	227.961	18"	407.00	0.4070	0.009	1.00	0.0100	0.13010	2.422	0.315059	1.0175	0.7236	0.956	2.316	0.707	1.189	✓V	✓q	✓t
C.ALL 6—C.ALL 7	227.961	18"	407.00	0.4070	0.009	1.00	0.0100	0.13010	2.422	0.315059	1.0175	0.7236	0.956	2.316	0.707	1.189	✓V	✓q	✓t
C.ALL 7—C.ALL 8	227.961	18"	407.00	0.4070	0.009	1.00	0.0100	0.13010	2.422	0.315059	1.0175	0.7236	0.956	2.316	0.707	1.189	✓V	✓q	✓t
CANAL 14—C.ALL 8	24.663	8"	182.00	0.1820	0.009	1.00	0.0100	0.02602	1.416	0.036841	0.4550	0.6695	0.937	1.327	0.672	1.168	✓V	✓q	✓t
C.ALL 8—SALIDA CALLE 15	252.625	18"	407.00	0.4070	0.009	1.00	0.0100	0.13010	2.422	0.315059	1.0175	0.8018	0.985	2.385	0.759	1.209	✓V	✓q	✓t
CANAL 6—C.ALL 9	78.034	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.6466	0.928	1.767	0.657	1.158	✓V	✓q	✓t
C.ALL 9—C.ALL 10	78.034	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.6466	0.928	1.767	0.657	1.158	✓V	✓q	✓t
CANAL 7—C.ALL 11	39.042	10"	227.00	0.2270	0.009	1.00	0.0100	0.04047	1.641	0.066406	0.5675	0.5879	0.903	1.482	0.620	1.128	✓V	✓q	✓t
C.ALL 11—C.ALL 12	39.042	10"	227.00	0.2270	0.009	1.00	0.0100	0.04047	1.641	0.066406	0.5675	0.5879	0.903	1.482	0.620	1.128	✓V	✓q	✓t
C.ALL 10—C.ALL 12	78.034	12"	284.00	0.2840	0.009	1.00	0.0100	0.06335	1.905	0.120686	0.7100	0.6466	0.928	1.767	0.657	1.158	✓V	✓q	✓t
C.ALL 12—CANAL 12	117.076	14"	327.00	0.3270	0.009	1.00	0.0100	0.08398	2.093	0.175766	0.8175	0.6661	0.935	1.958	0.670	1.166	✓V	✓q	✓t
CANAL 10—CANAL EXISTENTE	101.499	14"	327.00	0.3270	0.009	1.00	0.0100	0.08398	2.093	0.175766	0.8175	0.5775	0.899	1.881	0.612	1.122	✓V	✓q	✓t
CANAL 11—CANAL EXISTENTE	295.411	20"	452.00	0.4520	0.009	1.00	0.0100	0.16046	2.597	0.416719	1.1300	0.7089	0.951	2.469	0.698	1.184	✓V	✓q	✓t

Tabla 10-2. Dimensionamiento hidráulico de colectores.

El análisis de los resultados evidencia que todos los tramos proyectados presentan capacidad hidráulica suficiente para transportar los caudales de diseño, manteniendo condiciones de flujo parcialmente lleno y cumpliendo los criterios hidráulicos adoptados para el proyecto.

11. DISEÑO HIDRÁULICO DE CANALES A CIELO ABIERTO

11.1. Generalidades

Las áreas de cubierta y las superficies impermeables del proyecto generan caudales distribuidos en distintas zonas que requieren conducción hacia los puntos de descarga del sistema. Para captar, concentrar y evacuar estos caudales se proyectaron catorce (14) canales rectangulares a cielo abierto, construidos en concreto liso ($n = 0,013$), dispuestos a lo largo de las fachadas y corredores de los bloques, recolectando el aporte de las áreas aferentes de cada zona —incluyendo el caudal proveniente de los bajantes existentes conectados— y conduciéndolo por gravedad hasta los colectores horizontales enterrados o directamente al canal de descarga existente.

El dimensionamiento hidráulico se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo uniforme en sección rectangular, verificando el tirante normal, la velocidad de flujo, el número de Froude y la energía específica, garantizando operación en régimen subcrítico, de conformidad con el RAS 2000 Título D y los criterios de Ven Te Chow (1959).

Parámetros de diseño

Los parámetros globales empleados en el diseño de los canales son los mismos adoptados para los colectores horizontales, complementados con el coeficiente de rugosidad de Manning para concreto liso, conforme a Ven Te Chow (1959).

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 20/25	

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Intensidad de diseño (i)	211,45	mm/h	Curva IDF, Tr=10 a, t=10 min — Est. ASTREA
Coeficiente de escorrentía (C)	0,85	—	Cubierta impermeable — RAS 2000 Tabla D.4.1
Coeficiente de Manning (n)	0,013	adim.	Concreto liso — Ven Te Chow (1959), Tabla 5-1
Pendiente de diseño (S)	0,005	m/m	Proyecto
Base del canal (b)	0,40	m	Sección adoptada
Velocidad mínima (V_min)	0,60	m/s	RAS 2000 / NTC 1500
Condición de flujo	Fr < 1,0	—	Flujo subcrítico — RAS 2000 Título D

Tabla 11-1. Parámetros globales de diseño de canales.

11.2. Aportes de caudal al canal

Cada canal recibe el caudal generado por su área tributaria, la cual incluye tanto la escorrentía de las superficies impermeables adyacentes como el aporte de los bajantes existentes de los bloques conectados. El caudal acumulado de algunos canales incorpora además el flujo proveniente de canales ubicados aguas arriba en la red, según la topología del sistema. La Tabla 10-2 presenta el aporte directo de cada canal desde su área de captación propia.

Canal	Bajantes (*)	Q_baj (L/s)	Área sup. aferente (m²)	C	Q_sup (L/s)
CANAL 1	—	0,00	565	0,85	28,21
CANAL 2	—	0,00	824	0,85	41,14
CANAL 3	—	0,00	1.240	0,85	61,91
CANAL 4	—	0,00	1.164	0,85	58,11
CANAL 5	—	0,00	811	0,85	40,49
CANAL 6	—	0,00	752	0,85	37,54
CANAL 7	—	0,00	782	0,85	39,04
CANAL 8	—	0,00	1.024	0,85	51,12
CANAL 9	—	0,00	1.024	0,85	51,12
CANAL 10	—	0,00	1.009	0,85	50,38
CANAL 11	—	0,00	1.445	0,85	72,14
CANAL 12	—	0,00	2.127	0,85	106,19
CANAL 13	—	0,00	773	0,85	38,59
CANAL 14	—	0,00	494	0,85	24,66

Tabla 11-2. Aportes de caudal por canal.

(*) Las áreas aferentes de cada canal incluyen el caudal de los bajantes de los bloques existentes (incluidos en el área tributaria).

11.3. Cálculo hidráulico

Área hidráulica

$$A = b \cdot y_n$$

Espejo de agua

$$T = b$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 21/25		

Perímetro mojado

$$P = b + 2y_n$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

Ecuación de Manning (velocidad)

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

donde:

- V = velocidad media del flujo (m/s)
- n = coeficiente de rugosidad de Manning
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente hidráulica (m/m)

Caudal

$$Q = A \cdot V$$

o sustituyendo Manning,

$$Q = A \left(\frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \right)$$

Número de Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y_n}}$$

donde:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 22/25		

- y_n = tirante normal (m)

Energía específica

$$E = y_n + \frac{V^2}{2g}$$

Tirante normal

El tirante normal y_n se obtiene resolviendo iterativamente la ecuación de Manning, de manera que:

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

siendo para una sección rectangular:

$$A = b y_n$$

$$R = \frac{b y_n}{b + 2y_n}$$

Por tanto, la ecuación que se resuelve es:

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{1}{n} (b y_n) \left(\frac{b y_n}{b + 2y_n} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Esta última ecuación es la que se utiliza en el método de bisección (o cualquier método iterativo) para determinar el valor del tirante normal y_n .

11.4. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los canales se presentan en la Tabla 11-3, indicando el tirante normal, velocidad efectiva, número de Froude y energía específica para cada canal proyectado.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR					Doc. N°: 01AST	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR					Rev.: 0A	Fecha: 25/JUN/2026
						Página.: 23/25	

DATOS DE ENTRADA				CAUDAL DISEÑO		TIRANTE		GEOMETRÍA HIDRÁULICA				VERIF. Q		HIDRÁULICA			FLUJO	CONTROLES	
Canal / Descripción	Material del canal (selector ▼)	n Manning	b Base (m)	S Pendiente (m/m)	Q _{dis} (L/s)	Q _{dis} (m³/s)	y _n (m) Tirante normal (m)	A = b·y Área (m²)	T = b Espejo agua (m)	P = b+2y Perímetro (m)	R = A/P Radio hid. (m)	Q _{Manning} (m³/s)	ΔQ (%)	V = Q/A Velocidad (m/s)	Fr Froude (-)	E = y+V²/2g Energía esp. (m)	Tipo de flujo	✓ V ≥ 0,6 m/s auto-limpieza	✓ Q error < 1%
CANAL 1	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	28.21	0.028208	0.084949	0.033980	0.4000	0.569898	0.059624	0.028208	0.00	0.8301	0.9094	0.1201	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 2	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	41.14	0.041139	0.110216	0.044086	0.4000	0.620432	0.071058	0.041139	0.00	0.9331	0.8974	0.1546	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 3	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	61.91	0.061908	0.147363	0.058945	0.4000	0.694726	0.084847	0.061908	0.00	1.0503	0.8735	0.2036	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 4	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	58.11	0.058114	0.140797	0.056319	0.4000	0.681593	0.082628	0.058114	0.00	1.0319	0.8780	0.1951	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 5	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	40.49	0.040490	0.108998	0.043599	0.4000	0.617995	0.070549	0.040490	0.00	0.9287	0.8981	0.1530	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 6	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	78.03	0.078034	0.174492	0.069797	0.4000	0.748983	0.093189	0.078034	0.00	1.1180	0.8545	0.2382	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 7	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	39.04	0.039042	0.106264	0.042505	0.4000	0.612527	0.069394	0.039042	0.00	0.9185	0.8996	0.1493	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 8	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	51.12	0.051124	0.128470	0.051388	0.4000	0.656939	0.078223	0.051124	0.00	0.9949	0.8862	0.1789	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 9	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	51.12	0.051124	0.128470	0.051388	0.4000	0.656939	0.078223	0.051124	0.00	0.9949	0.8862	0.1789	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 10	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	101.50	0.101499	0.212325	0.084930	0.4000	0.824649	0.102989	0.101499	0.00	1.1951	0.8281	0.2851	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 11	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	295.41	0.295411	0.497352	0.198941	0.4000	1.394704	0.142640	0.295411	0.00	1.4849	0.6723	0.6097	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 12	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	223.27	0.223268	0.394422	0.157769	0.4000	1.188844	0.132708	0.223268	0.00	1.4152	0.7194	0.4965	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 13	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.500	0.00500	227.96	0.227961	0.312530	0.156265	0.5000	1.125060	0.138895	0.227961	0.00	1.4588	0.8331	0.4210	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)
CANAL 14	Concreto (liso / encofrado)	0.013	0.400	0.00500	24.66	0.024663	0.077553	0.031021	0.4000	0.555105	0.055883	0.024663	0.00	0.7951	0.9115	0.1098	Subcrítico	✓ OK	✓ OK (<1%)

Tabla 11-3. Dimensionamiento hidráulico de canales a cielo abierto.

Los catorce (14) canales operan en régimen subcrítico ($Fr < 1,0$) con velocidades superiores al mínimo de autolimpieza ($V \geq 0,60$ m/s). Las geometrías adoptadas se presentan en la Tabla 11-4.

Canal	b — Base (m)	h — Altura (m)	L — Longitud (m)	S — Pendiente (m/m)	Material
CANAL 1	0,40	0,30	45.00	0,005	Concreto liso
CANAL 2	0,40	0,30	38.00	0,005	Concreto liso
CANAL 3	0,40	0,30	34.00	0,005	Concreto liso
CANAL 4	0,40	0,30	40.00	0,005	Concreto liso
CANAL 5	0,40	0,30	21.00	0,005	Concreto liso
CANAL 6	0,40	0,30	25.00	0,005	Concreto liso
CANAL 7	0,40	0,30	25.00	0,005	Concreto liso
CANAL 8	0,40	0,30	30.00	0,005	Concreto liso
CANAL 9	0,40	0,30	20.00	0,005	Concreto liso
CANAL 10	0,40	0,30	45.00	0,005	Concreto liso
CANAL 11	0,40	0,50	48.20	0,005	Concreto liso
CANAL 12	0,40	0,40	29.25	0,005	Concreto liso
CANAL 13	0,50	0,40	28.00	0,005	Concreto liso
CANAL 14	0,40	0,30	27.00	0,005	Concreto liso

Tabla 11-4. Geometrías adoptadas para los canales a cielo abierto.

La altura adoptada para cada canal garantiza un borde libre sobre el tirante normal de diseño. Para los canales con $h = 0,30$ m (CANALES 1 al 10 y CANAL 14), el tirante máximo es $y_n = 0,212$ m (CANAL 10), dejando un borde libre de 0,088 m. Para el CANAL 11 ($h = 0,50$ m) el tirante es $y_n = 0,497$ m; para el CANAL 12 ($h = 0,40$ m) es $y_n = 0,394$ m; y para el CANAL 13 ($h = 0,40$ m) es $y_n = 0,313$ m, con bordes libres de 0,003 m, 0,006 m y 0,087 m respectivamente. Estos resultados confirman la capacidad de conducción de los canales bajo las condiciones de diseño adoptadas.

12. MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

El drenaje de las aguas lluvias que caen sobre las áreas libres del predio (zonas verdes, circulaciones y patios) se resuelve mediante flujo superficial controlado, sin tuberías adicionales, bajo los siguientes criterios:

- Pendiente mínima de 0,3 % en todas las zonas de piso y zona verde, orientada hacia el cerramiento perimetral del predio, hacia las canales en proyección y hacia la canal existente.
- Donde existan estructuras que impidan la escorrentías del agua como las escaleras y rampas de los bloques dejar pasantes de 4" en tubería PVC
- Las aguas evacuan hacia la calle 15 en la zona occidental y mediante la canal existente en la zona sur del predio.

Parámetro	Especificación	Referencia
Pendiente mínima de zonas exteriores	0,3 % (mínimo)	Criterio constructivo
Dirección del flujo	Hacia canales	Diseño de nivelación
Tubería pasante	PVC 4" ($\varnothing_{int} = 100 \text{ mm}$)	NTC 1500
Separación entre pasantes	2,0 m máximo	Criterio de distribución uniforme
Altura de instalación	Nivel de terreno terminado (NPT)	Proyecto
Descarga — Costado occidental	Calle 15	Plano topográfico
Descarga — Costado sur	Canal Existente	Plano topográfico

Tabla 12-1. Especificaciones del sistema de aguas superficiales.

13. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis hidrológico desarrollado con información oficial del IDEAM, se determinó la lluvia de diseño mediante la metodología Bell–Chen, obteniendo una intensidad de precipitación de **211,45 mm/h** para un período de retorno de **10 años** y una duración de **10 minutos**, valor que constituye la base para el dimensionamiento hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias.

Los caudales de diseño fueron calculados mediante el Método Racional para cada una de las áreas tributarias del proyecto, incluyendo el aporte de los bajantes existentes incorporado en las áreas aferentes de los canales, permitiendo dimensionar hidráulicamente los catorce (14) canales a cielo abierto y los veintidós (22) tramos de colectores de acuerdo con las condiciones de operación previstas.

El dimensionamiento hidráulico de los colectores se realizó mediante la ecuación de Manning para flujo parcialmente lleno, verificando la capacidad hidráulica, las velocidades de circulación, el esfuerzo tractivo y el porcentaje de utilización de cada tramo, obteniéndose resultados compatibles con los criterios de diseño adoptados.

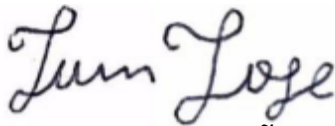
La verificación hidráulica confirma que los catorce (14) canales a cielo abierto operan en régimen subcrítico ($Fr < 1,0$) con velocidades superiores al mínimo de autolimpieza ($V \geq 0,60 \text{ m/s}$), y que los veintidós (22)

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 01AST
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO ÁLVARO ARAUJO NOGUERA — ASTREA, CESAR		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 25/25		

tramos de colectores horizontales operan con una utilización máxima del 85 % de su capacidad hidráulica, manteniendo reserva suficiente para garantizar funcionamiento estable, ventilación de la red y absorción de variaciones temporales de caudal.

El sistema de drenaje superficial aprovecha las pendientes naturales y proyectadas del terreno para conducir las escorrentías hacia los puntos de descarga previstos, evitando la acumulación de agua en las áreas funcionales de la institución y reduciendo la necesidad de infraestructura adicional de conducción.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado posee la capacidad hidráulica necesaria para atender las condiciones de diseño establecidas para el proyecto, garantizando una evacuación segura y eficiente de las aguas pluviales y cumpliendo los criterios técnicos adoptados en la presente memoria de cálculo.



ING. JUAN JOSE OÑATE ARZUAGA
M.P. 091037 – 0661809 CND
Especialista en Gerencia de Construcciones