



REPÚBLICA DE PANAMÁ

— GOBIERNO NACIONAL —

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE LA
CARRETERA C.P.A. – BOCA CHICA, DISTRITO DE SAN
LORENZO**

PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

BC-DIS-ME-C03-PE-001-REV(00)

CONTRATO N° UAL-01-06-2022

ESTUDIO HIDROLÓGICO



JAIR ELI CARDENAS SALADO
INGENIERO
Licencia No. 2012-006-078
FIRMA
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

| REGISTRO DE EVOLUCIÓN | | | |
|-------------------------|----------------------|---|-------------------------------------|
| Edición y/o revisión | Autor | Estado de Autorización Documentación que lo edita o aprueba | Fecha documentos edit./aprob. |
| 1 | JCÁRDENAS/ JLAVAL | ESTUDIO | 28.03.2022 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

ÍNDICE

| | | |
|--------|------------------------------------|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. | CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA | 5 |
| 3. | ESTUDIO HIDROLÓGICO | 8 |
| 3.1. | NORMATIVA | 8 |
| 3.2. | CONSIDERACIONES GENERALES | 9 |
| 3.3. | HIPÓTESIS DE ESTUDIO | 9 |
| 1.1.1. | METODOLOGÍA | 9 |
| 2.1.1. | CUENCAS DE PUENTES | 14 |
| 3.1.1. | CÁLCULO DE CAUDAL | 16 |
| 3.4. | CÁLCULO DE SECCIÓN ÓPTIMA | 17 |
| 3.5. | SECCIÓN ÓPTIMA TRAPEZOIDAL | 17 |
| 3.6. | CÁLCULO DE LA SECCIÓN ÓPTIMA | 18 |
| 4. | ANEXOS | 21 |
| 4.1. | QUEBRADA LA YEGUADA | 21 |
| 4.2. | QUEBRADA EL SITIO | 22 |
| 4.3. | QUEBRADA SIN NOMBRE | 23 |

1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá presenta el “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE LA CARRETERA C.P.A. – BOCA CHICA, DISTRITO DE SAN LORENZO, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ”.

Este estudio hidrológico se realiza para los puentes ubicados en la Carretera C.P.A. – Boca Chica, el primero ubicado sobre la quebrada La Yeguada EST. 3K+500 con una longitud $L = 7.40$ m, el segundo ubicado sobre la quebrada El Sitio EST. 16K+000 con una longitud de $L = 9.35$ m y el tercer puente ubicado en la Vía Boca Chica – Playa Hermosa sobre la quebrada Sin Nombre EST. 1K+300 con una longitud $L = 8.70$ m, los cuales forman parte del proyecto a presentar.

Se procederá a definir la sección hidráulica de los puentes, el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME), el gálibo o distancia libre entre el NAME y el fondo de viga de los puentes, la longitud de superestructura y la rasante final de los puentes, entre otros; así como diseñar las estructuras de protección requeridas y los drenajes superficiales y subterráneos que fuesen necesarios.

2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Por su posición geográfica, cercana a la línea del Ecuador, Panamá presenta condiciones térmicas y pluviométricas muy similares durante todo el año y dada su reducida superficie, no se encuentran diferencias significativas entre una región y otra.

Las lluvias en Panamá se caracterizan por ser muy intensas y de corta duración, esto produce valores medios anuales comprendidos entre 1,000 y 7,000 mm, cuya distribución en el mapa permite observar zonas bien definidas con mayor o menor precipitación. El régimen pluviométrico se divide en dos zonas: Pacífica y Atlántica.

La región Pacífica se caracteriza por abundantes lluvias, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde. Las máximas precipitaciones en esta región están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones latitudes tropicales; en el resto del año las lluvias están

asociadas a los sistemas atmosféricos tropicales que se desplazan sobre la Cuenca del Caribe, a la brisa marina y al calentamiento diurno de la superficie terrestre.

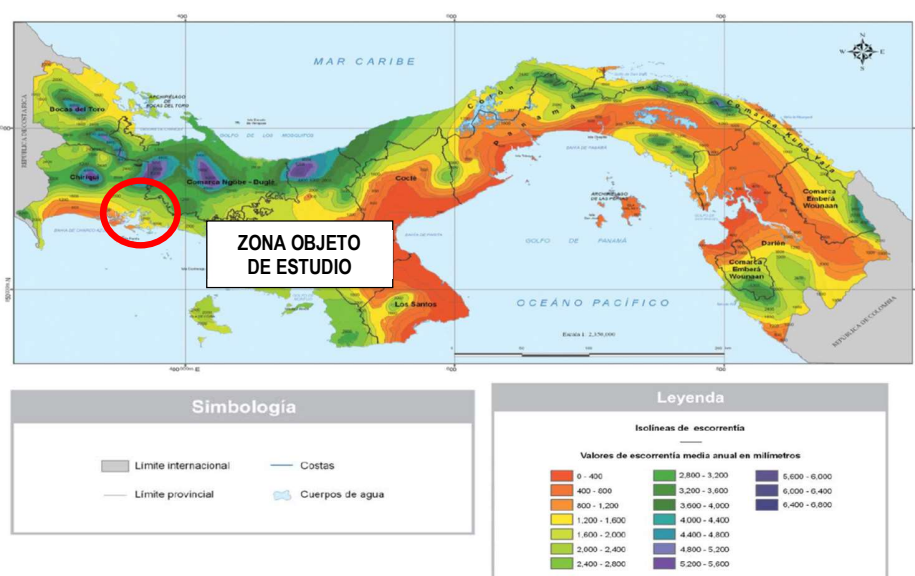


Figura 1. Mapa de precipitación

El estudio de la escorrentía incluye la distribución del agua y su trayectoria, desde que ésta cae sobre la superficie terrestre, hasta que alcanza la red hidrográfica o vuelve directamente a la atmósfera a través de la evapotranspiración. Así pues, la escorrentía registrada en un punto refleja el efecto acumulado de la precipitación precedente sobre el área del drenaje de la cuenca, aguas arriba del punto de medición, y depende de las características fisiográficas y climatologías del área de captación.

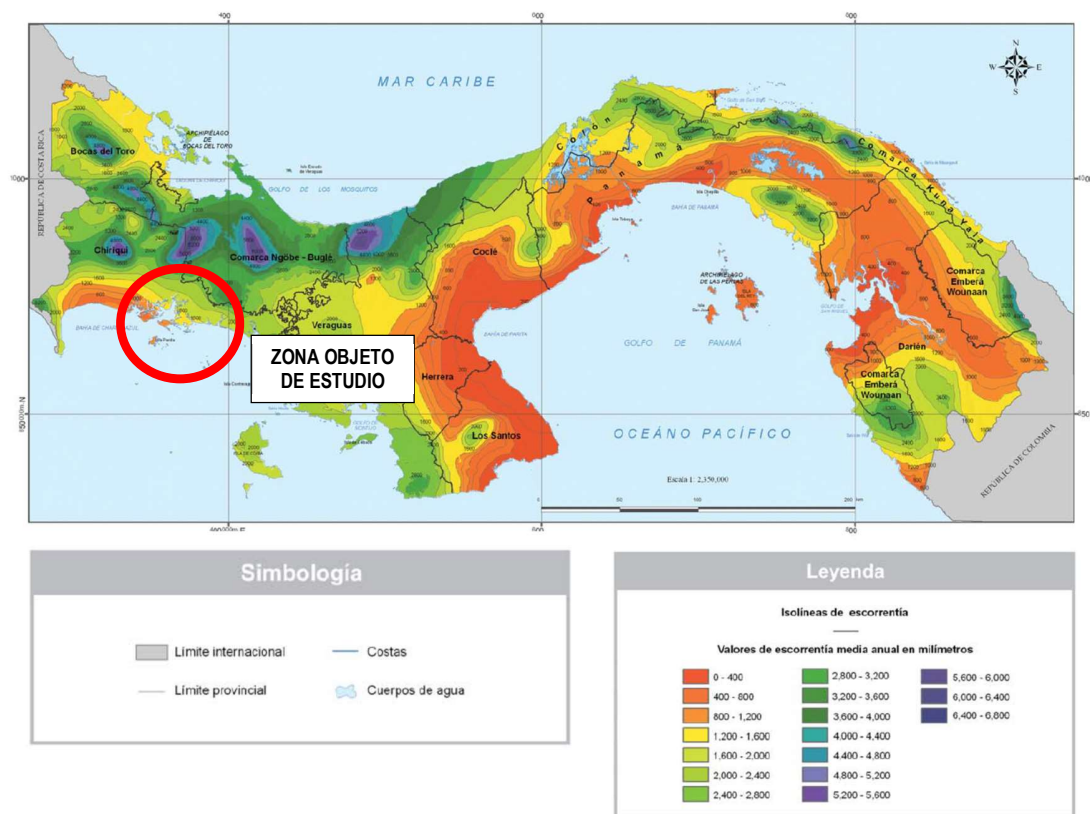


Figura 2. Mapa de escorrentía

Se presenta como el clima de mayor extensión en Panamá. Es cálido, con promedios anuales de temperatura de 26.5 a 27.5 °C en las tierras bajas (< 20 msnm), en tanto que para las tierras altas (aprox. 1,000 m) la temperatura puede llegar a 20°C. Se encuentra en las tierras bajas y montañosas hasta 1,000 metros de altura en la vertiente del Pacífico en Chiriquí, Veraguas, en sectores montañosos de Azuero y Coclé y en las montañas de Panamá, San Blas y Darién. Los niveles de precipitación son elevados, cercanos o superiores a los 2,500 mm, alcanza los 3,519 en Remedios. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración.

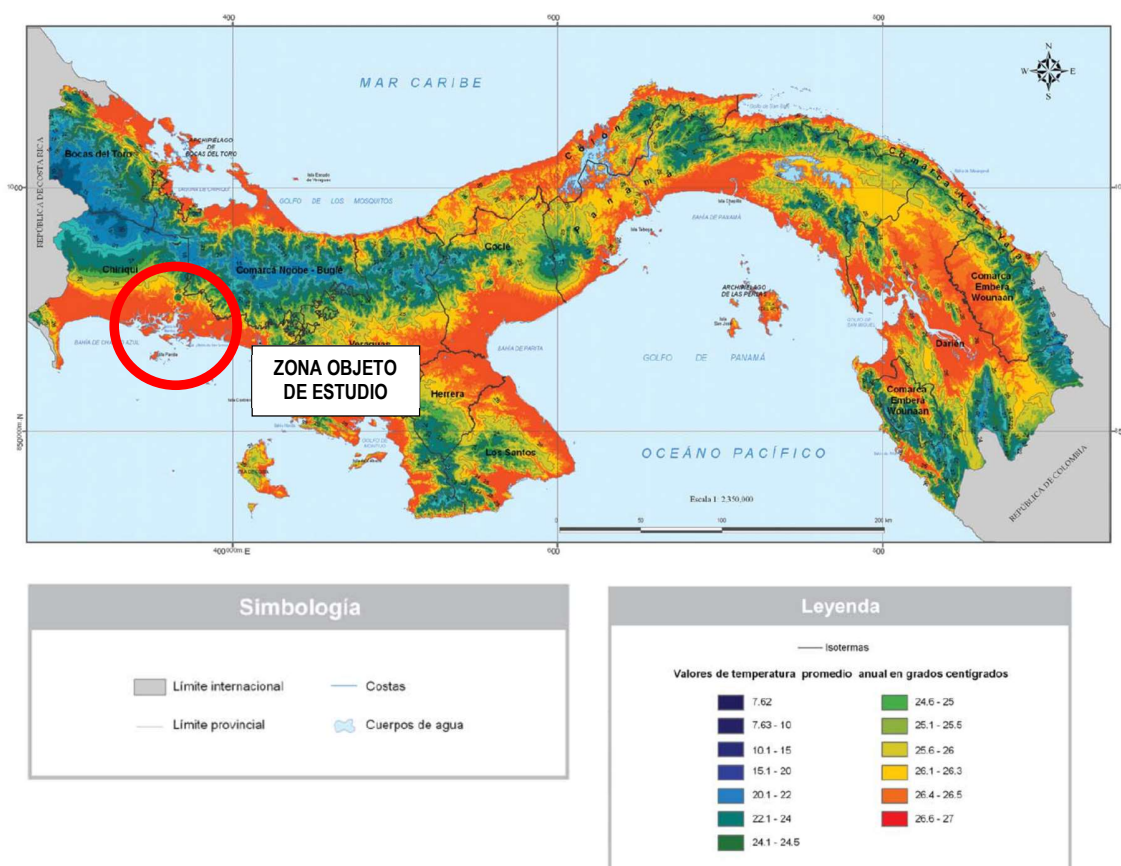


Figura 3. Mapa de temperatura

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.1. NORMATIVA

Todo el trabajo será realizado de acuerdo con la práctica más avanzada para este tipo de estudio y, todos los análisis realizados estarán de acuerdo con los reglamentos, normas y guías más recientes, que sean aplicables y que hayan sido editadas hasta la fecha de su presentación.

Como normas de consulta y aplicación para el cálculo y diseño de las instalaciones de pluviales se usarán, principalmente, las siguientes:

CONTRATO N° UAL-01-06-2022

8 de 23

JAIR ELI CARDENAS SALADO
 INGENIERO
 Licencia No. 2002-006-378
 FIRMA
 Ley 15 del 26 de Enero de 1959
 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos, parámetros recomendados en el diseño del sistema de calles, y drenajes pluviales de acuerdo con lo exigido por el Ministerio de Obras Públicas (MOP).

3.2. CONSIDERACIONES GENERALES

El estudio hidrológico está orientado a determinar la escorrentía que pasará por este cauce, el nivel máximo de inundación el cual dependerá de las condiciones topográficas de la corriente superficial y la sección hidráulica óptima para la escorrentía probable para un periodo de retorno de 1 en 100 años según indica el manual de aprobación planos.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse según el MANUAL DE REQUISITOS PARA LA REVISIÓN DE PLANOS (Tercera edición).

Para puentes sobre cauces se deberá calcular la sección hidráulica e hidrológica de acuerdo con los parámetros indicados en el presente manual. La distancia libre entre el NAME (nivel de aguas máximas) y el nivel inferior de viga (Gálibo de Aguas), no deberá ser menor de 1.80 m.

3.3. HIPÓTESIS DE ESTUDIO

1.1.1. METODOLOGÍA

En base a lo estipulado en el *Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos*, parámetros recomendados en el diseño del sistema de calles y drenajes pluviales de acuerdo con lo exigido en el *Ministerio de Obras Públicas*, para el cálculo de caudales de proyecto de referencia se ha aplicado tanto el método racional para cuencas inferiores a 250 hectáreas

▪ Método Racional

Para cuencas menores de 250 hectáreas, se procede a utilizar este método de cálculo según las indicaciones del manual de diseño del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

Se tienen en cuenta los coeficientes de escorrentía (C), de acuerdo con las características del terreno, forma de la cuenca y por la previsión de los probables desarrollos futuros, tal y como determina el Ministerio de Obras Públicas:

| | |
|----------|--|
| C = 0.75 | Para áreas suburbanas forestadas. |
| C = 0.90 | Para áreas urbanas deforestadas. |
| C = 1.00 | Para áreas completamente pavimentadas. |

En el proyecto se ha considerado un coeficiente de escorrentía (C) de 0.90 como mínimo para este proyecto, tal cual lo establecen las Normas Técnicas que rigen para el tipo de proyecto propuesto y el mismo valor aplica para toda el área que aporte.

De acuerdo con el manual de revisión de planos del MOP, se tomaron las ecuaciones de intensidad-duración-frecuencia desarrolladas para 16 cuencas de la República de Panamá y se determinó que según la información obtenida para este anteproyecto está ubicado dentro de la Cuenca entre Río Fonseca y entre Río Chiriquí y Río San Juan.

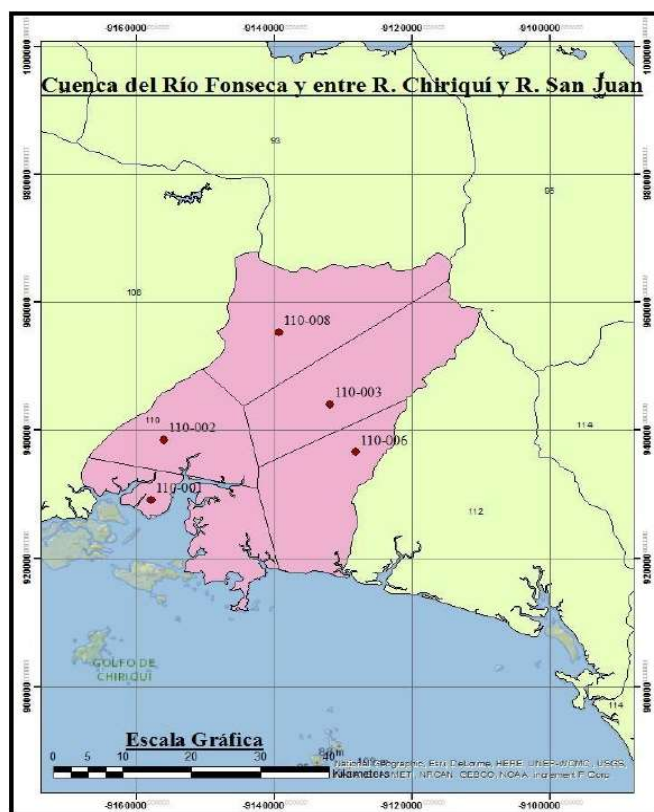
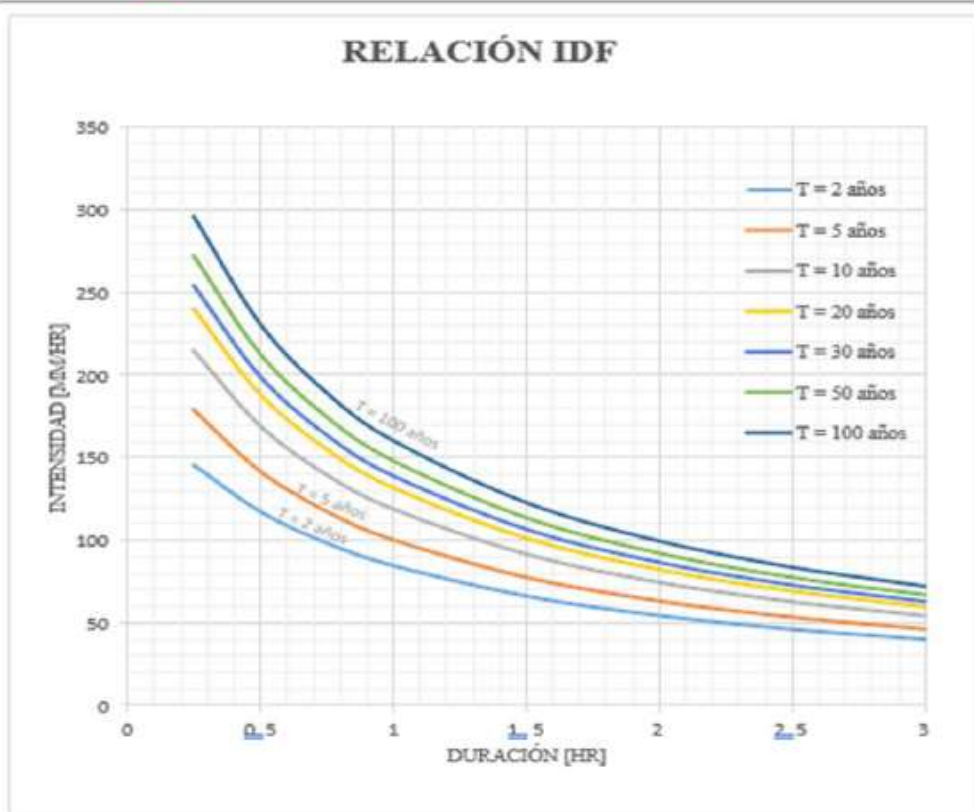


Figura 4. Representación gráfica de la cuenca del proyecto.

Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para Cuenca en La República de Panamá
 Elaborado por: Alcides Lau – Antonio Pérez



Gráfica 4. 8: 110 - Relación Intensidad Duración Frecuencia

DATOS PARA EL ESTUDIO

Tabla 4. 20: Ecuación de Intensidad Relación Frecuencia para Eventos con Duración d en Horas de cuenca del río Fonseca y entre el r. Chiriquí y r. San Juan

| | $I = \frac{a}{d + b}$ | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| T [años] | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 |
| a [mm] | 151.923 | 171.307 | 200.149 | 219.424 | 230.502 | 244.324 | 262.909 |
| b [hr] | 0.793 | 0.707 | 0.681 | 0.663 | 0.656 | 0.647 | 0.637 |
| R ² | 99.49% | 99.52% | 99.51% | 99.51% | 99.50% | 99.50% | 99.49% |

Figura 5. Relación IDF para la cuenca del río Fonseca y entre el río Chiriquí y río San Juan

De esto se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

| |
|---------------------------------|
| $TR = 100 \text{ años}$ |
| $i = \frac{262.909}{d + 0.637}$ |

Tabla 1. Ecuaciones de intensidad – duración - frecuencia.

Siendo:

i= intensidad de lluvia en mm/hora

d= Tiempo de concentración en horas

El cálculo de los tiempos de concentración, se basan en las siguientes fórmulas:

$$T_c = \left(0.87 \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

Siendo:

T_c= tiempo de concentración en minutos

L= longitud de cauce en Km

ΔH= diferencia de elevaciones en metros

A partir de los valores de coeficientes de escorrentía, intensidad de lluvia y superficie se obtienen los caudales para cada cuenca de acuerdo con la fórmula:

$$Q = C * i * \frac{A}{360}$$

Siendo:

C= Coeficiente de escorrentía de la cuenca drenada.

i= Intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración (mm/h)

A= Área de la cuenca vertiente (Ha)

Q= Caudal en el punto de desagüe de la cuenca de superficie "A" para una precipitación de intensidad media igual a "i" (m³/s)

2.1.1. CUENCAS DE PUENTES

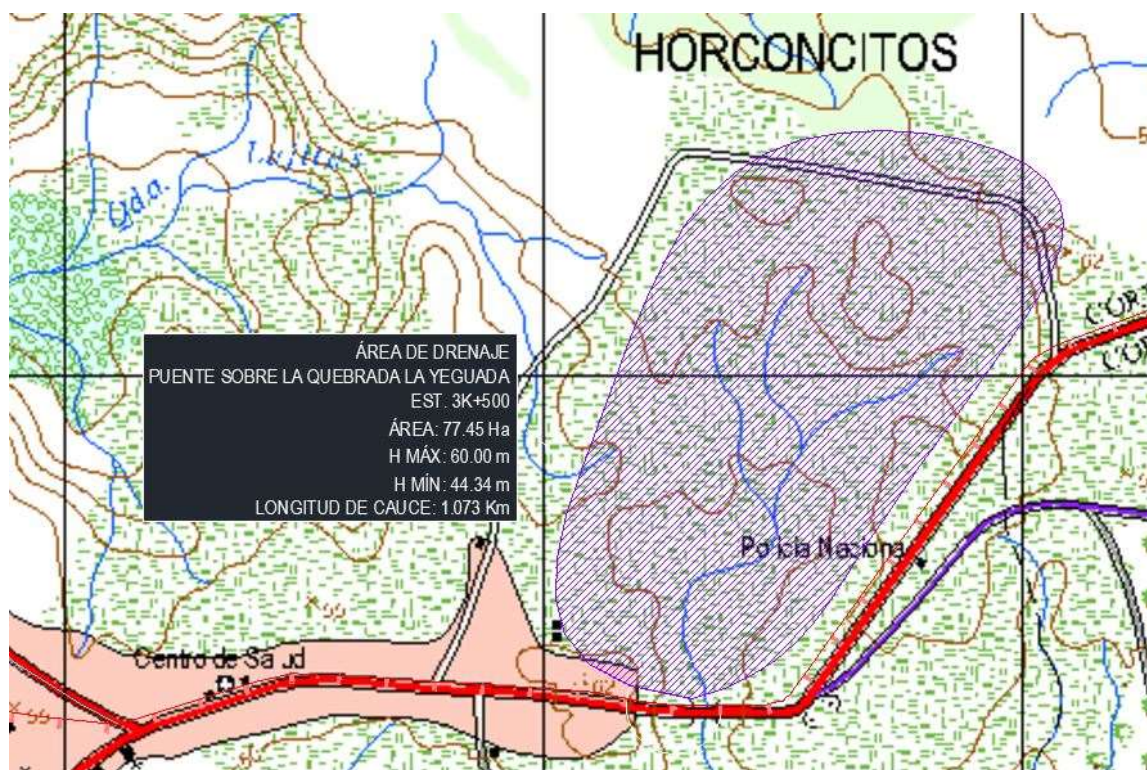


Figura 6. Área de drenaje de puente sobre quebrada La Yeguada

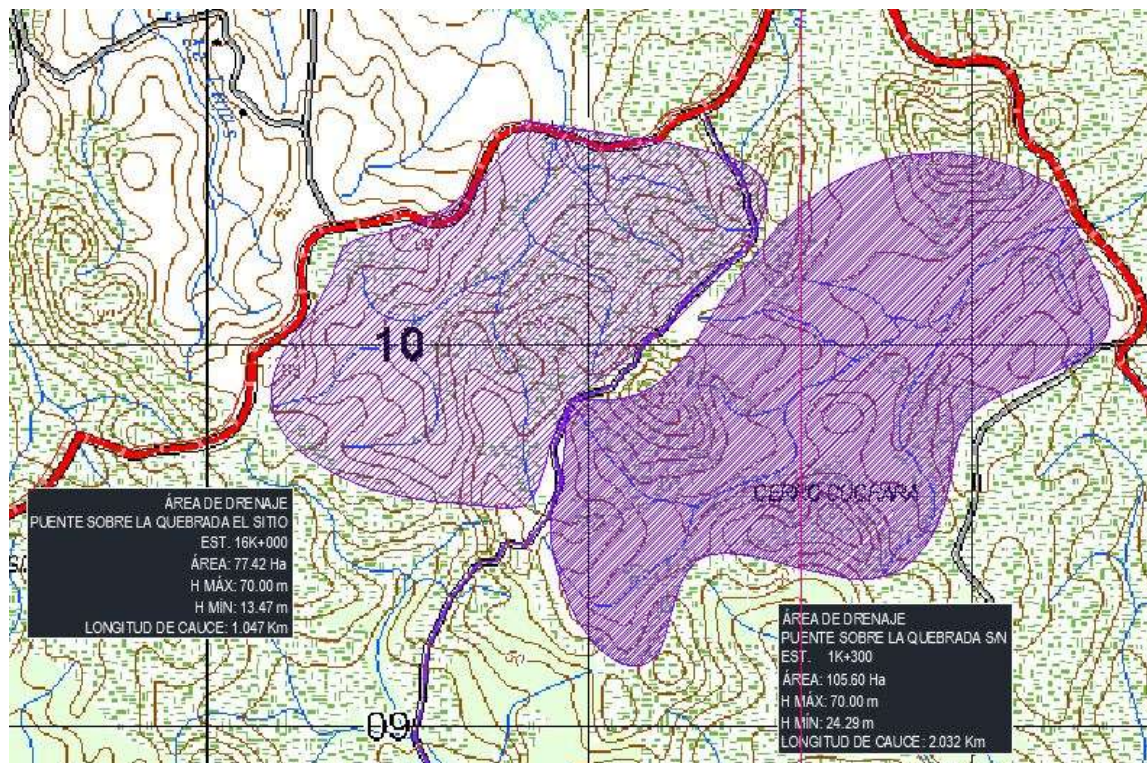


Figura 7. Área de drenaje del puente sobre quebrada El Sitio (izquierda) y sobre quebrada S/N (derecha)

3.1.1. CÁLCULO DE CAUDAL

VÍA C.P.A. - BOCA CHICA

| No. | Identificación | ESTACIÓN | Datos de la Cuenca | | | | | | Cálculos Hidrológicos | | | | |
|-----|-------------------------------------|----------|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------|--|-----------------------|---------|------|-----------------------|----------|
| | | | ÁREA (Ha) | Longitud del Cauce, L (Km) | H máxima (m) | H mínima (m) | ΔH (m) | Pendiente promedio de la Cuenca, S (m/m) | Tc (min) | Tc (hr) | C | i (mm/hr) T= 100 años | Q (m³/s) |
| P-1 | Puente sobre la Quebrada la Yeguada | 3+490 | 77.45 | 1.073 | 60.00 | 44.34 | 15.66 | 0.015 | 21.393 | 0.357 | 0.90 | 264.62 | 51.24 |
| P-2 | Puente sobre la Quebrada El Sitio | 16+020 | 77.42 | 1.047 | 70.00 | 13.47 | 56.53 | 0.054 | 12.687 | 0.211 | 0.90 | 309.87 | 59.98 |

VÍA BOCA CHICA - PLAYA HERMOSA

| No. | Identificación | ESTACIÓN | Datos de la Cuenca | | | | | | Cálculos Hidrológicos | | | | |
|-----|---------------------------|----------|--------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------|--|-----------------------|---------|------|-----------------------|----------|
| | | | ÁREA (Ha) | Longitud del Cauce, L (Km) | H máxima (m) | H mínima (m) | ΔH (m) | Pendiente promedio de la Cuenca, S (m/m) | Tc (min) | Tc (hr) | C | i (mm/hr) T= 100 años | Q (m³/s) |
| P-1 | Puente sobre Quebrada S/N | 1+337 | 105.60 | 2.032 | 70.00 | 24.09 | 45.91 | 0.023 | 29.557 | 0.493 | 0.90 | 232.74 | 61.45 |



3.4. CÁLCULO DE SECCIÓN ÓPTIMA

3.5. SECCIÓN ÓPTIMA TRAPEZOIDAL

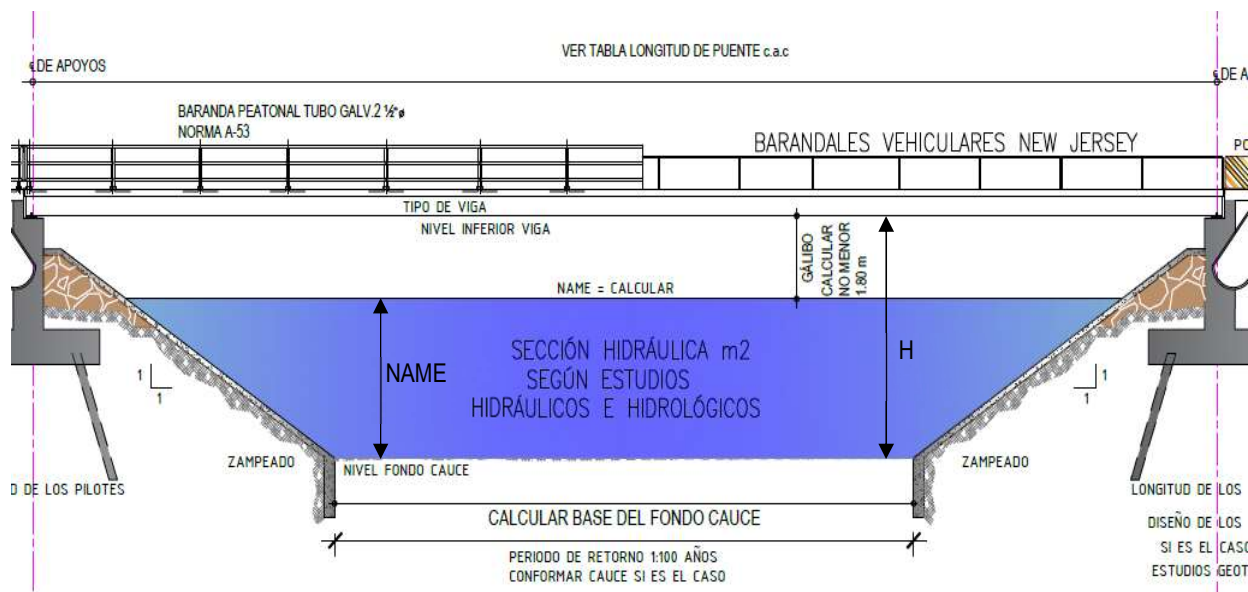


Figura 8. Sección trapezoidal para puentes.

3.6. CÁLCULO DE LA SECCIÓN ÓPTIMA

a) PUENTE SOBRE QUEBRADA LA YEGUADA, VÍA C.P.A. – BOCA CHICA -3+490

Tabla 2. Resultado de análisis hidráulico de la sección de Quebrada La Yeguada

| Estación | Q. total (m³/s) | Coficiente de Manning | EL Min CH (m) | EL NAME (m) | EL NAME crit (m) | y max (m) | Am (m²) | Pm (m) | T (m) | Rh (m) | Vel (m/s) | N. froude |
|----------|-----------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------|------------|-----------|----------|-----------|--------------|--------------|
| 0+000.00 | 51.24 | 0.03 | 36.47 | 38.78 | 38.37 | 2.31 | 25.55 | 22.19 | 20.00 | 1.15 | 2.01 | 0.57 |
| 0+018.53 | 51.24 | 0.03 | 36.34 | 38.85 | | 2.52 | 27.00 | 22.88 | 20.00 | 1.18 | 1.90 | 0.52 |
| 0+048.94 | 51.24 | 0.03 | 36.43 | 38.97 | | 2.53 | 31.30 | 22.84 | 20.00 | 1.37 | 1.64 | 0.42 |
| 0+060.00 | 51.24 | 0.03 | 36.66 | 39.01 | | 2.35 | 35.44 | 22.76 | 20.00 | 1.56 | 1.45 | 0.35 |
| 0+080.00 | 51.24 | 0.03 | 36.15 | 39.05 | | 2.91 | 39.29 | 23.06 | 20.00 | 1.70 | 1.30 | 0.30 |
| 0+100.00 | 51.24 | 0.03 | 36.26 | 38.97 | | 2.71 | 23.53 | 19.57 | 17.76 | 1.20 | 2.18 | 0.60 |
| 0+114.48 | 51.24 | 0.03 | 36.60 | 39.25 | 39.25 | 2.64 | 12.33 | 9.91 | 6.98 | 1.24 | 4.16 | 1.00 |
| 0+120.00 | 51.24 | 0.03 | 36.67 | 39.94 | 39.50 | 3.27 | 21.74 | 18.76 | 14.46 | 1.16 | 2.36 | 0.61 |
| 0+140.00 | 51.24 | 0.03 | 36.58 | 40.23 | | 3.65 | 61.15 | 25.34 | 20.00 | 2.41 | 0.84 | 0.15 |
| 0+160.00 | 51.24 | 0.03 | 36.21 | 40.23 | | 4.02 | 65.10 | 26.62 | 20.00 | 2.44 | 0.79 | 0.14 |
| 0+179.91 | 51.24 | 0.03 | 36.07 | 40.23 | | 4.16 | 53.85 | 24.88 | 17.75 | 2.16 | 0.95 | 0.17 |
| 0+202.37 | 51.24 | 0.03 | 35.91 | 40.24 | | 4.32 | 55.86 | 24.04 | 17.05 | 2.32 | 0.92 | 0.16 |

El Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME) para este cauce nos da una elevación de 39.25 m. La altura libre mínima (gálibo) a considerar es de 1.80 m, lo que nos da una elevación (H) de 41.05 m.

b) PUENTE SOBRE LA QUEBRADA EL SITIO, VÍA C.P.A. – BOCA CHICA - 16+020

Tabla 3. Resultado de análisis hidráulico de la sección de Quebrada El Sitio

| Estación | Q. total (m³/s) | Coefficiente de Manning | EL Min CH (m) | EL NAME (m) | EL NAME crit (m) | y max (m) | Am (m²) | Pm (m) | T (m) | Rh (m) | Vel (m/s) | N. froude |
|----------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------|------------|-----------|----------|-----------|--------------|--------------|
| 0+000.00 | 59.98 | 0.03 | 7.32 | 9.70 | 9.70 | 2.38 | 22.23 | 31.66 | 30.00 | 0.70 | 2.70 | 1.00 |
| 0+020.00 | 59.98 | 0.03 | 6.65 | 10.02 | | 3.38 | 36.27 | 26.65 | 23.52 | 1.36 | 1.65 | 0.43 |
| 0+040.00 | 59.98 | 0.03 | 6.73 | 10.02 | | 3.29 | 29.98 | 24.53 | 21.87 | 1.22 | 2.00 | 0.55 |
| 0+060.00 | 59.98 | 0.03 | 6.99 | 10.11 | | 3.12 | 32.61 | 28.27 | 25.93 | 1.15 | 1.84 | 0.52 |
| 0+069.18 | 59.98 | 0.03 | 7.04 | 9.78 | 9.78 | 2.74 | 13.12 | 9.97 | 6.19 | 1.32 | 4.57 | 1.00 |
| 0+080.00 | 59.98 | 0.03 | 6.80 | 10.89 | | 4.09 | 48.62 | 32.26 | 28.81 | 1.51 | 1.23 | 0.30 |
| 0+100.00 | 59.98 | 0.03 | 7.20 | 10.95 | | 3.75 | 91.21 | 34.88 | 30.00 | 2.61 | 0.66 | 0.12 |
| 0+120.00 | 59.98 | 0.03 | 6.21 | 10.96 | | 4.75 | 90.75 | 34.36 | 29.76 | 2.64 | 0.66 | 0.12 |
| 0+140.00 | 59.98 | 0.03 | 5.44 | 10.96 | | 5.52 | 97.60 | 34.90 | 30.00 | 2.80 | 0.61 | 0.11 |
| 0+160.00 | 59.98 | 0.03 | 4.21 | 10.97 | | 6.76 | 111.25 | 35.54 | 30.00 | 3.13 | 0.54 | 0.09 |
| 0+175.53 | 59.98 | 0.03 | 3.36 | 10.98 | | 7.61 | 146.86 | 36.31 | 30.00 | 4.04 | 0.41 | 0.06 |

El Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME) para este río nos da una elevación de 9.78 m. La altura libre mínima (gálibo) a considerar es de 1.80 m, lo que nos da una altura (H) de 11.58 m.

c) PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SIN NOMBRE, VÍA BOCA CHICA – PLAYA HERMOSA - 1+337

Tabla 4. Resultado de análisis hidráulico de la sección de Quebrada Sin Nombre

| Estación | Q. total (m³/s) | Coefficiente de Manning | EL Min CH (m) | EL NAME (m) | EL NAME crit (m) | y max (m) | Am (m²) | Pm (m) | T (m) | Rh (m) | Vel (m/s) | N. froude |
|----------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|--------------|------------|-----------|----------|-----------|--------------|--------------|
| 0+000.00 | 61.45 | 0.03 | 14.39 | 17.33 | 17.23 | 2.94 | 21.54 | 23.01 | 20.55 | 0.94 | 2.85 | 0.89 |
| 0+026.69 | 61.45 | 0.03 | 14.40 | 17.56 | 17.56 | 3.16 | 19.76 | 22.90 | 20.50 | 0.86 | 3.11 | 1.01 |
| 0+040.00 | 61.45 | 0.03 | 14.06 | 17.99 | | 3.93 | 37.06 | 24.88 | 22.26 | 1.49 | 1.66 | 0.41 |
| 0+060.00 | 61.45 | 0.03 | 13.72 | 18.09 | | 4.37 | 51.05 | 30.94 | 27.80 | 1.65 | 1.20 | 0.28 |
| 0+080.00 | 61.45 | 0.03 | 13.47 | 18.13 | | 4.66 | 71.80 | 35.44 | 30.00 | 2.03 | 0.86 | 0.18 |
| 0+100.00 | 61.45 | 0.03 | 13.57 | 18.13 | | 4.57 | 63.64 | 33.09 | 29.57 | 1.92 | 0.97 | 0.21 |
| 0+120.00 | 61.45 | 0.03 | 13.49 | 18.13 | | 4.63 | 53.11 | 35.29 | 30.00 | 1.50 | 1.16 | 0.28 |
| 0+130.69 | 61.45 | 0.03 | 13.71 | 18.05 | | 4.34 | 31.19 | 35.83 | 30.00 | 0.87 | 1.97 | 0.62 |
| 0+140.00 | 61.45 | 0.03 | 13.43 | 18.24 | | 4.80 | 71.61 | 35.16 | 30.00 | 2.04 | 0.86 | 0.18 |
| 0+160.00 | 61.45 | 0.03 | 13.02 | 18.26 | | 5.24 | 102.92 | 37.04 | 30.00 | 2.78 | 0.60 | 0.10 |
| 0+180.00 | 61.45 | 0.03 | 13.29 | 18.26 | | 4.97 | 106.77 | 36.91 | 30.00 | 2.89 | 0.58 | 0.10 |
| 0+200.00 | 61.45 | 0.03 | 13.26 | 18.26 | | 5.00 | 95.47 | 34.45 | 30.00 | 2.77 | 0.64 | 0.12 |
| 0+220.00 | 61.45 | 0.03 | 12.66 | 18.27 | | 5.61 | 106.17 | 36.81 | 30.00 | 2.88 | 0.58 | 0.10 |

El Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME) para este río nos da una elevación de 18.05 m. La altura libre mínima (gálibo) a considerar es de 1.80 m, lo que nos da una altura (H) de 19.85 m.

4. ANEXOS

4.1. QUEBRADA LA YEGUADA

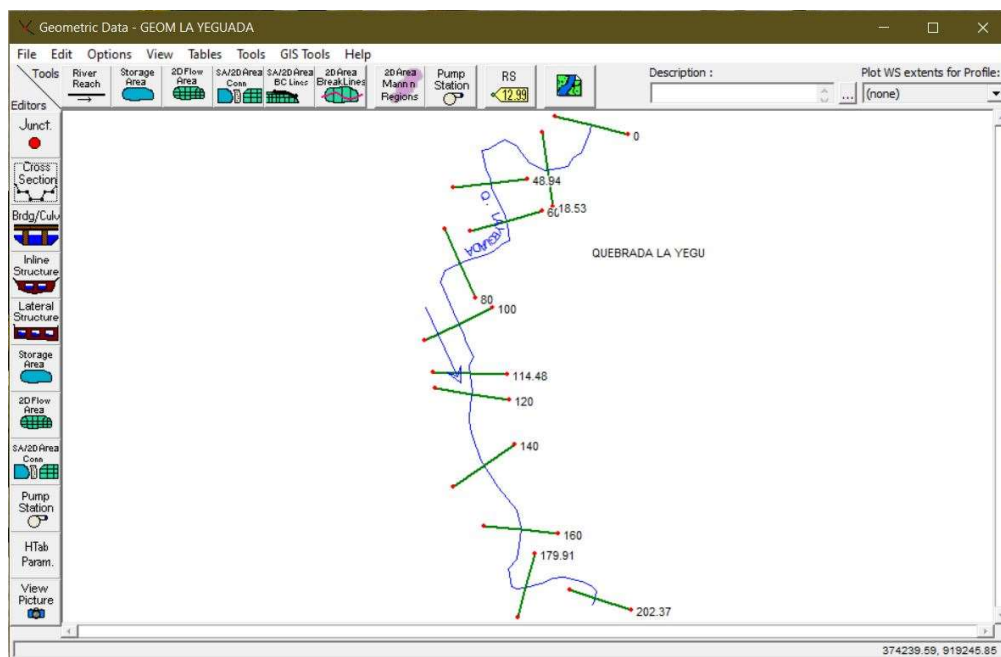


Figura 9. Geometría de la quebrada en Hec-Ras

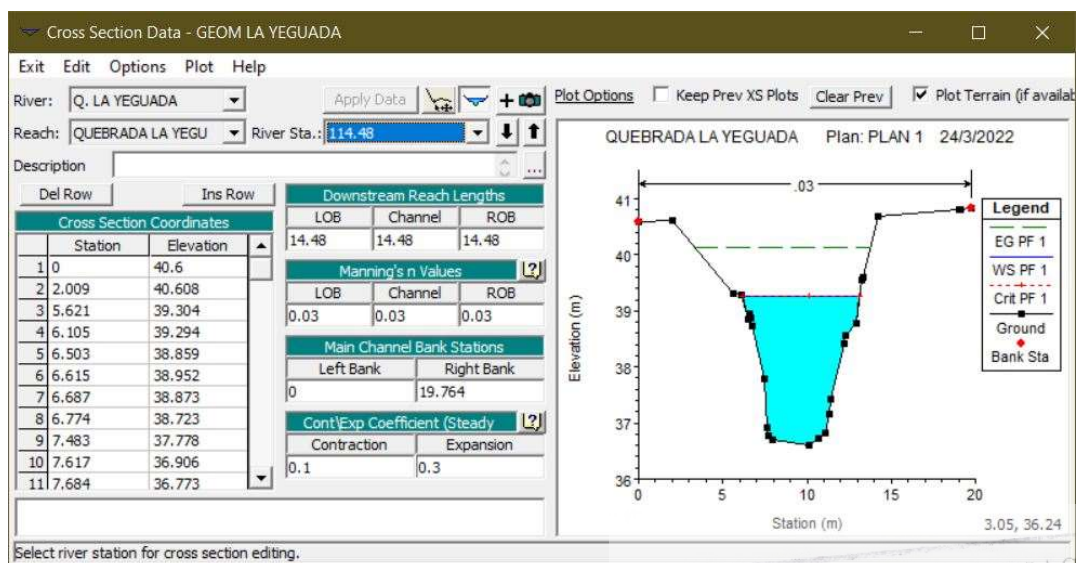


Figura 10. Sección transversal en estación del puente sobre la quebrada la Yeguada.

4.2. QUEBRADA EL SITIO

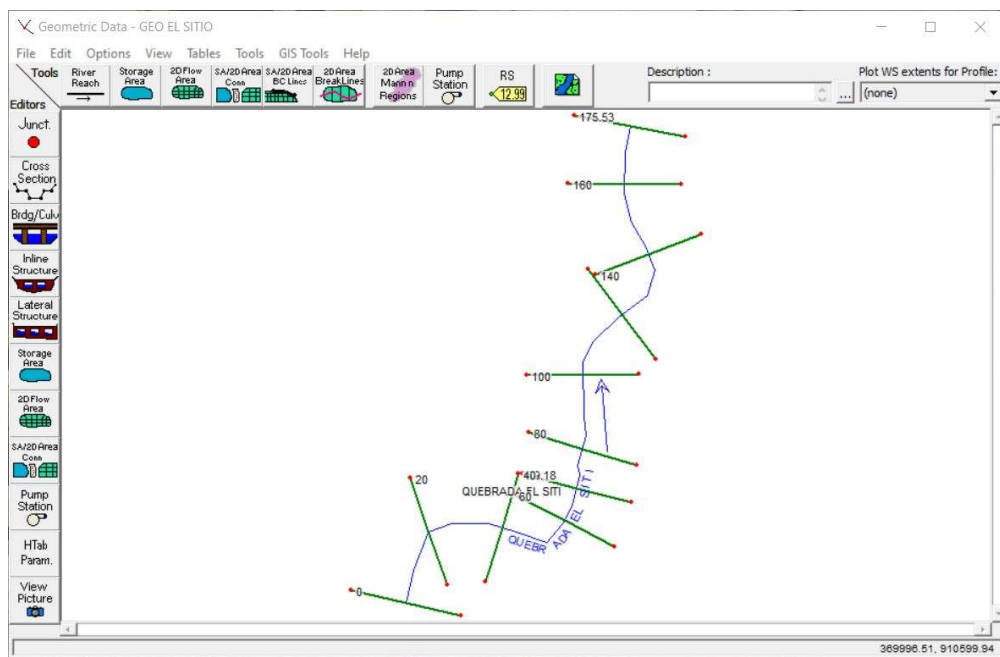


Figura 11. Geometría de la quebrada en Hec-Ras

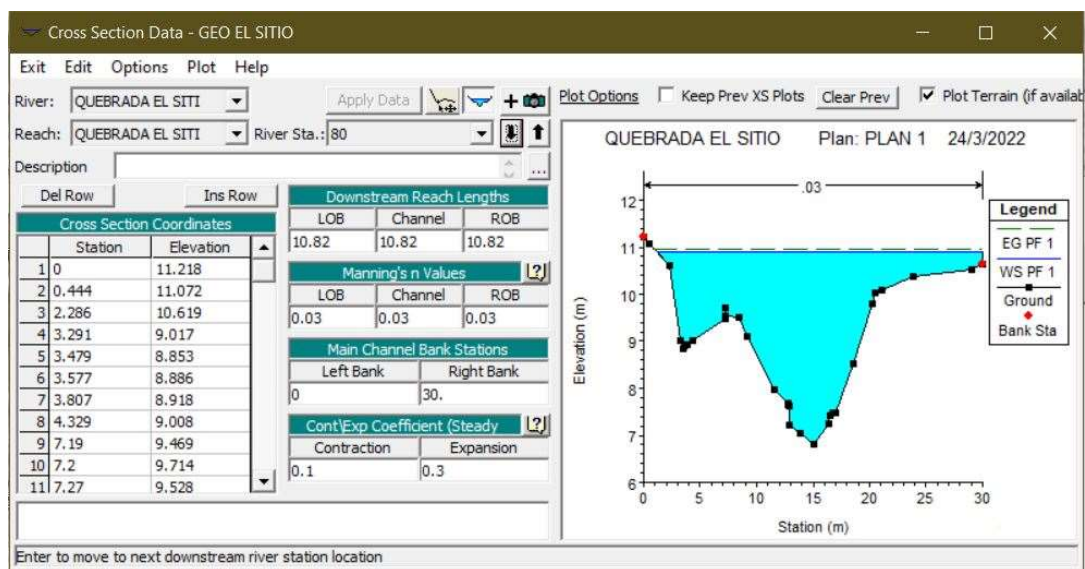


Figura 12. Sección transversal en estación del puente sobre la quebrada El Sitio

4.3. QUEBRADA SIN NOMBRE

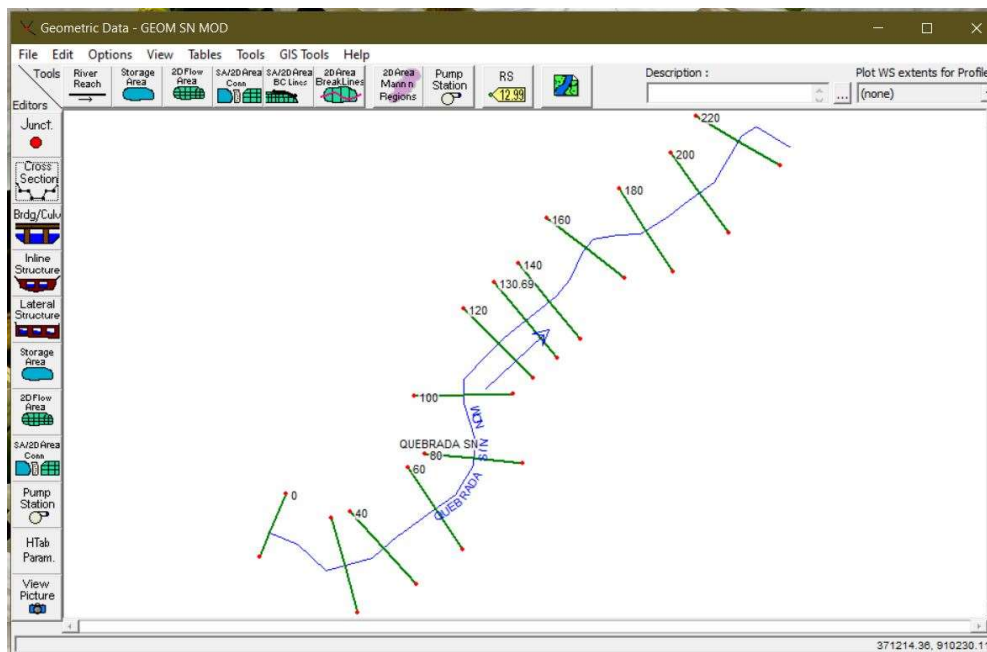


Figura 13. Geometría de la quebrada en Hec-Ras

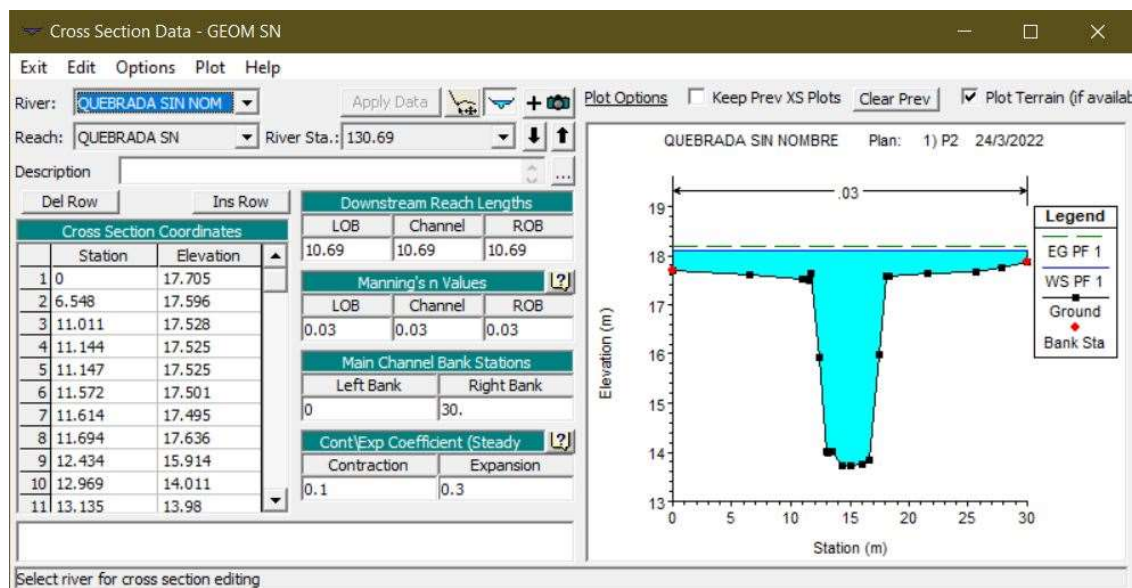


Figura 14. Sección transversal en estación del puente sobre la quebrada Sin Nombre