

## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO



PROYECTO: CMGR LOS PUEBLOS

UBICACIÓN: ENTRE LA AVE. DOMINGO DÍAZ Y EL CENTRO COMERCIAL LOS PUEBLOS, CORREGIMIENTO DE JUAN DÍAZ, DISTRITO Y PROVINCIA DE PANAMÁ.



DICIEMBRE, 2022

## INDICE GENERAL

1. Introducción .....	5
2. Clima de la República de Panamá .....	6-7
3. Ubicación del sitio del proyecto .....	8-9
4. Análisis de la Cuenca Hidrográfica del río Juan Díaz y quebrada s/n .....	10
4.1 Descripción de la Cuenca Hidrográfica del río Juan Díaz y quebrada s/n .....	10
4.2 Cuencas Hidrográficas y Estaciones Hidrológicas .....	11-13
5. Cálculo de caudales para diferentes períodos de retorno .....	14
5.1 Cálculo de caudales utilizando el Método Regional de Crecidas Máximas .....	14-18
5.2 Resumen de cálculo de caudales Método Regional de Crecidas Máximas .....	18
5.3 Cálculo del caudal en función de los cruces pluviales en la Ave. Domingo Díaz ..	19-23
6. Metodología a utilizar para el Cálculo Hidráulico .....	24
6.1 Cálculo de la pendiente longitudinal del cauce del río Juan Díaz .....	25-26
6.2. Cálculo de niveles de crecida para el río Juan Díaz .....	27-31
6.3 Cálculo de los niveles de terracería para el río Juan Díaz .....	32
6.4 Cálculo de la servidumbre del río Juan Díaz .....	33
6.5 Cálculo de la pendiente longitudinal del cauce de la quebrada .....	34-35
6.6. Cálculo de niveles de crecida para la quebrada s/n.....	36-37
6.7 Cálculo de la pendiente disponible para la alcantarilla de cajón .....	38
6.8 Cálculo hidráulico de la alcantarilla de cajón .....	38-40
7. Conclusiones .....	41
8. Recomendaciones .....	42
9. Anexo .....	43
10. Contenido del Anexo .....	44

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Mapa del clima de la República de Panamá .....	6
<b>Figura 2:</b> Localización regional del proyecto en imagen de Google Earth .....	8
<b>Figura 3:</b> Localización regional del proyecto en mosaico topográfico .....	9
<b>Figura 4:</b> Componentes de una cuenca .....	10
<b>Figura 5:</b> Mapa con las regiones o zonas hidrológicamente homogéneas .....	16
<b>Figura 6:</b> Cruces pluviales en la Ave. Domingo Díaz .....	19
<b>Figura 7:</b> Vista de las descargas y niveles de los cruces pluviales en la Ave. D. Díaz .....	20
<b>Figura 8:</b> Tramo del río Juan Díaz donde se ubica el proyecto (ENCIBRA-Jobefra) .....	30
<b>Figura 9:</b> Sección transversal del río Juan Díaz (0+260) para demarcar la servidumbre ....	33
<b>Figura 10:</b> Detalle de transición entre el cruce pluvial existente y el cajón proyectado .....	40

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tipos de clima de la República de Panamá .....	7
<b>Tabla 2:</b> Cuencas Hidrográficas de la República de Panamá .....	11-13
<b>Tabla 3:</b> Ecuaciones para las (9) regiones hidrológicamente homogéneas .....	17
<b>Tabla 4:</b> Factores para diferentes períodos de retorno .....	17
<b>Tabla 5:</b> Caudales para diferentes períodos de retorno (río Juan Díaz) .....	18
<b>Tabla 6:</b> Caudales para diferentes períodos de retorno (quebrada s/n) .....	18
<b>Tabla 7:</b> Cálculo de la pendiente promedio del cauce del río Juan Díaz .....	25
<b>Tabla 8:</b> Coeficientes de Manning .....	27
<b>Tabla 9:</b> Cálculo de las profundidades de flujo del río Juan Díaz .....	28
<b>Tabla 10:</b> Cálculo de los niveles de crecida del río Juan Díaz .....	29
<b>Tabla 11:</b> Niveles de crecida del río Juan Díaz (Consorcio ENCIBRA-Jobefra) .....	31
<b>Tabla 12:</b> Cálculo de los niveles de terracería para el río Juan Díaz .....	32
<b>Tabla 13:</b> Cálculo de la pendiente promedio del cauce de la quebrada s/n .....	34
<b>Tabla 14:</b> Cálculo de las profundidades de flujo de la quebrada s/n .....	36
<b>Tabla 15:</b> Cálculo de los niveles de crecida de la quebrada s/n .....	37

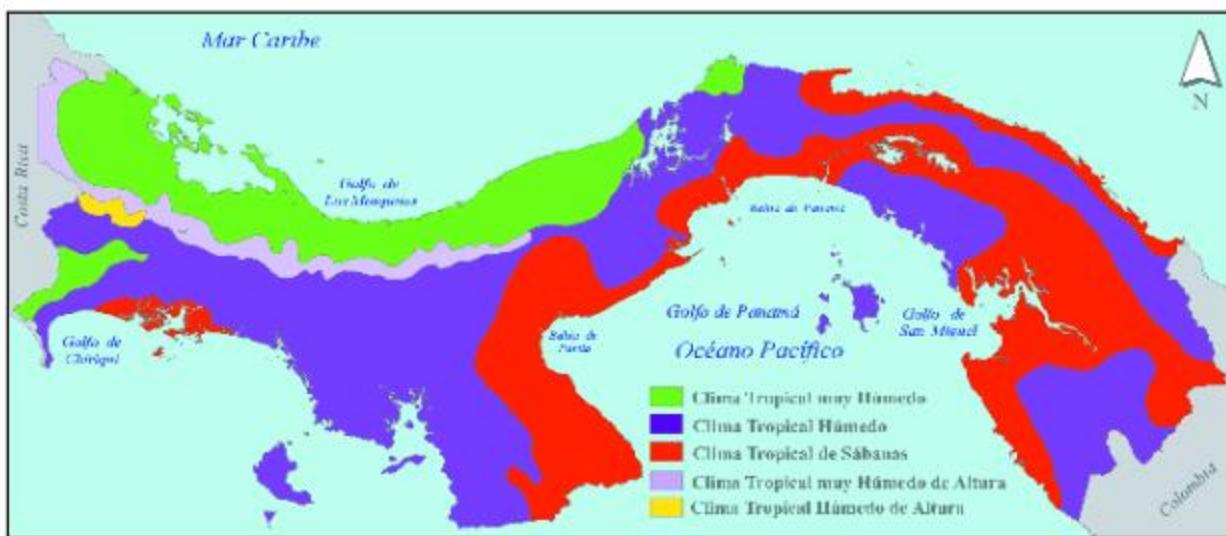
## **1. Introducción**

En el lote a desarrollar existe una quebrada canalizada que se inicia en la descarga tres cruces pluviales ubicados en la Avenida domingo Díaz: dos líneas de 1.80m de diámetro con pendiente longitudinal de 0.0118m/m y una alcantarilla de cajón de 1.83m x 1.22m (medidas internas) con una pendiente longitudinal de 0.0091m/m.

La longitud de la quebrada, desde la descarga de los tres cruces pluviales hasta el río Juan Díaz, es de 259.243 metros con una pendiente promedio de 0.00441m/m. La misma será remplazada por una alcantarilla de cajón de 3.05m x 3.05m (medidas internas) con una longitud de 249.703 metros y una pendiente disponible de 0.00552m/m.

En vista que el polígono a desarrollar colinda con el río Juan Díaz, se calcularán los niveles de crecida del mismo con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años. Los mismos, nos permitirán establecer los niveles de terracería seguros para edificar en función de los parámetros establecidos por el Ministerio de Obras Públicas en el Manual de Requisitos para la Revisión de los Planos, tercera edición.

## 2. Clima de la República de Panamá



**Figura 1:** Mapa del clima de la República de Panamá

Tabla 1: Tipos de clima de la República de Panamá, según la clasificación de Köppen

Tipo de Clima	Nomenclatura	Característica
Tropical muy húmedo	Afi	Lluvia copiosa todo el año, en el mes más seco la precipitación es mayor de 60mm. La temperatura media del mes más fresco es mayor de 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es menor de 5°C.
Tropical de sabana	Awi	Precipitación anual es mayor a los 2,500 mm, uno o más meses con precipitación menor de 60 mm. La temperatura media del mes más fresco es mayor de 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es menor de 5°C.
Tropical muy húmedo de altura	Cfh	Precipitación anual menor de 2,500 mm. Estación seca prolongada (meses con lluvia menor de 60 mm) en el invierno del hemisferio norte. La temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es menor de 5°C.
Tropical húmedo de altura	Cwh	Lluvia copiosa todo el año. El mes más seco con precipitación mayor que 60 mm. Temperatura media del mes más fresco menor de 18°C. La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más fresco es menor de 5°C, está determinado por la altura del lugar (mayor de 1,200m).

Fuente: Atlas Nacional de Panamá / Año 1988

**Nota:**

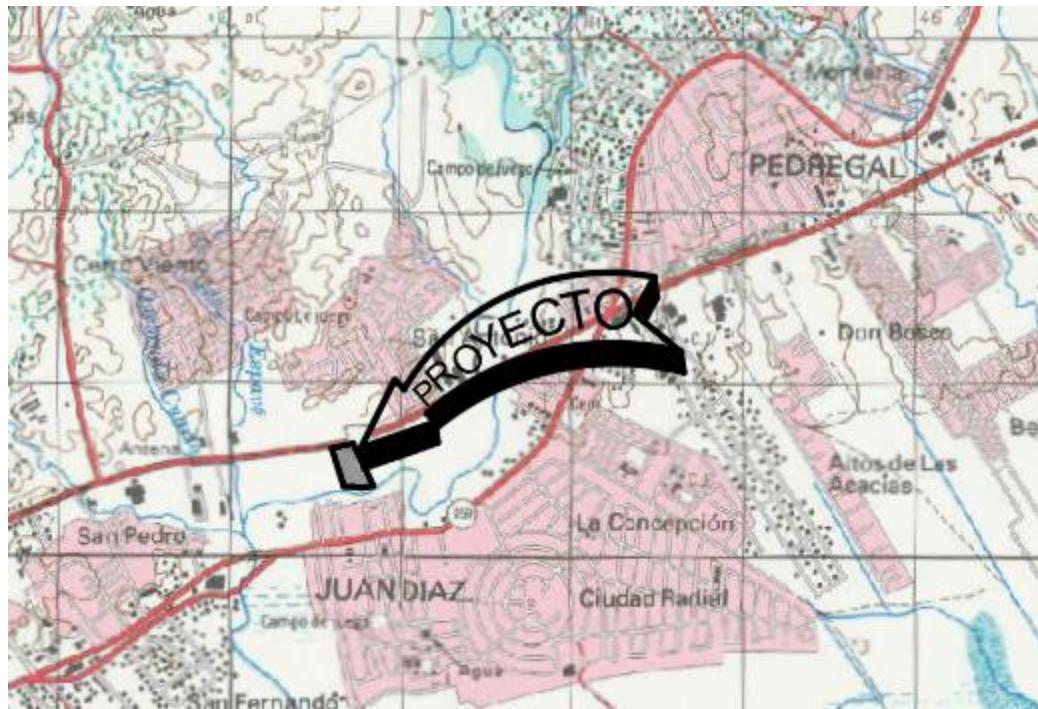
De acuerdo con clasificación de Köppen, el tipo de clima del área en estudio es tropical de sabana (ver Tabla 1).

### 3. Ubicación del sitio del proyecto



**Figura 2:** Localización regional del proyecto en imagen Google Earth

Las coordenadas del inicio de la quebrada a eliminar (Ave. Domingo Díaz) son E 670588.129, N 1000841.422 y las coordenadas al final de la quebrada (confluencia con el río Juan Díaz) son E 670648.927, N 1000575.712.



**Figura 3:** Localización regional del proyecto en mosaico topográfico del Tommy Guardia (4343 III Pedregal).

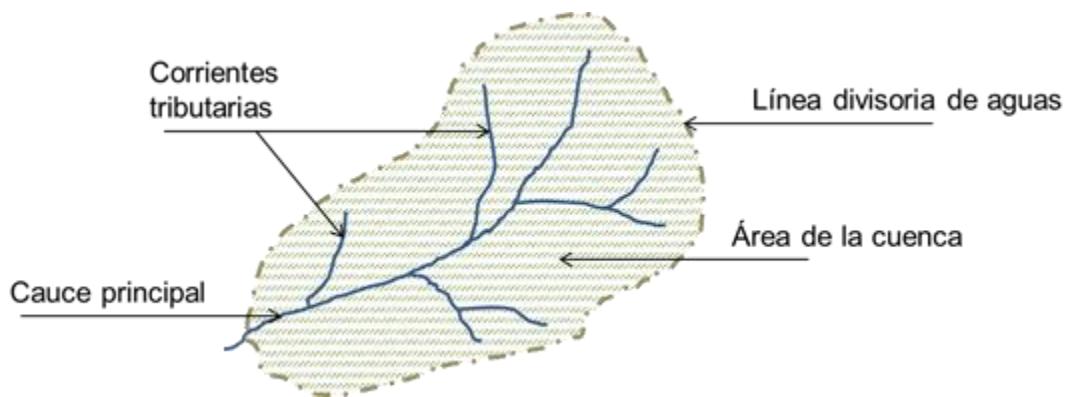
## 4. Análisis de la Cuenca Hidrográfica del río Juan Díaz y Quebrada sin nombre

### 4. 1 Descripción de la Cuenca Hidrográfica

El río Juan Díaz, hasta el punto de control (polígono), tiene un área de drenaje de aproximadamente 126.245 Km<sup>2</sup> y la micro cuenca de la quebrada sin nombre tiene un área de drenaje de aproximadamente 0.50 Km<sup>2</sup> (ver cuenca en ANEXO).

La cuenca del río Juan Díaz forma parte de la Cuenca 144, Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora (ver Tabla 2).

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a través de una línea imaginaria, denominada divisoria de agua, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la línea imaginaria hacia los cauces de las cuencas continuas. A continuación, se muestran los componentes en una cuenca.



**Figura 4:** Componentes en una cuenca

#### **Nota:**

Para determinar los parámetros de la cuenca del río Juan Díaz y quebrada sin nombre, la misma fue demarcada en los mosaicos topográficos 4243 II, 4343 III y el Mapa Físico General del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG) a escala 1:50,000 (ver ANEXO).

## 4.2 Cuencas Hidrográficas y Estaciones Hidrológicas

Con la ejecución del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1967-1972) se acordó unificar criterios para el trazado y numeración de las cuencas hidrográficas principales en todos los países del istmo centroamericano, con la finalidad de asignar una nomenclatura a las estaciones hidrometeorológicas y así facilitar el procesamiento e intercambio de información. En ese entonces se acordó que a las cuencas de la vertiente de Atlántico se le asignarían números impares comenzando con la cuenca No. 1 (Guatemala) hasta la 121 (Panamá) y las de la vertiente del Pacífico, números pares de la 2 a la 164.

**Tabla 2: Cuencas Hidrográficas de la República de Panamá**

No. de Cuenca	Nombre del río	Área Total de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Longitud del río (Km)	Río principal de la Cuenca
87	Río Sixaola	509.4	146.0	Sixaola
89	Ríos entre el Sixaola y Changuinola	222.5	37.3	San Juan
91	Río Changuinola	3202.0	110.0	Changuinola
93	Ríos entre Changuinola y Cricamola	2121.0	51.9	Guariviara
95	Ríos Cricamola y entre Cricamola y Calovébora	2364.0	62.0	Cricamola
97	Río Calovébora	485.0	39.0	Calovébora
99	Ríos entre Calovébora y Veraguas	402.2	44.8	Concepción
100	Río Coto y Vecinos	560.0	52.0	Palo Blanco
101	Río Veraguas	322.8	46.0	Veraguas
102	Río Chiriquí Viejo	1376.0	161.0	Chiriquí Viejo
103	Río Belén y entre R. Belén y R. Coclé del Norte	817.0	55.6	Río Belén
104	Río Escarrea	373.0	81.0	Escárrea
105	Río Coclé del Norte	1710.0	75.0	Coclé del Norte

**Fuente:** Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA)

**Tabla 2: Cuencas Hidrográficas de la República de Panamá**

No. de Cuenca	Nombre del río	Área Total de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Longitud del río (Km)	Río principal de la Cuenca
106	Río Chico	593.3	69.0	Chico
107	Ríos entre Coclé del Norte y Miguel de la Borda	133.5	14.2	Platanal
108	Río Chiriquí	1905.0	130.0	Chiriquí
109	Río Miguel de la Borda	640.0	59.5	Miguel de la Borda
110	Río Fonseca y entre R. Chiriquí y Río San Juan	1661.0	90.0	Fonseca
111	Río Indio	564.4	92.0	Indio
112	Ríos entre el Fonseca y el Tabasará	1168.0	67.0	San Félix
113	Ríos entre el Indio y el Chagres	421.4	36.9	Lagarto
114	Río Tabasará	1289.0	132.0	Tabasará
115	Río Chagres	3338.0	125.0	Chagres
116	Ríos entre el Tabasará y el San Pablo	1684.0	56.5	Caté
117	Ríos entre el Chagres y el Mandinga	1122.0	34.1	Cuango
118	Río San Pablo	2453.0	148.0	San Pablo
119	Río Mandinga	337.0	41.3	Mandinga
120	Río San Pedro	996.0	79.0	San Pedro
121	Ríos entre el Mandinga y Armila	2238.0	26.5	Cartí
122	Ríos entre el San Pedro y el Tonosí	2467.0	40.4	Río Quebro
124	Río Tonosí	716.8	91.0	Tonosí
126	Ríos entre el Tonosí y La Villa	2170.0	45.0	Guararé
128	Río La Villa	1284.3	117.0	La Villa
130	Río Parita	602.6	70.0	Parita

**Fuente:** Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA)

**Tabla 2: Cuencas Hidrográficas de la República de Panamá**

No. de Cuenca	Nombre del río	Área Total de la cuenca (Km <sup>2</sup> )	Longitud del río (Km)	Río principal de la Cuenca
132	Río Santa María	3326.0	168.0	Santa María
134	Río Grande	2493.0	94.0	Río Grande
136	Río Antón	291.0	53.0	Río Antón
138	Ríos entre el Antón y el Caimito	1476.0	36.1	Chame
140	Río Caimito	453.0	72.0	Caimito
142	Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz	383.0	6.0	Matasnillo
144	Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora	322.0	22.5	Juan Díaz
146	Río Pacora	388.0	48.0	Pacora
148	Río Bayano	4984.0	215.0	Bayano
150	Ríos entre el Bayano y el Santa Bárbara	1270.0	22.4	Chimán
152	Ríos entre Santa Bárbara y entre Chucunaque	1796.0	78.1	Sabanas
154	Río Chucunaque	4937.0	215.0	Chucunaque
156	Río Tuira	3017.0	127.0	Tuira
158	Río Tucutí	1835.0	98.0	Tucutí
160	Ríos entre el Tucutí y el Sambú	1464.0	23.9	Marea
162	Río Sambú	1525.0	80.0	Sambú
164	Ríos entre el Sambú y el Juradó	1158.0	46.7	Jaqué
166	Río Juradó	91.2	63.0	Juradó

**Fuente:** Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA)

*De acuerdo con la Tabla 2, la cuenca del río Juan Díaz es la número 144.*

## **5. Cálculo de Caudales para el río Juan Díaz y para la quebrada sin nombre**

El cálculo de los caudales máximos instantáneos para diferentes períodos de retorno se realizará según la Metodología del Análisis Regional de Crecidas Máximas, elaborado por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA en el año 2008, que actualiza los datos de crecidas del estudio anterior (1986) a nivel nacional y considera un periodo de registros comprendido entre los años 1972 y 2006.

### **5.1 Método Regional de Crecidas Máximas**

Para la elaboración del “Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá (1972-2007)”, ETESA recoge en su documento la información básica registrada en las estaciones hidrológicas operadas por su Gerencia de Hidrometeorología y las operadas por el Canal de Panamá. De las revisiones de los hidrogramas se extraen los niveles máximos mensuales para unificar los caudales máximos instantáneos al periodo de estudio. Una vez obtenidos éstos, la metodología empleada por ETESA calcula los caudales mediante la utilización de las curvas de descarga y sus períodos de validez, previa verificación mediante análisis de consistencia. El estudio establece un periodo de base común desde 1972 hasta 2007, para el cual se completan, utilizando factores de ajuste, datos que faltaban en algunas estaciones y caudales máximos instantáneos a nivel anual, de las estaciones con alguna inconsistencia. Se relacionan niveles máximos instantáneos en estaciones instaladas en el mismo río y se correlacionan estaciones con información larga y confiable (estaciones base) con estaciones cuyos datos se desean extender, siempre que existe similitud entre las características de las cuencas en donde se encuentran las estaciones a relacionar. Se delimitan regiones hidrológicamente homogéneas y se determinan para ellas las ecuaciones que relacionan la crecida promedio anual con el área de la cuenca. Para delimitar las regiones con igual comportamiento de crecidas, el Método Regional toma en consideración el área de drenaje, que está relacionada con el indicador de crecidas y puede utilizarse como base confiable para la estimación y magnitud de crecidas de cuencas no aforadas. A continuación, el estudio relaciona el área de drenaje de las cuencas con el promedio de todas las crecidas máximas anuales durante el periodo 1972-2007. Estas relaciones

permiten estimar la crecida promedio anual de cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país.

Dado a que el interés es conocer el caudal máximo instantáneo que se puede presentar en un determinado sitio para diferentes periodos de retorno, el Método Regional de Crecidas Máximas elabora unas curvas de frecuencia adimensionales que relacionan el caudal máximo instantáneo anual con el promedio de los registros, en función de las probabilidades.

$$Q_{\text{prom.}} = K A^{0.59}$$

**En donde:**

$$Q_{\text{prom.}} = \text{Caudal promedio en m}^3 / \text{s}$$

K = Constante (depende de la región o zona)

A = Área de drenaje de la cuenca en Km<sup>2</sup>

$$Q_{\text{máx.}} = \text{Factor} (Q_{\text{prom.}})$$

**En donde:**

$$Q_{\text{máx.}} = \text{Caudal máximo en m}^3 / \text{s}$$

Factor = Constante (depende del período de retorno)

$$Q_{\text{prom.}} = \text{Caudal promedio en m}^3 / \text{s}$$

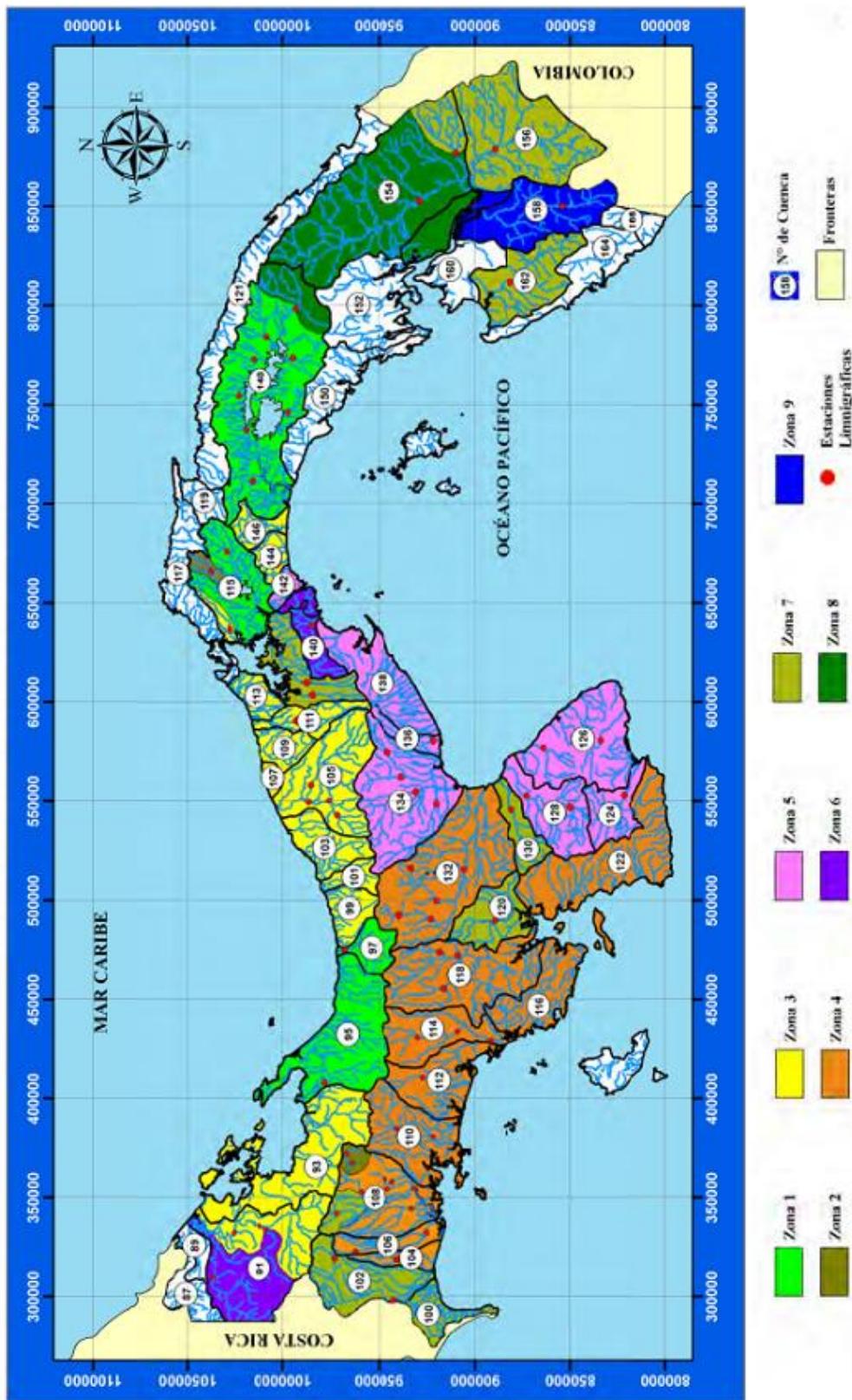
El área en estudio pertenece a la región o zona 3 (ver Figura 5 donde se indican las zonas).

Por lo tanto, el valor de (K) es de 25 (ver ecuación en la Tabla 3), entonces:

$$Q_{\text{prom.}} = 14 A^{0.59}$$

Calcularemos el caudal para período de retorno de 1:50 y 1:100 años. En la Tabla 3 se indica la ecuación a utilizar (Ecuación 2) y la distribución de frecuencia de acuerdo con la zona y en la Tabla 4 se indican los valores de los factores para cada período de retorno de acuerdo con la tabla indicada en la distribución de frecuencia (Tabla #1 para la Zona 3).

**República de Panamá**  
**Regiones Hidrológicamente Homogéneas**



**Figura 5:** Mapa con las regiones o zonas hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.

**Tabla 3: Ecuaciones para las (9) Regiones Hidrológicamente Homogéneas**

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{máx} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{máx} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{máx} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{máx} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{máx} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

**Fuente:** Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA)

**Tabla 4: Factores para diferentes períodos de retorno**

Factores $Q_{máx}/Q_{prom.máx}$ para distintos Tr.				
Tr, años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

**Fuente:** Análisis Regional de Crecidas Máximas (ETESA)

## **5.1 Cálculo de los caudales para el río Juan Díaz (TR = 1:50 y 1:100 años):**

A = 126.245 Km<sup>2</sup> (ver cuenca en ANEXO)

$$Q \text{ prom.} = 25 (126.245)^{0.59} = 434.167 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla 5: Caudales para diferentes períodos de retorno**

<b>MÉTODO REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS</b>			
TR (años)	Q promedio (m <sup>3</sup> /s)	Factor	Q máximo (m <sup>3</sup> /s)
1:50	434.167	2.37	1028.98
1:100	434.167	2.68	1163.57

**Fuente:** Elaboración propia

## **5.2 Cálculo de los caudales para la quebrada sin nombre (TR = 1:50 y 1:100 años):**

A = 0.50 Km<sup>2</sup> (ver cuenca en ANEXO)

$$Q \text{ prom.} = 25 (0.50)^{0.59} = 16.609 \text{ m}^3/\text{s}$$

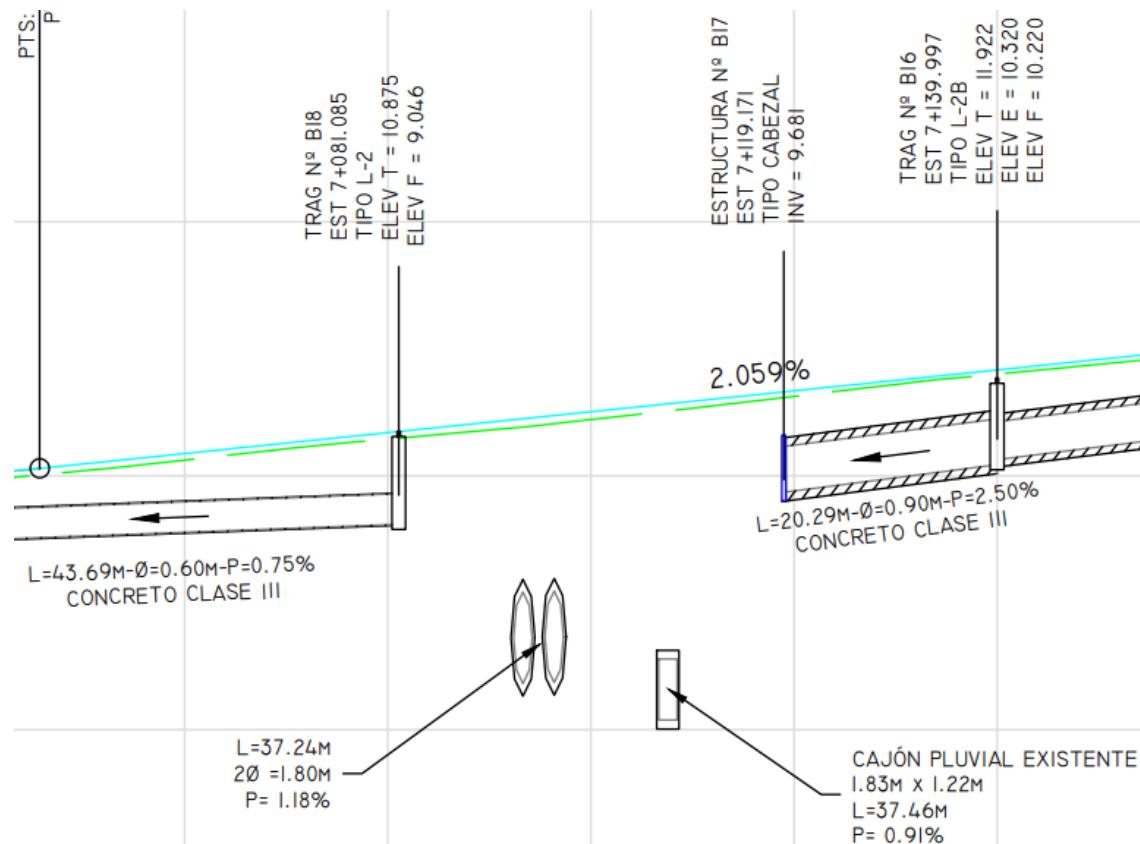
**Tabla 6: Caudales para diferentes períodos de retorno**

<b>MÉTODO REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS</b>			
TR (años)	Q promedio (m <sup>3</sup> /s)	Factor	Q máximo (m <sup>3</sup> /s)
1:50	16.609	2.37	39.36
1:100	16.609	2.68	44.51

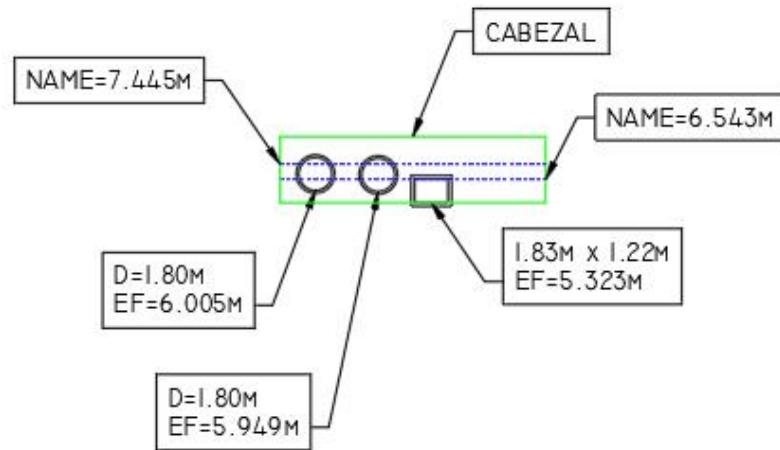
**Fuente:** Elaboración propia

### 5.3 Cálculo del caudal en función de los cruces pluviales existentes ubicados en la Ave. Domingo Díaz:

En la Avenida domingo Díaz existen tres cruces pluviales que forman la quebrada: dos líneas de 1.80m de diámetro con pendiente longitudinal de 0.0118m/m y una alcantarilla de cajón de 1.83m x 1.22m (medidas internas) con una pendiente longitudinal de 0.0091m/m.



**Figura 6:** Cruces pluviales en la Ave. Domingo Díaz (Hoja DD-TR-PP-T04-08)



**Figura 7:** Vista de las descargas y niveles de los cruces pluviales en la Ave. Domingo Díaz

**Nota:**

La información de los cruces pluviales en la Avenida Domingo Díaz fue tomada del Proyecto “Plan Maestro para el Reordenamiento Vial de la Ciudad de Panamá – Estudio, Diseño, Construcción y Financiamiento de Obras para el Mejoramiento y Ensanche de la Avenida Domingo Díaz”, desarrollado por el Consorcio ICA – MECO (Hoja DD-TR-PP-T04-08 con fecha mayo 2012). Las dos tuberías de 1.80m de diámetro fueron instaladas por el CONSORCIO ICA – MECO para cumplir con los Términos de Referencia indicados en el Contrato.

### 5.3.1. Alcantarilla de cajón:

Para el cálculo del caudal en la alcantarilla de cajón utilizaremos la ecuación de Manning para canales abiertos.

$$Q = c / n R H^{2/3} S^{1/2} A$$

**En donde:**

Q = Caudal en  $m^3/s$

c = Coeficiente (para el sistema métrico este valor es 1.00)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0.013 para concreto)

RH = Radio hidráulico en metros (área / perímetro mojado)

S = Pendiente longitudinal en m/m

A = Área de la sección transversal en  $m^2$

$$A = 1.83 (1.22) = 2.2326m^2$$

$$P = 2 (1.83 + 1.22) = 6.10m$$

$$Q = 1 / 0.013 (2.2326 / 6.10)^{2/3} (0.0091^{1/2}) (2.2326)$$

$$Q = 8.383m^3/s$$

### 5.3.2 Tuberías de 1.80m de diámetro:

Para el cálculo del caudal utilizaremos las siguientes ecuaciones para conductos circulares.

$$1. \frac{d}{D} = 1/2 \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) < 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

$$2. Q = \frac{1}{n} \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{S_o} \times \frac{\pi}{4} (D^2) \quad \underline{d} \text{ m}^3/\text{s} \quad Q \text{ (tubo lleno)}$$

$$3. \frac{q}{Q} = \left( \frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{180}{\pi \theta} \times \sin \theta \right)^{2/3}$$

2.1 Tubería ubicada entre la alcantarilla de cajón y la tubería de 1.80m ubicada en el extremo

$$d_1 = 7.445 - 5.949 = 1.496 \text{ m} \text{ (ver Figura 7)}$$

$$D = 1.80 \text{ m}$$

$$1.496 / 1.80 = 1/2 \left( 1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) < 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

Resolviendo,  $\theta = 262.94^\circ$

$$\frac{q}{Q} = \left( \frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{180}{\pi \theta} \times \sin \theta \right)^{2/3}$$

Con  $\theta = 262.94^\circ$  obtenemos  $q/Q = 1.0122$

$$Q = \frac{1}{0.01} \left( \frac{1.80}{4} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.0118} \times \frac{\pi}{4} (1.80^2)$$

$$Q = 16.232 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_1 = 1.0122 (16.232) = 16.430 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.3.2 Tubería de 1.80m ubicada en el extremo

$$d_2 = 7.445 - 6.005 = 1.44\text{m} \text{ (ver Figura 7)}$$

$$D = 1.80\text{m}$$

$$1.44 / 1.80 = 1/2 \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) < 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

$$\text{Resolviendo, } \theta = 253.74^\circ$$

$$q / Q = \left( \frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2\pi} \right) \left( 1 - \frac{180}{\pi \theta} \times \sin \theta \right)^{2/3}$$

$$\text{Con } \theta = 253.74^\circ \text{ obtenemos } q / Q = 0.9775$$

$$Q = 1/0.01 (1.80/4)^{2/3} \times \sqrt{0.0118} \times \pi/4 (1.80^2)$$

$$Q = 16.232 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_2 = 0.9775 (16.232) = 15.867 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Caudal total} = 8.383 + 16.430 + 15.867 = 40.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 40.68 \text{ m}^3/\text{s} \text{ a usar (caudal máximo que llega a la quebrada)}$$

#### **Nota:**

Como puede verse, los caudales obtenidos son similares (micro cuenca y cruces pluviales existentes). Por lo tanto, para el cálculo hidráulico de los niveles de crecida, tanto para la quebrada existente como para dimensionar la alcantarilla de cajón que reemplazará a la quebrada, utilizaremos el caudal obtenido de las estructuras pluviales existentes en la Ave. Domingo Díaz ( $Q = 40.68 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## **6. Metodología a utilizar para el cálculo hidráulico**

La metodología a utilizar para el cálculo hidráulico es la siguiente:

### **6.1 Río Juan Díaz:**

1. Cálculo de la pendiente promedio del cauce
2. Cálculo de las profundidades de flujo normal utilizando las secciones naturales cada 20 metros con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años.
3. Cálculo de los niveles de crecida (NAME) con las profundidades de flujo obtenidas utilizando las secciones naturales cada 20 metros.
4. Cálculo de los niveles de terracería, los cuales deberán estar a 1.50m del NAME, de acuerdo con los parámetros del MOP.
5. Determinar la servidumbre del río en el tramo que colinda con el polígono

### **6.2 Quebrada sin nombre:**

1. Cálculo de la pendiente promedio del cauce
2. Cálculo de las profundidades de flujo normal utilizando las secciones naturales cada 20 metros con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años.

### **6.3 Alcantarilla de cajón a construir:**

1. Cálculo de la pendiente disponible
2. Cálculo de la profundidad de flujo normal utilizando con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años.

## 6.1 Río Juan Díaz:

6.1.1 Cálculo de la pendiente longitudinal del cauce del río Juan Díaz en el tramo de estudio

**Tabla 7: Cálculo de la pendiente promedio del cauce**

Estación	E.Fondo (m)	Observación
0K+000	2.52	Inicio del estudio
0K+020	2.21	
0K+040	1.98	
0K+060	1.81	
0K+080	1.51	
0K+100	1.64	
0K+120	1.76	
0K+140	1.66	
0K+160	1.53	
0K+180	1.71	
0K+200	1.44	
0K+220	1.55	
0K+240	1.50	
0K+260	1.39	
0K+280	1.69	
0K+300	1.77	
0K+320	1.82	
0K+340	1.65	
0K+360	1.69	
0K+380	2.01	
0K+400	1.96	Fin del estudio

**Fuente:** Elaboración propia

Con los valores indicados en la Tabla 7, calcularemos la pendiente del tramo de cauce del río Juan Díaz en estudio, utilizando el Método de Regresión Lineal:  $y = a + b(x)$ .

Resolviendo, obtenemos los valores de  $a = 1.8776$ ,  $b = -0.000626$  y una correlación ( $r$ ) de  $-0.29$  (muy baja).

Interpretación del índice de correlación

1. Si  $r = 1.00$ : Correlación positiva perfecta
2. Si  $0 < r < 1$ : Refleja que se da una correlación positiva
3. Si  $r = 0$ : En este caso no hay una relación lineal
4. Si  $-1 < r < 0$ : Indica que existe una correlación negativa

Por lo tanto, la ecuación para la pendiente longitudinal del cauce es  $y = 1.8776 - 0.000626(x)$ . Siendo la pendiente promedio del cauce  $S = 0.000626 \text{ m/m}$ .

En vista que la correlación obtenida es muy baja, calcularemos la pendiente disponible del cauce entre la estación 0K+000.00 y la 0K+400 (ver perfil longitudinal en PLANOS).

$$S = (2.52 - 1.96) / 400 = 0.0014 \text{ m/m} > 0.000123 \text{ m/m} \text{ (obtenida por Regresión Lineal)}$$

## 6.1.2 Cálculo de las profundidades de flujo normal cada 20 metros

### Método de Manning:

$$Q = c / n \cdot R_H^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

**En donde:**

Q = Caudal en  $m^3/s$

c = Coeficiente (para el sistema métrico el valor de c = 1.00)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

RH = Radio hidráulico en metros (Área / Perímetro mojado)

S = Pendiente longitudinal del cauce en m/m

A = Área de la sección transversal en  $m^2$

**Tabla No.8: Coeficiente de Manning**

“n”	Descripción del tipo de canal
0.012	Para canales de matalcán repellado
0.013	Para canales de hormigón
0.015	Para canales de matalcán liso sin repellar
0.020	Para canales de matalcán liso y fondo de tierra
0.025	Para cauce de tierra lisa con vegetación rasante
0.030	Para cauce de tierra con vegetación normal, lodo con escombro o irregular a causa de erosión.
0.035	Excavaciones naturales, cubiertas de escombros con vegetación.
0.020	Excavaciones naturales de trazado sinuoso

**Fuente:** Manual de Requisitos para la Revisión de Planos, Tercera Edición

**Tabla 9: Cálculo de las profundidades de flujo normal cada 20.00 metros**

Estación	Yn (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	S (m/m)	Caudal calculado (m <sup>3</sup> /s)
OK+000				0.0014	
OK+020	7.46	245.013	52.106	0.0014	1029.23
OK+040	7.43	238.403	48.736	0.0014	1028.20
OK+060	9.03	220.924	40.251	0.0014	1028.83
OK+080	9.26	221.164	40.362	0.0014	1028.80
OK+100	8.46	239.547	49.281	0.0014	1028.78
OK+120	8.72	223.022	41.258	0.0014	1028.09
OK+140	8.87	220.586	40.138	0.0014	1028.13
OK+160	8.82	220.936	40.237	0.0014	1029.16
OK+180	8.64	221.939	40.711	0.0014	1028.90
OK+200	8.92	221.596	40.498	0.0014	1029.84
OK+220	8.80	220.921	40.297	0.0014	1028.03
OK+240	8.75	224.348	41.863	0.0014	1028.27
OK+260	8.17	239.421	49.271	0.0014	1028.02
OK+280	7.40	249.500	54.539	0.0014	1029.05
OK+300	8.11	251.877	55.975	0.0014	1027.48
OK+320	8.12	252.538	56.198	0.0014	1029.25
OK+340	8.37	236.734	47.884	0.0014	1028.25
OK+360	8.22	236.955	48.007	0.0014	1028.09
OK+380	7.79	233.212	46.153	0.0014	1027.80
OK+400	7.81	231.613	45.269	0.0014	1029.27

**Fuente:** Elaboración propia

$$Q = 1 / 0.025 \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} \times (A)$$

Q = 1029 m<sup>3</sup>/s (obtenido de los cálculos hidrológicos)

**Tabla 10: Cálculo de los niveles de crecida (NAME) cada 20 metros**

ESTACIÓN	E. FONDO (m)	Y(m)	NAME (m)	OBSERVACIÓN
0K+100	1.64	8.46	10.10	Inicio del polígono
0K+120	1.76	8.72	10.48	
0K+140	1.66	8.87	10.53	
0K+160	1.53	8.82	10.35	
0K+180	1.71	8.64	10.35	
0K+200	1.44	8.92	10.36	
0K+220	1.55	8.80	10.35	
0K+240	1.50	8.75	10.25	
0K+260	1.39	8.17	9.56	
0K+280	1.69	7.40	9.09	Fin del polígono

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:**

*Si comparamos los valores de NAME indicados en la Tabla 10 con los de la Tabla 11 (Estudio para el Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del Drenaje Pluvial de los Ríos Tapia, Juan Díaz y Río Abajo realizado por el Consorcio ENCIBRA, S.A - Jobefra, S.A en abril 1998), notamos que para la estación 2K+500 que corresponde aproximadamente a la estación 0K+100, el valor del MAME es de 9.44m, mientras que el NAME calculado en la estación 0K+100 (Tabla 10) es de 10.10m.*

*La diferencia de 0.66m, se debe a la actualización de las fórmulas para determinar el caudal elaboradas por la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA en el año 2008, que actualiza los datos de crecidas del estudio anterior (1986) a nivel nacional y considera un periodo de registros comprendido entre los años 1972 y 2006.*



**Figura 8:** Tramo del río Juan Díaz donde está ubicado el proyecto (entre las estaciones 2K+000 a 2K+500) / Estudio para el Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del Drenaje Pluvial de los Ríos Tapia, Juan Díaz y Río Abajo (Consorcio ENCIBRA, S.A - Jobefra, S.A / Abril 1998).

Cuadro 2A.6 Resumen de cálculos hidráulicos del río Juan Díaz para el período de retorno Tr = 50 años										
Estación	Caudal	Nivel		Nivel del cauce del agua	Nivel crítico del agua	Nivel del gradiente de energía	Pendiente del gradiente de energía	Velocidad del flujo	Área de del tope del flujo	Ancho Froude de
		fondo del m <sup>3</sup> /s)	(m)							
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
4533	800	5.14	10.18		10.32	0.000400	1.68	476.58	116.77	0.27
4240	800	4.63	10.09		10.22	0.000300	1.55	515.39	113.49	0.23
4020	800	4.25	10.10		10.16	0.000117	1.05	758.96	147.77	0.15
3953	800	4.14	10.11		10.14	0.000068	0.80	996.80	195.88	0.11
3900	800	4.04	10.11		10.14	0.000055	0.73	1094.63	210.74	0.10
3820	800	3.91	10.10		10.13	0.000067	0.79	1006.55	197.76	0.11
3774.8	800	3.83	10.09		10.13	0.000087	0.94	853.88	159.43	0.13
3750	800	3.78	10.06		10.12	0.000133	1.14	700.12	133.07	0.16
3720	800	3.73	9.86		10.10	0.000490	2.17	369.47	69.19	0.30
3613	800	3.55	9.71		10.03	0.000683	2.50	320.12	62.42	0.35
3596.5	800	3.52	9.66		10.02	0.000763	2.64	302.50	58.00	0.37
3585.75	800	3.50	9.60		10.00	0.000895	2.81	284.24	55.78	0.40
3574.5	800	3.48	9.60		9.99	0.000861	2.77	288.68	55.72	0.39
3560	800	3.45	9.65		9.95	0.000638	2.41	331.66	64.87	0.34
3480	800	3.32	9.80		9.86	0.000112	1.14	699.93	112.48	0.15
3449	800	3.26	9.73		9.85	0.000226	1.54	518.29	92.54	0.21
3378.5	800	3.14	9.79		9.82	0.000073	0.79	1009.09	214.14	0.12
3191	800	2.82	9.75		9.80	0.000100	0.99	811.69	154.87	0.14
3019	800	2.52	9.75		9.78	0.000052	0.72	1104.26	208.65	0.10
3009	800	2.50	9.76		9.78	0.000052	0.68	1176.88	245.03	0.10
2989	800	2.46	9.76		9.77	0.000015	0.43	1846.25	295.36	0.06
2800	800	2.14	9.77		9.77	0.000008	0.33	2414.33	373.09	0.04
2700	800	1.96	9.77		9.77	0.000007	0.29	2719.74	446.60	0.04
2660	800	1.89	9.76		9.77	0.000009	0.36	2197.67	316.00	0.04
2632	800	1.84	9.76		9.77	0.000012	0.41	1928.99	273.04	0.05
2580	800	1.76	9.73		9.77	0.000051	0.85	942.06	133.50	0.10
2555	800	1.72	9.69		9.76	0.000099	1.18	680.33	95.00	0.14
2500	800	1.62	9.44		9.73	0.000481	2.37	337.88	50.65	0.29
2360	800	1.37	9.29		9.65	0.000605	2.63	304.39	46.04	0.33
2260	800	1.20	9.25		9.58	0.000555	2.53	316.48	48.59	0.32
2180	800	1.17	9.00		9.50	0.001170	3.13	255.72	50.12	0.44
2160	800	1.16	9.00		9.47	0.001198	3.05	262.29	55.99	0.45
1940	800	1.09	7.99		9.03	0.002800	4.51	177.34	40.17	0.69
1780	800	1.03	7.69		8.57	0.002337	4.15	192.85	42.92	0.63
1765.03	800	1.02	7.43		8.51	0.003291	4.60	174.03	43.06	0.73
1751.5	800	1.02	6.85		8.41	0.005188	5.53	144.57	38.27	0.91
1706	800	1.00	7.11		8.06	0.002502	4.32	184.98	39.16	0.64
1620	880	0.97	5.71	5.71	7.64	0.006429	6.16	129.96	33.66	1.10
1560	880	0.95	4.59		5.20	0.002187	3.44	255.64	75.34	0.60
1535	880	0.94	4.86		5.05	0.000592	1.92	458.45	123.90	0.32
1388	880	0.89	4.77		4.96	0.000613	1.94	454.24	124.36	0.32
1370	880	0.88	4.48		4.92	0.001711	2.92	300.89	87.20	0.50
1341.2	880	0.87	4.41		4.86	0.001796	2.97	296.20	87.09	0.51
1320	880	0.86	4.56		4.77	0.000715	2.03	433.66	124.43	0.35
1200	880	0.82	4.53		4.68	0.000490	1.70	519.02	147.07	0.29
1000	880	0.75	4.33		4.55	0.000835	2.08	423.57	136.90	0.38
830	880	0.69	4.27		4.41	0.000506	1.68	524.92	154.37	0.29
760	880	0.66	4.24		4.38	0.000529	1.72	532.92	164.87	0.29
640	880	0.62	4.03		4.28	0.000950	2.23	394.30	121.22	0.39
440	880	0.55	3.79		4.07	0.001129	2.36	373.15	120.24	0.43
280	880	0.49	3.55		3.87	0.001374	2.51	350.52	119.18	0.47
140	880	0.44	3.27		3.65	0.001781	2.72	323.40	118.49	0.53
0	880	0.39	2.75	2.24	3.30	0.003275	3.29	267.85	117.07	0.69

**Tabla 11:** Niveles de crecida del río Juan Díaz entre las estaciones 2K+000 a 2K+500 / Estudio para el Saneamiento Ambiental y Mejoramiento del Drenaje Pluvial de los Ríos Tapia, Juan Díaz y Río Abajo (Consorcio ENCIBRA, S.A - Jobefra, S.A / Abril 1998).

Estudio Hidrológico e Hidráulico para la construcción de alcantarilla de cajón

**Tabla 12: Cálculo de los niveles de terracería cada 20 metros**

ESTACIÓN	NAME (m)	BORDE LIBRE (m)	NT (m)	OBSERVACIÓN
0K+100	10.10	1.50	11.60	Inicio del polígono
0K+120	10.48	1.50	11.98	
0K+140	10.53	1.50	12.03	
0K+160	10.35	1.50	11.85	
0K+180	10.35	1.50	11.85	
0K+200	10.36	1.50	11.86	
0K+220	10.35	1.50	11.85	
0K+240	10.25	1.50	11.75	
0K+260	9.56	1.50	11.06	
0K+280	9.09	1.50	10.59	Fin del polígono

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:**

*El nivel de terracería mínimo recomendado para las áreas que colindan con el cauce del río Juan Díaz varía de 11.60m (estación 0K+100.00) a 10.59m (estación 0K+280).*

6.1.3 Demarcación de la servidumbre del río Juan Díaz en el tramo que colinda con el polígono a desarrollar.



**Figura 9:** Sección transversal del río Juan Díaz que tiene mayor longitud hasta el borde de barranco

De acuerdo con el alineamiento realizado para el estudio del río Juan Díaz, las secciones transversales que colindan con el polígono a desarrollar van desde la estación 0K+100.00 hasta la estación 0K+280.00. De ellas, las que tienen un borde de barranco definido son la 0K+100.00 (11.61m), 0K+120.00 (13.39m), 0K+240.00 (14.11m), 0K+260.00 (18.31) y la 0K+280.00 (16.18). Las distancias fueron medidas desde el centro del cauce hasta el borde superior de barranco definido.

Para la demarcación de la servidumbre (MOP - MiAmbiente), la cual es de 10.00m, se tomó una longitud de 20.00m, que es mayor que la indicada en la sección 0K+260.00, que tiene una longitud de 18.31m (ver plano).

## 6.2 Quebrada sin nombre:

6.2.1 Cálculo de la pendiente longitudinal del cauce de la quebrada sin nombre en el tramo de estudio.

**Tabla 13: Cálculo de la pendiente promedio del cauce**

Estación	E.Fondo (m)	Observación
0K+000	5.76	Inicio de estudio
0K+020	5.42	
0K+040	5.37	
0K+060	5.64	
0K+080	5.14	
0K+100	5.07	
0K+120	4.88	
0K+140	4.71	
0K+160	4.62	
0K+180	5.14	
0K+200	4.99	
0K+220	4.93	
0K+240	4.82	
0K+259.243	3.954	Línea de propiedad
0K+260	3.93	
0K+280	1.61	
0K+285	1.663	Fin de estudio (río J. Diaz)

**Fuente:** Elaboración propia

Con los valores indicados en la Tabla 13, calcularemos la pendiente del tramo de cauce del río Juan Díaz en estudio, utilizando el Método de Regresión Lineal:  $y = a + b(x)$ .

Resolviendo, obtenemos los valores de  $a = 5.6045$ ,  $b = -0.00441$  y una correlación ( $r$ ) de  $-0.81$  (cerca de  $1.00$ ).

Interpretación del índice de correlación

1. Si  $r = 1.00$ : Correlación positiva perfecta
2. Si  $0 < r < 1$ : Refleja que se da una correlación positiva
3. Si  $r = 0$ : En este caso no hay una relación lineal
4. Si  $-1 < r < 0$ : Indica que existe una correlación negativa

Por lo tanto, la ecuación para la pendiente longitudinal del cauce es  $y = 5.6045 - 0.00441(x)$ . Siendo la pendiente promedio del cauce  $S = 0.00441 \text{ m/m}$ .

## 6.2.2 Cálculo de las profundidades de flujo normal cada 20 metros

**Tabla 14: Cálculo de las profundidades de flujo normal cada 20.00 metros**

Estación	Yn (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	S (m/m)	Caudal calculado (m <sup>3</sup> /s)
0K+000	1.88	8.374	9.004	0.00441	40.76
0K+020	1.38	8.314	8.814	0.00441	40.85
0K+040	1.33	8.408	9.195	0.00441	40.46
0K+060	1.00	9.034	10.99	0.00441	40.50
0K+080	1.12	8.662	9.850	0.00441	40.61
0K+100	1.28	10.272	15.040	0.00441	40.69
0K+120	1.20	8.554	9.647	0.00441	40.33
0K+140	1.16	9.578	12.699	0.00441	40.54
0K+160	1.64	10.649	16.648	0.00441	40.38
0K+180	0.95	10.163	14.856	0.00441	40.31
0K+200	1.15	8.767	10.095	0.00441	40.77
0K+220	1.30	10.353	15.300	0.00441	40.76
0K+240	1.20	8.023	8.252	0.00441	40.22
0K+259.243				0.00441	Línea de propiedad
0K+260	1.78	8.695	9.987	0.00441	40.50
0K+280				0.00441	
0K+285				0.00441	

**Fuente:** Elaboración propia

$$Q = 1 / 0.013 \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} \times (A)$$

Q = 40.68 m<sup>3</sup>/s (caudal máximo que llega a la quebrada)

**Tabla 15: Cálculo de los niveles de crecida (NAME) cada 20 metros**

ESTACIÓN	E. FONDO (m)	Y(m)	NAME (m)	OBSERVACIÓN
0K+000	5.76	1.88	7.64	Cabezal de salida en la Ave. Domingo Díaz
0K+020	5.42	1.38	6.80	
0K+040	5.37	1.33	6.70	
0K+060	5.64	1.00	6.64	
0K+080	5.14	1.12	6.26	
0K+100	5.07	1.28	6.35	
0K+120	4.88	1.20	6.08	
0K+140	4.71	1.16	5.87	
0K+160	4.62	1.64	6.26	
0K+180	5.14	0.95	6.09	
0K+200	4.99	1.15	6.14	
0K+220	4.93	1.30	6.23	
0K+240	4.82	1.20	6.02	
0K+259.243	3.954			Línea de propiedad
0K+260	3.93	1.78	5.71	
0K+280	1.61			
0K+285	1.663			Confluencia con el río J. Díaz)

**Fuente:** Elaboración propia

## **6.3 Alcantarilla de cajón a construir:**

### **6.2.1 Cálculo de la pendiente disponible**

En la estación 0K+000.000, la elevación de fondo es de 5.323m (elevación de salida del cajón de 1.83m x 1.22m ubicado en la Ave. Domingo Díaz). En la estación 0K+249.703, tiene una elevación de 3.945m (elevación del fondo del cauce en la línea de propiedad). Por lo tanto,

$$S = (5.323 - 3.945) / 249.703$$

$S = 0.00552 \text{ m/m} > \text{que la pendiente de la quebrada (0.00441m/m)}$

### **6.2.2 Cálculo de la profundidad de flujo normal utilizando con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años.**

Para el cálculo, tomaremos un ancho de base de 3.05 metros (cajón pluvial 1,008).

$Q = 40.68 \text{ m}^3/\text{s}$  (caudal máximo que llega a la quebrada)

$S = 0.0269 \text{ m/m}$  (ver perfil longitudinal)

$n = 0.013$  (hormigón armado)

$$A = 3.05 Y_n$$

$$P = 3.05 + 2 Y_n$$

$$40.68 = \frac{1}{0.013} \left( \frac{3.05 Y_n}{3.05 + 2 Y_n} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.00552} \times (3.05 Y_n)$$

Como puede verse esta es una ecuación, cuya solución no se puede realizar directamente, para ello utilizaremos el programa de Newton Raphson:

$$I = f(y)$$

**En donde:**

$I =$  representa la ecuación igualada a cero

$f(y) =$  la ecuación en función de la incógnita ( $y$ )

Introduciendo la ecuación en el programa, obtenemos  $Y_n = 2.436\text{m} < Y$  (máx.)

$Y (\text{máx.}) = (6.005 + 1.80) - 5.323 = 2.482\text{m}$  (tirante máximo existente en la descarga de los cruces pluviales en la Ave. Domingo Díaz)

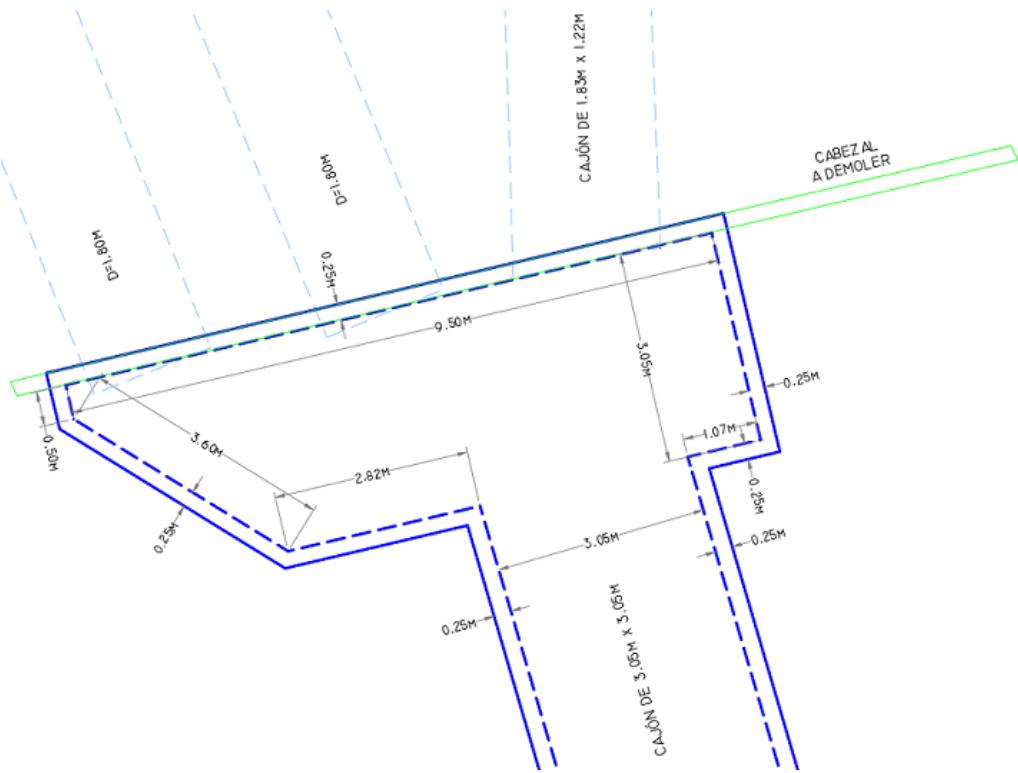
### 6.2.3 Cálculo de las dimensiones de la alcantarilla de cajón

$Y / H \leq 0.80$  (AASHTO)

$$H = 2.44 / 0.80 = 3.05\text{m}$$

**Nota:**

*Usar cajón pluvial doble de 3.05m de base por 3.05m de altura con la pendiente longitudinal de 0.00552m/m (ver detalle constructivo en PLANO).*



**Figura 10:** Detalle de la transición entre el cruce pluvial existente y el cajón proyectado

Para dar continuidad a las estructuras pluviales ubicadas en la Ave. Domingo Díaz, fue necesario diseñar una caja de transición entre dichas estructuras y la alcantarilla de cajón propuesta (ver detalle estructural en los planos).

## CONCLUSIONES

- La quebrada a eliminar ubicada en el polígono a desarrollar, está canalizada y tiene una longitud de 259.243 metros con una pendiente promedio de 0.00441m/m.
- La alcantarilla de cajón de 3.05m x 3.05m (medidas internas), propuesta para reemplazar a la misma, tiene una longitud de 249.703 metros y una pendiente disponible de 0.00552m/m.
- El nivel de aguas máximas, al inicio de la quebrada (cabezal en la Ave. Domingo Díaz) es de 7.640m, mientras que para la alcantarilla de cajón propuesta es de 7.763m. Una diferencia de 0.123m.
- La corona de la tubería de 1.80m de diámetro (la más alta) de las dos, que llegan al cabezal está a un nivel de 7.805m, mientras que el nivel inferior de losa de la alcantarilla de cajón propuesta es de 8.373m. Una diferencia de 0.568m.
- Para dar continuidad a las estructuras pluviales ubicadas en la Ave. Domingo Díaz, fue necesario diseñar una caja de transición entre dichas estructuras y la alcantarilla de cajón propuesta. Esto permitirá orientar las aguas hacia la alcantarilla propuesta.
- El cálculo hidráulico para calcular las dimensiones de la alcantarilla de cajón, se realizó con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años cumpliendo con los parámetros del MOP.
- El cálculo hidráulico para calcular los niveles de crecida en la quebrada existente, se realizó con el caudal obtenido para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años. Los mismos fueron realizados para comparar el nivel de crecida de la quebrada, al inicio (salida del cabezal) con el nivel de crecida de la alcantarilla de cajón propuesta y así poder definir la altura de la misma.
- Para la demarcación de la servidumbre del río Juan Díaz, en el tramo que colinda con el polígono, se ubicaron los bordes de barranco en las secciones transversales y se tomó la más alejada respecto al centro del cauce para establecer la misma.
- La alcantarilla de cajón se construirá con el alineamiento indicado en el plano hasta el límite de la propiedad, en el punto que coincide con el cauce de la quebrada existente (E 670653.698, N 1000600.604).

## **RECOMENDACIONES**

- La construcción de las obras indicadas en el plano para la alcantarilla de cajón hasta el límite de la propiedad, deberán realizarse según la mejor práctica del oficio.
- Para la construcción de la alcantarilla de cajón se deberá realizar un desvío al inicio de la quebrada existente.
- El relleno de la quebrada existente, se deberá realizar cuando se haya terminado la construcción de la alcantarilla de cajón.

## **ANEXO**

## **CONTENIDO DEL ANEXO**

- Copia de mosaico a escala 1:50,000 donde se indica la cuenca en estudio
- Secciones transversales con cálculos de área y perímetro para el río Juan Díaz
- Secciones transversales localizando el borde superior de talud para la demarcación de la servidumbre del río Juan Díaz (MOP y Mi Ambiente).
- Secciones transversales con cálculos de área y perímetro para la quebrada s/n