

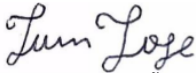
 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 1/15	

MEMORIA DE CÁLCULO

RED DE AGUAS LLUVIAS

INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, 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	San Diego, Cesar
Documento N°	03SND
Revisión	0A
Fecha	28 de agosto 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	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 2/15	

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo General	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. ALCANCE.....	6
4. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA.....	6
5. PARÁMETROS DE DISEÑO	6
6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	7
6.1. Subsistema de cubiertas	7
6.2. Subsistema de colectores horizontales.....	7
6.3. Subsistema de aguas superficiales.....	7
7. ANÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF	8
7.1. Generalidades	8
7.2. Precipitación media multianual	8
7.3. Determinación de las intensidades de precipitación	8
7.4. Construcción de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)	9
7.5. Selección de la intensidad de diseño	10
7.6. Resumen del análisis hidrológico	10
8. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE	11
8.1. Determinación de los caudales de diseño	11
8.2. Criterio de capacidad hidráulica.....	11
8.3. Resultados del dimensionamiento de bajantes.....	11
9. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES.....	12
9.1. Generalidades	12
9.2. Parámetros de diseño hidráulico	12
9.3. Cálculo hidráulico.....	13
9.4. Verificación hidráulica.....	13
9.5. Resultados del diseño	13

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 3/15	

10. MANEJO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.....	14
11. CONCLUSIONES	14

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 4/15	

Tablas

Tabla 5-1. Parámetros generales de diseño.

Tabla 7-1. Parámetros del modelo Bell–Chen — Región 2.

Tabla 7-2. Intensidades de precipitación.

Tabla 7-3. Resumen de parámetros hidrológicos.

Tabla 8-1. Dimensionamiento de bajantes.

Tabla 9-1. Parámetros globales de diseño.

Tabla 9-2. Dimensionamiento hidráulico de colectores.

Tabla 10-1. Especificaciones del sistema de aguas superficiales.

Figuras

Figura 7-1. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 5/15	

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para la Institución Educativa Manuel Rodríguez Torices del municipio de San Diego, departamento del Cesar, en el marco del proyecto “Mejoramiento de la Infraestructura Educativa en Distintos Municipios del 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 los bloques intervenidos (Bloque Nuevo y Bloque Sala de Profesores), 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 principales: rejillas y bajantes de cubierta, colectores horizontales y drenaje superficial de las áreas libres. El dimensionamiento de estos elementos se fundamenta en el análisis hidrológico de la zona de estudio, utilizando la metodología Bell–Chen establecida en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), complementada con los criterios de la NTC 1500 para instalaciones hidrosanitarias.

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 de referencia para el municipio de San Diego, Cesar.
- 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.
- Dimensionar hidráulicamente los bajantes y colectores del sistema de drenaje.
- Verificar la capacidad hidráulica del sistema mediante los criterios establecidos en la reglamentación vigente.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 6/15	

3. ALCANCE

La presente memoria comprende el análisis hidrológico e hidráulico del sistema de drenaje de aguas lluvias proyectado para los bloques nuevos de la Institución Educativa Manuel Rodríguez Torices. Dentro de su alcance se incluyen:

- Determinación de la precipitación media multianual de referencia.
- Construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) mediante el método Bell-Chen.
- Selección de la intensidad de lluvia de diseño.
- Cálculo de caudales mediante el Método Racional.
- Dimensionamiento de bajantes de cubierta.
- Dimensionamiento de colectores horizontales.
- Verificación hidráulica de los elementos proyectados.
- Criterios de manejo de la escorrentía superficial.

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.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

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.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 7/15	

Parámetro	Valor
Fuente de información hidrológica	IDEAM
Precipitación media multianual (M)	1.311 mm
Método hidrológico	Bell-Chen — Región 2
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	207,09 mm/h
Altura de bajantes (piso 1 a cubierta)	4,15 m

Tabla 5-1. Parámetros generales de diseño.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE

6.1. Subsistema de cubiertas

Las cubiertas de los bloques proyectados desaguan mediante rejillas de cubierta conectadas a bajantes verticales de PVC de 4" y altura de 4,15 m (nivel de piso 1 a cubierta), dimensionados con el Método Racional y el caudal correspondiente al período de retorno de diseño ($T_r = 10$ años). El Bloque Nuevo cuenta con tres (3) bajantes — uno por cada aula y uno en la batería sanitaria — y el Bloque Sala de Profesores con dos (2) bajantes, conforme al plano SAN-104. Cada bajante entrega su caudal al colector horizontal correspondiente.

6.2. Subsistema de colectores horizontales

Cada bajante descarga a un colector horizontal independiente en tubería PVC sanitaria de 4" ($n = 0,009$) con pendiente del 1,0 %, el cual conduce el caudal hasta el punto de entrega superficial en las áreas libres del predio, conforme a los planos SAN-102 y SAN-104. Los colectores se diseñaron verificando Manning, fuerza tractiva y relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno.

6.3. 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 zonas verdes y el cerramiento perimetral, con entrega final hacia la vía del costado oriental del predio, aprovechando la pendiente natural del terreno indicada en el levantamiento topográfico del proyecto.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 8/15	

7. ANÁLISIS HIDROLÓGICO — CURVA IDF

7.1. Generalidades

La lluvia de diseño constituye el parámetro hidrológico fundamental para el dimensionamiento del sistema de drenaje de aguas lluvias. Para el municipio de San Diego no se dispone de curvas Intensidad–Duración–Frecuencia desarrolladas experimentalmente; por esta razón, su determinación se realizó empleando la metodología Bell–Chen, recomendada por el RAS 2000 para regiones donde no existen curvas IDF específicas para el sitio del proyecto.

El procedimiento comprende la adopción de la precipitación media multianual de referencia, 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.

7.2. Precipitación media multianual

Para el municipio de San Diego, Cesar, los registros climatológicos oficiales de la red del IDEAM reportan una precipitación media multianual de 1.311 mm, con régimen bimodal característico de la región Caribe (períodos lluviosos entre abril–junio y septiembre–noviembre). Este valor se adopta como parámetro principal del modelo Bell–Chen:

$$M = 1.311,00 \text{ mm}$$

Se recomienda validar este parámetro con la serie histórica de la estación pluviométrica del IDEAM más cercana al proyecto, disponible en la plataforma DHIME, previo al inicio de la construcción.

7.3. Determinación de las intensidades de precipitación

Las intensidades de lluvia se determinaron mediante el modelo Bell–Chen, con la expresión regionalizada del IDEAM para la Región Hidrológica No. 2 — Zona Caribe:

$$i = a \cdot T^b \cdot M^d / (t/60)^c$$

Donde i es la intensidad de precipitación (mm/h), T el período de retorno (años), M la precipitación media multianual (mm), t la duración de la lluvia (min) y a , b , c , d los coeficientes regionales Bell–Chen.

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

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 9/15	

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción
Precip. media multianual	M	1.311,00 mm	Registros IDEAM — San Diego
Período de retorno diseño	T	10 años	Seleccionado

Tabla 7-1. Parámetros del modelo Bell-Chen — Región 2.

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

Aplicando la ecuación anterior 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 se presentan en la Tabla 7-2 y su representación gráfica corresponde a la Figura 7-1.

t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
10	145,34	177,80	207,09	253,34	295,08	343,69
20	102,77	125,72	146,44	179,14	208,65	243,02
30	83,91	102,65	119,56	146,27	170,36	198,43
40	72,67	88,90	103,55	126,67	147,54	171,84
50	65,00	79,52	92,61	113,30	131,96	153,70
60	59,34	72,59	84,54	103,43	120,46	140,31
70	54,93	67,20	78,27	95,75	111,53	129,90
80	51,39	62,86	73,22	89,57	104,33	121,51
90	48,45	59,27	69,03	84,45	98,36	114,56
100	45,96	56,23	65,49	80,11	93,31	108,68
110	43,82	53,61	62,44	76,39	88,97	103,63
120	41,96	51,33	59,78	73,13	85,18	99,21
150	37,53	45,91	53,47	65,41	76,19	88,74
180	34,26	41,91	48,81	59,71	69,55	81,01
210	31,72	38,80	45,19	55,28	64,39	75,00
240	29,67	36,29	42,27	51,71	60,23	70,15
270	27,97	34,22	39,85	48,76	56,79	66,14
300	26,54	32,46	37,81	46,25	53,87	62,75
330	25,30	30,95	36,05	44,10	51,37	59,83

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 10/15	

t (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
360	24,22	29,63	34,52	42,22	49,18	57,28

Tabla 7-2. Intensidades de precipitación.

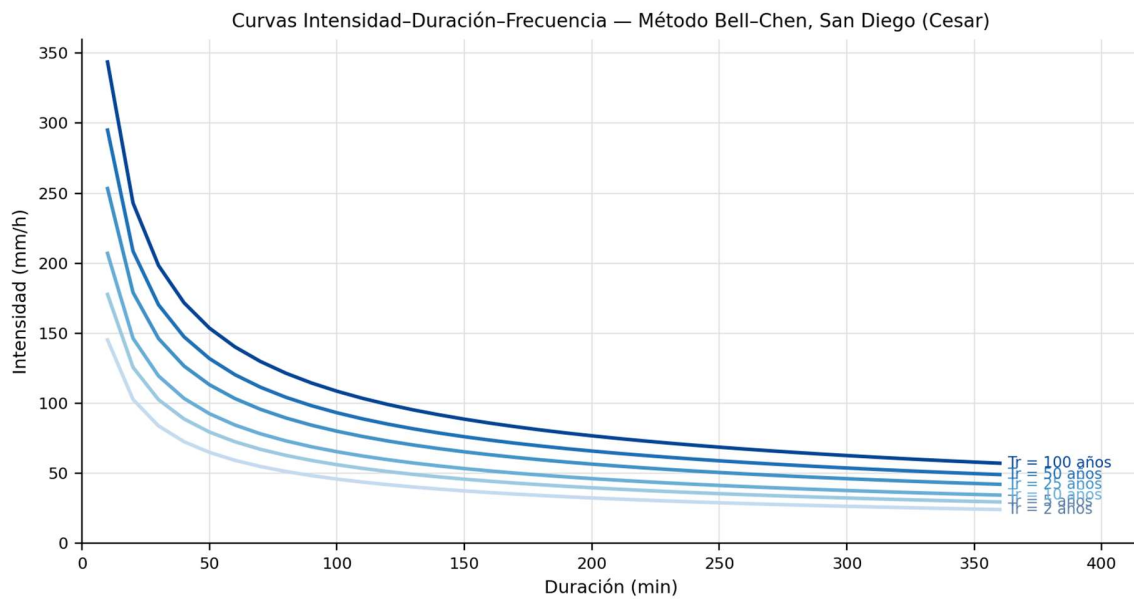


Figura 7-1. Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF).

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.

7.5. 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:

$$i = 207,09 \text{ mm/h}$$

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

7.6. Resumen del análisis hidrológico

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.	Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR	Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
		Página.: 11/15	

Parámetro	Valor
Fuente de información	IDEAM
Precipitación media multianual	1.311,00 mm
Método empleado	Bell–Chen
Período de retorno	10 años
Duración adoptada	10 min
Intensidad de diseño	207,09 mm/h

Tabla 7-3. Resumen de parámetros hidrológicos.

8. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE DRENAJE

8.1. 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.

$$Q = C \cdot i \cdot A / 3600$$

Donde Q es el caudal de diseño (L/s), C el coeficiente de escorrentía (0,85 — cubierta impermeable, RAS 2000 Tabla D.4.1), i la intensidad (mm/h) y A el área tributaria (m²).

8.2. 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:

$$Q_d \leq 0,85 \cdot Q_{II}$$

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.

8.3. Resultados del dimensionamiento de bajantes

Los resultados obtenidos para cada bajante se presentan en la Tabla 8-1, indicando el área tributaria, el caudal de diseño, el diámetro adoptado y la capacidad hidráulica disponible.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 12/15	

Bajante	Ubicación	Área (m²)	C	I (mm/h)	Q_dis (L/s)	Ø	D_int (mm)	Q_II (L/s)	Q/Q_II	Verif.
BALL-1	Bloque Nuevo — Aula 1	80,0	0,85	207,09	3,91	4"	107,4	20,10	0,195	✓
BALL-2	Bloque Nuevo — Aula 2	80,0	0,85	207,09	3,91	4"	107,4	20,10	0,195	✓
BALL-3	Bloque Nuevo — Batería sanitaria	110,0	0,85	207,09	5,38	4"	107,4	20,10	0,268	✓
BALL-4	Bloque Sala de Profesores — Sector norte	125,0	0,85	207,09	6,11	4"	107,4	20,10	0,304	✓
BALL-5	Bloque Sala de Profesores — Sector sur	125,0	0,85	207,09	6,11	4"	107,4	20,10	0,304	✓

Tabla 8-1. Dimensionamiento de bajantes

Del análisis de los resultados se observa que todos los bajantes proyectados cumplen la condición de diseño adoptada, presentando capacidades hidráulicas superiores al caudal de cálculo y garantizando una adecuada evacuación de las aguas lluvias provenientes de las cubiertas.

9. DISEÑO HIDRÁULICO DE COLECTORES HORIZONTALES

9.1. 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.

9.2. Parámetros de diseño hidráulico

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Período de retorno (Tr)	10	años	Infraestructura educativa — RAS 2000
Duración de diseño (t)	10	min	Tiempo de concentración en cubiertas
Intensidad de diseño (i)	207,09	mm/h	Curva IDF, Tr=10 a, t=10 min

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 13/15	

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Coeficiente de escorrentía (C)	0,85	—	Cubierta impermeable — RAS 2000 Tabla D.4.1
Coeficiente de Manning (n)	0,009	adim.	PVC — 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 9-1. Parámetros globales de diseño

9.3. Cálculo hidráulico

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

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

La capacidad de cada tramo se obtuvo mediante la ecuación de continuidad ($Q = A \cdot V$), con el área hidráulica a flujo lleno $A = \pi D^2/4$ y el radio hidráulico $R = D/4$. 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.

9.4. 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 y 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.

9.5. Resultados del diseño

Los resultados del dimensionamiento hidráulico de los colectores se presentan en la Tabla 9-2, donde se incluyen el caudal de diseño, diámetro adoptado, pendiente, velocidad, porcentaje de llenado, esfuerzo tractivo y condición de cumplimiento para cada tramo.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 14/15	

Tramo	Bajante	Q _{dis} (L/s)	Ø	L (m)	Pend. (%)	Q _{II} (L/s)	q/Q	v/V	V ef. (m/s)	y/D	τ (Pa)
C.ALL-1 → Descarga	BALL-1	3,91	4"	8,16	1,00	9,03	0,433	0,963	0,96	0,46	2,49
C.ALL-2 → Descarga	BALL-2	3,91	4"	8,16	1,00	9,03	0,433	0,963	0,96	0,46	2,49
C.ALL-3 → Descarga	BALL-3	5,38	4"	12,07	1,00	9,03	0,596	1,040	1,04	0,56	2,81
C.ALL-4 → Descarga	BALL-4	6,11	4"	12,90	1,00	9,03	0,677	1,073	1,07	0,60	2,93
C.ALL-5 → Descarga	BALL-5	6,11	4"	11,90	1,00	9,03	0,677	1,073	1,07	0,60	2,93

Tabla 9-2. 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 ($y/D \leq 0,85$), velocidades efectivas superiores a la mínima de autolimpieza y esfuerzos tractivos superiores al mínimo normativo, cumpliendo los criterios hidráulicos adoptados para el proyecto.

10. 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 las zonas verdes y el cerramiento perimetral del predio.
- Entrega final de las escorrentías hacia el costado oriental del predio (vía pública), aprovechando la pendiente natural del terreno indicada en el levantamiento topográfico.
- Los colectores de cubierta entregan su caudal de manera superficial y difusa sobre las áreas libres, evitando la concentración de flujos sobre las circulaciones peatonales y las canchas deportivas.

Parámetro	Especificación	Referencia
Pendiente mínima de zonas exteriores	0,3 % (mínimo)	Criterio constructivo
Dirección del flujo	Hacia cerramiento perimetral	Diseño de nivelación
Descarga — colectores de cubierta	Superficial, a zonas verdes	Planos SAN-102 / SAN-104
Descarga final del predio	Costado oriental — vía pública	Plano topográfico

Tabla 10-1. Especificaciones del sistema de aguas superficiales.

11. CONCLUSIONES

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03SND	
	MEMORIA DE CALCULO DE LA RED DE AGUAS LLUVIAS DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL RODRÍGUEZ TORICES — SAN DIEGO, CESAR		Rev.: 0A	Fecha: 28/AGO/2026
			Página.: 15/15	

Como resultado del análisis hidrológico desarrollado con la metodología Bell–Chen y la precipitación media multianual de referencia del municipio de San Diego (1.311 mm), se determinó una intensidad de precipitación de diseño de 207,09 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, permitiendo dimensionar los cinco (5) bajantes de 4" y sus colectores de acuerdo con las condiciones de operación previstas y garantizando la capacidad de evacuación requerida.

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 conductos proyectados operan con una utilización máxima inferior al 85 % de su capacidad hidráulica, manteniendo una reserva suficiente para garantizar un funcionamiento estable y absorber variaciones temporales de caudal durante eventos de precipitación.

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.

Se recomienda validar la precipitación media multianual adoptada con la serie histórica oficial de la estación pluviométrica del IDEAM más cercana al proyecto (plataforma DHIME) y mantener las pendientes y diámetros indicados en los planos durante la construcción.