

Panamá, 29 de mayo de 2023  
SG-SAM- 585-2023

Ingeniero  
Domiluis Domínguez  
Director de Evaluación de Impacto Ambiental  
Ministerio de Ambiente  
E. S. D.

*Patino*  
6/JUN/2023 2:25PM

DE IA  
AMBIENTE

Ingeniero Domínguez:

Por medio de la siguiente nota hacemos entrega de la primera información aclaratoria solicitada mediante Nota: **DEIA-DEEIA-AC-0093-1605-2023**, del Estudio de Impacto Ambiental, CAT: I, del proyecto denominado: **“DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO- REGIÓN 8, NGÄBE-BUGLÉ”**, a desarrollarse en los Ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri, en los distritos de Ñurún, Muná, Nole Duima, Mirono y Besikó, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.

Atentamente,

*I. Valderrama*  
Ibraín E. Valderrama A.  
Secretario General



*IV*  
IV/VdeG/ew

c.i.: Licda. Vielka de Garzola – Jefa Nacional de la Sección Ambiental  
Archivo

**RESPUESTA A LA NOTA DEIA-DEEIA-AC-0093-1605-2023  
PRIMERA INFORMACIÓN ACLARATORIA AL ESTUDIO DE  
IMPACTO AMBIENTAL CATEGORÍA I**

**PROYECTO:  
“DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y  
FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL  
PROGRESO – REGIÓN 8, NGÄBE BUGLÉ”**

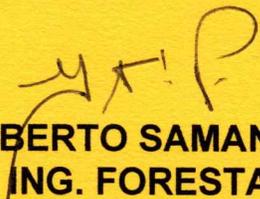
**UBICACIÓN:  
Río Hacha, Río Balsa, Río Gebay, Río San Félix, Río Salitre y Río Liri,  
Distritos de Ñurum, Muná, Nole Duima, Mirono y Besikó,  
Comarca Ngäbe Buglé**

**PROMOTOR:  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**



MINISTERIO DE  
OBRAS PÚBLICAS

**MAYO 2023**

  
**GILBERTO SAMANIEGO  
ING. FORESTAL  
CONSULTOR AMBIENTAL  
IRC-073-2008**

**1. En la página 18 del EsIA, se indica que los trabajos consisten en: "... Construcción de terracería de camino de acceso y zampeados de protección contra la erosión en eventos extremos...". Por otra parte, en página 32 del EsIA, se indica: "Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos (si aplican) y se pondrán en uso los mismos..."; además, en la página 33 del EsIA, Cuadro 6. Desglose de actividades del proyecto, se hace referencia a la construcción de desvíos y pasos temporales. Por lo antes descrito, se requiere:**

**a. Aclarar si alcance del presente EsIA, contempla la construcción de desvíos temporales, y si los mismos tienen influencia sobre alguna fuente hídrica.**

*Respuesta:*

Se aclara que el alcance del presente EsIA no aplica la construcción de desvíos y/o pasos temporales, por consiguiente, no hay influencia sobre alguna fuente hídrica. Actualmente, los moradores utilizan pasos o desvíos existentes para cruzar los ríos, y o quebradas, y normalmente son vehículos tipo pick-up que usan estos cruces existentes, dichos pasos están habilitados por la comunidad en sitios fuera del área de instalación de los puentes modulares.

**b. Presentar longitud y coordenadas UTM que determinen el alineamiento del camino de acceso, y desvíos y pasos temporales.**

*Respuesta*

No aplica, ya que no aplica la construcción nuevos caminos de acceso, desvíos y/o pasos temporales, durante la instalación de los puentes las comunidades seguirán utilizando los pasos habituales existentes sobre las fuentes hídricas.

**c. Presentar Registro público de propiedad de la finca donde se ubicarán los caminos de acceso y desvíos y pasos temporales. En caso de ser persona natural deberá presentar: copia de cédula y autorización del propietario (ambos documentos notariados), donde se dé aval para el uso del terreno. En caso de que el dueño sea persona jurídica, deberá presentar Registro Público de la Sociedad, copia de cédula y autorización del representante legal (ambos documentos notariados).**

*Respuesta*

No aplica, ya que no aplica la construcción de caminos de acceso, desvíos y/o pasos temporales.

**d. Presentar el área y las especies de vegetación que se verán afectadas por la construcción de camino de acceso, y desvíos y pasos temporales.**

*Respuesta*

No aplica, ya que no aplica la construcción de caminos de acceso, desvíos y/o pasos temporales.

**e. Presentar línea base (física y biológica) de las áreas donde se propone el camino de acceso y el desvío temporal.**

*Respuesta*

No aplica, ya que no se contempla la construcción de camino de acceso nuevo, ni de desvíos y/o pasos temporales, ya que se van a usar los existentes. La línea base de la zona donde se van a instalar los puentes para el progreso, está descrito en el EsIA y no se prevén nuevos impactos.

**f. Presentar los impactos y la valoración de los mismos, que se podrían generarse por la construcción de los caminos, desvíos y pasos temporales; así como también, las medidas de mitigación a implementar.**

*Respuesta*

No aplica, ya que no se contempla la construcción de caminos de acceso nuevo, ni de desvíos y/o pasos temporales ya que, se van a usar los existentes. La línea base de la zona donde se van a instalar los puentes modulares, está descrito en el EsIA y no se prevén nuevos impactos, ni medidas de mitigación adicionales.

**2. En la página 26 del EsIA, punto 5.4.1 Planificación, se hace referencia a la: "... Definición en campo de la ubicación exacta del área del proyecto, así como la zona donde se ubicarán las oficinas y el área de almacenamiento temporal de los puentes a instalar"; de igual manera, en la página 120 del EsIA, Medio Físico, Suelo, se hace mención a: "Instalar caseta tipo D, desvíos y pasos temporales, talleres, áreas sanitarias, patios, depósitos y botaderos."; por lo tanto a fin de conocer la línea base donde se dispondrán dichas instalaciones, se solicita:**

**a. Presentar superficie y coordenadas UTM que determinen la ubicación de las instalaciones: oficinas, área de almacenamiento, caseta tipo D, talleres, áreas sanitarias, patios, depósitos y botaderos.**

*Respuesta:*

Cabe destacar que, debido a la metodología de construcción e instalación de los puentes modulares los cuales abarcan un periodo corto de construcción, no se contemplará la colocación de instalaciones tipo oficinas, área de almacenamiento, caseta tipo D, talleres temporales, por consiguiente, se optará por la colocación de campamentos temporales y áreas sanitarias que corresponden a letrinas portátiles en sitio, los cuales serán utilizados por el personal de campo durante el desarrollo de las actividades.

A continuación, se describen las coordenadas de ubicación:

<b>Campamento por área</b>		
<b>Superficie: 18 m<sup>2</sup></b>		
<b>Coordenadas UTM WG84</b>		
<b>Puente sobre río Salitre</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	928744.70	422850.62
2	928745.68	422853.46
3	928740.01	422855.42
4	928739.03	422852.58
<b>Puente sobre río Hacha</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	935719.11	381452.47
2	935716.81	381458.01
3	935714.04	381456.86
4	935716.34	381451.32
<b>Puente sobre río Balsa</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	942870.66	386562.22
2	942864.77	386563.34
3	942864.21	386560.39
4	942870.10	386559.27
<b>Puente sobre río San Félix</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	922521.46	408418.82
2	922519.73	408421.26
3	922514.83	408417.80
4	922516.56	408415.35

<b>Puente sobre río Liri</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	901542.64	443447.78
2	901541.82	443450.66
3	901536.05	443449.01
4	901536.87	443446.12
<b>Puente sobre río Gebay</b>		
<b>Punto</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
1	937654.20	380440.10
2	937652.79	380442.74
3	937647.50	380439.91
4	937648.91	380437.27

<b>Letrinas portátiles</b> <b>Superficie aproximada 1.25 m<sup>2</sup></b> <b>Coordenadas UTM WG84</b>		
<b>Área/ Ríos</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
<b>Río Salitre</b>	928737.72	422853.81
<b>Río Hacha</b>	935714.17	381459.19
<b>Río Balsa</b>	942862.06	386561.13
<b>Río San Félix</b>	922513.88	408413.57
<b>Río Liri</b>	901543.75	443448.27
<b>Río Gebay</b>	937655.95	380443.67

**b. Presentar Registro público de propiedad de la finca donde se ubicarán las instalaciones descritas en el punto (a). En caso de ser persona natural deberá presentar: copia de cédula y autorización del propietario (ambos documentos notariados), donde se dé aval para el uso del terreno. En caso de que el dueño sea persona jurídica, deberá presentar Registro Público de la Sociedad, copia de cédula y autorización del representante legal (ambos documentos notariados).**

*Respuesta:*

No aplica, ya que las instalaciones temporales se encuentran dentro de la servidumbre del proyecto.

**c. Presentar levantamiento de la línea base física y biológica, del área donde se propone la ubicación de las instalaciones antes descritas.**

*Respuesta*

El área de ubicación de las instalaciones requeridas para la construcción e instalación de los puentes se hará dentro del área de la servidumbre del proyecto, cuya línea base fue presentada en el EsIA en evaluación.

**d. Presentar los impactos y la valoración de los mismos, que se podrían generarse por la instalación de las infraestructuras antes mencionadas; así como también, las medidas de mitigación a implementar.**

*Respuesta*

El área de ubicación de las instalaciones requeridas forma parte del área del proyecto sobre el cual se presentaron los impactos y valoración de estos en el EsIA en evaluación, así como también las medidas de mitigación a implementar y no se prevén nuevos impactos, ni medidas de mitigación adicionales.

**3. En la página 33 del EsIA, Cuadro 6. Desglose de actividades del proyecto, Excavación, se indica: Excavación no clasificada (corte): 5,799.50 m<sup>3</sup>, y Relleno: 3,615.00 m<sup>3</sup>. No obstante, la cantidad establecida de corte es superior a la de relleno. Por lo cual se solicita:**

**a. Indicar de dónde se dispondrá el material de corte sobrante y de dónde se obtendrá el material de relleno.**

*Respuesta:*

De acuerdo con el *Cuadro 6. Desglose de actividades del proyecto*, de la página 33 del EsIA en evaluación, se actualiza específicamente la cantidad descrita en el ítem 5N.a Excavación no clasificada (corte) quedando así: 3,615.00 m<sup>3</sup>.

En los puentes a instalar, se tiene previsto que los cortes y rellenos, sean balanceados a cero. Los sitios del proyecto donde se requiera material de relleno, se reutilizará material de las áreas del proyecto donde se realice corte, y el material de corte sobrante se dispondrá en el área que requiera relleno. Por consiguiente, no será requerido sitio de obtención de material de relleno y/o sitio de disposición de material de corte sobrante.

**b. Presentar superficie y coordenadas UTM del sitio de disposición del material de corte sobrante.**

*Respuesta*

No aplica, ya que se tiene previsto que los cortes y rellenos, sean balanceados a cero. Ver respuesta 3a.

**c. Presentar Registro público de propiedad de la finca donde se ubicará la disposición del material de corte sobrante. En caso de ser persona natural deberá presentar: copia de cédula y autorización del propietario (ambos documentos notariados), donde se dé aval para el uso del terreno. En caso de que el dueño sea persona jurídica, deberá presentar Registro Público de la Sociedad, copia de cédula y autorización del representante legal (ambos documentos notariados).**

*Respuesta*

No aplica, ya que se tiene previsto que los cortes y rellenos, sean balanceados a cero. Ver respuesta 3a.

**d. Presentar levantamiento de la línea base física y biológica, del área donde se propone la ubicación del sitio de disposición del material de corte sobrante.**

*Respuesta:*

No aplica, ya que se tiene previsto que los cortes y rellenos, sean balanceados a cero. Ver respuesta 3a.

**4. En las páginas 46 del EsIA, punto 5.7.2. Líquidos, se indica: "... En caso de no contar con este servicio en el área entonces se construirá una letrina de hueco en cada sitio, la cual al final de la obra deberá ser tratada con cal y luego sellada con tierra, la misma debe ubicarse lo más alejado posible de las fuentes hídricas...". Por lo cual, se solicita:**

**a. Aclarar si el alcance del presente EsIA, contempla la construcción de letrina de hueco. En caso de ser afirmativo, se requiere presentar:**

*Respuesta*

No se contempla la construcción de letrina de hueco en el alcance del presente EsIA. Se usarán letrinas portátiles.

**b. Coordenadas UTM donde se propone la ubicación de la letrina de hueco, y el mantenimiento que se le dará al mismo.**

*Respuesta*

No se contempla la construcción de letrina de hueco en el alcance del presente EsIA. Las letrinas portátiles provisionalmente estarán ubicadas en las coordenadas descritas en la respuesta 2a. Una empresa autorizada por el MINSA le dará el mantenimiento respectivo.

**5. En las páginas 61 y 62 del ESIA, Cuadro 12. Especies de la flora registrada por sitio de muestreo en las áreas del proyecto, junio 2022, se listan especies como Guayacán (*Tabebuia guayacan*); misma que se encuentra incluida dentro de las especies descritas en la Resolución N° DM-0657-2016 de 16 de diciembre de 2016 "*Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de las especies de fauna y flora amenazadas de Panamá, y se dictan otras disposiciones.*". En este sentido, se requiere:**

**a. Indicar las especies de flora que se verán afectadas por la construcción de los puentes.**

*Respuesta*

Los trabajos de instalación de puentes modulares sobre 6 ríos en la Comarca Ngäbe Buglé favorecerán la conexión entre las comunidades y ofrecerán la seguridad de los habitantes durante toda época del año. Los trabajos podrán requerir la poda y/o tala necesaria de algunos árboles puesto que han crecido en los alrededores de la huella del proyecto. Las especies registradas en el cuadro 12 recoge las especies de flora ubicados en las cercanías de los sitios donde serán instalados los puentes modulares, sin embargo, no significa que todos se verán afectados por los trabajos.

El árbol guayacán (*Tabebuia guayacán*) se registró como parte de las especies observadas dentro del polígono correspondiente al Río Balsa y al Río San Félix, sin embargo, no será afectado por los trabajos. Esta especie se encuentra incluida en la Resolución N° DM-0657-2016 de 16 de diciembre de 2016.

**6. En la página 18 del EsIA, punto 5.0 Descripción del proyecto, obra o actividad, se indica: "*Los trabajos a realizar durante la instalación y construcción de los puentes serán realizados fuera del cauce de las fuentes hídricas en mención. Se prevé que el cauce de dichas fuentes hídricas no será enderezado, ni profundizado, ni canalizado, ni ensanchado, y tampoco desviado, lo cual no representa una modificación o alteración al cauce de las fuentes indicadas...*". No obstante, en las páginas 354, 394, 436, 478, 518, 558 del EsIA, Informe Hidrológico e Hidráulico, se presenta cuadro de Desglose de Actividades del Proyecto Diseño, Suministro, Construcción y Financiamiento de Puentes Modulares, donde se hace referencia a trabajos de limpieza de cauce, excavación para estructuras, hormigón reforzado para puentes, entre otras.**

Por otra parte, en la página 114 del EsIA, se indica: *"Los impactos ambientales identificados fueron los siguientes: ... Alteración de la calidad del agua de las fuentes hídricas: Río Gebay, Río Balsa, Río Hacha, Río Liri, Río San Félix, Río Salitre, (aumento de los sólidos suspendidos, disminución de la DBO, disminución del oxígeno disuelto, contaminación por hidrocarburos) ..."*, incidiendo de esta manera en el Criterio 2, factor r. La alteración de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua. Sin embargo, en la página 15 del EsIA, punto 3.2. Categorización: Justificar la categoría del EsIA en función de los criterios de protección ambiental, señala lo siguiente: *"En este caso, el proyecto no afecta ningún Criterio de Protección Ambiental, por lo que éste Estudio de Impacto Ambiental se justifica como Categoría I."* Por lo antes descrito, se solicita:

a. Determinar en cada uno de los cinco (5) criterios de protección ambiental, los factores sobre los que incide la ejecución del referido proyecto, que determinan y justifican la categoría (I) del EsIA en evaluación.

*Respuesta:*

Se aclara que las actividades a desarrollar para la instalación de los puentes modulares no contempla la limpieza de cauce, por lo cual no se intervendrán dichas fuentes hídricas.

Por lo antes descrito, se actualizan los Estudios hidrológicos presentados en el estudio de impacto ambiental punto 15.0 Anexos, específicamente el Anexo 8. Estudio Hidrológico de los ríos del EsIA en evaluación. Ver Anexo 1. Estudios hidrológicos de las fuentes hídricas actualizados.

A continuación, se presenta el cuadro 1. Análisis de los criterios de protección.

**Cuadro No. 1.** Análisis de los criterios de protección ambiental.

Criterios de Protección Ambiental	Etapa	Es afectado	
		Sí	No
<p><b>CRITERIO 1.</b> Se define cuando el proyecto genera o presenta riesgo para la salud de la población, flora y fauna y sobre el ambiente en general. Para determinar la concurrencia del nivel de riesgo, se considerarán los siguientes factores:</p>			

Criterios de Protección Ambiental	Etapa	Es afectado	
		Sí	No
a. La generación, recolección, almacenamiento, transporte o disposición de residuos industriales, atendiendo a su composición, peligrosidad, cantidad y concentración, particularmente en el caso de materiales inflamables, tóxico, corrosivo y radioactivo a ser utilizadas en las diferentes etapas de la acción propuesta.	Construcción e instalación de puentes modulares sobre los ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri		√
b. La generación de efluentes, líquidos, emisiones gaseosas, residuos sólidos o sus combinaciones cuyas concentraciones superen los límites máximos permisibles establecidos en las normas de calidad ambiental.			√
c. Los niveles, frecuencia y duración de ruidos, vibraciones y/o radiaciones.			√
d. La producción, generación, recolección, disposición y reciclaje de residuos domésticos o domiciliarios que por sus características constituyen un peligro sanitario a la población.			√
e. La composición, calidad y cantidad de emisiones fugitivas de gases o partículas generadas en las diferentes etapas de desarrollo de la acción propuesta.			√
f. El riesgo de proliferación de patógenos y vectores sanitarios			√
<b>CRITERIO 2. Este criterio se define cuando el proyecto genera o presenta alteraciones significativas sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales, con especial atención a la diversidad biológica y territorios o recursos con valor ambiental y/o patrimonial. A objeto de evaluar el grado de impacto sobre los recursos naturales, se deberán considerar los siguientes factores:</b>			
a. La alteración del estado de conservación de suelos	Construcción e instalación de puentes modulares sobre		√
b. La alteración de suelos frágiles			√
c. La generación o incremento de procesos erosivos al corto, mediano y largo plazo.			√

Criterios de Protección Ambiental	Etapa	Es afectado	
		Sí	No
d. La pérdida de fertilidad en suelos adyacentes a la acción propuesta.	los ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri		√
e. La inducción del deterioro del suelo por causas tales como desertificación, generación o avances de dunas o acidificación.			√
f. La acumulación de sales y/o vertido de contaminantes sobre el suelo.			√
g. La alteración de especies de flora y fauna vulnerables, amenazadas, endémicas, con datos deficientes o en peligro de extinción.			√
h. La alteración del estado de la conservación de especies de flora y fauna.			√
i. La introducción de especies flora y faunas exóticas que no existen previamente en el territorio involucrado.			√
j. La promoción de actividades extractivas, de explotación o manejo de la fauna, flora u otros recursos naturales.			√
k. La presentación o generación de algún efecto adverso sobre la biota, especialmente la endémica.			√
l. La inducción a la tala de bosques nativos.			√
m. El reemplazo de especies endémicas.			√
n. La alteración de la representatividad de las formaciones vegetales y ecosistemas a nivel local, regional o nacional.			√
o. La promoción de la explotación de la belleza escénica declarada.			√
p. La extracción, explotación o manejo de fauna y flora nativa.			√
q. Los efectos sobre la diversidad biológica.			√
r. La alteración de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.			√
s. La modificación de los usos actuales del agua.		√	

Criterios de Protección Ambiental	Etapa	Es afectado	
		Sí	No
t. La alteración de cuerpos o cursos de agua superficial, por sobre caudales ecológicos.			√
u. La alteración de cursos o cuerpos de aguas subterráneas.			√
v. La alteración de la calidad del agua superficial, continental o marítima y subterránea.			√
<b>CRITERIO 3. Este criterio se define cuando el proyecto genera o presenta alteraciones significativas sobre los atributos que dieron origen a un área clasificada como protegida o sobre el valor paisajístico, estético y/o turístico de una zona. A objeto de evaluar si se presentan alteraciones significativas sobre áreas o zonas se deberán considerar los siguientes factores:</b>			
a. La afectación, intervención o explotación de recursos naturales que se encuentran en áreas protegidas.	Construcción e instalación de puentes modulares sobre los ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri		√
b. La generación de nuevas áreas protegidas.			√
c. La modificación de antiguas áreas protegidas.			√
d. La pérdida de ambientes representativos y protegidos.			√
e. La afectación, intervención o explotación de territorios con valor paisajístico y/o turístico declarado.			√
f. La obstrucción de la visibilidad a zonas con valor paisajístico declarado.			√
g. La modificación en la composición del paisaje.			√
h. El fomento al desarrollo de actividades recreativas y/o turísticas.			√
<b>CRITERIO 4. Este criterio se define cuando el proyecto genera reasentamientos, desplazamientos y reubicaciones de comunidades humanas y alteraciones significativas sobre los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, incluyendo los espacios urbanos. Se considera que concurre este criterio si se producen los siguientes efectos, características o circunstancias:</b>			

Criterios de Protección Ambiental	Etapa	Es afectado	
		Sí	No
a. La inducción a comunidades humanas que se encuentren en el área de influencia del proyecto a reasentarse o reubicarse, temporal o permanentemente.	Construcción e instalación de puentes modulares sobre los ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri		√
b. La afectación de grupos humanos protegidos por disposiciones especiales.			√
c. La transformación de las actividades económicas, sociales o culturales con base ambiental del grupo comunidad humana local.			√
d. La obstrucción del acceso a recursos naturales que sirvan de base para alguna actividad económica o de subsistencia de comunidades humanas aledañas.			√
e. La generación de procesos de rupturas de redes o alianzas sociales.			√
f. Los cambios en la estructura demográfica local.			√
g. La alteración de sistemas de vida de grupos étnicos con alto valor cultural.			√
h. La generación de nuevas condiciones para los grupos o comunidades humanas.			√
<b>CRITERIO 5. Este criterio se define cuando el proyecto genera o presenta alteraciones sobre sitios declarados con valor antropológico, arqueológico y perteneciente al patrimonio cultural, así como los monumentos. Al objeto de evaluar si se generan alteraciones significativas en este ámbito, se considerarán los siguientes factores:</b>			
a. La afectación, modificación y deterioro de algún monumento histórico, arquitectónico, monumento público, monumento arqueológico, zona típica, así declarado.	Construcción e instalación de puentes modulares sobre los ríos Hacha, Balsa, Gebay, San Félix, Salitre y Liri		√
b. La extracción de elementos de zonas donde existan piezas o construcciones con valor histórico, arquitectónico o arqueológico declarados.			√
c. La afectación de recursos arqueológicos, antropológicos en cualquiera de sus formas.			√

Fuente: Equipo consultor, 2023

**No se afectará el Criterio 1 debido a:**

Durante los trabajos de instalación de los Puentes Modulares se generan desechos, generación de emisiones, ruido y vibraciones, los cuales serán manejados. Concluyendo que el Criterio de Protección Ambiental 1 se mantiene en no significativo.

**No se afectará el Criterio 2 debido a:**

Se aclara que las actividades a desarrollar durante la construcción e instalación de los puentes modulares no contempla la limpieza de cauce, por lo cual no se intervendrá dichas fuentes hídricas.

Por lo antes descrito, se actualizan los Estudios hidrológicos presentados en el punto 15.0 Anexos, específicamente el Anexo 8. *Estudio Hidrológico de los ríos* del EsIA en evaluación. Ver Anexo 1. Estudios hidrológicos de las fuentes hídricas actualizados.

Adicional, se aplicarán todas las medidas de control de erosión, y revegetación a fin de no afectar el criterio 2, de protección a recursos naturales.

**No se afectará el Criterio 3 debido a:**

El proyecto se desarrollará fuera de áreas y paisajes protegidos, por lo que no afectará el **Criterio 3**.

**No se afectará el Criterio 4 debido a:**

El proyecto de Puentes Modulares no genera reasentamientos, desplazamientos y reubicación de comunidades humanas y alteraciones significativas sobre los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, incluyendo los espacios urbanos.

**No se afectará el Criterio 5 debido a:**

A que el proyecto Puentes Modulares no presenta alteraciones sobre sitios declarados con valor antropológico, arqueológico y perteneciente al patrimonio cultural, así como los monumentos.

**b. Presentar la longitud y las coordenadas UTM que determinen las secciones donde se realiza la limpieza en cauce.**

*Respuesta:*

Se aclara que las actividades a desarrollar por la instalación de los puentes no contempla la limpieza de cauce, por lo cual no se intervendrá dichas fuentes hídricas.

Por lo antes descrito, se actualizan los Estudios hidrológicos presentados en el punto 15.0 Anexos, específicamente el Anexo 8. *Estudio Hidrológico de los ríos del EsIA* en evaluación. Ver Anexo 1. Estudios hidrológicos de las fuentes hídricas actualizados.

**c. Describir la metodología que se implementará para la actividad de limpieza de cauce.**

*Respuesta:*

Para el desarrollo del proyecto no será necesario realizar la actividad de limpieza de cauce, ya que la metodología utilizada para la instalación de los puentes modulares descrito en el punto 15.0 Anexos específicamente el Anexo 12. *Procedimiento de instalación y armado de los puentes modulares del EsIA* en evaluación, no requiere de la actividad de limpieza de cauce.

**d. Indicar el sitio donde será dispuesto el material producto de la limpieza de cauce.**

*Respuesta*

No aplica, ya que no se contempla la actividad de limpieza del cauce.

**e. Indicar los impactos y las medidas de mitigación que se implementarán para evitar las afectaciones a las fuentes hídricas donde se realizarán los trabajos para la construcción e instalación de los puentes, estribos; debido a los movimientos de tierra.**

*Respuesta:*

Como se aclaró en los acápites anteriores, las actividades a desarrollar durante la construcción e instalación de los puentes no contempla la limpieza de cauce, por lo cual no se intervendrá dichas fuentes hídricas.

Por lo antes descrito, se actualizan los Estudios hidrológicos presentados en el punto 15.0 Anexos, específicamente el Anexo 8. *Estudio Hidrológico de los ríos del EsIA* en evaluación. Ver Anexo 1 de esta adenda, Estudios hidrológicos de las fuentes hídricas actualizados.

Para asegurar que el movimiento de equipos en la instalación de los puentes, no afecten la calidad de las fuentes hídricas, a continuación, se presentan los impactos y medidas de mitigación mediante los cuales se asegura que los impactos no sean significativos y se mantenga dentro de la categoría I.

Impactos	Medidas de mitigación
Aumento de sedimento en las fuentes hídricas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Durante los trabajos de construcción colocar mallas y o barreras vivas o muertas que retengan la tierra y esta pueda ser estabilizada con vegetación o hierbas ordinarias.</li> <li>b. Realizar trabajos fuera de las fuentes hídricas con los equipos.</li> <li>c. Revegetar con hierba ordinaria los sitios que se haga algún corte y relleno de tierra.</li> <li>d. Señalizar las actividades que se desarrollaran.</li> </ul>
Riesgos de contaminación con hidrocarburos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mantenimiento preventivo de toda la flota vehicular y equipos.</li> <li>b. Mantener los kits antiderrames en cada frente de trabajo, para detener, sanear, retirar cualquier residuo de aceites.</li> <li>c. Realizar las inducciones de seguridad, capacitaciones ambientales y aplicar los Análisis de Trabajo Seguro (ATS), en cada actividad.</li> <li>d. Retirar de manera frecuente todos los residuos sólidos generados.</li> </ul>

Fuente: Equipo consultor, 2023

**f. Presentar la longitud y las coordenadas de la distancia que se encuentra cada una de las fuentes hídricas en relación a la construcción de las bases de los puentes.**

*Respuesta*

A continuación, se presenta cuadro con los datos de longitud y coordenadas de las distancias que se encuentra cada una de las fuentes hídricas objeto de este EsIA en evaluación, con relación a la construcción de la base de los puentes.

Posicionamiento de Estructuras				
Ríos	Posicionamiento			
	Coordenadas UTM WGS-84		Distancias (m)	
	Estribo #1	Estribo #2	Estribo#1 @ Fuente hídrica	Estribo#2 @ Fuente hídrica
Río Salitre	N.928760.754	N.928787.625	5.60	10.60
	E.422837.776	E.422812.956		

Posicionamiento de Estructuras				
Ríos	Posicionamiento			
	Coordenadas UTM WGS-84		Distancias (m)	
	Estribo #1	Estribo #2	Estribo#1 @ Fuente hídrica	Estribo#2 @ Fuente hídrica
Río Hacha	N.935760.214	N.935734.984	12.00	16.50
	E.381373.413	E.381411.541		
Río Balsa	N.942925.844	N.942892.579	12.50	13.20
	E.386493.372	E.386544.442		
Río Gebay	N.937606.152	N.937636.682	5.30	10.50
	E.380408.576	E.380433.827		
Río Liri	N.901521.421	N.901477.271	14.90	8.50
	E.443438.144	E.443426.265		
Río San Félix	N.922544.537	N.922604.908	11.60	19.80
	E.408415.279	E.408386.084		

Fuente: Empresa Contratista, 2023

**7. Mediante MEMORANDO DIAM-0706-2023, DIAM realiza la verificación de las coordenadas aportadas en el EsIA en formato excel, en la cual se visualiza a través de la cartografía generada un desfase en los componentes que forman parte del proyecto (puente, acceso a estribo y estribo), de los trabajos que se proponen ejecutar para el puente sobre río Salitre y puente sobre río Liri. Por lo antes descrito, se requiere:**

**a. Revisar y aclarar si dichas coordenadas corresponden a los trabajos sobre río Salitre y río Liri, en caso de ser negativa su respuesta, se solicita:**

*Respuesta*

Las coordenadas de los componentes que forman parte del proyecto (estructura de los puentes, accesos a estribos y los estribos) fueron revisadas y verificadas por el Departamento de Diseño de la Empresa Contratista, los cuales confirmaron que dichas coordenadas aportadas en el EsIA en formato Excel corresponden a los trabajos sobre Río Salitre y Río Liri.

Adicional, se aclara que los levantamientos topográficos de Río Salitre y Río Liri correspondientes a la región 8. Comarca Ngäbe-Buglé están georreferenciados en el sistema de coordenadas WGS-84, cuyos puntos levantados en campo recientemente por los topógrafos utilizaron puntos de control (BM's) los cuales son

utilizados para el replanteo de los alineamientos propuestos, dicho procedimiento garantiza que las estructuras que se construyen están georreferenciadas y amarradas a los levantamientos originales. En conclusión, se ratifica que no se encuentra desfase, traslape, rotación o desubicación de la información levantada.

**b. Presentar superficie y coordenadas que determinen la ubicación de las infraestructuras proyecto (puente, acceso a estribo y estribo).**

*Respuesta*

No aplica, ver respuesta 7a.

**Nota:** Las coordenadas UTM, descritas en el documento, solicitadas en DATUM WGS-84 se presentan en formato digital Excel donde se visualiza el orden lógico y secuencia de los vértices, de acuerdo con lo establecido en la Resolución No. DM-0221-2019, de 24 de junio de 2019.

## ANEXOS

1. Estudios hidrológicos de las fuentes hídricas actualizados.

Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: **Ministerio de Obras Públicas.**

Contratista: **Consortio Puentes Modulares.**



## **Puente sobre el Río Salitre**

# **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río Salitre, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

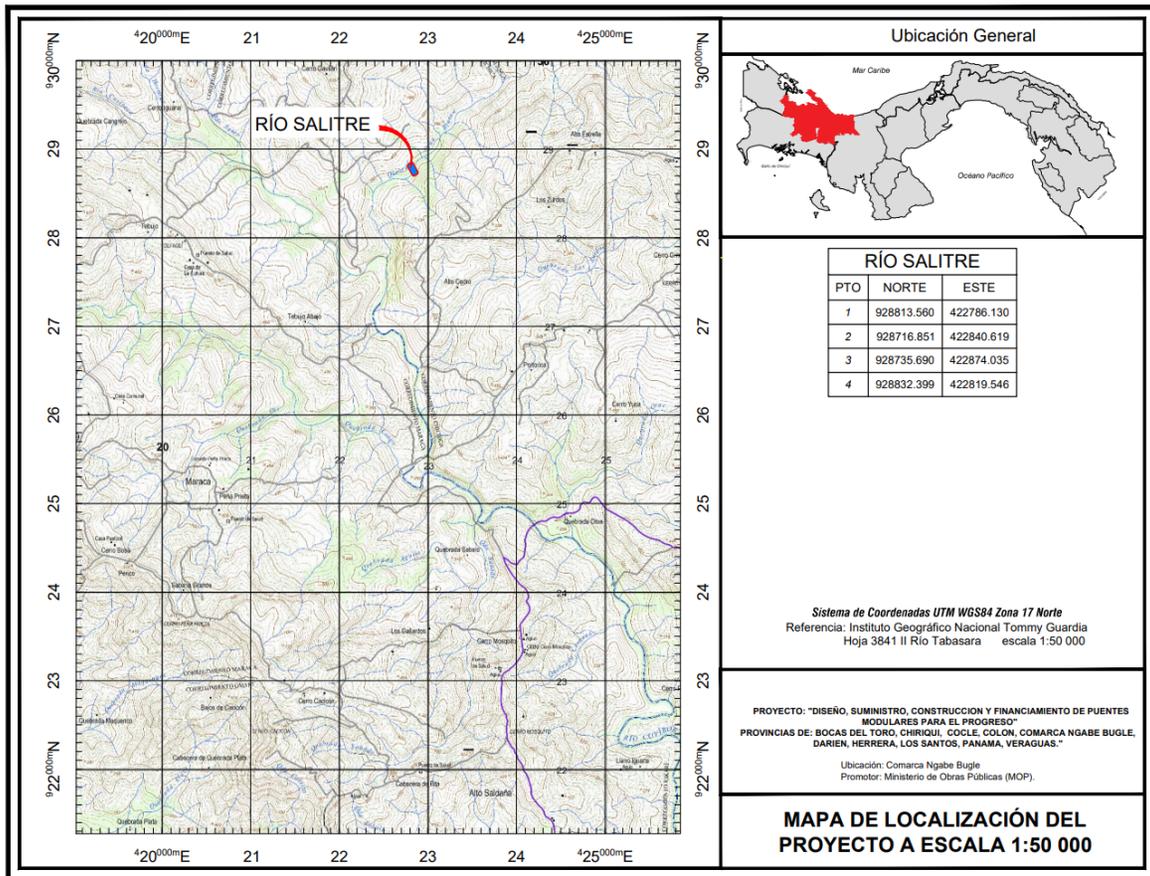
<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>
1.1 MAPA REGIONAL.....	4
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN.....	5
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	5
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>6</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	6
<b>2.1.1 Área de la cuenca del río Salitre hasta el sitio de la obra</b> .....	6
<b>2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	6
<b>2.1.3 Longitud de la cuenca (L)</b> .....	6
2.1.4 Factor de forma de Horton.....	7
2.1.5 Pendiente promedio.....	8
2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius.....	8
2.1.7 Orden de la fuente a intervenir.....	10
2.2 HIDROMETRÍA.....	11
2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales.....	12
2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.....	17
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.....	22
2.3.1 Datos de precipitación.....	22
2.3.2 Datos de temperatura.....	23
2.4 ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN.....	24
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE.....	24
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>28</b>
3.1 PLANIFICACIÓN.....	28
3.2 CONSTRUCCIÓN.....	28
3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción.....	29
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO.....	31
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR.....	32
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	34
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>36</b>
4.1 POSIBLES IMPACTOS:.....	36

4.2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN: .....	36
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>

# 1. CARTOGRAFÍA

## 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Müna, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto



## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

### 2.1 Descripción geomorfológica

El puente sobre el río Salitre, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #114 – Río Tabasará, localizada en la vertiente del Pacífico, entre las provincias de Chiriquí, Veraguas y la comarca Ngäbe Bugle.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1,289 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río Tabasará, es de unos 132 kilómetros.

La elevación media de la cuenca es de 200 msnm y el punto más alto se encuentra sobre el Cerro Santiago, ubicado al noroeste de la cuenca, con una elevación de 2,226 msnm.

#### 2.1.1 Área de la cuenca del río Salitre hasta el sitio de la obra

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río Salitre, hasta la naciente de este, ubicada a 1,500 msnm, dando como resultado un área aproximada de 2,181.50 hectáreas (21.815 km<sup>2</sup>).

#### 2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 20.43 km.

#### 2.1.3 Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 8.02 km.

#### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $Kf$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$Kf = \frac{21.815}{(8.02)^2}$$

$$Kf = 0.339$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma alargada con características de producción de caudales y potencial de crecientes moderados.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 0,75	0,75 – 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

$J$  = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

$E$  = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

$A$  = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{129.01 * 0.05}{21.815}$$

$$J = 29.57\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{20.43}{\sqrt{21.815}}$$

$$Kc = 1.22$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase I.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

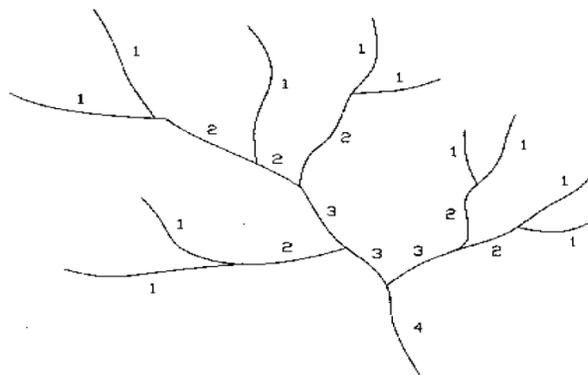
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA no cuenta con registros de estaciones hidrológicas cercanas.

Por esta razón, según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Este aforo se incluye en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

Independientemente de lo anterior, la determinación del caudal esperado en el área de la obra también se efectuará mediante la aplicación de la metodología sugerida por el Ministerio de Obras Públicas, según se explica a continuación.



### DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS



## 2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.1.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando escorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \quad (\text{Práctica de caminos de California})$$

$$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}; \quad K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5}) \quad (\text{Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972}).$$

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

### ***2.2.1.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.
- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.
- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### ***2.2.1.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.***

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación

de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

#### 2.2.1.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

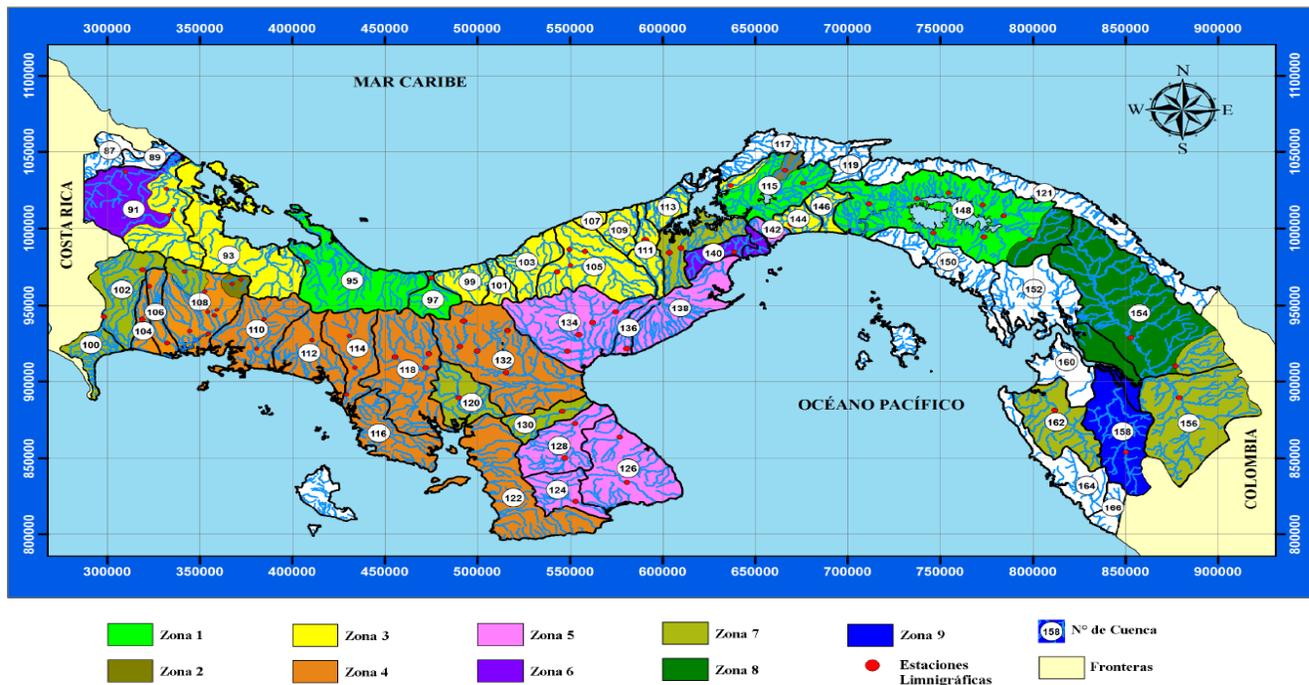
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

#### 2.2.1.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

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

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

## 2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

### 2.2.2.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

#### 2.2.2.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escorrentía ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41

Tipo de Cobertura	Coefficiente de Escurrimiento
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coefficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.2.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

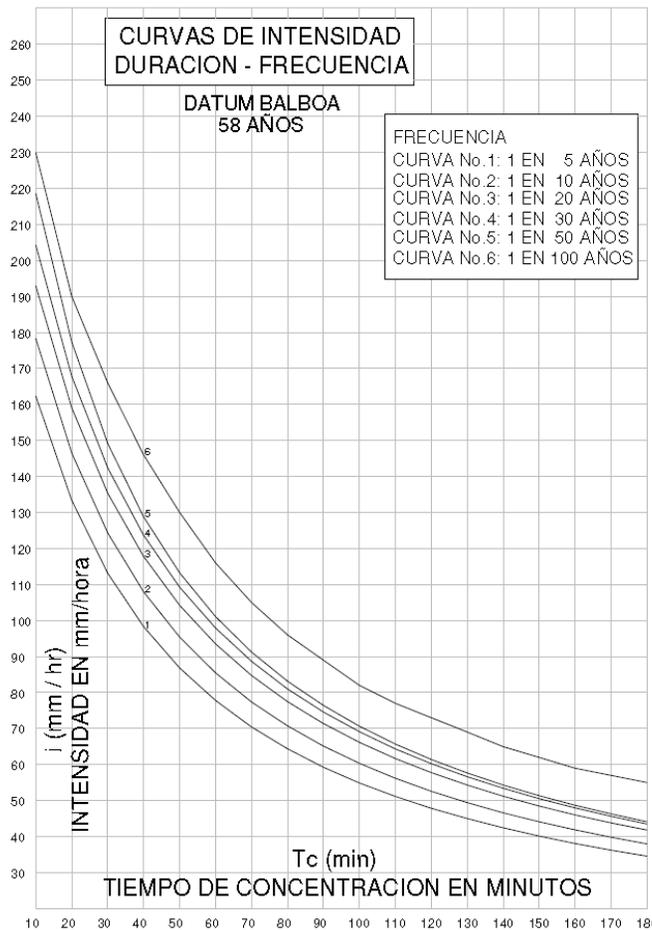
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la esorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.2.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.2.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.2.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones

medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9}{i^{0.4}} \left( \frac{n * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.6}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(\text{min})$$

Donde;

$C$  = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

$L$  = Longitud de flujo superficial (en metros)

$S$  = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

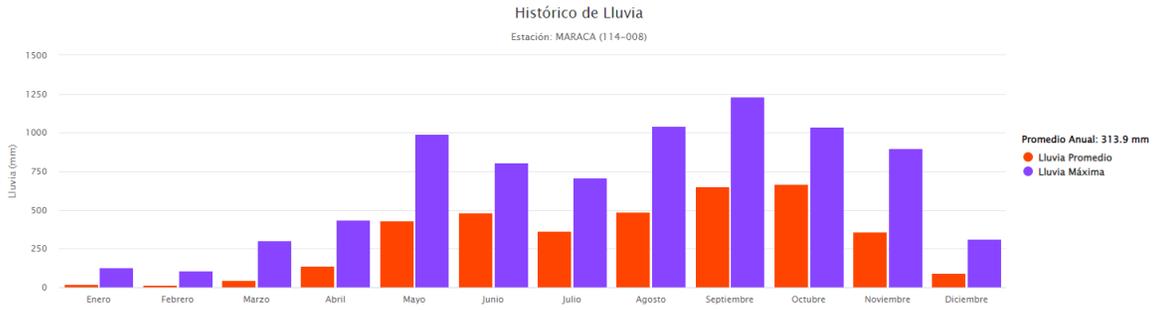
Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

Dentro de la cuenca en estudio, la estación meteorológica más próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de lluvias, es la Estación Maraca (114-008).

A continuación, se presentan los registros históricos de lluvias en esta estación.

#### 2.3.1.1 Estación Maraca (114-008)





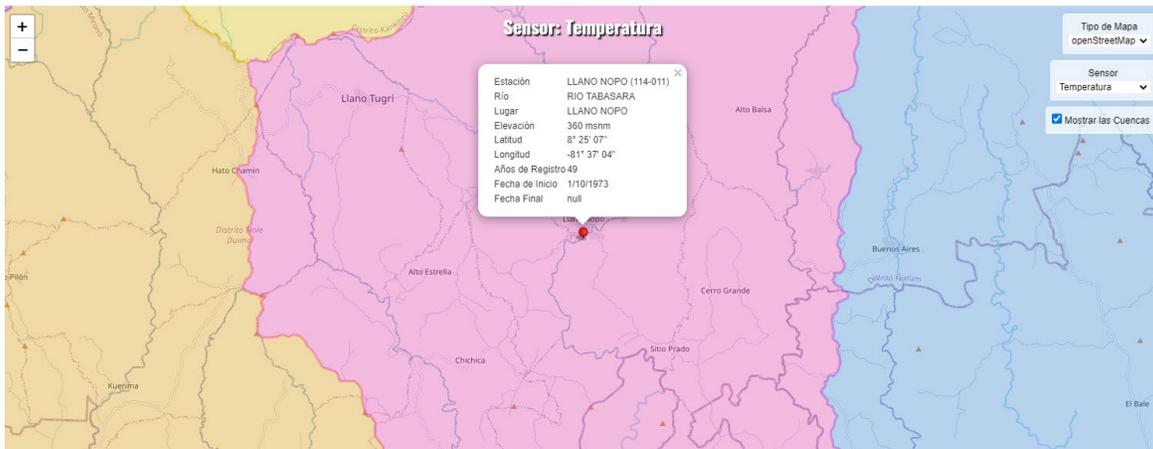
### 2.3.2 Datos de temperatura.

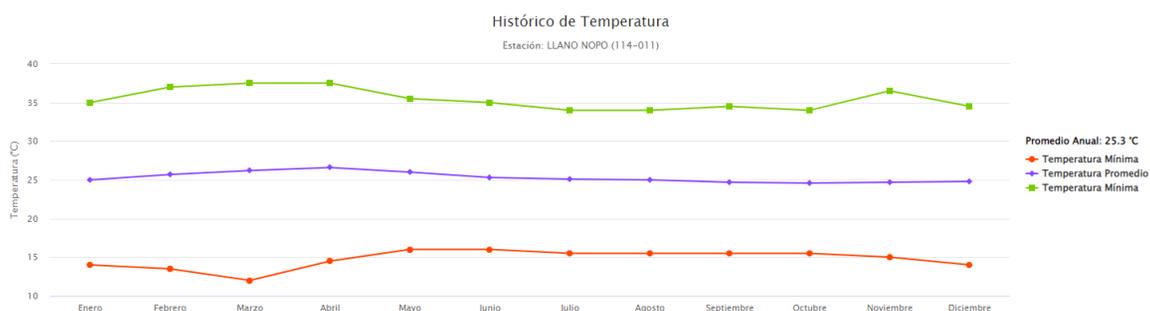
Dentro de la cuenca en estudio, la estación meteorológica más próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de temperatura, es la Estación Llano Ñopo (114-011). La información de esta estación es suministrada por ETESA y se utilizó también para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

A continuación, se presentan los registros históricos de temperatura en esta estación.



### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS





## 2.4 Antecedentes de inundación

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río Salitre hasta el sitio del cruce es de 2,181.50 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

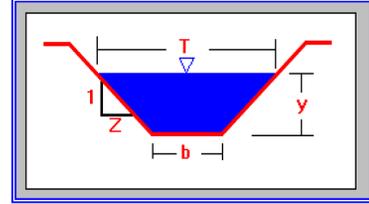
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



**CALCULO HIDRAULICO**

**PUENTE SOBRE RIO SALITRE ( QDA PEÑAS BLANCAS)**  
**PROYECTO: PUENTES MODULARES**  
**COMARCA NGABE BUGLE**

Fecha: 10 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50anos) para AD > 250, analisis Regional de Crecidas max.(100anos)

**DATOS DE LA CUENCA :**

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	2,181.50 Ha	21,815 km <sup>2</sup>
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33	P.RETORNO: 100 AÑOS
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	Q <sub>max</sub> = 25*A^(0.59)=	154.10 m <sup>3</sup> /seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 anos).....	Q <sub>R</sub> =	<b>359.06 m<sup>3</sup>/seg</b>	

**SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :**

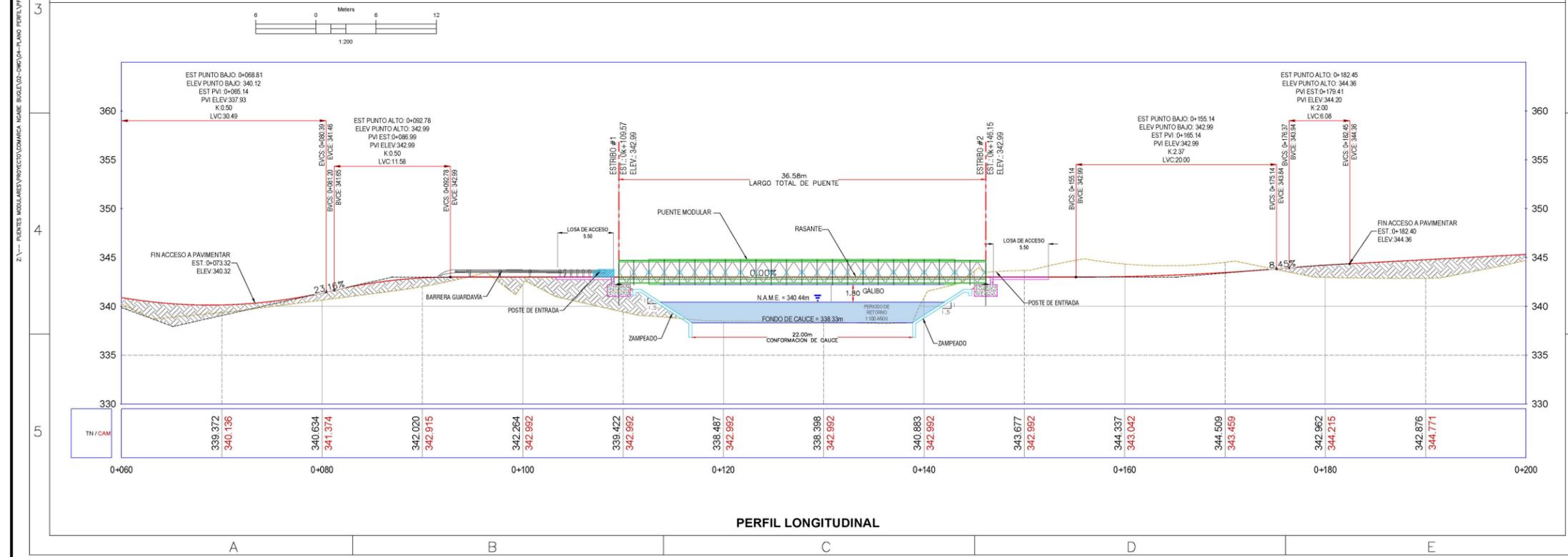
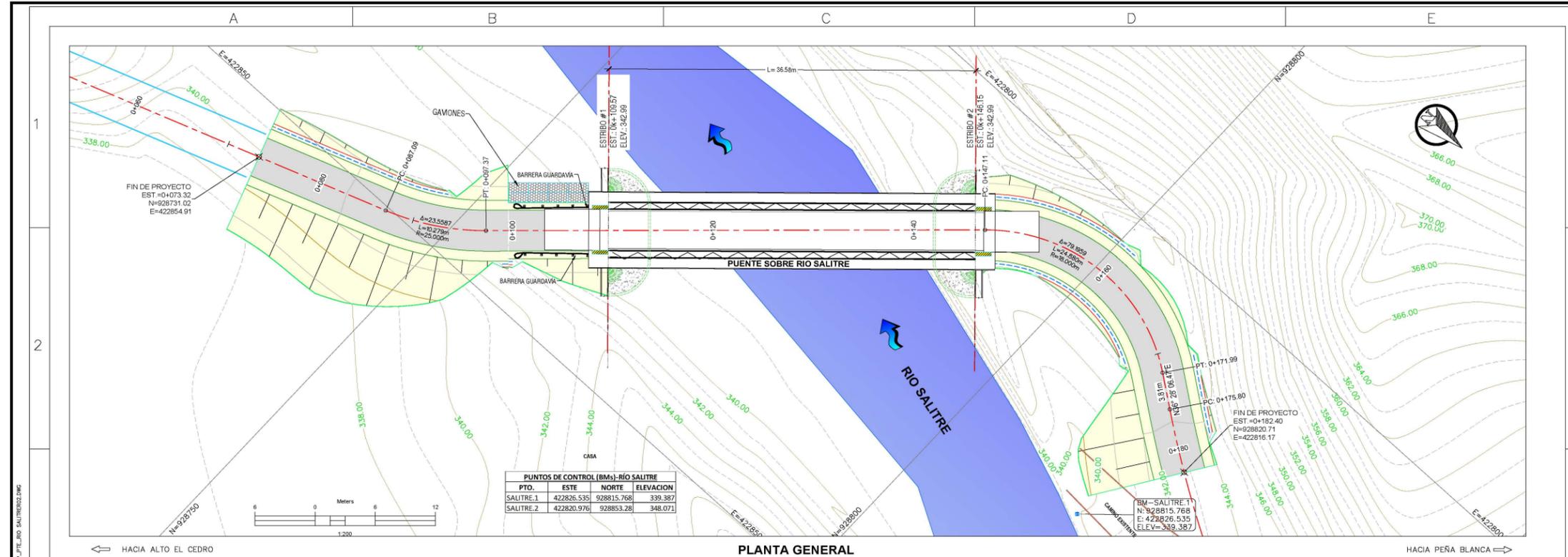
• PROYECCION Z .....	Z=	1.50 mts	<b>NAME= 340.44</b>
• PROYECCION X .....	X=	3.17 mts	
• BASE DEL CANAL .....	b=	<b>22.00</b> mts	
• PROFUNDIDAD .....	y=	2.11 mts	
• ESPEJO .....	T=	28.33 mts	
• RUGOSIDAD .....	n=	0.030	suelo natural y zamp concreto
• PERIMETRO MOJADO .....	P <sub>m</sub> =	29.61 m	
• RADIO HIDRAULICO .....	R <sub>h</sub> =	1.7934 m	
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	53.10 m <sup>2</sup>	
• PENDIENTE .....	s=	0.019 m/m	
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	Q <sub>R</sub> =	<b>360.12 m<sup>3</sup>/seg</b>	

USAR LUZ DE = **36.58**

**CONCLUSION:**

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.  
LA ELEVACION DEL NAME ES 340.44 A UNA ALTURA DEL FONDO DE 2.11  
LA ELEVACION DEL FONDO DE CAUCE ES 338.33

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 36.58m, es satisfactorio.



Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río Salitre

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**
  
 GOBIERNO NACIONAL

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"  
 PROVINCIAS DE: BOCAS DEL TORO, CHIRIQUI, COCLE, COLON, COMARCA NGABE BUGLE, DARIEN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-03-2022

---

FECHA	DE	REVISADO	FECHA	DE	REVISADO

---

ESCALA:	FECHA:
DISEÑO:	DIBUJO:
REVISADO:	ARCHIVO:
PREPARADO:	APROBADO:

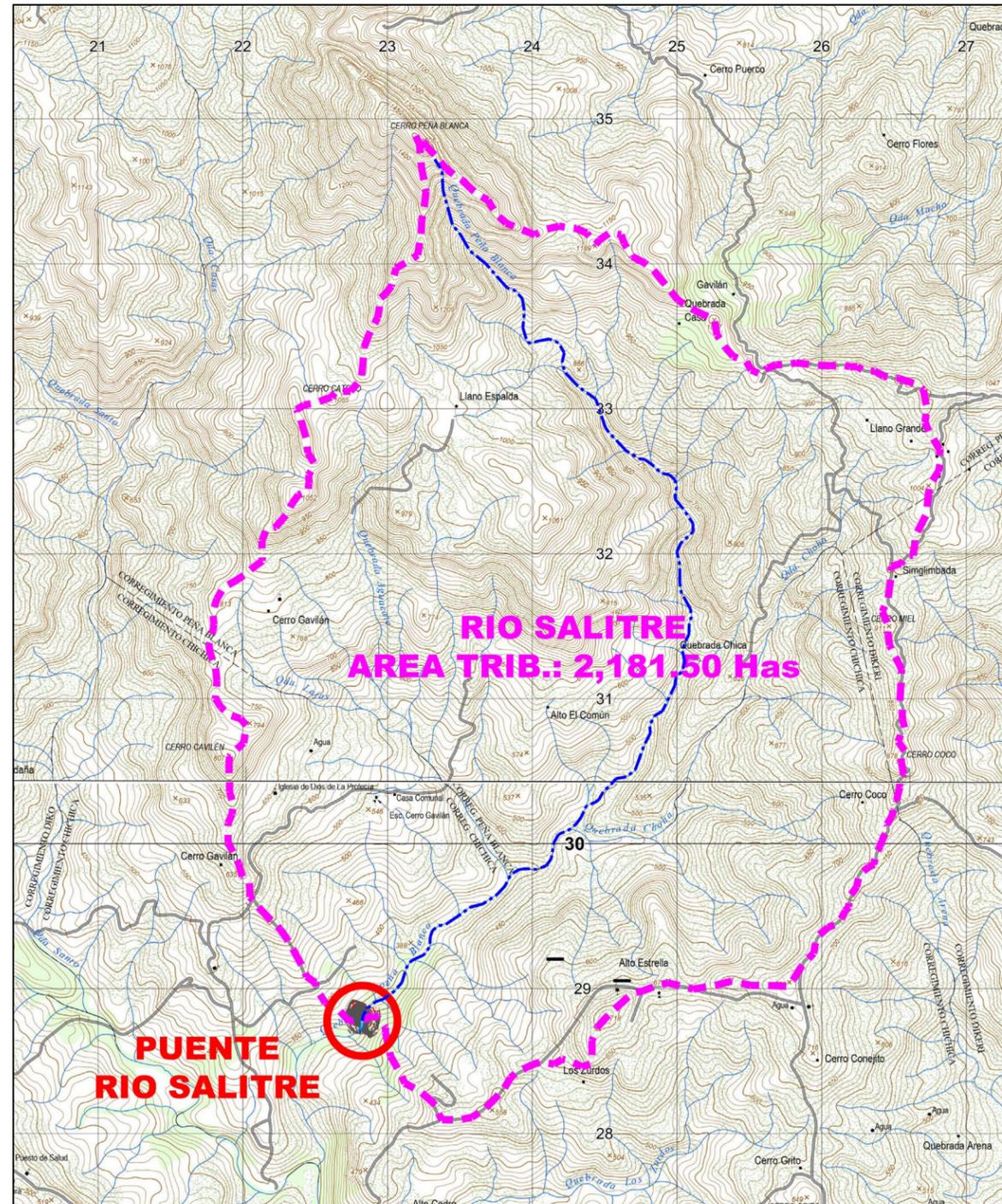
---

Según Ley 15 de 1994, este plano es propiedad intelectual de Constructora Eterna, S.A. y no puede ser reproducido total o parcialmente sin el consentimiento escrito de su autor.

**TITULO:** PLANO PERFIL  
**PUENTE SOBRE RIO SALTIRE**  
**TIPO - 36.58m x 4.20m x DSR2H**

1 - 0+000.00 @ 0+307.52

IMPRESION: 9/6/2022 11:10 a. m. FIGA: 1 DE 2



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río Salitre

### **3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR**

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### **3.1 Planificación**

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### **3.2 Construcción**

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el río Salitre, según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, [6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río Salitre.](#)

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÄBE BUGLE	Müna	Río Salitre	422875	928806	120	36.58	1

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río Salitre</b>, Actualmente no existen estructuras sobre el río, los moradores cruzan el río a caballo o caminando.</p>	

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO  
DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LÍNEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRIO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el río Salitre.

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>
<b>Descripción detallada del equipo</b>
Barredora Autopropulsada
Camión de Agua
Camiones Volquetes
Bus de Transporte Personal 20
Pick up 4x4
Camión Plataforma
Compactadora Rola Piña
Rola Lisa Capa Base
Distribuidora de asfalto
Esparcidora de gravilla
Excavadora 320
Excavadora 312
Motoniveladora 120
Retroexcavadora
Tractor D6
Mula
Cama baja
Compactadora tipo sapo
Compactadora tipo plancha
Plantas generadoras
Bombas centrifugas de 4"

### **3.5 Mano de obra durante la construcción y operación**

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD ESTIMADA</b>
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el río Salitre, cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

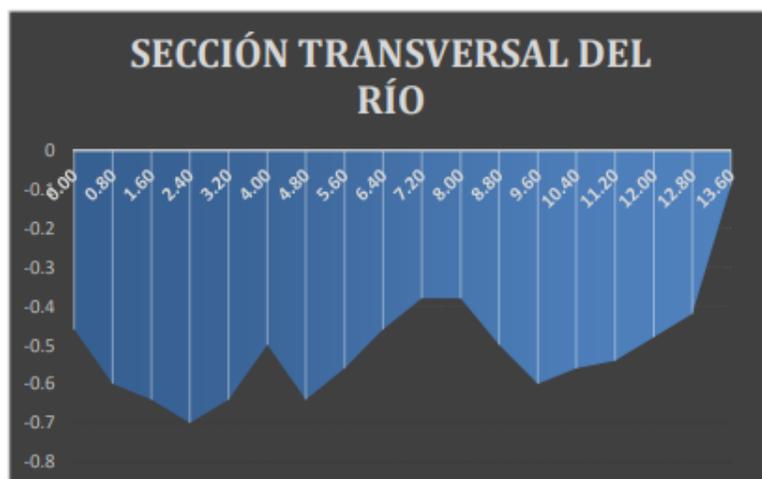
Empresa/Cliente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río Salitre
Coordenadas de Localización:	422808.98 m E 928745.23 m N	Elev:	354 MSNM
Fecha de Aforo:	05 DE JULIO DE 2022	Método:	Flotador
Ancho de la sección de aforo:	13.60 M	Lámina Máx. de Agua:	0.70 M
Lugar:	Muná		

Distancia (m)	Profundidad (m)	Dist del flotador lanzado (m)	Cantidad de flotadores lanzados	Tiempo en segundo de recorrido del flotador	Área m <sup>2</sup>	velocidad m/s	factor de corrección	Caudal aforado m <sup>3</sup>
0.00	0.46	16.9	1	24.56	6.91	0.71	0.85	4.19
0.80	0.60							
1.60	0.64							
2.40	0.70		1	19.73				
3.20	0.64							
4.00	0.50							
4.80	0.64		1	18.44				
5.60	0.56							
6.40	0.46							
7.20	0.38		1	21.73				
8.00	0.38							
8.80	0.50							
9.60	0.60							
10.40	0.56							
11.20	0.54		1	34				
12.00	0.48							
12.80	0.42							
13.60	0.09							
Promedio	0.51		Promedio	23.69				

Observación: Sin Observaciones

Aforador: Eliecer Castillo Amador

Calculado por: Eliecer Castillo A.



## Registro Fotográfico



Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: **Ministerio de Obras Públicas.**

Contratista: **Consortio Puentes Modulares.**



**Puente sobre el Río Hacha**

## **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río Hacha, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

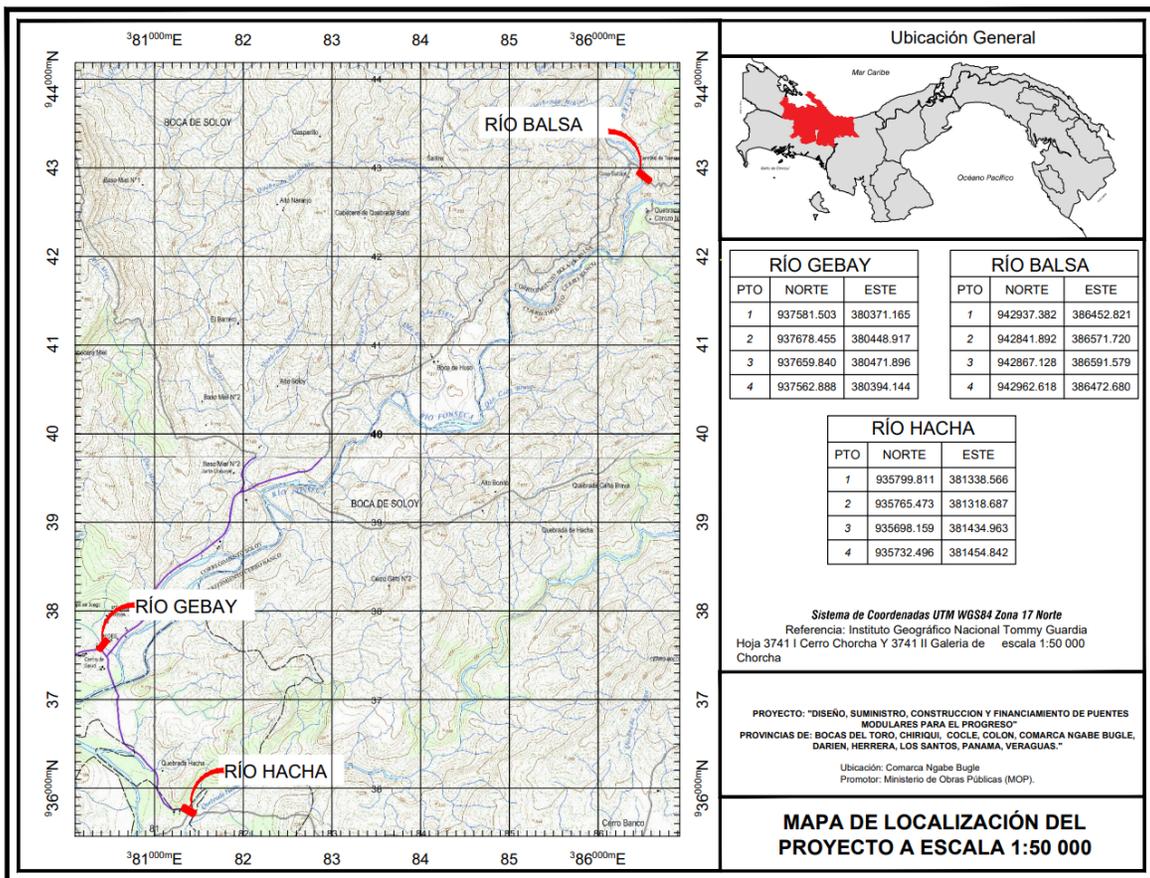
<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>
1.1 MAPA REGIONAL.....	4
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN.....	5
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	5
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>6</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	6
<b>2.1.1 Área de la cuenca del río Hacha hasta el sitio de la obra</b> .....	6
<b>2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	6
<b>2.1.3 Longitud de la cuenca (L)</b> .....	7
2.1.4 Factor de forma de Horton.....	7
2.1.5 Pendiente promedio.....	8
2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius.....	8
2.1.7 Orden de la fuente a intervenir.....	10
2.2 HIDROMETRÍA.....	11
2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales.....	12
2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.....	17
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.....	22
2.3.1 Datos de precipitación.....	22
2.3.2 Datos de temperatura.....	24
2.4 ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN.....	25
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE.....	25
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>29</b>
3.1 PLANIFICACIÓN.....	29
3.2 CONSTRUCCIÓN.....	29
3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción.....	30
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO.....	32
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR.....	33
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	35
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>37</b>
4.1 POSIBLES IMPACTOS:.....	37

4.2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN: .....	37
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

# 1. CARTOGRAFÍA

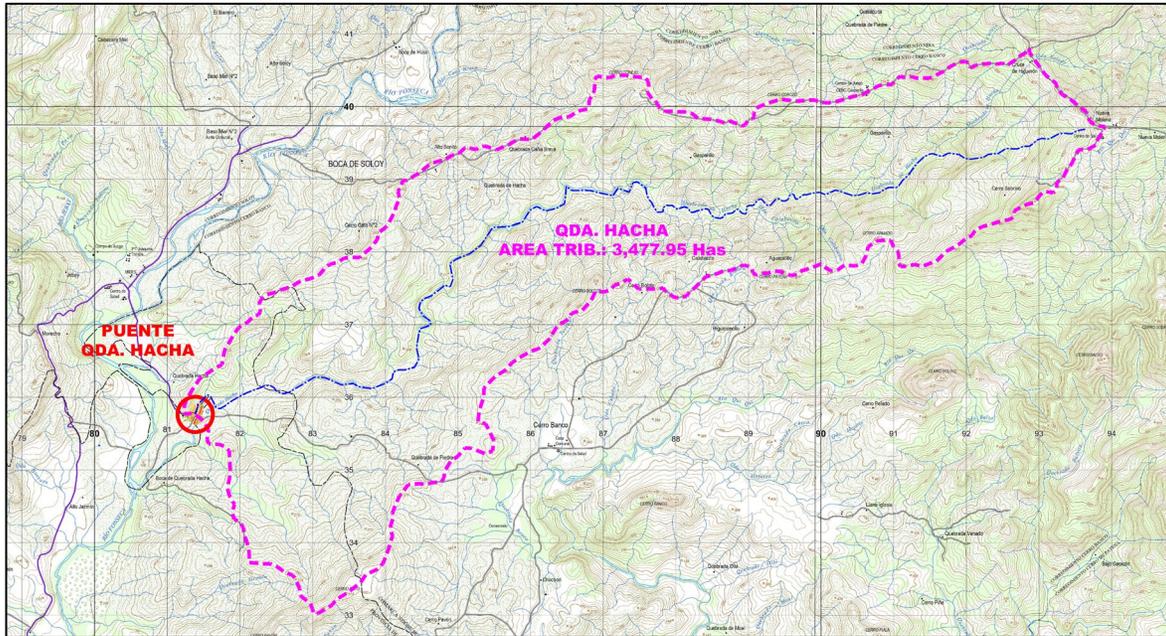
## 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Besikó, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto

## 1.2 Mapa del área de drenaje hasta el sitio de intervención.



Área de drenaje para el puente sobre el río Hacha

## 1.3 Identificar si el proyecto o alguna infraestructura de la obra en cauce, o los trabajos a realizar están dentro de alguna área protegida.

El puente modular a construir sobre el río Hacha no se encuentra dentro de ningún área protegida.

## **2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA**

### **2.1 Descripción geomorfológica**

El puente sobre el río Hacha, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #110 – Río Fonseca y entre Ríos Chiriquí y San Juan, localizada en la vertiente del Pacífico, ocupando parte de la provincia de Chiriquí y la comarca Ngäbe Bugle.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1,661 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río Fonseca, es de unos 90 kilómetros.

La elevación media de la cuenca es de 260 msnm y el punto más alto se encuentra sobre el Cerro Chorcha, ubicado al noroeste de la cuenca, con una elevación de 2,238 msnm.

#### **2.1.1 Área de la cuenca del río Hacha hasta el sitio de la obra**

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río Hacha, hasta la naciente de este, ubicada a 1,030 m.s.n.m., dando como resultado un área aproximada de 3,477.95 hectáreas (34.78 Km<sup>2</sup>).

#### **2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)**

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 36.30 km.

### 2.1.3 Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 16.28 km.

### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

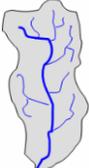
Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $Kf$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$Kf = \frac{34.78}{(16.28)^2}$$

$$Kf = 0.131$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma estrecha con características de producción de bajos caudales y potencial de crecientes bajo.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%).

ΣLi = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

A = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{158.72 * 0.05}{34.78}$$

$$J = 22.82\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{36.30}{\sqrt{34.78}}$$

$$Kc = 1.72$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase III.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

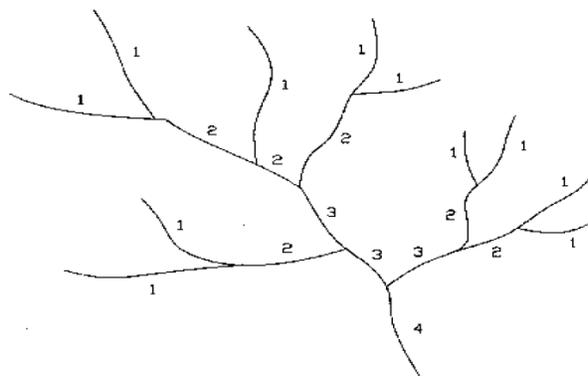
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA no cuenta con registros de estaciones hidrológicas.

Por esta razón, según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

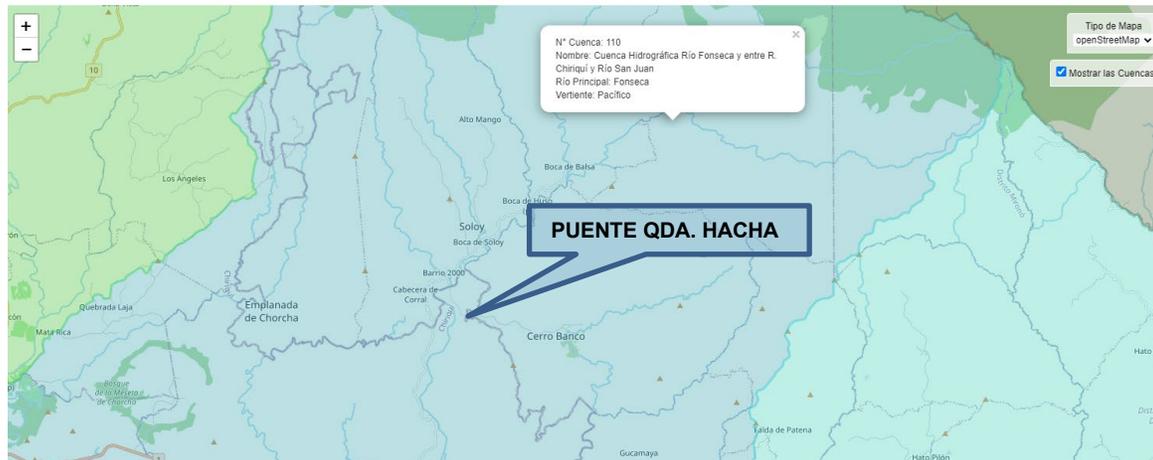
Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Este aforo se incluye en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

Independientemente de lo anterior, la determinación del caudal esperado en el área de la obra también se efectuará mediante la aplicación de la metodología sugerida por el Ministerio de Obras Públicas, según se explica a continuación.



## DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS



## 2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.1.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando escorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \text{ (Práctica de caminos de California)}$$

$$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}; K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5}) \text{ (Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972).}$$

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

### ***2.2.1.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.
- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.

- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### 2.2.1.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

2.2.1.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

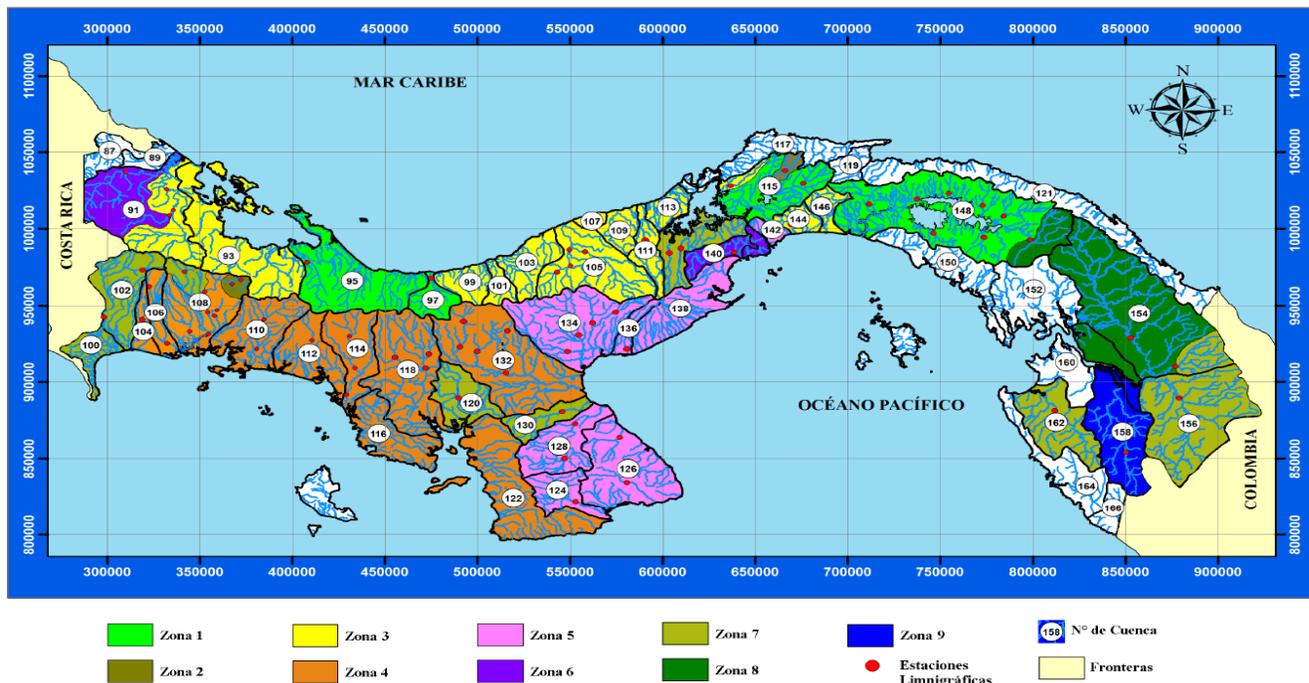
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

2.2.1.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

<b>Zona</b>	<b>Número de ecuación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Distribución de frecuencia</b>
1	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{m\acute{a}x} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

## 2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

### 2.2.2.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

#### 2.2.2.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escurrimiento ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coeficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.2.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

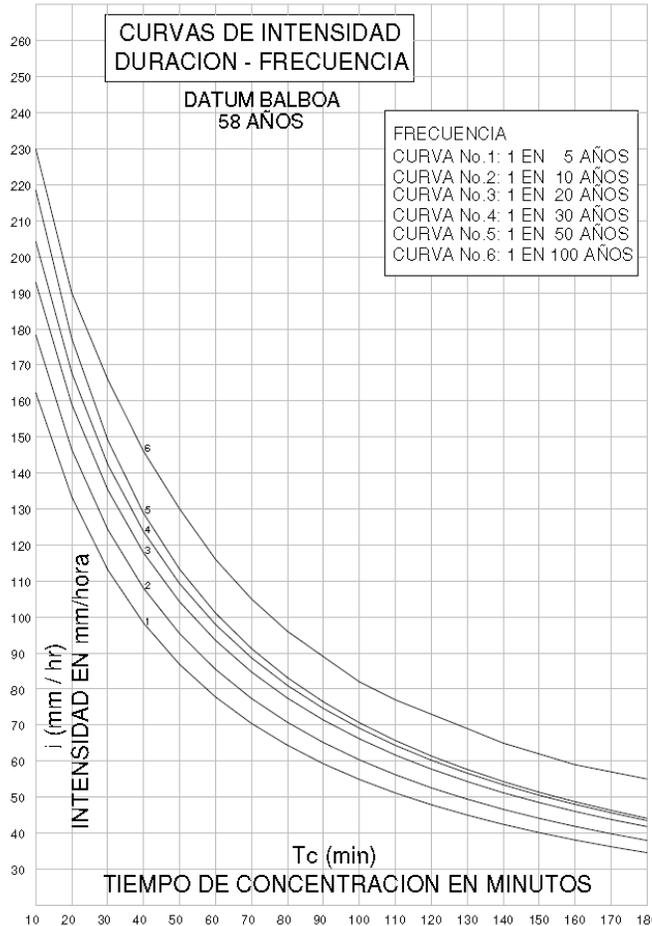
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la escorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.2.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.2.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.2.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9}{i^{0.4}} \left( \frac{n * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.6}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(\text{min})$$

Donde;

C = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

L = Longitud de flujo superficial (en metros)

S = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

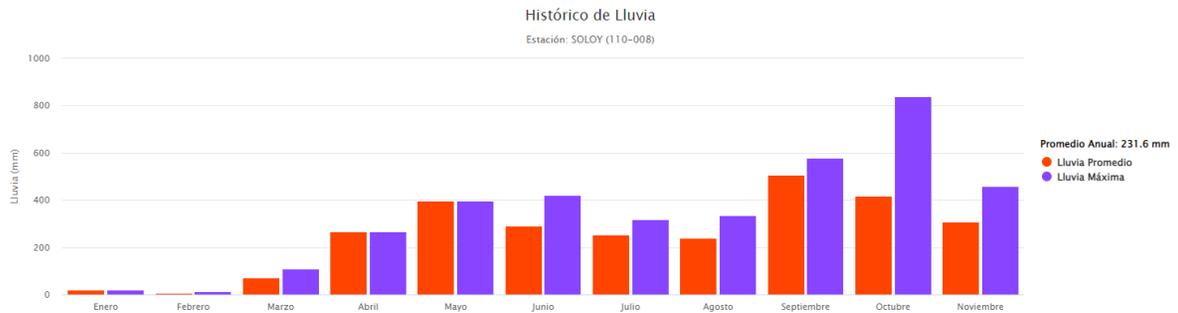
Dentro de la cuenca en estudio, las estaciones meteorológicas más próximas al sitio de construcción del puente, que cuentan con registros de lluvias, son la Estación Soloy (110-008) y Boca de Jebay (110-004).

A continuación, se presentan los registros históricos de lluvias en estas estaciones.

### 2.3.1.1 Estación Soloy (110-008)



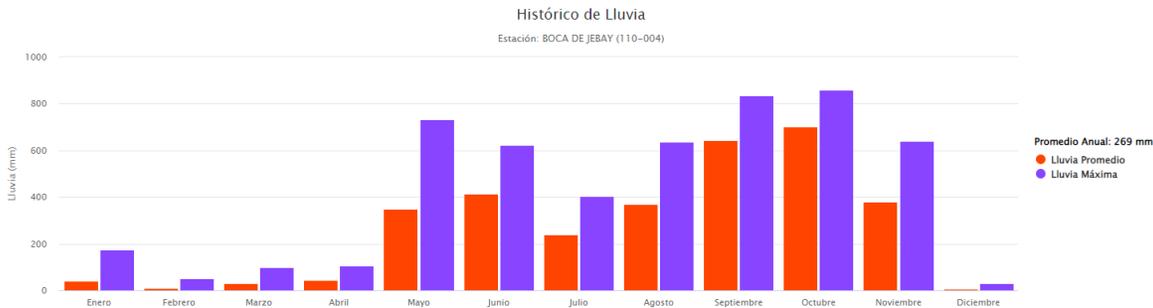
#### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS



### 2.3.1.2 Estación Boca de Jebay (110-004)



**DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS**

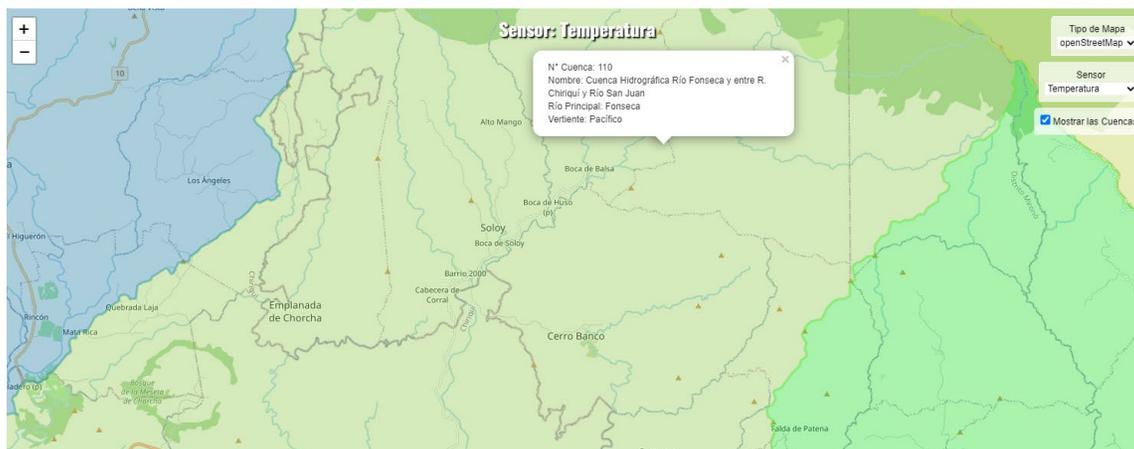


**2.3.2 Datos de temperatura.**

Dentro de la cuenca en estudio, no existe estación meteorológica próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de temperatura.



### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS



## 2.4 Antecedentes de inundación

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río Hacha hasta el sitio del cruce es de 3,477.95 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

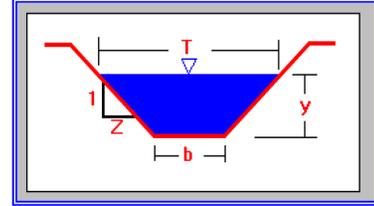
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



**CALCULO HIDRAULICO**

**PUENTE SOBRE RIO HACHA  
PROYECTO: PUENTES MODULARES  
COMARCA NGABE BUGLE**

Fecha: 5 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50años) para AD > 250, análisis Regional de Crecidas max.(100años)

**DATOS DE LA CUENCA :**

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	3,477.95 Ha	34.7795 km2
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33	P.RETORNO: 100 AÑOS
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	$Q_{max} = 25 \cdot A^{(0.59)}$	202.92 m3/seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 años).....	$Q_R =$	<b>472.80 m3/seg</b>	

**SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :**

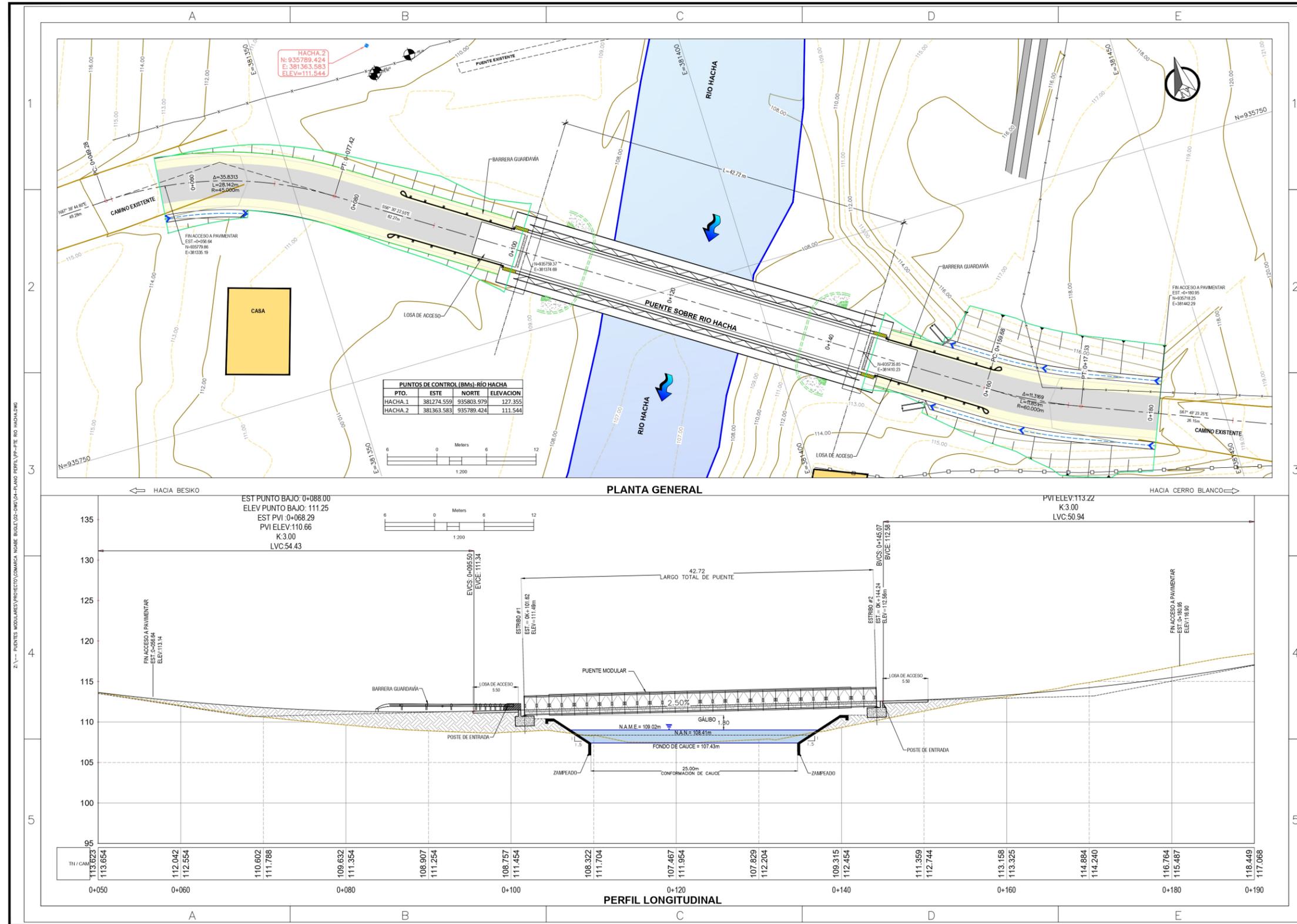
• PROYECCION Z .....	Z=	1.50 mts
• PROYECCION X .....	X=	2.43 mts
• BASE DEL CANAL .....	b=	<b>25.00</b> mts
• PROFUNDIDAD .....	y=	<b>1.62</b> mts
• ESPEJO .....	T=	29.86 mts
• RUGOSIDAD .....	n=	0.025 suelo natural y zamp concreto
• PERIMETRO MOJADO .....	$P_m =$	30.84 m
• RADIO HIDRAULICO .....	$R_h =$	1.4408 m
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	44.44 m2
• PENDIENTE .....	s=	0.046 m/m
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	$Q_R =$	<b>486.32 m3/seg</b>

USAR LUZ DE =

**CONCLUSION:**

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 45.72m, es satisfactorio.



REPUBLICA DE PANAMA  
GOBIERNO NACIONAL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"  
PROVINCIA DE: BOCAS DEL TORO, CHIRIQUI, COCLE, COLON, COMARCA NGABE BUGLE, DARIEN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-03-2022

ESCALA: FECHA: 15/12/2021

DISEÑO: DIBUJO:

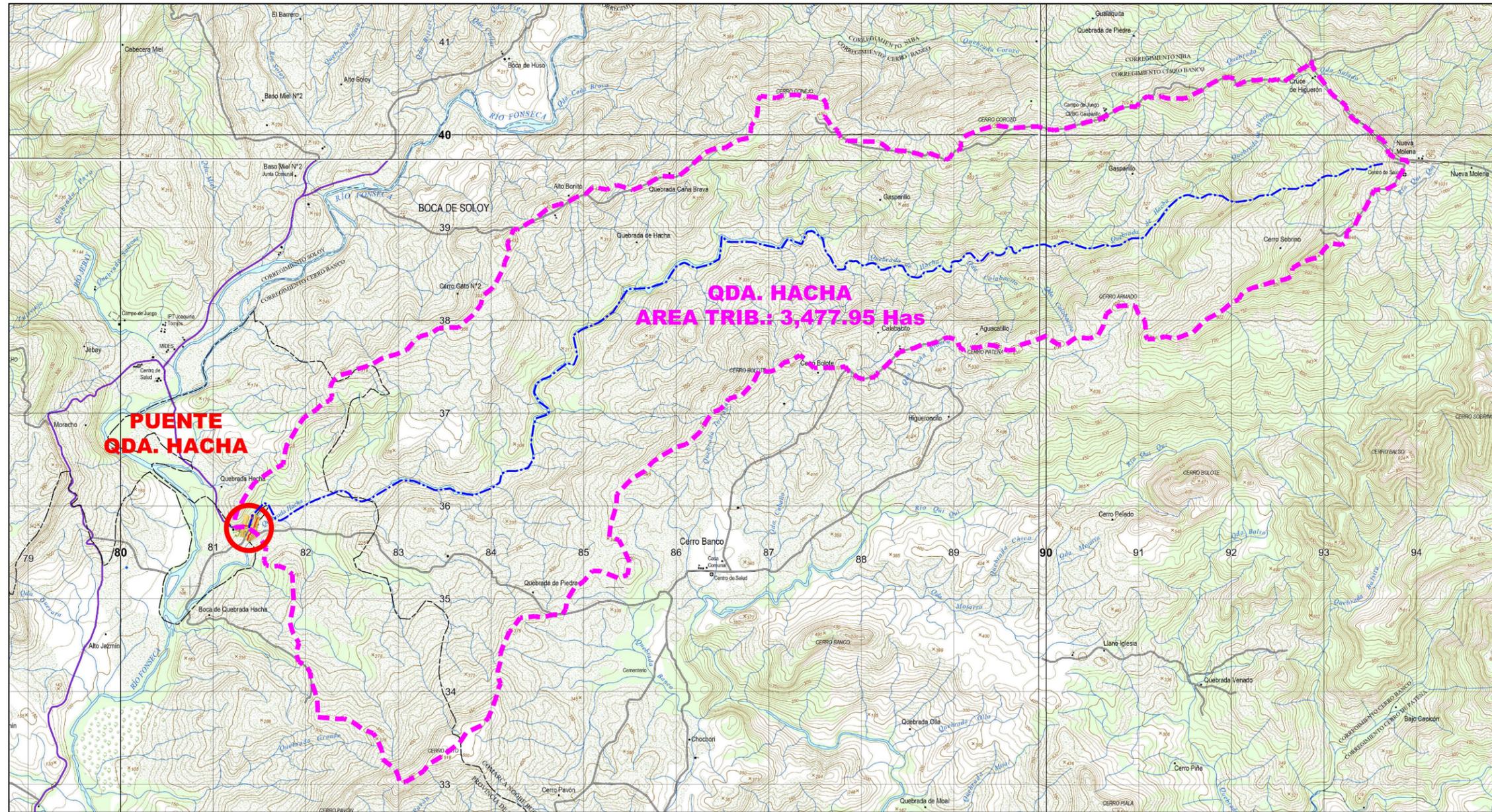
REVISADO: ARCHIVO: PP PTE RIO HACHA.DWG

PREPARADO: APROBADO:

TITULO: PLANO PERFIL  
PUENTE SOBRE RIO HACHA  
TIPO - 42.67m x 4.20m x TSR3  
1 - 0+000.00 @ 0+256.71

IMPRESION: 8/6/2022 10:12 a. m. HOJA: 1 DE 2

Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río Hacha



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río Hacha

### 3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### 3.1 Planificación

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### 3.2 Construcción

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el río Hacha, según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, [6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río Hacha.](#)

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÄBE BUGLE	Besikó	Río Qda. Hacha	381400	935750	150	45.72	1

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río Hacha</b>, Actualmente existe un zarzo que utilizan los transeúntes.</p> <p>El rio en época lluviosa es caudaloso.</p>	

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO  
DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LÍNEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRÍO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el [río Hacha](#).

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>	
<b>Descripción detallada del equipo</b>	
Barredora Autopropulsada	
Camión de Agua	
Camiones Volquetes	
Bus de Transporte Personal 20	
Pick up 4x4	
Camión Plataforma	
Compactadora Rola Piña	
Rola Lisa Capa Base	
Distribuidora de asfalto	
Esparcidora de gravilla	
Excavadora 320	
Excavadora 312	
Motoniveladora 120	
Retroexcavadora	
Tractor D6	
Mula	
Cama baja	
Compactadora tipo sapo	
Compactadora tipo plancha	
Plantas generadoras	
Bombas centrifugas de 4"	

### **3.5 Mano de obra durante la construcción y operación**

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD ESTIMADA</b>
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el río Hacha, cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

Empresa/Ciente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río Hacha
Coordenadas de Localización:	381387 m E 935774 m N	Elev.:	120 MSNM
Fecha de Aforo:	04 DE JULIO DE 2022	Molinete Tipo:	Price
Ancho de la sección de aforo:	22.00 M	Lámina Máx. de Agua:	1.00 M
Lugar:	Soloy-Cerro Banco/ Besiko		

Distancia (m)	Velocidad (m/s)					Profundidad (m)		Área m2	Caudal m3/s	
	1	2	3	4	Prom.	Lámina	Obs.			
0	0	0	0	0	0	0.08	0.03			
1	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.46	0.18	0.460	0.21	
2	0.089	0.089	0.089	0.089	0.0875	0.80	0.32	0.800	0.64	
	0.086	0.086	0.086	0.086			0.64			
3	0.173	0.173	0.173	0.173	0.257	0.82	0.33	0.820	0.67	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.66			
4	0.257	0.257	0.257	0.257	0.299	0.90	0.36	0.900	0.81	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.72			
5	0.173	0.173	0.173	0.173	0.299	0.90	0.36	0.900	0.81	
	0.425	0.425	0.425	0.425			0.72			
6	0.257	0.257	0.257	0.257	0.383	0.94	0.38	0.940	0.88	
	0.509	0.509	0.509	0.509			0.75			
7	0.173	0.173	0.173	0.173	0.257	1.00	0.40	1.000	1.00	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.80			
8	0.425	0.425	0.425	0.425	0.467	0.84	0.34	0.840	0.71	
	0.509	0.509	0.509	0.509			0.67			
9	0.341	0.341	0.341	0.341	0.425	0.96	0.38	0.960	0.92	
	0.509	0.509	0.509	0.509			0.77			
10	0.425	0.425	0.425	0.425	0.467	0.94	0.38	0.940	0.88	
	0.509	0.509	0.509	0.509			0.75			
11	0.341	0.341	0.341	0.341	0.425	0.90	0.36	0.900	0.81	
	0.509	0.509	0.509	0.509			0.72			
12	0.341	0.341	0.341	0.341	0.383	0.88	0.35	0.880	0.77	
	0.425	0.425	0.425	0.425			0.70			
13	0.257	0.257	0.257	0.257	0.341	0.80	0.32	0.800	0.64	
	0.425	0.425	0.425	0.425			0.64			
14	0.257	0.257	0.257	0.257	0.299	0.84	0.34	0.840	0.71	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.67			
15	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.82	0.33	0.820	0.67	
	0.257	0.257	0.257	0.257			0.66			
16	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.76	0.30	0.760	0.58	
	0.173	0.173	0.173	0.173			0.61			
17	0.089	0.089	0.089	0.089	0.131	0.74	0.30	0.740	0.55	
	0.173	0.173	0.173	0.173			0.59			
18	0.123	0.123	0.123	0.123	0.123	0.40	0.16	0.400	0.16	
19	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.22	0.09	0.220	0.05	
20	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.13	0.05	0.130	0.02	
21	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.16	0.06	0.160	0.03	
22	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.00	0.00		0.00	
	<b>Promedio:</b>					0.246	0.70	<b>Área Total:</b>	15.210	<b>3.75</b>

m3/s  
L/s

Observación:  
Aforador:

Sin Observaciones  
Eliceer Castillo Amador

Calculado por:

Eliceer Castillo A.



Registro fotográfico

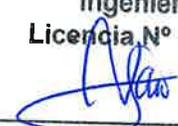


Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: **Ministerio de Obras Públicas.**

Contratista: **Consortio Puentes Modulares.**

**JAIME M. GUTIERREZ C.**  
Ingeniero Civil  
Licencia N° 93-006-030  
  
FIRMA  
Ley 15 del 26 de Enero de 1959  
Código Técnico del Profesional Arquitecto



**Consortio Puentes Modulares**

**Puente sobre el Río Balsa**

## **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río Balsa, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>3</b>
1.1 MAPA REGIONAL.....	3
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN.....	3
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	4
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	5
2.1.1 <b>Área de la cuenca del río Balsa hasta el sitio de la obra</b> .....	5
2.1.2 <b>Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	5
2.1.3 <b>Longitud de la cuenca (L)</b> .....	5
2.1.4 <i>Factor de forma de Horton</i> .....	6
2.1.5 <i>Pendiente promedio</i> .....	7
2.1.6 <i>Índice de compacidad o de Gravelius</i> .....	7
2.1.7 <i>Orden de la fuente a intervenir</i> .....	9
2.2 HIDROMETRÍA.....	10
2.2.1 <i>Metodologías aplicables para la estimación de caudales</i> .....	11
2.2.2 <i>Cálculo de los caudales generados por la precipitación.</i> .....	16
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA .....	22
2.3.1 <i>Datos de precipitación.</i> .....	22
2.3.2 <i>Datos de temperatura.</i> .....	23
2.4 ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN.....	24
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE .....	24
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>27</b>
3.1 PLANIFICACIÓN .....	27
3.2 CONSTRUCCIÓN .....	27
3.2.1 <i>Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción</i> .....	28
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO.....	30
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR.....	31
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	33
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>35</b>
4.1 POSIBLES IMPACTOS.....	35

4.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN ..... 35

5. CONCLUSIONES..... 36

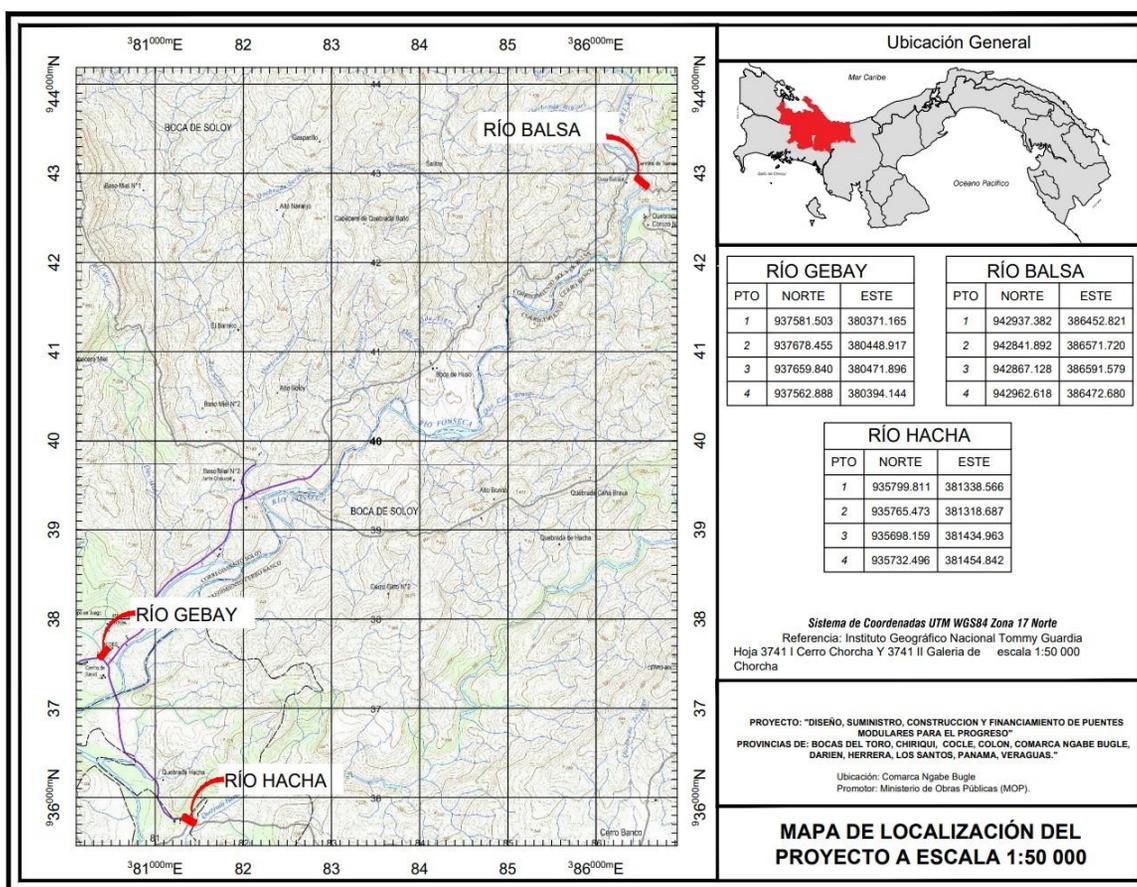
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 37

7. ANEXOS ..... 38

## 1. CARTOGRAFÍA

### 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Besiko, corregimiento de Nedrini, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto

### 1.2 Mapa del área de drenaje hasta el sitio de intervención.



Área de drenaje para el puente sobre el río Balsa

**1.3 Identificar si el proyecto o alguna infraestructura de la obra en cauce, o los trabajos a realizar están dentro de alguna área protegida.**

El puente modular a construir sobre el río Balsa no se encuentra dentro de ningún área protegida.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

### 2.1 Descripción geomorfológica

El puente sobre el río Balsa, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #110 – Río Fonseca y entre Río Chiriquí y Río San Juan, localizada en la Comarca Ngabe Buglé.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1661 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río Fonseca, es de unos 90 kilómetros.

#### 2.1.1 Área de la cuenca del río Balsa hasta el sitio de la obra

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río Balsa, hasta la naciente de este, ubicada a 1390 m.s.n.m., dando como resultado un área aproximada de 8,009.70 hectáreas (80.10 Km<sup>2</sup>).

#### 2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 45.70 km.

#### 2.1.3 Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 18.61 km.

### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $Kf$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$Kf = \frac{80.1}{(18.61)^2}$$

$$Kf = 0.231$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma estrecha con características de producción de bajo caudales y potencial de crecientes bajo.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

$J$  = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

$E$  = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

$A$  = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{607.61 * 0.05}{80.1}$$

$$J = 37.928\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{45.70}{\sqrt{80.1}}$$

$$Kc = 1.43$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase II.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

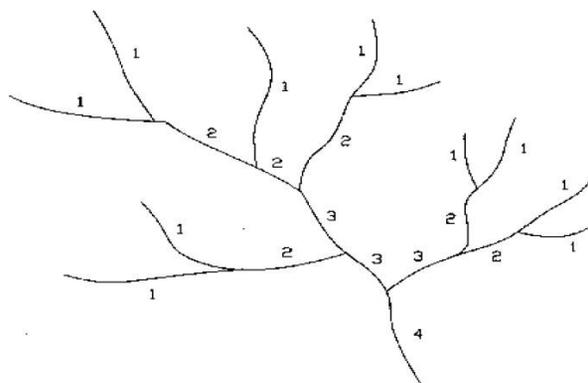
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA no cuenta con registros de estaciones hidrológica en el área.

Por esta razón, según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

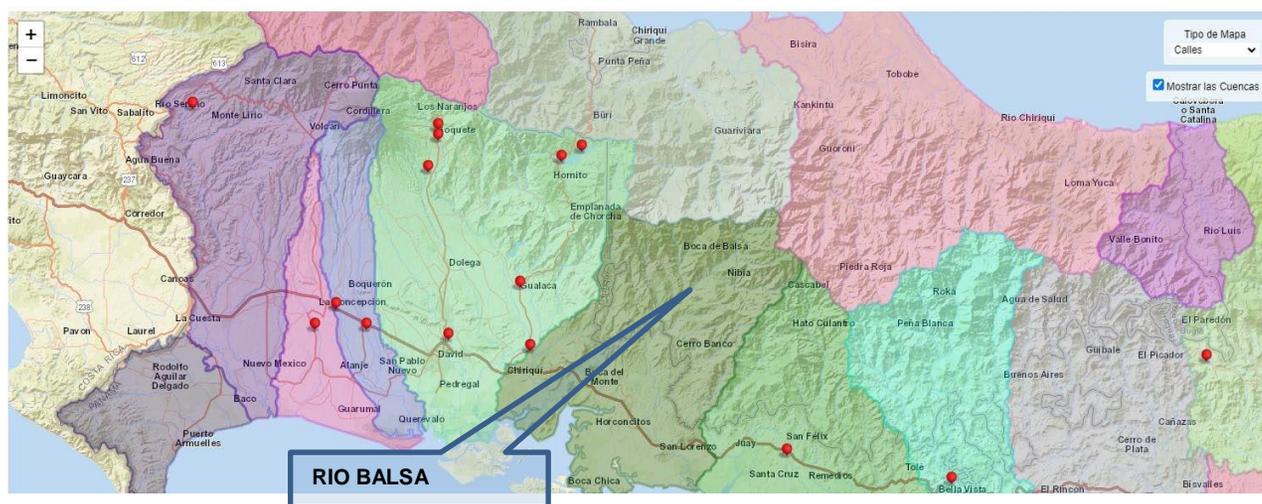
Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Estos aforos se incluyen en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

El caudal es el volumen de agua que pasa a través de la sección transversal de un río en la unidad de tiempo. El caudal medio diario es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día, dividido por el número de segundos del día, mientras que el caudal medio mensual es la media aritmética de los caudales medios diarios del mes.



## DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS



Ubicación y datos históricos de caudales de las Estaciones cercanas. Fuente: ETESA.

## 2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.1.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la

intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando escorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \text{ (Práctica de caminos de California)}$$

$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}$ ;  $K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5})$  (Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972).

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

#### ***2.2.1.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.

- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.
- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### 2.2.1.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

2.2.1.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

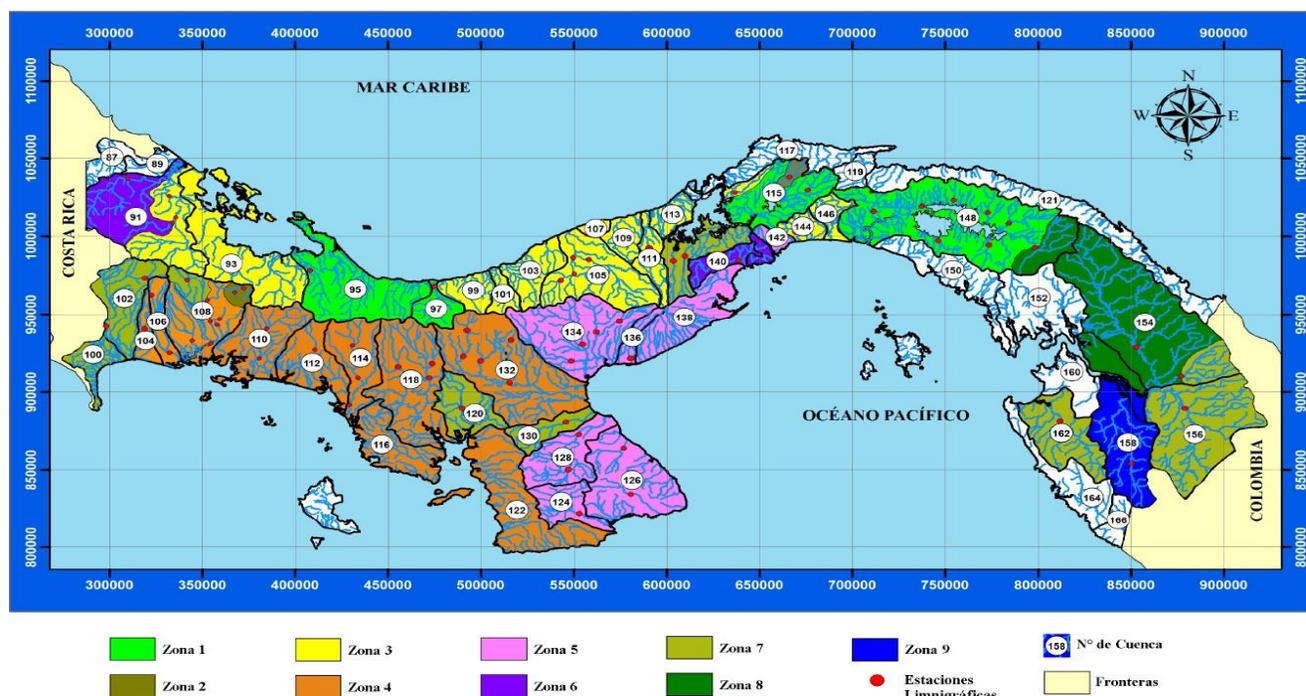
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

2.2.1.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

<b>Zona</b>	<b>Número de ecuación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Distribución de frecuencia</b>
1	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{m\acute{a}x} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

## 2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

### 2.2.2.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

#### 2.2.2.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escurrimiento ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coeficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.2.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

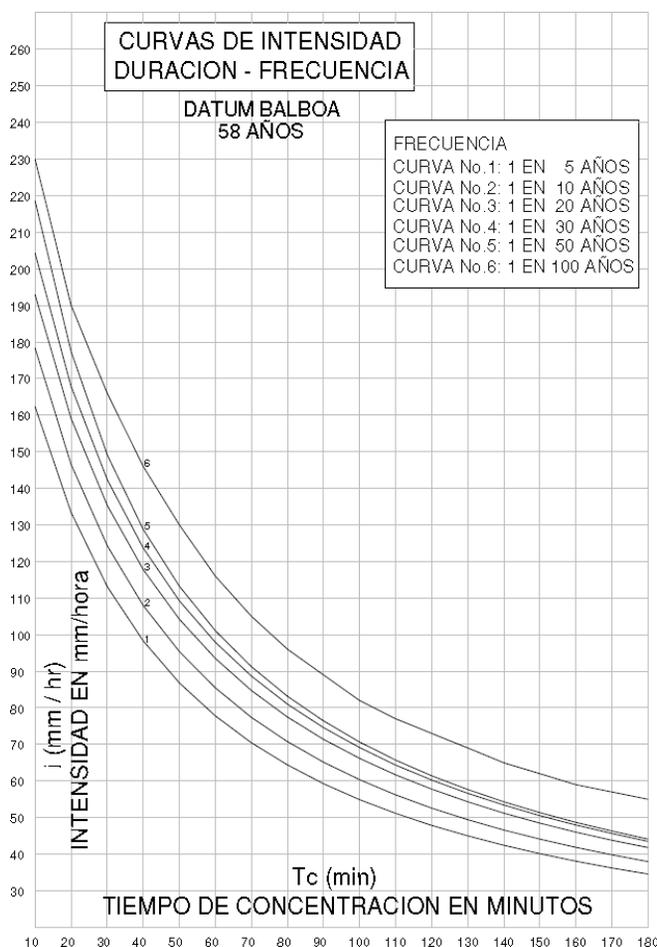
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la escorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.2.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.2.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.2.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media

del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9}{i^{0.4}} \left( \frac{n * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.6}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(\text{min})$$

Donde;

$C$  = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

$L$  = Longitud de flujo superficial (en metros)

$S$  = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

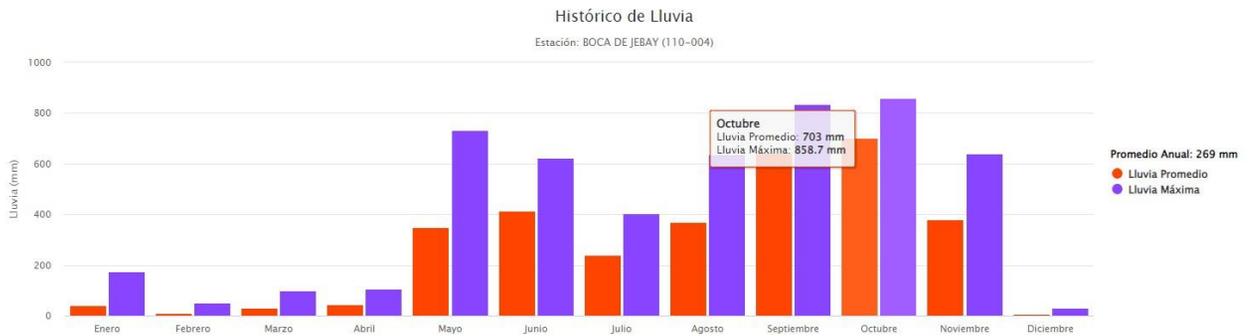
Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

Dentro de la cuenca en estudio, las estaciones meteorológicas más próximas al sitio de construcción del puente, que cuentan con registros de lluvias, son la Estación De Jebay (110-004).

A continuación, se presentan los registros históricos de lluvias en estas estaciones.

#### 2.3.1.1 Estación De Jebay (110-004)





**Información de Contacto:**  
 Dirección: Plaza Sun Tower, Ave. Ricardo J. Alfaro, El Dorado, Tercer Piso  
 Teléfono: (507) 501-3800  
 Fax: (507) 501-3506  
 Email: hidromet@etesa.com.pa  
 Horario: Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 12:00 m.d. y de 1:00 p.m. a 3:30 p.m.

ETESA  
 Centro Nacional de Despacho  
 Centro Nacional de Huracanes

### 2.3.2 Datos de temperatura.

Dentro de la cuenca en estudio, no hay estación meteorológica próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de temperatura. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA.



## 2.4 Antecedentes de inundación

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río Balsa hasta el sitio del cruce es de 8,009.70 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

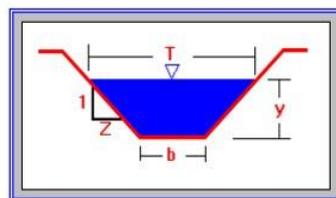
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



### CALCULO HIDRAULICO

PUENTE SOBRE RIO BALSA  
PROYECTO: PUENTES MODULARES  
COMARCA NGABE BUGLE

Fecha: 10 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50años) para AD > 250, analisis Regional de Crecidas max.(100años)

#### DATOS DE LA CUENCA :

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	8,009.70 Ha	80.097 km <sup>2</sup>
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33	P.RETORNO: 100 AÑOS
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	Q <sub>max</sub> = 25 * A <sup>(0.59)</sup> =	331.95 m <sup>3</sup> /seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 años).....	Q <sub>R</sub> =	<b>773.45 m<sup>3</sup>/seg</b>	

#### SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :

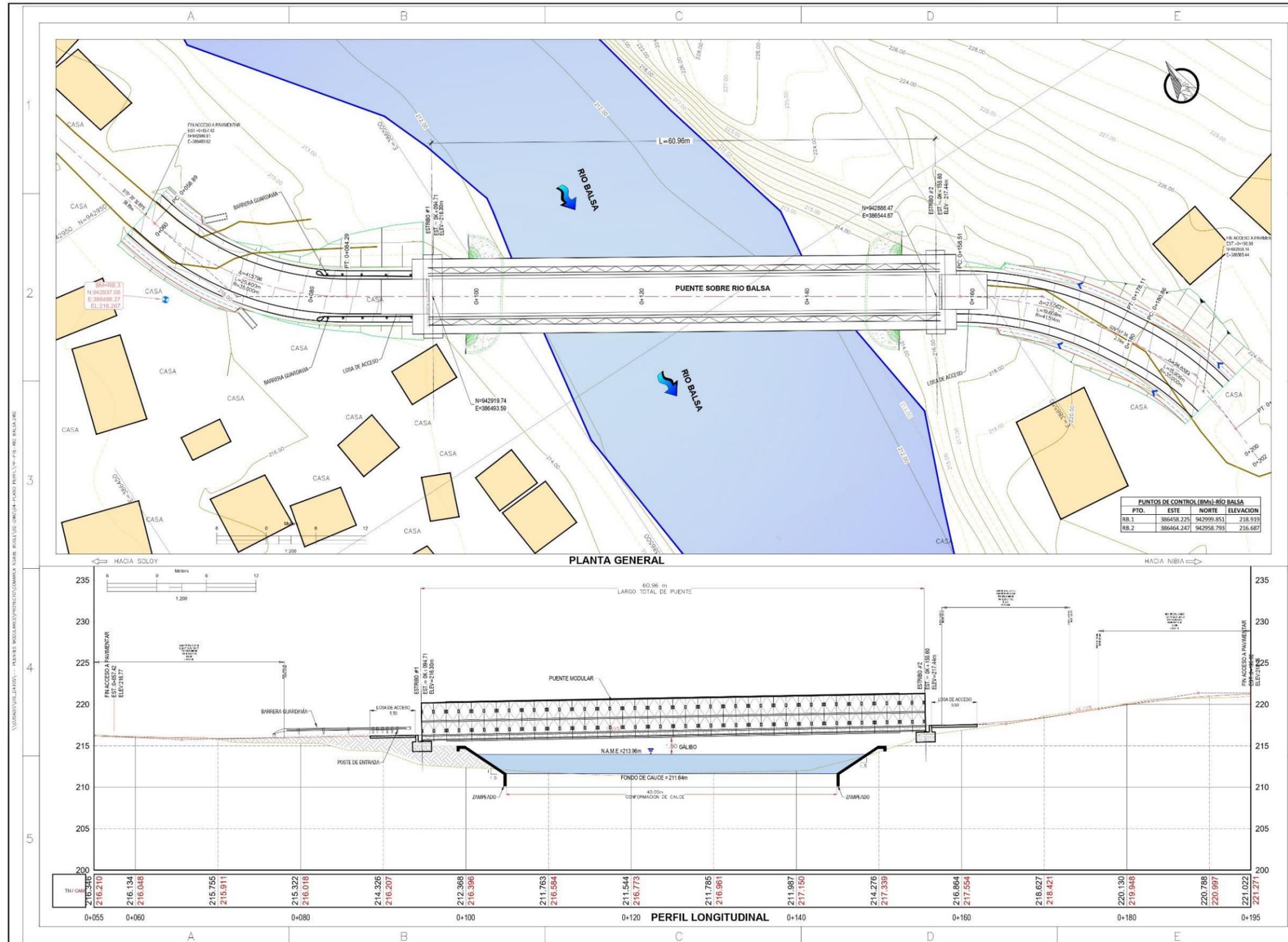
• PROYECCION Z .....	Z=	1.50 mts	<b>NAME= 213.96</b>
• PROYECCION X .....	X=	3.48 mts	
• BASE DEL CANAL .....	b=	<b>40.00 mts</b>	
• PROFUNDIDAD .....	y=	<b>2.32 mts</b>	
• ESPEJO .....	T=	46.96 mts	
• RUGOSIDAD .....	n=	0.030 suelo natural y zamp concreto	
• PERIMETRO MOJADO .....	P <sub>m</sub> =	48.36 m	
• RADIO HIDRAULICO .....	R <sub>h</sub> =	2.0857 m	
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	100.87 m <sup>2</sup>	
• PENDIENTE .....	s=	0.020 m/m	
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	Q <sub>R</sub> =	<b>776.25 m<sup>3</sup>/seg</b>	

USAR LUZ DE = **60.96**

#### CONCLUSION:

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.  
LA ELEVACION DEL NAME ES 213.96 A UNA ALTURA DEL FONDO DE 2.32  
LA ELEVACION DEL FONDO DE CAUCE ES 211.64

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 60.96, es satisfactorio.



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**
  
 GOBIERNO NACIONAL

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"  
 PROVINCIAS DE: BOCAS DEL TORO, CHIRIQUI, COCLE, COLÓN, COMARCA NGABÉ BUGLE, DARIEN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-03-2022

**R8-03**

NO.	DESCRIPCION	FECHA	POS.

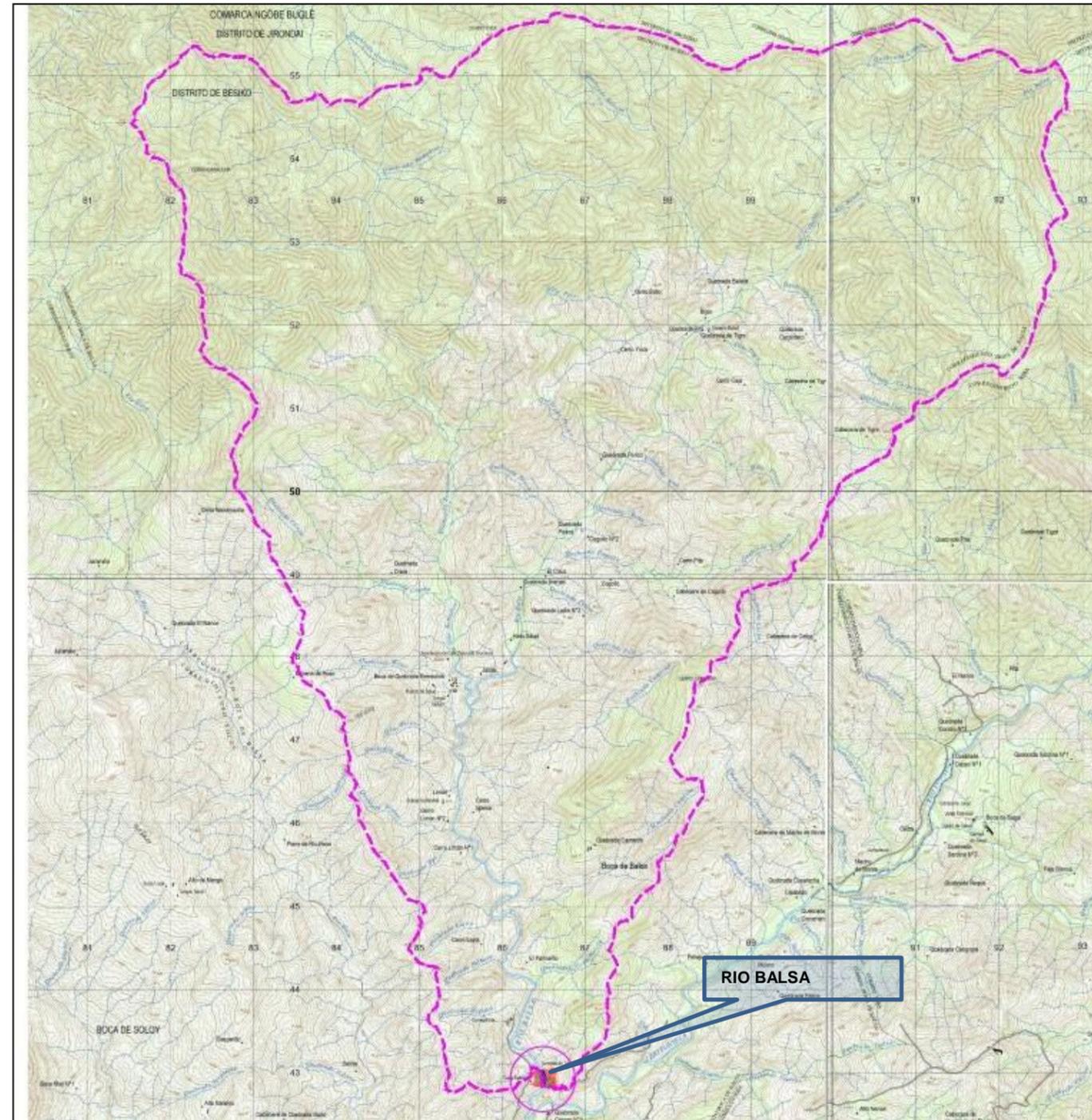
BORSA: FECHA: 16/12/2021  
 DISEÑO: DISEÑO:  
 REVISADO: ARCHIVO:  
 PROYECTADO: APROBADO:

Según Ley 15 de 1995, este plano es propiedad intelectual de Constructora Panamá, S.A. y no permite su reproducción total o parcial sin el consentimiento escrito de su autor.

TÍTULO: **PLANO PERFIL**  
**PUENTE SOBRE RIO Balsa**  
 TIPO - 60.96m x 4.20m x DDR2  
 1 - 0+080.00 @ 0+160.00

APROBACION: 16/12/2022 2:56 p. m. FECHA: 1 DE 2

Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río Balsa



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río Balsa

### 3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### 3.1 Planificación

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### 3.2 Construcción

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el río Balsa, según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, [6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río Balsa.](#)

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÄBE BUGLE	Besiko /Nedrini	Río Balsa	386500	942900	200	60.96	1

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río Balsa</b>, Actualmente hay un zarzo en óptimas condiciones el cual es utilizado por los moradores.</p> <p>Este rio es muy caudaloso en época lluviosa, los vehículos no tienen acceso..</p>	

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LINEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRIO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el río Balsa.

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>
<b>Descripción detallada del equipo</b>
Barredora Autopropulsada
Camión de Agua
Camiones Volquetes
Bus de Transporte Personal 20
Pick up 4x4
Camión Plataforma
Compactadora Rola Piña
Rola Lisa Capa Base
Distribuidora de asfalto
Esparcidora de gravilla
Excavadora 320
Excavadora 312
Motoniveladora 120
Retroexcavadora
Tractor D6
Mula
Cama baja
Compactadora tipo sapo
Compactadora tipo plancha
Contenedores de deposito
Plantas generadoras
Bombas centrifugas de 4"

### **3.5 Mano de obra durante la construcción y operación**

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD ESTIMADA</b>
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el río Balsa, cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

Empresa/Cliente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río Balsa
Coordenadas de Localización:	386503.16 m E 942868.63 m N	Elev.:	233 MSNM
Fecha de Aforo:	04 DE JULIO DE 2022	Molinete Tipo:	Price
Ancho de la sección de aforo:	32 M	Lámina Máx. de Agua:	0.80 M
Lugar:	Besikó		

Distancia (m)	Velocidad (m/s)					Profundidad (m)		Área m2	Caudal m3/s	
	1	2	3	4	Prom.	Lámina	Obs.			
0.00	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.25	0.10			
1.50	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.50	0.20	0.75	0.07	
3.00	0.677	0.677	0.677	0.677	0.677	0.64	0.26	0.96	0.65	
4.50	0.845	0.845	0.845	0.845	0.845	0.60	0.24	0.90	0.76	
6.00	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.60	0.24	0.90	0.38	
7.50	0.677	0.677	0.677	0.677	0.509	0.72	0.29	1.08	0.55	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.35	1.08	0.00	
9.00	0.677	0.677	0.677	0.677	0.677	0.68	0.27	3.57	2.42	
10.50	0.845	0.845	0.845	0.845	0.761	0.75	0.30	1.13	0.86	
	0.677	0.677	0.677	0.677			0.60	1.13	0.00	
12.00	0.677	0.677	0.677	0.677	0.677	0.78	0.31	1.17	0.79	
	0.677	0.677	0.677	0.677			0.62	1.17	0.00	
13.50	0.425	0.425	0.425	0.425	0.635	0.80	0.32	1.20	0.76	
	0.845	0.845	0.845	0.845			0.64	0.60	0.00	
15.00	0.677	0.677	0.677	0.677	0.509	0.75	0.30	1.13	0.57	
	0.341	0.341	0.341	0.341			0.60	1.13	0.00	
16.50	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.70	0.28	1.05	0.45	
18.00	0.341	0.341	0.341	0.341	0.341	0.68	0.27	1.02	0.35	
19.50	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.65	0.26	0.98	0.41	
21.00	0.341	0.341	0.341	0.341	0.341	0.62	0.25	0.93	0.32	
22.50	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.60	0.24	0.90	0.38	
24.00	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.62	0.25	0.93	0.40	
25.50	0.257	0.257	0.257	0.257	0.257	0.50	0.20	0.75	0.19	
27.00	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.44	0.18	0.66	0.11	
28.50	0.173	0.173	0.173	0.173	0.173	0.27	0.11	0.41	0.07	
30.00	0.089	0.089	0.089	0.089	0.089	0.19	0.08	0.29	0.03	
31.50	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.15	0.06	0.15	0.01	
32.00	0	0	0	0	0	0.06	0.02			
	<b>Promedio:</b>					0.410	0.55	<b>Área Total:</b>	25.94	<b>10.64</b> m3/s
										<b>10637</b> L/s

Observación:

Sin Observaciones

Aforador:

Eliecer Castillo Amador

Calculado por:

Eliecer Castillo Amador



**Registro Fotográficos**



Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: **Ministerio de Obras Públicas.**

Contratista: **Consortio Puentes Modulares.**



## **Puente sobre el Río San Félix**

# **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río San Félix, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

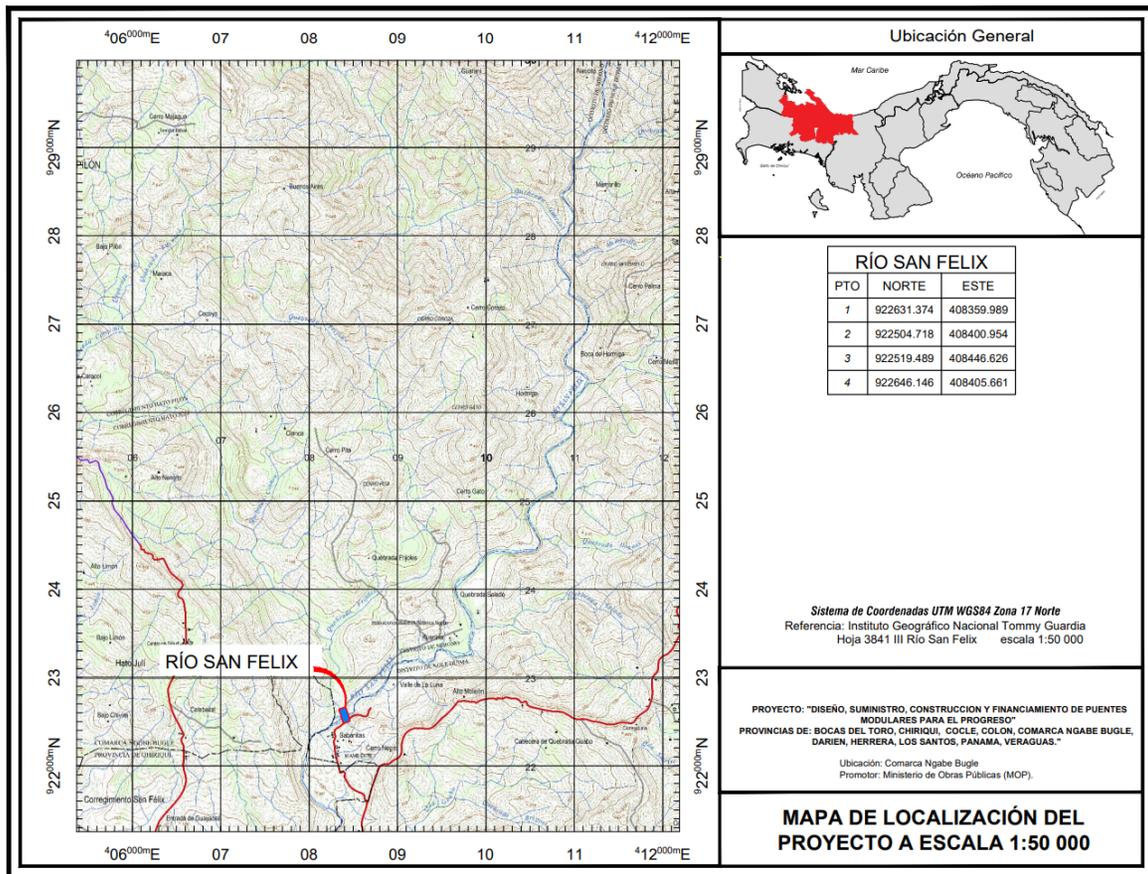
<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>
1.1 MAPA REGIONAL .....	4
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN .....	5
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA. ....	5
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>6</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA .....	6
<b>2.1.1 Área de la cuenca del río San Félix hasta el sitio de la obra</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.3 Longitud de la cuenca (L)</b> .....	<b>6</b>
2.1.4 Factor de forma de Horton .....	7
2.1.5 Pendiente promedio .....	8
2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius .....	8
2.1.7 Orden de la fuente a intervenir .....	10
2.2 HIDROMETRÍA .....	11
2.2.1 Estación Hidrológica Río San Félix (112-01-01). ....	11
2.2.2 Metodologías aplicables para la estimación de caudales .....	13
2.2.3 Cálculo de los caudales generados por la precipitación. ....	18
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA .....	23
2.3.1 Datos de precipitación. ....	23
2.3.2 Datos de temperatura. Estación Remedios (112-001) .....	24
2.4 ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN .....	25
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE. ....	25
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>29</b>
3.1 PLANIFICACIÓN .....	29
3.2 CONSTRUCCIÓN .....	29
3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción .....	30
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO .....	32
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR .....	33
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN .....	35
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>37</b>

4.1	POSIBLES IMPACTOS: .....	37
4.2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN: .....	37
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>40</b>

# 1. CARTOGRAFÍA

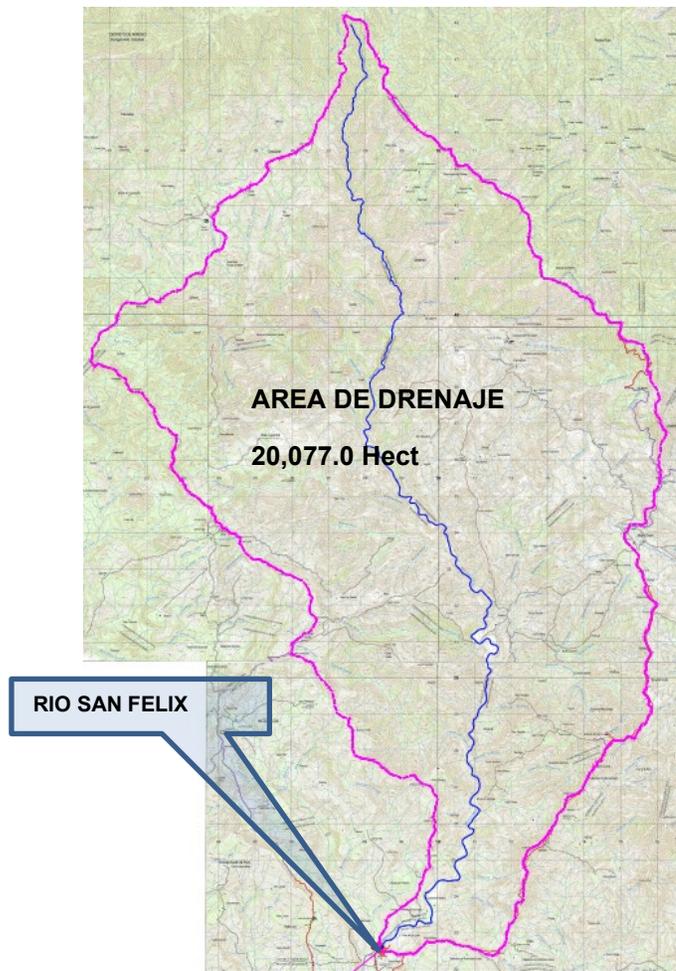
## 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Mirono, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto

## 1.2 Mapa del área de drenaje hasta el sitio de intervención.



Área de drenaje para el puente sobre el río San Félix

## 1.3 Identificar si el proyecto o alguna infraestructura de la obra en cauce, o los trabajos a realizar están dentro de alguna área protegida.

El puente modular a construir sobre el río San Félix no se encuentra dentro de ningún área protegida.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

### 2.1 Descripción geomorfológica

El puente sobre el río **San Félix**, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #112 – Ríos entre Fonseca y Tabasará, localizada en el sector oriental de la provincia de Chiriquí, entre las coordenadas 8° 00’ y 8° 30’ Latitud Norte y 81° 41’ y 82° 00’ Longitud Oeste.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1,168 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río San Félix, es de unos 67 kilómetros.

#### 2.1.1 Área de la cuenca del río San Félix hasta el sitio de la obra

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río San Félix, hasta la naciente de este, ubicada a 2200 m.s.n.m., dando como resultado un área aproximada de 20,076.70 hectáreas (200.8 Km<sup>2</sup>).

#### 2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 76.33 km.

#### 2.1.3 Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 34.90 km.

### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $Kf$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$Kf = \frac{200.8}{(34.9)^2}$$

$$Kf = 0.164$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma estrecha con características de producción de bajo caudales y potencial de crecientes bajo.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

$J$  = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

$E$  = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

$A$  = Superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{1488.92 * 0.05}{200.8}$$

$$J = 37.075\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{76.33}{\sqrt{200.8}}$$

$$Kc = 1.51$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase III.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

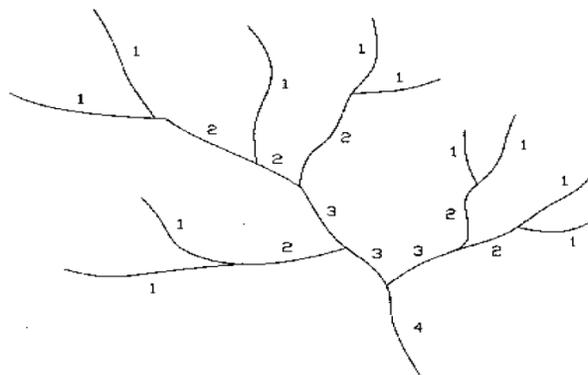
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA cuenta con registros de una (1) estación hidrológica en el área, identificadas como Río San Félix (112-01-01).

Según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Estos aforos se incluyen en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

### 2.2.1 Estación Hidrológica Río San Félix (112-01-01).

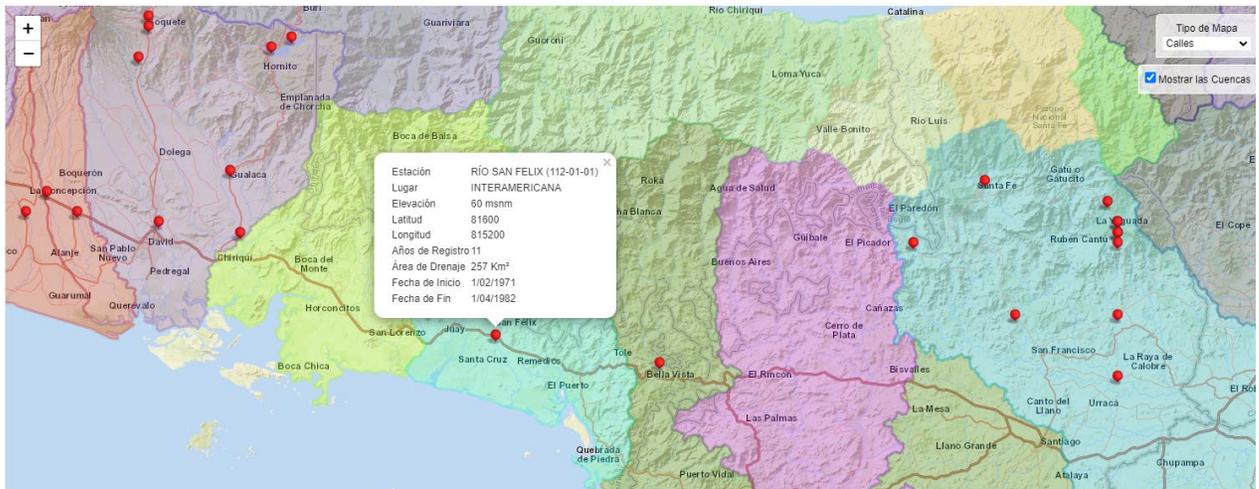
Esta estación sobre el río San Félix se ubicaba en la carretera Interamericana, en el distrito de San Félix, a una elevación de 60 msnm y con un área de drenaje de 257 km<sup>2</sup>. Se cuenta con registros de información de caudales desde 1971 hasta 1982. Esta estación se localiza en las coordenadas geográficas 07°21'32.11" latitud norte y 84° 47' 18.18" longitud oeste.

El caudal es el volumen de agua que pasa a través de la sección transversal de un río en la unidad de tiempo. El caudal medio diario es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día, dividido por el número de segundos del día, mientras que el caudal medio mensual es la media aritmética de los caudales medios diarios del mes.



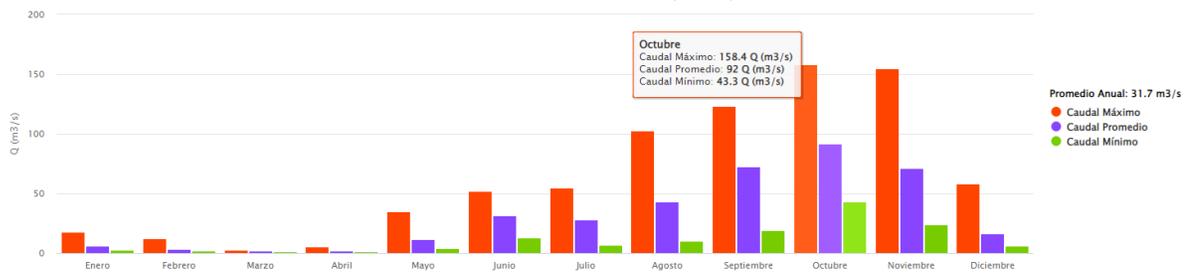
Quiénes Somos ▾ Tiempo ▾ Cambio Climático ▾ Clima ▾ Hidrología ▾ Red Hidrometeorológica ▾ Documentos ▾ Contáctenos

**DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS**



**Histórico de Caudales**

Estación: RÍOS ENTRE FONSECA Y TABASARA (112-01-01)



**Información de Contacto:**  
 Dirección: Plaza Sun Tower, Ave. Ricardo J. Alfaro, El Dorado, Tercer Piso  
 Teléfono: (507) 501-3800  
 Fax: (507) 501-3506  
 Email: hidromet@etesa.com.pa

ETESA  
 Centro Nacional de Despacho  
 Centro Nacional de Huracanes



Ubicación y datos históricos de caudales de la Estación Río San Félix (112-01-01). Fuente: ETESA.

## 2.2.2 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.2.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de

vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando escorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \text{ (Práctica de caminos de California)}$$

$$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}; K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5}) \text{ (Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972).}$$

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

### ***2.2.2.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.
- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.
- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### ***2.2.2.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.***

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación

de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

#### 2.2.2.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

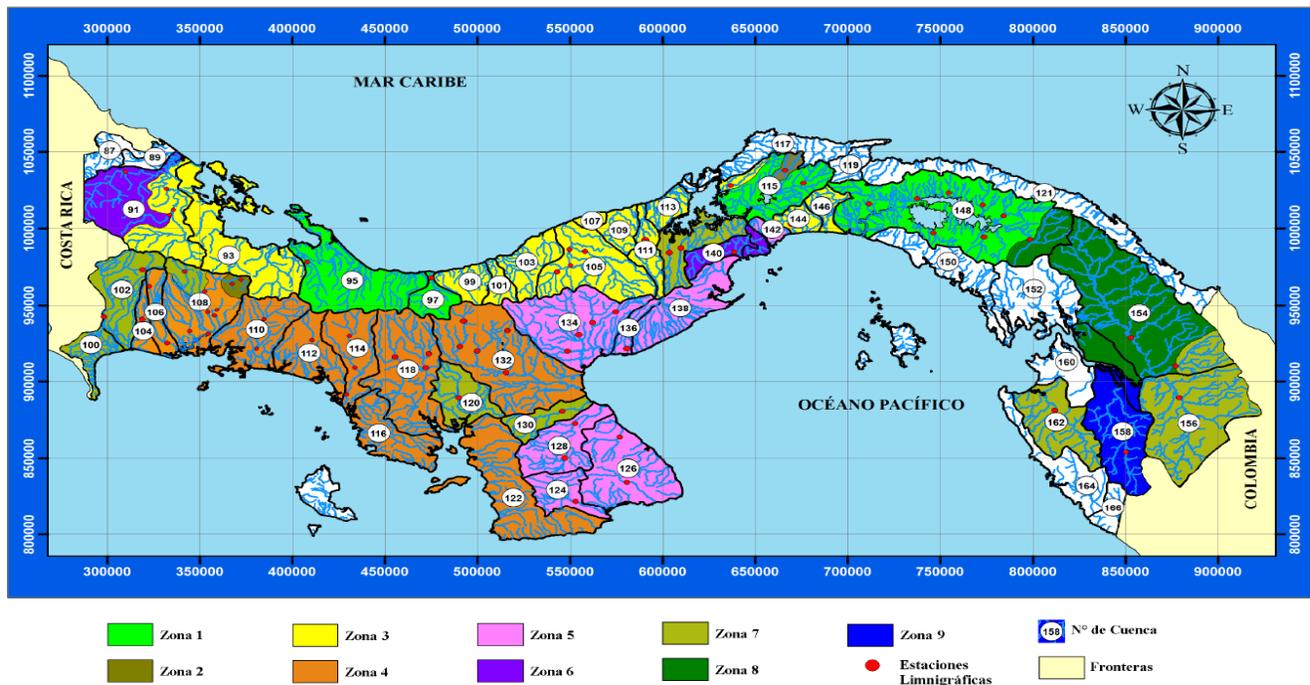
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

#### 2.2.2.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

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

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

### 2.2.3 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

#### 2.2.3.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

##### 2.2.3.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escorrentía ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41

Tipo de Cobertura	Coefficiente de Escurrimiento
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coefficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.3.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

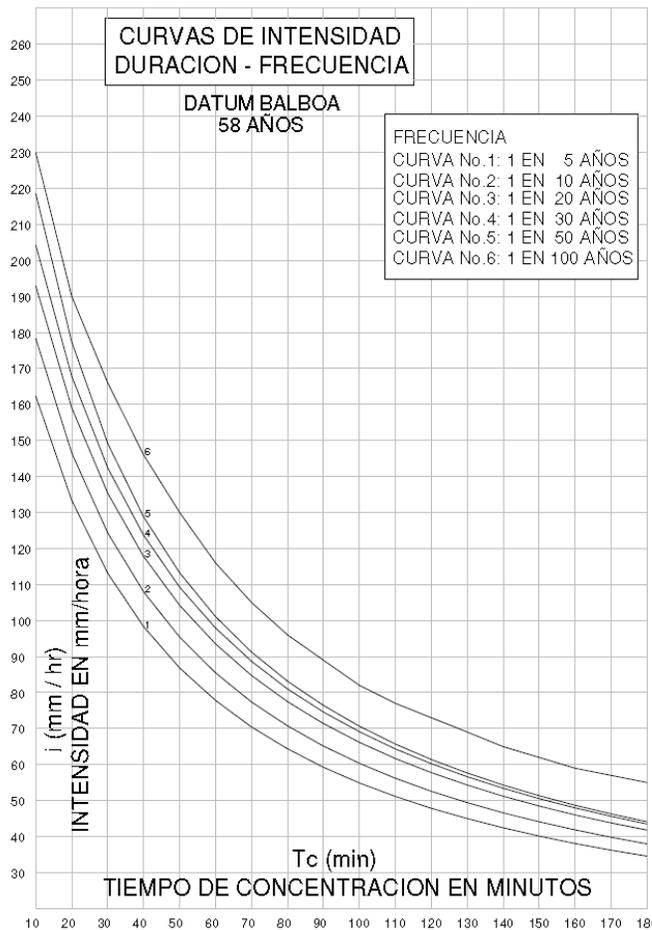
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la esorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.3.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.3.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.3.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones

medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9}{i^{0.4}} \left( \frac{n * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.6}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(\text{min})$$

Donde;

$C$  = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

$L$  = Longitud de flujo superficial (en metros)

$S$  = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

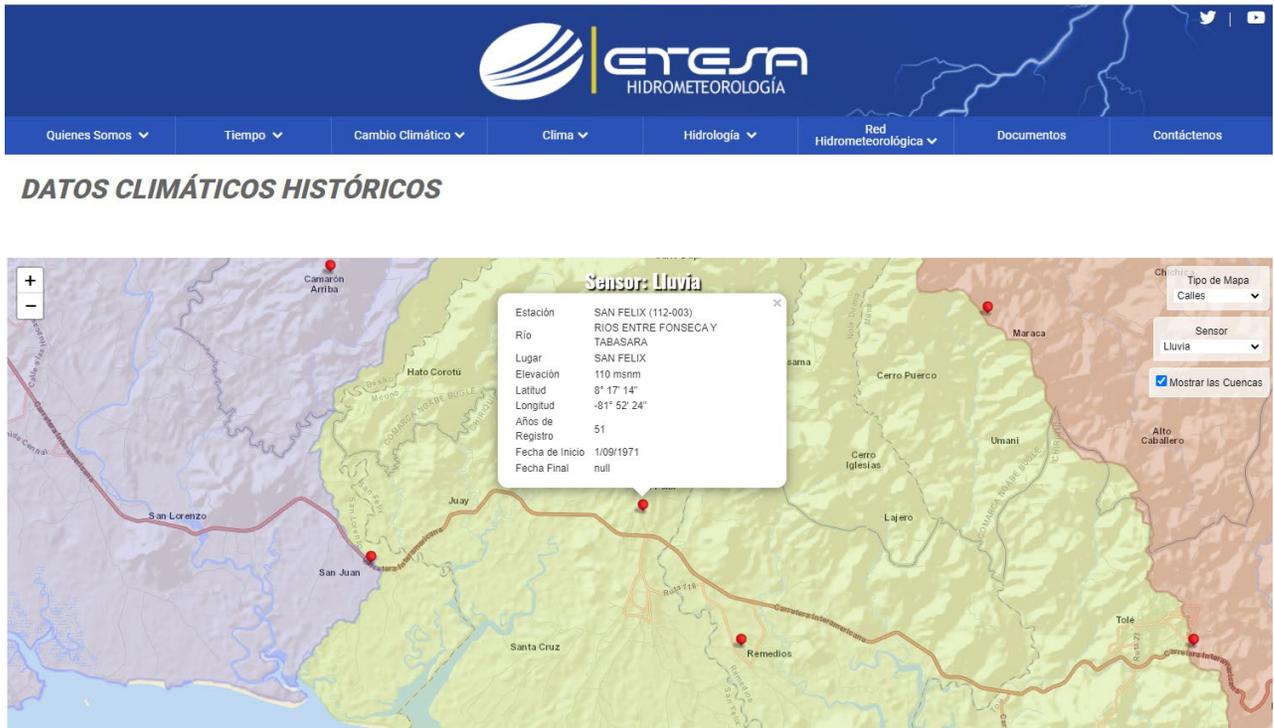
Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

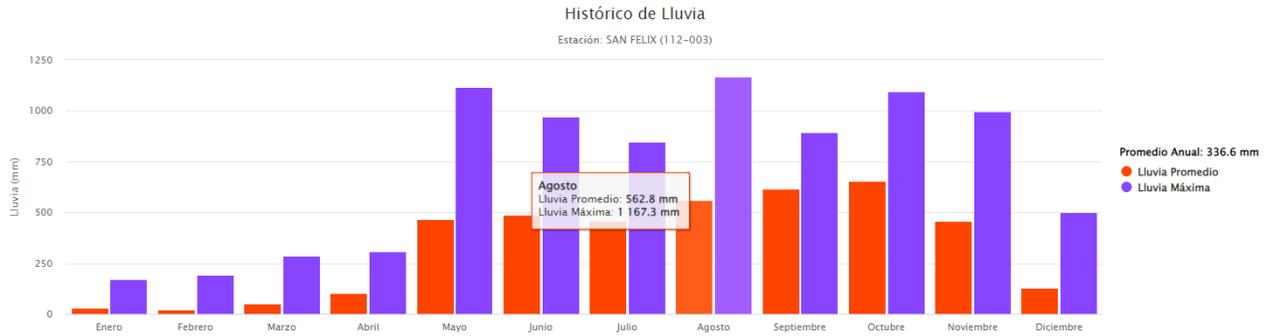
Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

Dentro de la cuenca en estudio, las estaciones meteorológicas más próximas al sitio de construcción del puente, que cuentan con registros de lluvias, son la Estación San Félix (112-003).

A continuación, se presentan los registros históricos de lluvias en estas estaciones.

#### 2.3.1.1 Estación San Félix (112-003)





**Información de Contacto:**  
 Dirección: Plaza Sun Tower, Ave. Ricardo J. Alfaro, El Dorado, Tercer Piso  
 Teléfono: (507) 501-3800  
 Fax: (507) 501-3506  
 Email: hidromet@etesa.com.pa  
 Horario: Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 12:00 m.d. y de 1:00 p.m. a 3:30 p.m.

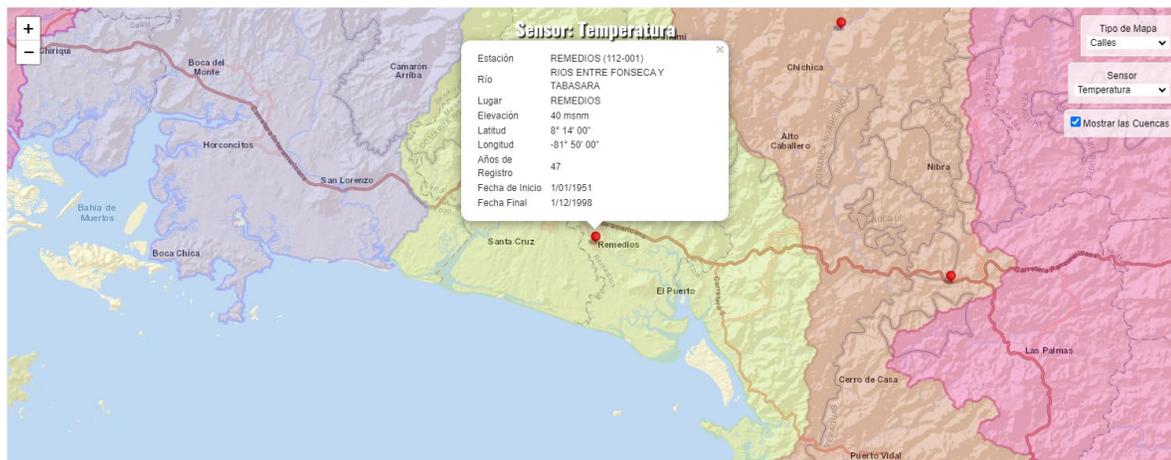
ETESA  
 Centro Nacional de Despacho  
 Centro Nacional de Huracanes

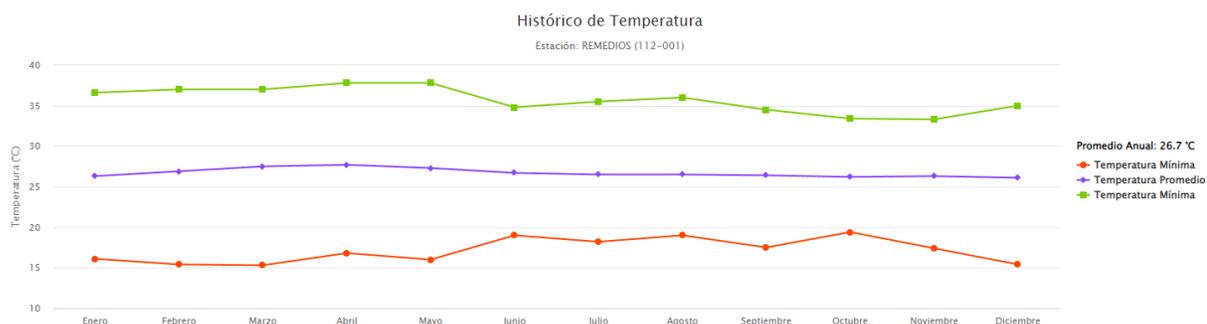
### 2.3.2 Datos de temperatura. Estación Remedios (112-001).

Dentro de la cuenca en estudio, la estación meteorológica más próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de temperatura, es la Estación Remedios (112-001). La información de esta estación es suministrada por ETESA y se utilizó también para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

A continuación, se presentan los registros históricos de temperatura en esta estación.

#### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS





<p><b>Información de Contacto:</b></p> <p>Dirección: Plaza Sun Tower, Ave. Ricardo J. Alfaro, El Dorado, Tercer Piso</p> <p>Teléfono: (507) 501-3800</p> <p>Fax: (507) 501-3506</p> <p>Email: hidromet@etesa.com.pa</p> <p>Horario: Lunes a viernes de 7:00 a.m. a 12:00 m.d. y de 1:00 p.m. a 3:30 p.m.</p>	<p>ETESA</p> <p>Centro Nacional de Despacho</p> <p>Centro Nacional de Huracanes</p>	
--	---	---

## 2.4 Antecedentes de inundación.

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce.

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río San Félix hasta el sitio del cruce es de 20,077.0 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

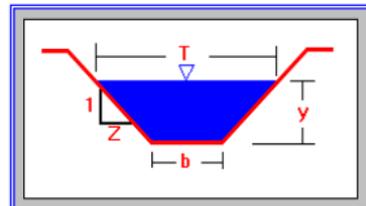
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



**CALCULO HIDRAULICO**

**PUENTE SOBRE RIO SAN FELIX  
PROYECTO: PUENTES MODULARES  
COMARCA NGABE BUGLE**

Fecha: 10 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50años) para AD > 250, analisis Regional de Crecidas max.(100años)

**DATOS DE LA CUENCA :**

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	20,077.00 Ha	200.77 km <sup>2</sup>
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33	P.RETORNO: 100 AÑOS
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	Q <sub>max</sub> = 25 * A <sup>(0.59)</sup>	570.86 m <sup>3</sup> /seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 años).....	Q <sub>R</sub> =	<b>1,330.11 m<sup>3</sup>/seg</b>	

**SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :**

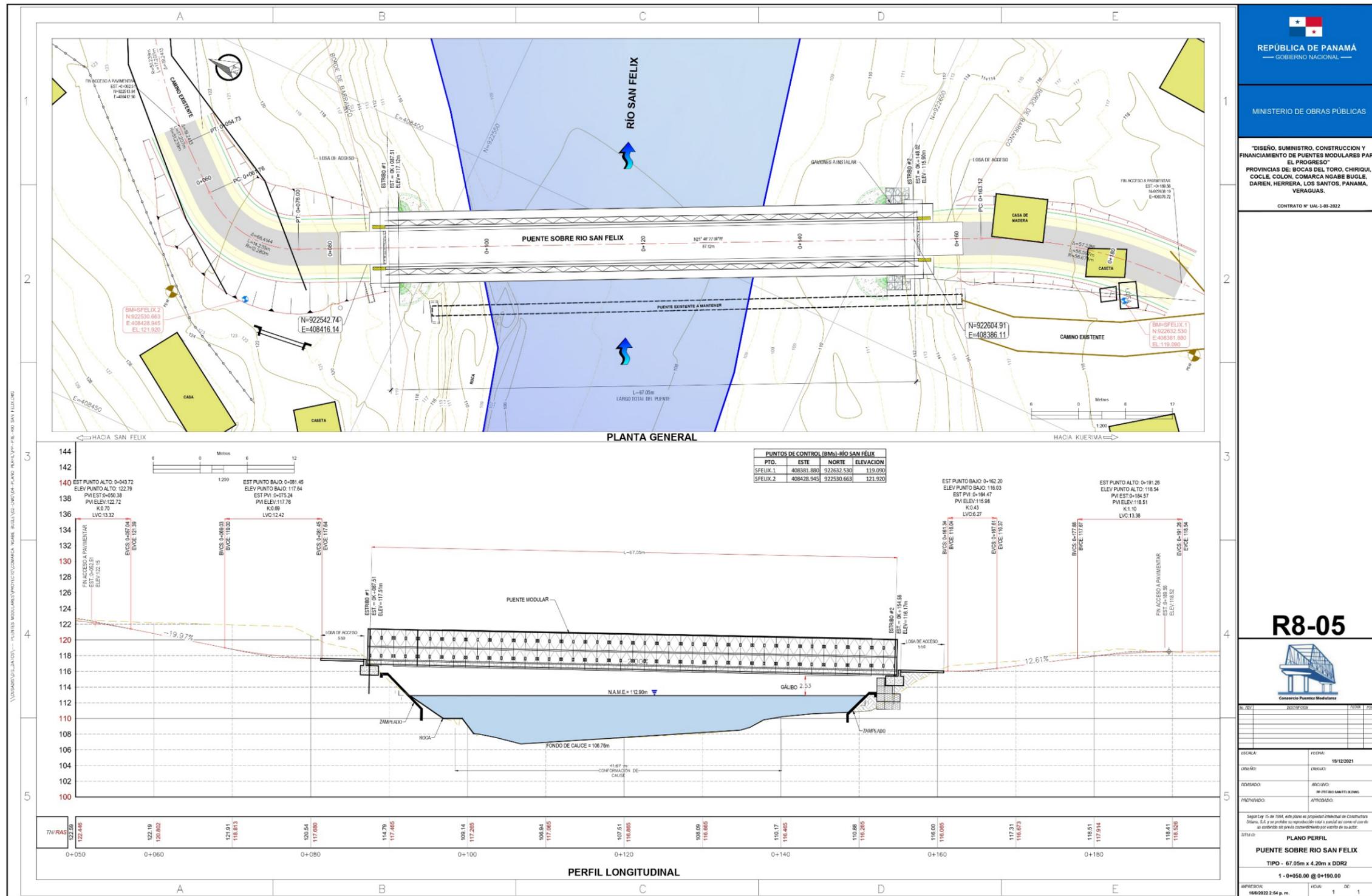
• PROYECCION Z .....	Z=	1.00 mts
• PROYECCION X .....	X=	3.25 mts
• BASE DEL CANAL. ....	b=	<b>40.00 mts</b>
• PROFUNDIDAD. ....	y=	<b>3.25 mts</b>
• ESPEJO .....	T=	46.50 mts
• RUGOSIDAD .....	n=	0.030 suelo natural y zamp concreto
• PERIMETRO MOJADO .....	P <sub>m</sub> =	49.19 m
• RADIO HIDRAULICO .....	R <sub>h</sub> =	2.8574 m
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	140.56 m <sup>2</sup>
• PENDIENTE .....	s=	0.020 m/m
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	Q <sub>R</sub> =	<b>1,334.27 m<sup>3</sup>/seg</b>

USAR LUZ DE = **60.96**

**CONCLUSION:**

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.  
LA ELEVACION DEL NAME ES 111.70 A UNA ALTURA DEL FONDO DE 3.25  
LA ELEVACION DEL FONDO DE CAUCE ES 108.45

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 60.96 m, es satisfactorio.



**REPÚBLICA DE PANAMÁ**  
GOBIERNO NACIONAL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

**"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"**  
PROVINCIAS DE: BOCAS DEL TORO, CHIRIQUI, COCLE, COLÓN, COMARCA NGABE BUGLE, DAREN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-01-2022

**R8-05**

NO.	DESCRIPCION	FECHA	POB.

ESCALA	FECHA
	15/12/2021

DESIGNADO	ELABORADO

REVISADO	APROBADO

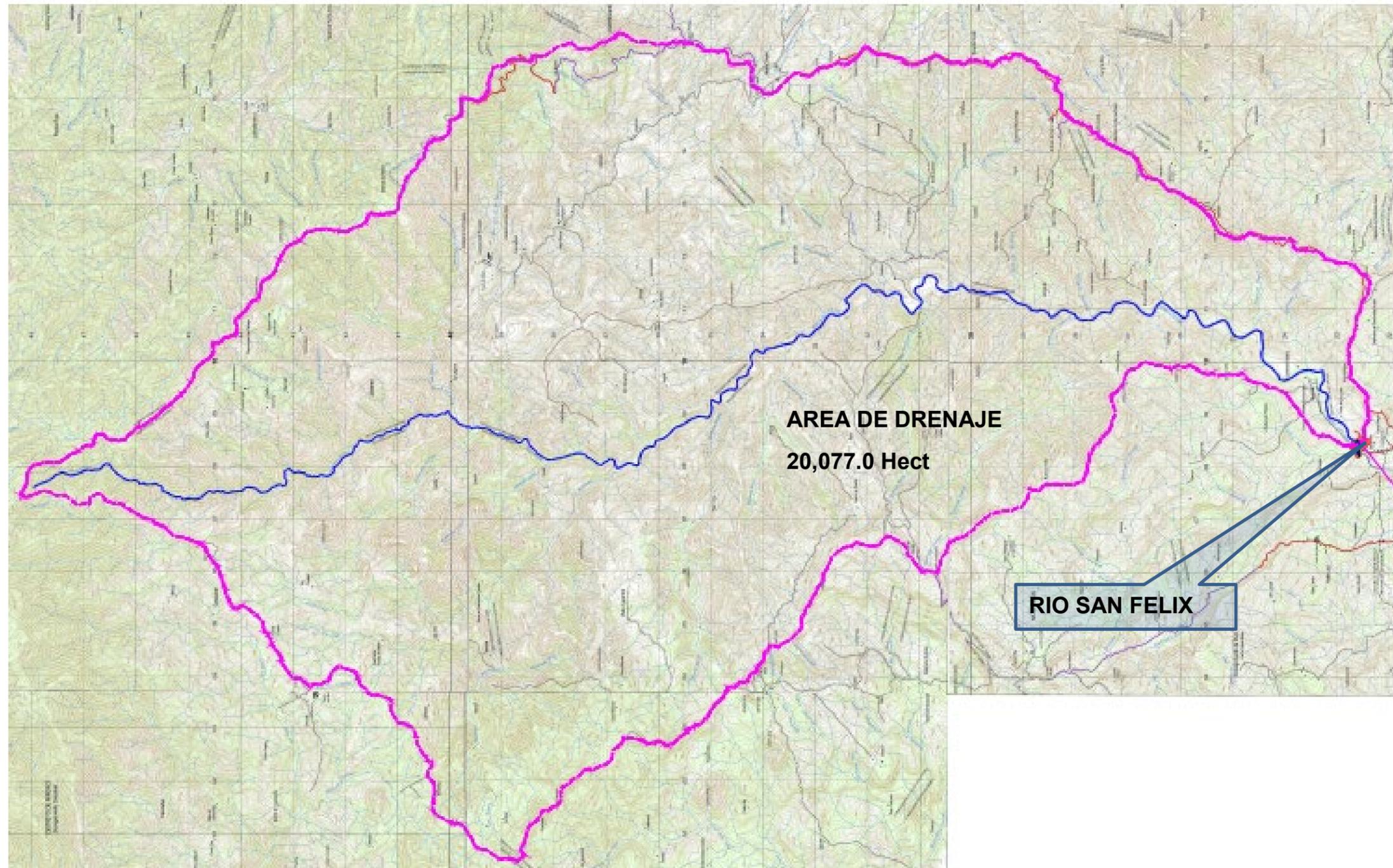
PROYECTADO	ATRICADO

Según Ley 15 de 1994, este plano es propiedad intelectual de Constructora Orlana, S. de R.L. y no permite su reproducción total o parcial sin el consentimiento por escrito de su autor.

TITULO: **PLANO PERFIL**  
**PUENTE SOBRE RIO SAN FÉLIX**  
TIPO - 67.05m x 4.20m x DDR2  
1 - 0+050.00 @ 0+190.00

IMPRESION: 16/02/2022 2:54 p. m. FIGURA: 1 DE 1

Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río San Félix



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río San Félix

### **3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR**

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### **3.1 Planificación**

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### **3.2 Construcción**

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el [río San Félix](#), según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, **6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río San Félix.**

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÄBE BUGLE	Mirono – Nedrini	San Félix	408390	922500	200	60.96	1

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río San Félix</b>, existe un zarzo en buenas condiciones.</p> <p>Este río es muy caudaloso en época lluviosa y para verano los vehiculos cruzan por el río mismo</p>	

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO  
DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LÍNEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRÍO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el [río San Félix](#).

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>	
<b>Descripción detallada del equipo</b>	
Barredora Autopropulsada	
Camión de Agua	
Camiones Volquetes	
Bus de Transporte Personal 20	
Pick up 4x4	
Camión Plataforma	
Compactadora Rola Piña	
Rola Lisa Capa Base	
Distribuidora de asfalto	
Esparcidora de gravilla	
Excavadora 320	
Excavadora 312	
Motoniveladora 120	
Retroexcavadora	
Tractor D6	
Mula	
Cama baja	
Compactadora tipo sapo	
Compactadora tipo plancha	
Plantas generadoras	
Bombas centrifugas de 4"	

### **3.5 Mano de obra durante la construcción y operación**

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD ESTIMADA
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el río [San Félix](#), cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

Empresa/Cliente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río San Félix
Coordenadas de Localización:	408359.00 m E 922631.00 m N	Elev.:	111 MSNM
Fecha de Aforo:	12 DE JULIO DE 2022	Molinete Tipo:	Price
Ancho de la sección de aforo:	36 M	Lámina Máx. de Agua:	0.85 M
Lugar:	Nole Duima-Mirone		

Distancia (m)	Velocidad (m/s)					Profundidad (m)		Área m2	Caudal m3/s	
	1	2	3	4	Prom.	Lámina	Obs.			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.24	0.10			
2.00	0.758	0.758	0.758	0.758	0.758	0.47	0.19	0.94	0.71252	
4.00	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	0.46	0.18	0.92	0.9246	
6.00	1.454	1.454	1.454	1.454	1.133	0.58	0.23	1.16	1.31428	
	0.812	0.812	0.812	0.812			0.46			
8.00	1.421	1.421	1.421	1.421	1.165	0.70	0.28	1.23	1.42651	
	0.908	0.908	0.908	0.908			0.56			
9.50	1.465	1.465	1.465	1.465	1.299	0.64	0.26	0.48	0.62352	
	1.133	1.133	1.133	1.133			0.51			
9.50	1.182	1.182	1.182	1.18	1.027	0.71	0.28	0.53	0.54661	
	0.871	0.871	0.871	0.871			0.57			
11.00	1.182	1.182	1.182	1.182	0.948	0.82	0.33	1.23	1.16604	
	0.714	0.714	0.714	0.714			0.66			
12.50	1.454	1.454	1.454	1.454	1.241	0.82	0.33	1.23	1.52643	
	1.028	1.028	1.028	1.028			0.66			
14.00	1.283	1.283	1.283	1.283	1.117	0.82	0.33	1.23	1.3733	
	0.95	0.95	0.95	0.95			0.66			
15.50	1.283	1.283	1.283	1.283	1.117	0.82	0.33	1.23	1.3733	
	0.95	0.95	0.95	0.95			0.66			
17.00	1.185	1.185	1.185	1.185	1.039	0.85	0.34	1.28	1.32409	
	0.892	0.892	0.892	0.892			0.68			
18.50	1.159	1.159	1.159	1.159	0.986	0.83	0.332	1.25	1.22695	
	0.812	0.812	0.812	0.812			0.664			
20.00	1.133	1.133	1.133	1.133	0.954	0.81	0.324	1.22	1.15911	
	0.775	0.775	0.775	0.775			0.648			
21.50	1.035	1.035	1.035	1.035	0.859	0.81	0.324	1.22	1.04369	
	0.683	0.683	0.683	0.683			0.648			
23.00	1.082	1.082	1.082	1.082	0.907	0.76	0.304	1.14	1.03341	
	0.731	0.731	0.731	0.731			0.608			
24.50	1.082	1.082	1.082	1.082	0.832	0.73	0.292	1.10	0.91104	
	0.582	0.582	0.582	0.582			0.584			
26.00	1.005	1.005	1.005	1.005	0.852	0.70	0.28	1.05	0.89408	
	0.698	0.698	0.698	0.698			0.56			
27.50	1.058	1.058	1.058	1.058	0.900	0.62	0.248	0.93	0.837	
	0.742	0.742	0.742	0.742			0.496			
29.00	0.983	0.983	0.983	0.983	0.777	0.55	0.22	0.96	0.74786	
	0.571	0.571	0.571	0.571			0.44			
31.00	0.888	0.888	0.888	0.888	0.609	0.53	0.212	1.06	0.64501	
	0.329	0.329	0.329	0.329			0.424			
33.00	0.793	0.793	0.793	0.793	0.554	0.50	0.2	1.25	0.6925	
	0.315	0.315	0.315	0.315			0.4			
36.00	0.296	0.296	0.296	0.296	0.296	0.27	0.108	0.68	0.1998	
					Promedio:	0.926	0.65	Área Total:	23.29	21.56 m3/s
										21565 L/s

Observación: Sin Observaciones

Aforador: Eliecer Castillo Amador

Calculado por: Eliecer Castillo



**Registro fotográfico**



Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: **Ministerio de Obras Públicas.**

Contratista: **Consortio Puentes Modulares.**



**Puente sobre el Río Liri**

## **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río Liri, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

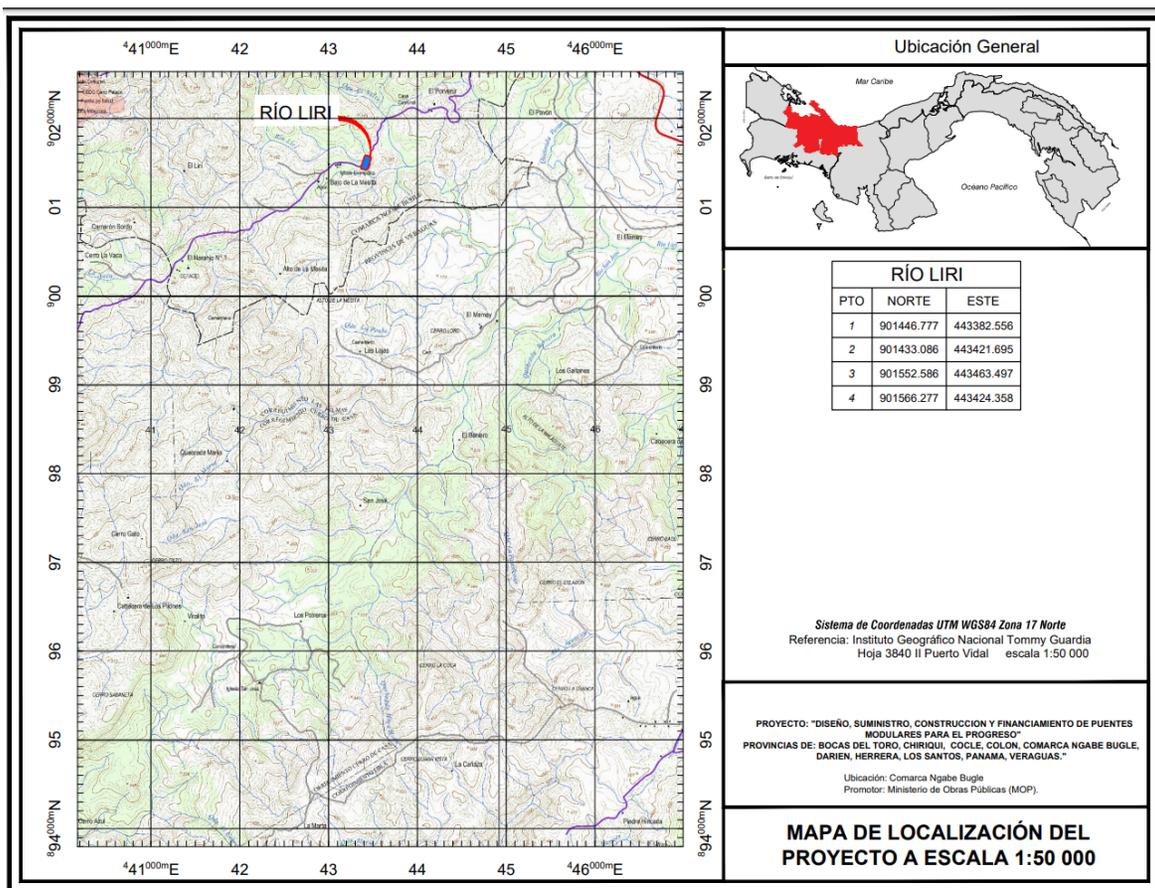
<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>
1.1 MAPA REGIONAL.....	4
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN.....	5
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	5
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>6</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	6
<b>2.1.1 Área de la cuenca del río Liri hasta el sitio de la obra</b> .....	6
<b>2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	6
<b>2.1.3 Longitud de la cuenca (L)</b> .....	6
2.1.4 Factor de forma de Horton.....	7
2.1.5 Pendiente promedio.....	8
2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius.....	8
2.1.7 Orden de la fuente a intervenir.....	10
2.2 HIDROMETRÍA.....	10
2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales.....	12
2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.....	17
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.....	22
2.3.1 Datos de precipitación.....	22
2.3.2 Datos de temperatura.....	22
2.4 ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN.....	23
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE.....	23
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>27</b>
3.1 PLANIFICACIÓN.....	27
3.2 CONSTRUCCIÓN.....	27
3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción.....	28
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO.....	30
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR.....	31
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	33
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>35</b>
4.1 POSIBLES IMPACTOS:.....	35

4.2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN: .....	35
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>38</b>

## 1. CARTOGRAFÍA

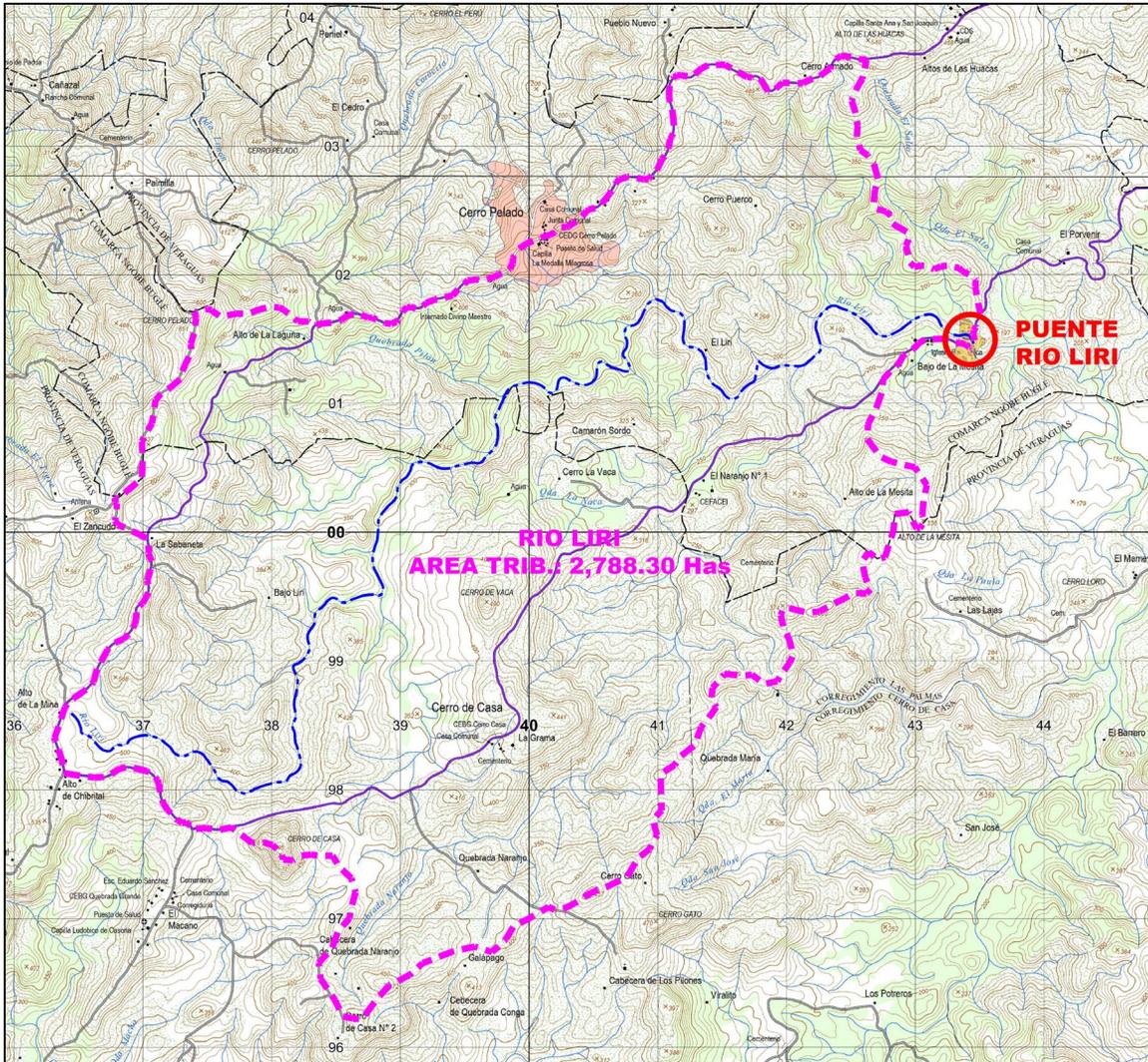
### 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Ñürüm, Comarca Ngäbe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto

### 1.2 Mapa del área de drenaje hasta el sitio de intervención.



Área de drenaje para el puente sobre el río Liri

### 1.3 Identificar si el proyecto o alguna infraestructura de la obra en cauce, o los trabajos a realizar están dentro de alguna área protegida.

El puente modular a construir sobre el río Liri no se encuentra dentro de ningún área protegida.

## **2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA**

### **2.1 Descripción geomorfológica**

El puente sobre el río Liri, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #118 – Río San Pablo, localizada en la vertiente del Pacífico, al suroeste de la provincia de Veraguas y al sur de la comarca Ngäbe Bugle.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 2,453 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río San Pablo, es de unos 148 kilómetros hasta su desembocadura.

#### **2.1.1 Área de la cuenca del río Liri hasta el sitio de la obra**

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río Liri, hasta la naciente de este, ubicada a 520 msnm, dando como resultado un área aproximada de 2,788.30 hectáreas (27.88 Km<sup>2</sup>).

#### **2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)**

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 27.54 km.

#### **2.1.3 Longitud de la cuenca (L)**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 12.20 km.

### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $Kf$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$Kf = \frac{27.88}{(12.20)^2}$$

$$Kf = 0.187$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma estrecha, con características de producción de bajos caudales y potencial de crecientes bajo.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

$J$  = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

$E$  = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

$A$  = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{108.51 * 0.05}{27.88}$$

$$J = 19.46\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{27.54}{\sqrt{27.88}}$$

$$Kc = 1.46$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase II.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

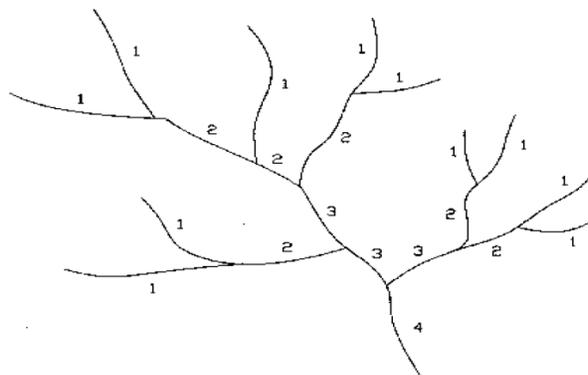
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA no cuenta con registros de estaciones hidrológicas.

Por esta razón, según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Este aforo se incluye en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

Independientemente de lo anterior, la determinación del caudal esperado en el área de la obra también se efectuará mediante la aplicación de la metodología sugerida por el Ministerio de Obras Públicas, según se explica a continuación.



**DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS**



## 2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.1.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

I = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de

vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando escorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \text{ (Práctica de caminos de California)}$$

$$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}; K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5}) \text{ (Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972).}$$

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

### ***2.2.1.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.
- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.
- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### ***2.2.1.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.***

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación

de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

#### 2.2.1.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

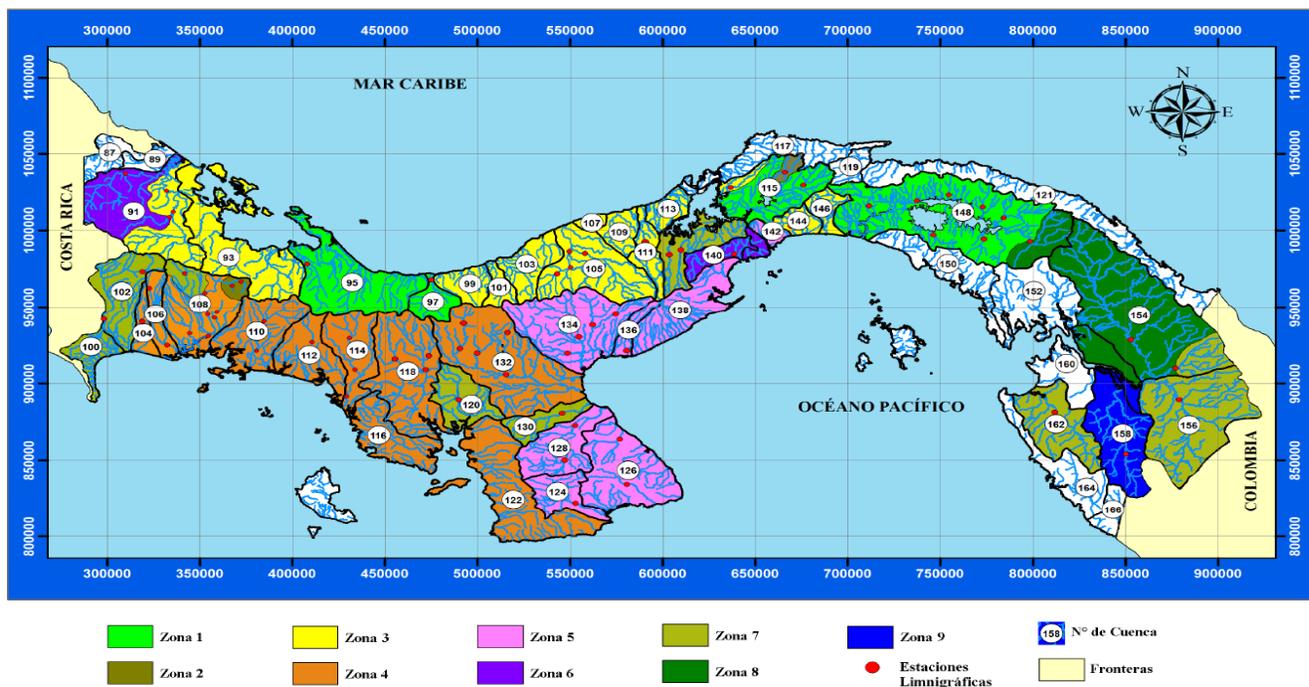
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

#### 2.2.1.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

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

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

## 2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

### 2.2.2.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

#### 2.2.2.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escorrentía ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41

Tipo de Cobertura	Coefficiente de Escurrimiento
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coefficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.2.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

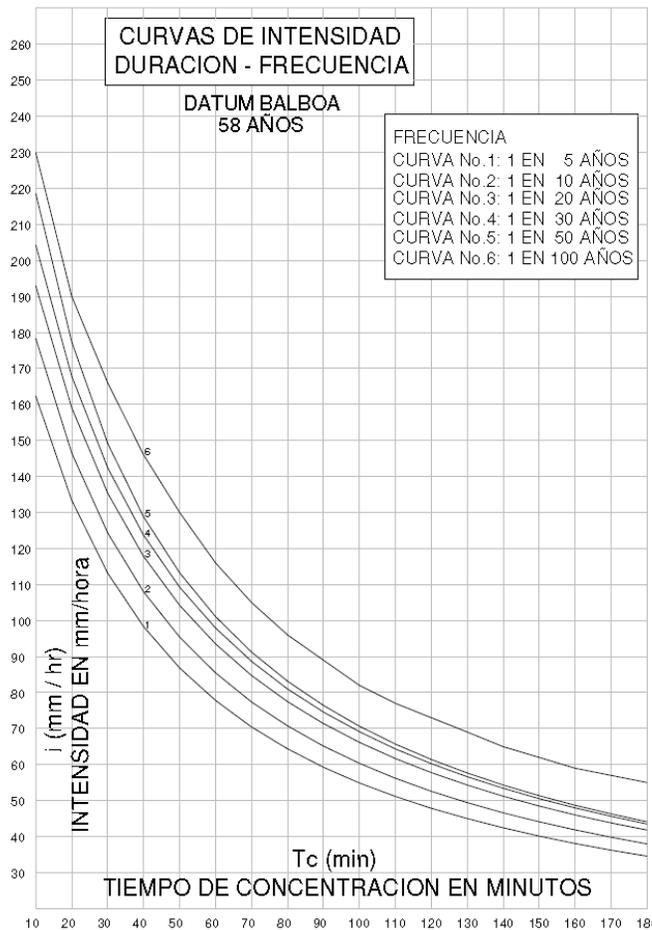
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la esorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.2.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.2.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.2.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones

medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9}{i^{0.4}} \left( \frac{n * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.6}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(\text{min})$$

Donde;

$C$  = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

$L$  = Longitud de flujo superficial (en metros)

$S$  = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

Dentro de la cuenca en estudio, no hay estaciones meteorológicas próximas al sitio de construcción del puente, que cuenten con registros de lluvias, como se muestra en la imagen a continuación.



#### **DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS**

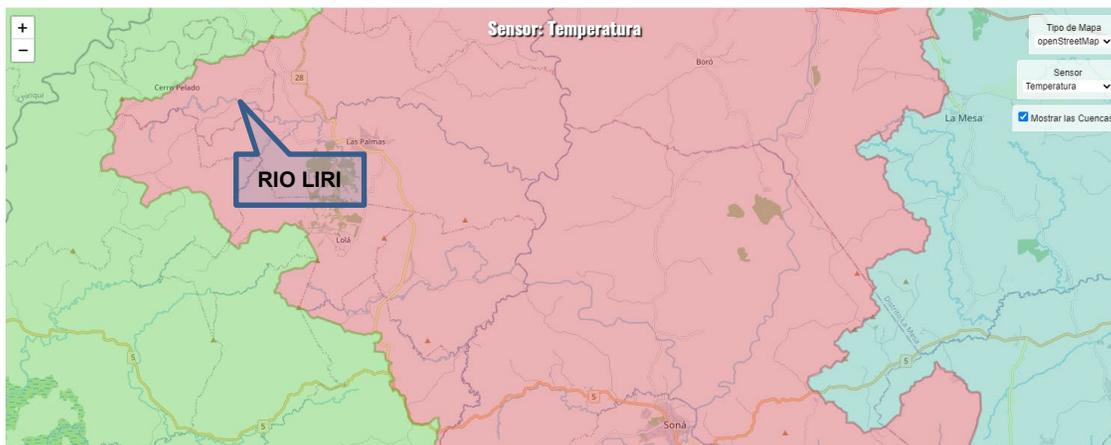


### 2.3.2 Datos de temperatura.

Dentro de la cuenca en estudio, no existen estaciones meteorológicas que cuenten con registros de temperatura, tal y como se aprecia en la figura a continuación.



### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS



## 2.4 Antecedentes de inundación

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río Liri hasta el sitio del cruce es de 2,788.30 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

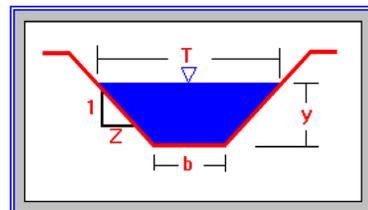
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



**CALCULO HIDRAULICO**

**PUENTE SOBRE RIO LIRI**  
**PROYECTO: PUENTES MODULARES**  
**COMARCA NGABE BUGLE**

Fecha: 10 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50años) para AD > 250, analisis Regional de Crecidas max.(100años)

**DATOS DE LA CUENCA :**

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	2,788.30 Ha	27.883 km <sup>2</sup>
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33 P.RETORNO: 100 AÑOS	
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	Q <sub>max</sub> =25*A^(0.59)=	178.11 m <sup>3</sup> /seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 años).....	Q <sub>R</sub> =	<b>415.00 m<sup>3</sup>/seg</b>	

**SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :**

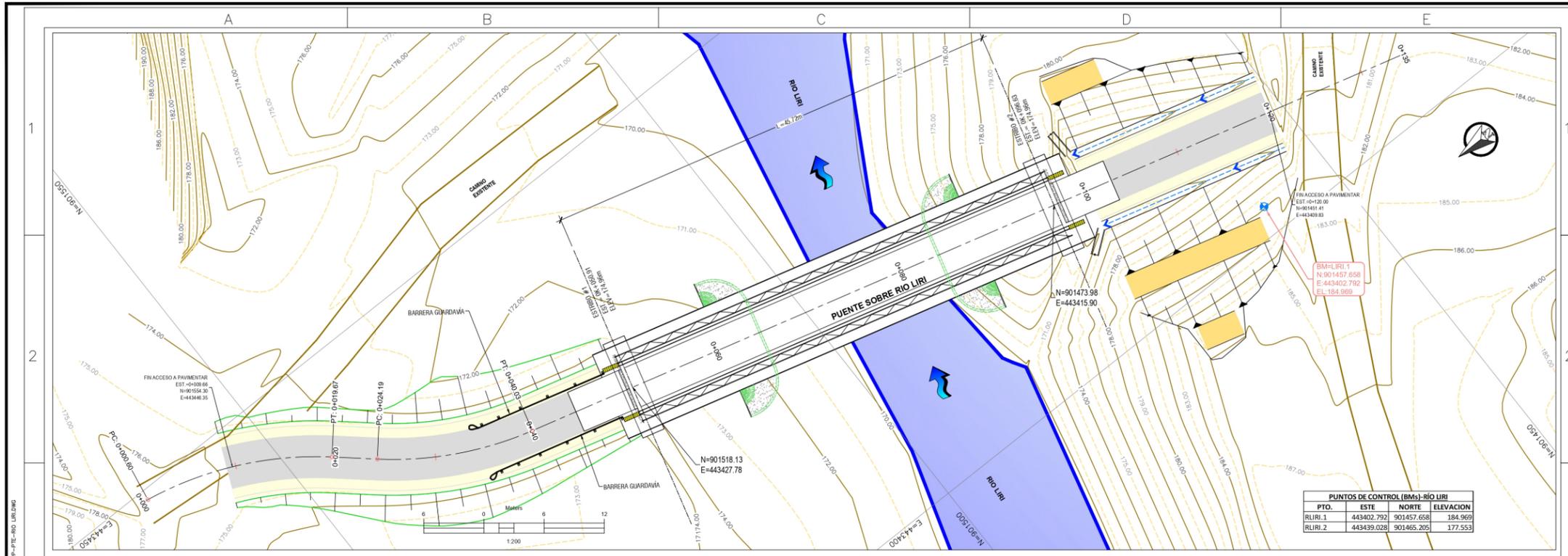
• PROYECCION Z .....	Z=	1.50 mts	<b>NAME= 171.96</b>
• PROYECCION X .....	X=	3.38 mts	
• BASE DEL CANAL .....	b=	<b>18.00</b> mts	
• PROFUNDIDAD .....	y=	<b>2.25</b> mts	
• ESPEJO .....	T=	24.75 mts	
• RUGOSIDAD .....	n=	0.030 suelo natural y zamp concreto	
• PERIMETRO MOJADO .....	P <sub>m</sub> =	26.11 m	
• RADIO HIDRAULICO .....	R <sub>h</sub> =	1.8418 m	
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	48.09 m <sup>2</sup>	
• PENDIENTE .....	s=	0.030 m/m	
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	Q <sub>R</sub> =	<b>417.21 m<sup>3</sup>/seg</b>	

USAR LUZ DE = **45.72**

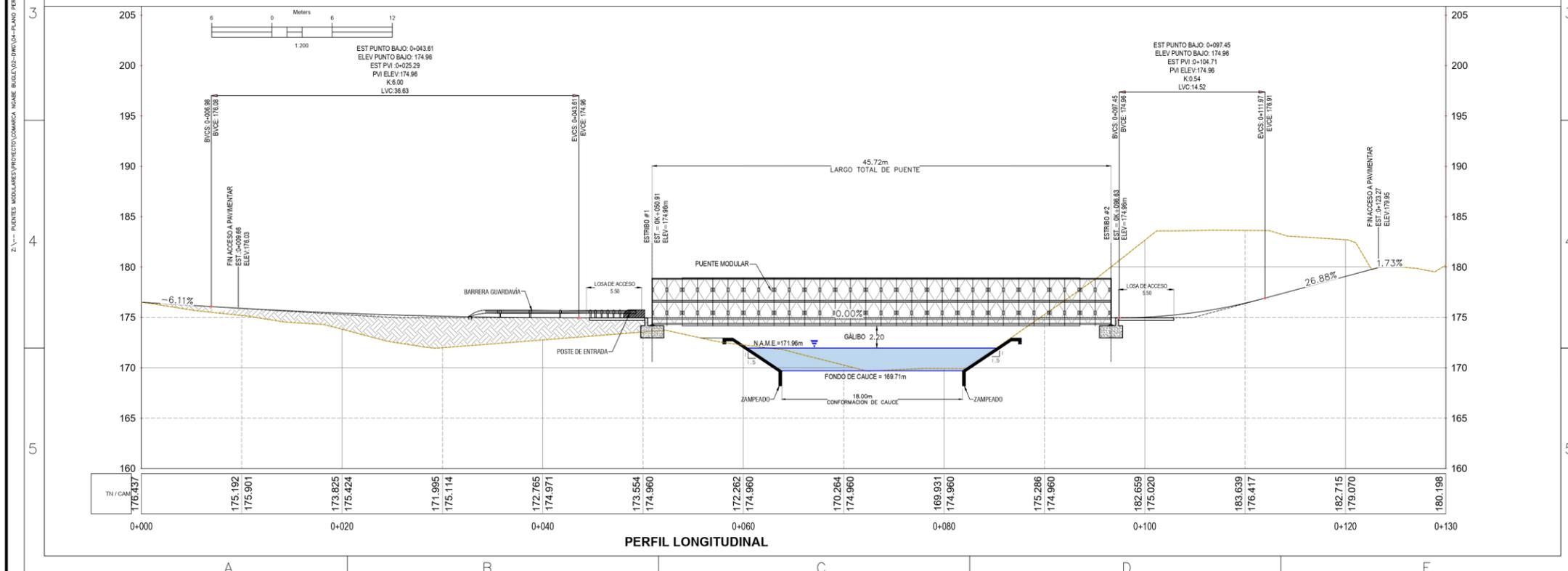
**CONCLUSION:**

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.  
LA ELEVACION DEL NAME ES 171.38 A UNA ALTURA DEL FONDO DE 2.0  
LA ELEVACION DEL FONDO DE CAUCE ES 169.71

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 45.72m, es satisfactorio.



PLANTA GENERAL



PERFIL LONGITUDINAL

Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río Liri

REPÚBLICA DE PANAMÁ  
GOBIERNO NACIONAL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"  
PROVINCIAS DE: BOCAS DEL TORO, CHIRIQUÍ, COCLE, COLÓN, COMARCA NGABÉ BUGLE, DARIEN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-03-2022

Consorcio Puentes Modulares

NO. REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR

ESCALA:	FECHA:
	16/12/2021

DISEÑO:	DIBUJO:

REVISADO:	ARCHIVO:

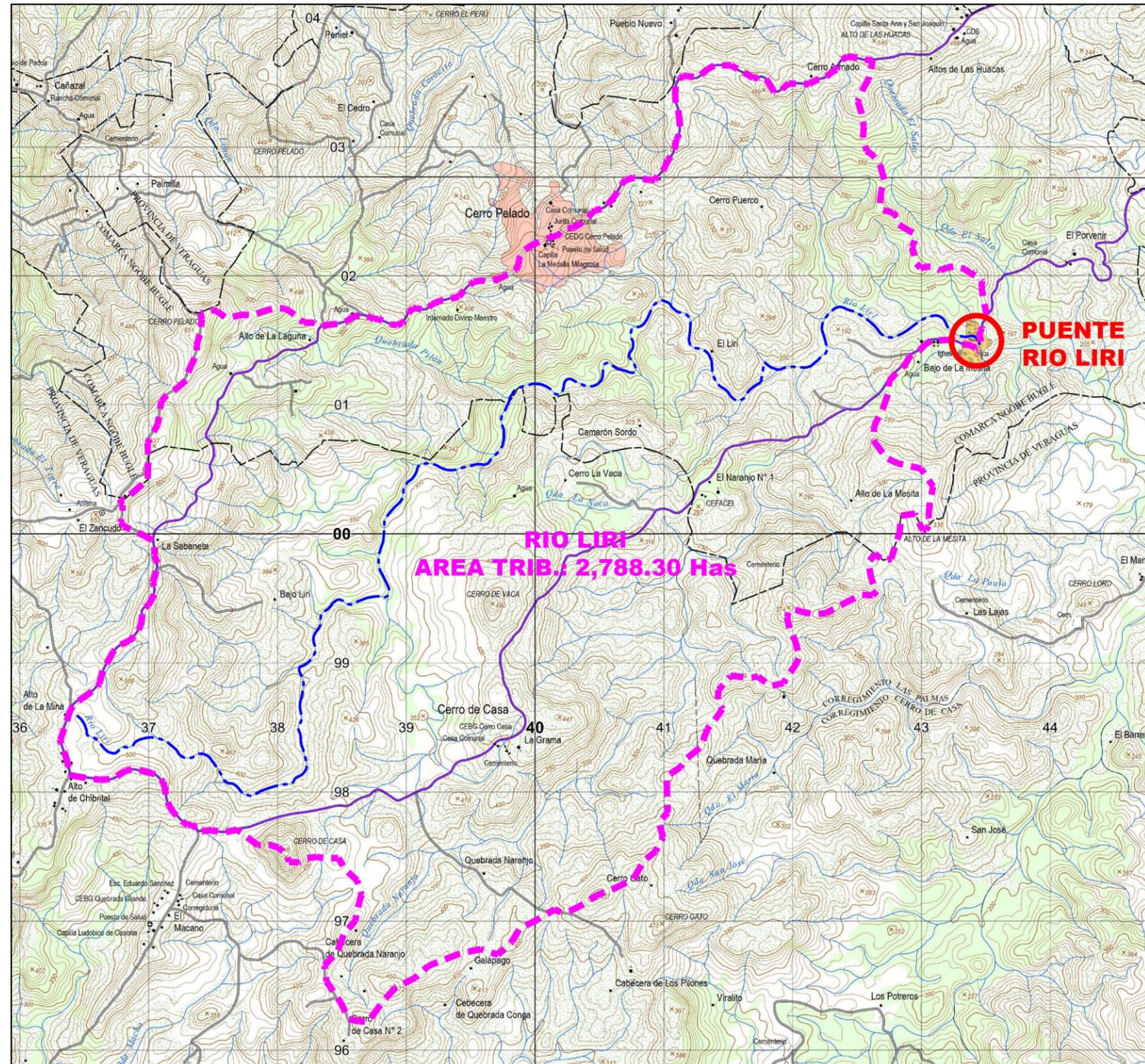
PREPARADO:	APROBADO:

Según Ley 15 de 1994, este plano es propiedad intelectual de Construcción Urbana, S.A. y se prohíbe su reproducción total o parcial así como el uso de su contenido sin previo consentimiento por escrito de su autor.

TÍTULO: **PLANO PERFIL**  
**PUENTE SOBRE RIO LIRI**  
TIPO - 45.72m x 4.20m x DDR1

1 - 0+035.00 @ 0+160.00

IMPRESIÓN: 8/6/2022 10:11 a.m. HOJA: 1 DE 1



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río Liri

### 3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### 3.1 Planificación

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### 3.2 Construcción

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el río Liri, según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, [6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río Liri.](#)

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÄBE BUGLE	Ñürüm	Río Liri	443440	901450	150	45.72	1

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río Liri:</b> Actualmente existe un puente tipo zarzo, el cual cruza en diagonal el río, donde los moradores lo utilizan en la actualidad.</p>	 <p>6/12/2021 2:55 p.m.</p>

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LÍNEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRÍO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el [río Liri](#).

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>
<b>Descripción detallada del equipo</b>
Barredora Autopropulsada
Camión de Agua
Camiones Volquetes
Bus de Transporte Personal 20
Pick up 4x4
Camión Plataforma
Compactadora Rola Piña
Rola Lisa Capa Base
Distribuidora de asfalto
Esparcidora de gravilla
Excavadora 320
Excavadora 312
Motoniveladora 120
Retroexcavadora
Tractor D6
Mula
Cama baja
Compactadora tipo sapo
Compactadora tipo plancha
Plantas generadoras
Bombas centrifugas de 4"

### 3.5 Mano de obra durante la construcción y operación

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD ESTIMADA</b>
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el río Liri, cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

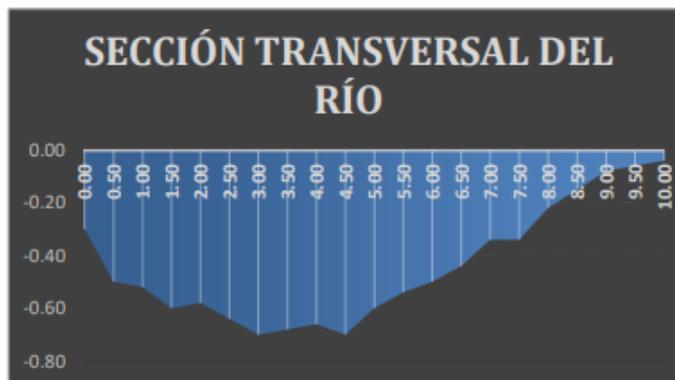
Empresa/Ciente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río Liri
Coordenadas de Localización:	443449.49 m E 901493.80 m N	Elev:	169 MSNM
Fecha de Aforo:	04 DE JULIO DE 2022	Método:	Flotador
Ancho de la sección de aforo:	10 M	Lámina Máx. de Agua:	0.70 M
Lugar:	Cerro Pelado / Ñurún		

Distancia (m)	Profundidad (m)	Dist del flotador lanzado (m)	Cantidad de flotadores lanzados	Tiempo en segundo de recorrido del flotador	Área m <sup>2</sup>	velocidad m/s	factor de corrección	Caudal aforado m <sup>3</sup>
0.00	0.30	10	1	18	4.38	0.43	0.85	1.60
0.50	0.50							
1.00	0.52							
1.50	0.60							
2.00	0.58		1	25				
2.50	0.64							
3.00	0.70							
3.50	0.68		1	27				
4.00	0.66							
4.50	0.70							
5.00	0.60		1	26				
5.50	0.54							
6.00	0.50							
6.50	0.44		1	20				
7.00	0.34							
7.50	0.34							
8.00	0.22							
8.50	0.15							
9.00	0.08							
9.50	0.06							
10.00	0.04							
Promedio	0.44		Promedio	23.20				

Observación: Sin Observaciones

Aforador: Eliecer Castillo Amador

Calculado por: Eliecer Castillo A.



### Registro Fotográfico

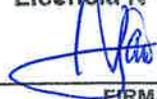


Informe hidrológico e hidráulico. “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Proyecto: “Diseño, suministro, construcción y financiamiento de Puentes Modulares para el progreso”, provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Coclé, Colón, Comarca Ngäbe Bugle, Darién, Herrera, Los Santos, Panamá y Veraguas.

Promotor: Ministerio de Obras Públicas.

Contratista: Consorcio Puentes Modulares.

**JAIMÉ M. GUTIERREZ C.**  
Ingeniero Civil  
Licencia N° 93-006-030  
  
FIRMA  
Ley 15 del 26 de Enero de 1959  
Código Técnico de Regulación Arquitectural



**Puente sobre el Río Gebay**

## **INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

En este documento se presenta el informe correspondiente al Estudio de Hidrología e Hidráulica para la construcción del puente modular sobre el río Gebay, en la Comarca Ngäbe Buglé.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. CARTOGRAFÍA</b> .....	<b>4</b>
1.1 MAPA REGIONAL.....	4
1.2 MAPA DEL ÁREA DE DRENAJE HASTA EL SITIO DE INTERVENCIÓN.....	5
1.3 IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA DE LA OBRA EN CAUCE, O LOS TRABAJOS A REALIZAR ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	6
<b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA</b> .....	<b>7</b>
2.1 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	7
2.1.1 <b>Área de la cuenca del río Gebay hasta el sitio de la obra</b> .....	7
2.1.2 <b>Perímetro de la cuenca (P)</b> .....	7
2.1.3 <b>Longitud de la cuenca (L)</b> .....	7
2.1.4 <i>Factor de forma de Horton</i> .....	8
2.1.5 <i>Pendiente promedio</i> .....	9
2.1.6 <i>Índice de compacidad o de Gravelius</i> .....	9
2.1.7 <i>Orden de la fuente a intervenir</i> .....	11
2.2 HIDROMETRÍA.....	12
2.2.1 <i>Metodologías aplicables para la estimación de caudales</i> .....	13
2.2.2 <i>Cálculo de los caudales generados por la precipitación.</i> .....	18
2.3 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA .....	23
2.3.1 <i>Datos de precipitación.</i> .....	23
2.3.2 <i>Datos de temperatura.</i> .....	25
2.4 <b>ANTECEDENTES DE INUNDACIÓN</b> .....	26
2.5 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CAUCE EN EL SITIO DEL CRUCE .....	26
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA A REALIZAR</b> .....	<b>29</b>
3.1 PLANIFICACIÓN .....	29
3.2 CONSTRUCCIÓN .....	29
3.2.1 <i>Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción</i> .....	30
3.3 OPERACIÓN Y ABANDONO.....	32
3.4 INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR Y EQUIPO A UTILIZAR.....	33
3.5 MANO DE OBRA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	35
<b>4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE</b> .....	<b>37</b>
4.1 POSIBLES IMPACTOS.....	37

4.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN ..... 37

5. CONCLUSIONES..... 38

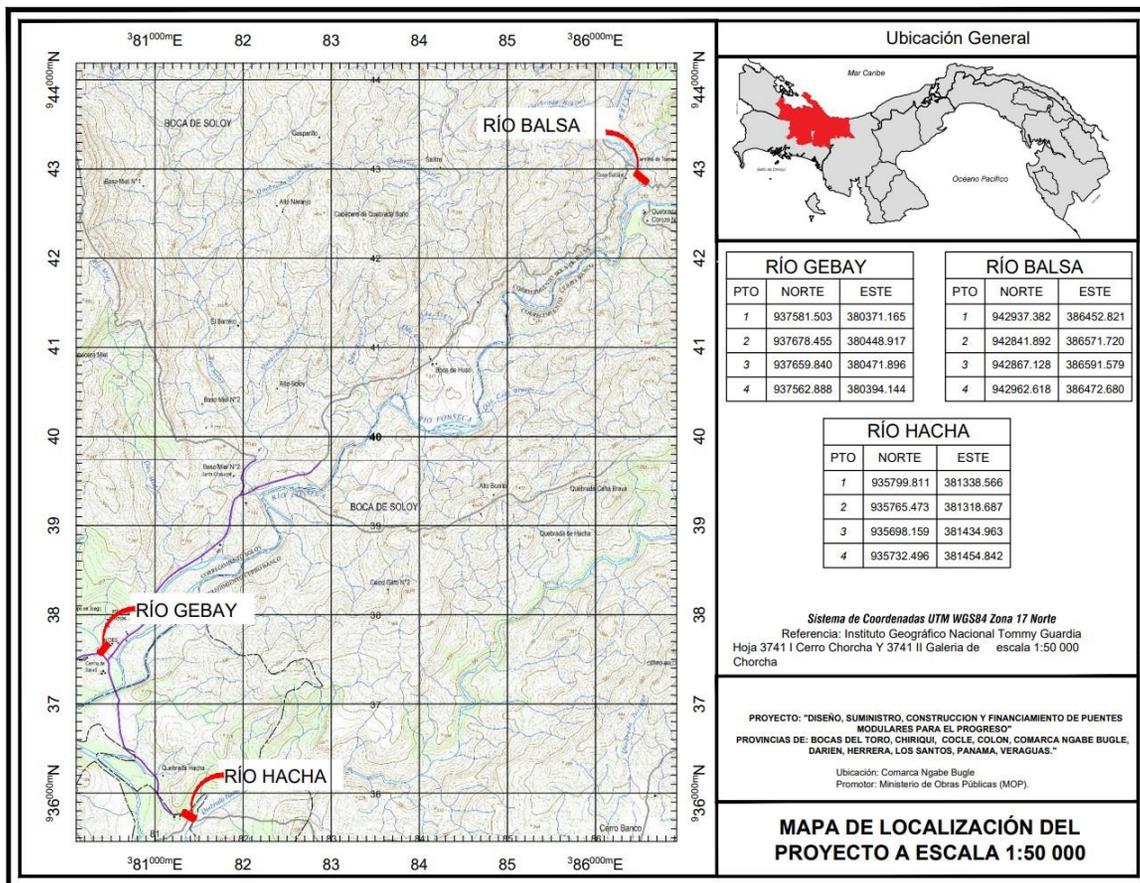
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 39

7. ANEXOS ..... 40

# 1. CARTOGRAFÍA

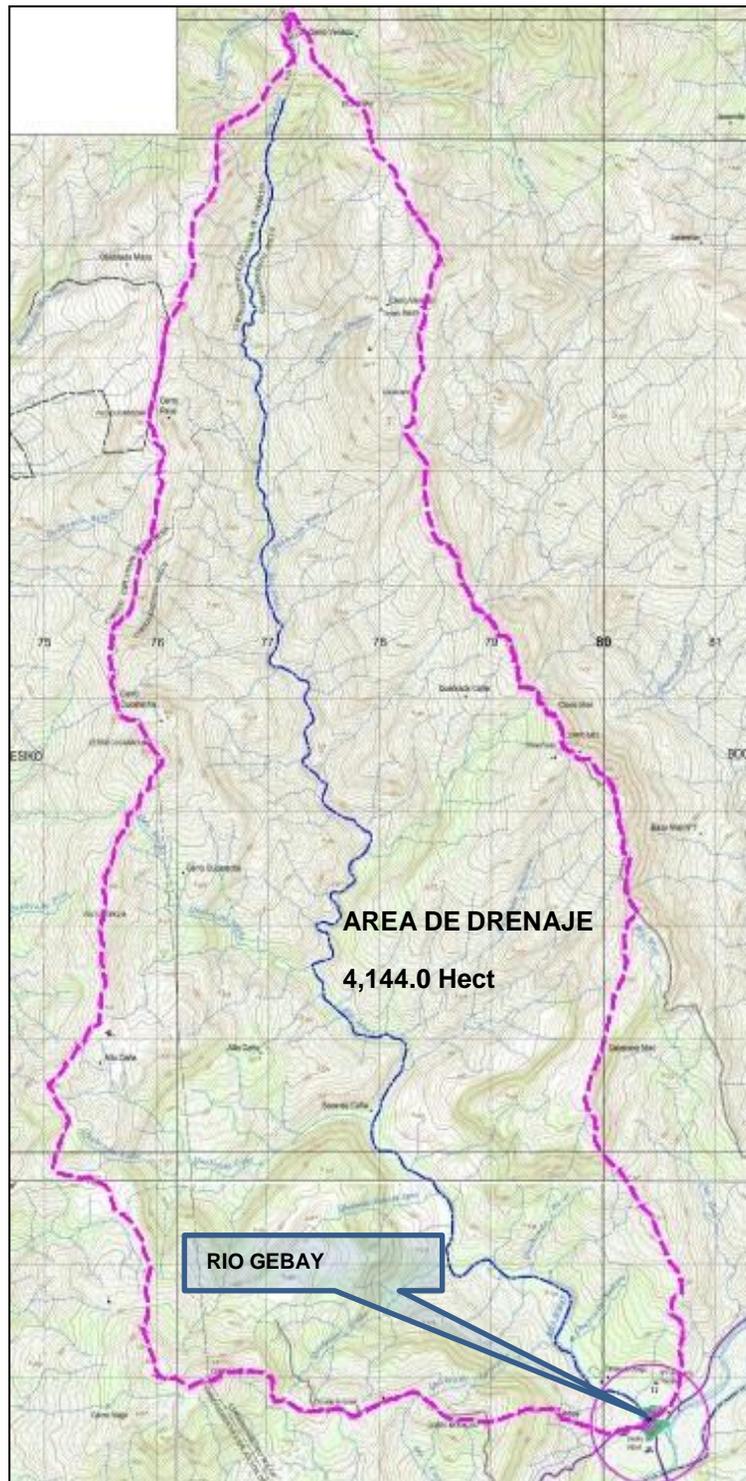
## 1.1 Mapa regional.

La ubicación político-administrativa corresponde al Distrito de Besiko, corregimiento Nedrini, Comarca Ngabe Buglé, República de Panamá.



Localización Regional del Proyecto

1.2 Mapa del área de drenaje hasta el sitio de intervención.



Área de drenaje para el puente sobre el río Gebay

**1.3 Identificar si el proyecto o alguna infraestructura de la obra en cauce, o los trabajos a realizar están dentro de alguna área protegida.**

El puente modular a construir sobre el [río Gebay](#) no se encuentra dentro de ningún área protegida.

## 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

### 2.1 Descripción geomorfológica

El puente sobre el río Gebay, que forma parte del proyecto de “Puentes Modulares para El Progreso” se ubica en la Cuenca #110 – Río Fonseca y entre Río Chiriquí y Río San Juan, localizada en la Comarca Ngabe Buglé.

El área total de drenaje de la cuenca hasta la desembocadura al mar es de 1661 km<sup>2</sup>, y la longitud de su cauce principal, que es el río Fonseca, es de unos 90 kilómetros.

#### 2.1.1 Área de la cuenca del río Gebay hasta el sitio de la obra

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, y se expresa normalmente en hectáreas o en km<sup>2</sup>.

En este aspecto morfométrico se procedió a estimar el área de la cuenca que va desde el sitio en donde se instalará el nuevo puente modular sobre el río Gebay, hasta la naciente de este, ubicada a 1070 m.s.n.m., dando como resultado un área aproximada de 4,144 hectáreas (41.44 Km<sup>2</sup>).

#### 2.1.2 Perímetro de la cuenca (P)

El perímetro es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

Para el desarrollo de este documento se estimó el perímetro de la cuenca y dio como resultado 33.52 km.

#### 2.1.3 Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El valor de la longitud de la cuenca en estudio es de 16.15 km.

### 2.1.4 Factor de forma de Horton

El factor de forma de Horton es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$K_{KK} = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuán cuadrada (alargada) puede ser la cuenca.

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Un valor de  $K_f$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de una cuenca o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

$$K_{KK} = \frac{41.44}{(16.15)^2}$$

$$K_{KK} = 0.159$$

Según la tabla que se presenta a continuación indica que la cuenta tiene una forma estrecha con características de producción de bajo caudales y potencial de crecientes bajo.

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton A= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>) Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

### 2.1.5 Pendiente promedio

Este es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre éstas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La pendiente promedio de una cuenca se determina mediante la siguiente fórmula:

$$J = 100 * \frac{(\sum LLL)(E)}{A}$$

Donde:

$J$  = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

$E$  = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

$A$  = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Así tenemos entonces que la pendiente promedio de la cuenca es

$$J = 100 * \frac{221.11 * 0.05}{41.44}$$

$$J = 26.678\%$$

### 2.1.6 Índice de compacidad o de Gravelius

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.

Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

El índice de compacidad o de Gravelius se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

$P$  = Perímetro de la cuenca, en km

$A$  = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Según el índice de compacidad, las cuencas se clasifican en las siguientes clases:

Clase de forma	Índice de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca
<b>Clase I</b>	1.0 - 1.25	Casi redonda a oval-redonda
<b>Clase II</b>	1.26 - 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
<b>Clase III</b>	1.51 – más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Para la cuenca en estudio, el índice de compacidad o de Gravelius da como resultado lo siguiente:

$$Kc = 0.28 * \frac{33.52}{\sqrt{41.44}}$$

$$Kc = 1.457$$

Por lo tanto, la cuenca entra dentro de la Clase II.

### 2.1.7 Orden de la fuente a intervenir

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca.

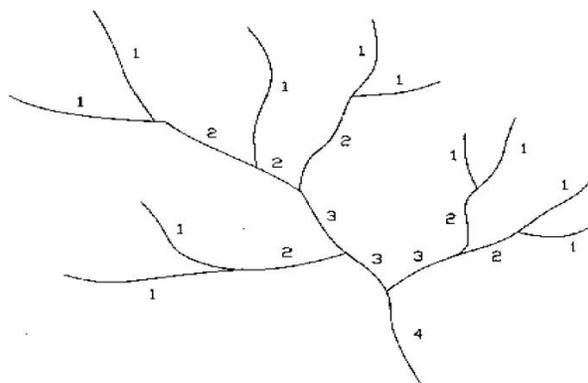
Existen varios métodos para realizar tal clasificación, siendo el método de Horton uno de los más utilizados.

Este método se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos.

De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ .

Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Para este estudio se realizó la clasificación del orden de la cuenca a intervenir resultando en una cuenca de Orden 4.

## 2.2 Hidrometría

Para el sitio de estudio, ETESA no cuenta con registros de estaciones hidrológica en el área.

Por esta razón, según la normativa del Ministerio de Ambiente, lo indicado sería realizar aforos esporádicos en temporada seca y en temporada lluviosa en el sitio preciso de la obra en cauce.

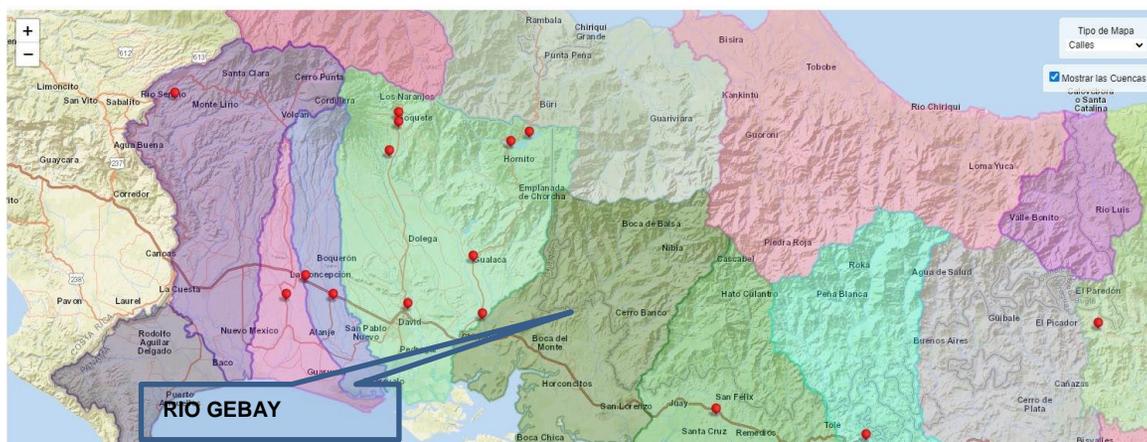
Sin embargo, por motivos de que la orden de proceder del presente proyecto se dio en el pasado mes de junio de 2022, y dado que la etapa de estudios y diseños (dentro de la que se incluye el Estudio de Impacto Ambiental) tiene por contrato una duración de únicamente 150 días calendario a partir de la orden de proceder, solamente se puede realizar el aforo correspondiente a la época lluviosa.

Estos aforos se incluyen en la sección de Anexos de este informe hidrológico.

El caudal es el volumen de agua que pasa a través de la sección transversal de un río en la unidad de tiempo. El caudal medio diario es el volumen de agua que pasa a través de una sección transversal del río durante el día, dividido por el número de segundos del día, mientras que el caudal medio mensual es la media aritmética de los caudales medios diarios del mes.



## DATOS HIDROLÓGICOS HISTÓRICOS



Ubicación y datos históricos de caudales de la Estación Río Gebay (128-02-01). Fuente: ETESA.

## 2.2.1 Metodologías aplicables para la estimación de caudales

### 2.2.1.1 Método Racional

Es el método recomendado por el **Manual de Aprobación de Planos**, documento preparado por el **Ministerio de Obras Públicas de Panamá**, el cual define parámetros y recomendaciones para el diseño de drenajes pluviales en la República de Panamá.

Este método es uno de los más utilizados en el diseño de drenajes e hidrología urbanos y de carreteras, y aunque se recomienda su uso para áreas de drenaje relativamente pequeñas (hasta de unas 250 - 300 hectáreas), nos ofrece una aceptable aproximación de los caudales esperados para lluvias de diferentes periodos de retorno. Este método, además del área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía, considera la intensidad máxima de precipitación.

El Método Racional se basa en el concepto de que el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial proveniente de un terreno es directamente proporcional a la

intensidad máxima de la lluvia de una tormenta con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje.

De acuerdo a este método, el caudal máximo generado por una lluvia correspondiente a un determinado período de retorno está dado por la siguiente relación:

$$Q = CLA/360$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo posible a producirse, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

L = Intensidad de la lluvia de diseño, en mm/h.

A = Área de la cuenca, en hectáreas.

Con este método los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente; otras características como la pendiente del cauce, el tipo de vegetación y suelo son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de esorrentía.

El coeficiente de esorrentía es la relación entre la precipitación que escurre por la superficie del terreno y la precipitación total, y varía de acuerdo al uso y tipo de suelo.

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda en llegar al punto en evaluación, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Es decir, es el tiempo que se requiere, a partir del inicio de un evento de precipitación, para que toda el área de drenaje esté aportando esorrentía hasta el punto de control donde se quiere estimar el caudal.

El tiempo de concentración  $t_c$ , relacionado con la intensidad media de la precipitación, se podrá deducir utilizando las siguientes fórmulas:

$$t_c(1) = \{0.8886 \times L^3 / H\}^{0.385} \times 60 \text{ (Práctica de caminos de California)}$$

$t_c(2) = 1.64523K^{0.77}$ ;  $K = 0.00328(L^{1.5}/H^{0.5})$  (Manual de Estudios Hidrológicos del PHCA -Proyecto Hidrológico Centroamericano, 1972).

En donde

$t_c$  = Tiempo de concentración, en minutos

L = Longitud recorrida, en metros

H = caída o diferencia de elevación, en metros

Conforme a las buenas prácticas de la ingeniería, y a las recomendaciones de la normativa aplicable, no se considera en ningún caso un tiempo de concentración menor a los 5 minutos.

#### ***2.2.1.2 Análisis de Crecidas Máximas de ETESA***

Este informe describe los datos generales de las cuencas y estaciones hidrométricas en el análisis regional de crecidas. Su aplicación es mayormente para ríos con cuencas considerables (generalmente superiores a las 1,000 hectáreas).

Los pasos básicos utilizados para realizar el análisis regional de crecidas máximas se listan a continuación:

- Recopilar las crecidas máximas: datos de estaciones activas y suspendidas operadas por ETESA; y de estaciones operadas por la Autoridad del Canal de Panamá.
- Realizar análisis de consistencia: comparación de niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río; verificación de crecidas máximas históricas registrados en el país con la envolvente de crecidas máximas para Centroamérica.
- Revisar las curvas de descarga y ajustarlas, de ser necesario.

- Extender y rellenar la información de caudales máximos instantáneos: mediante el análisis del comportamiento y la tendencia persistente de los niveles y caudales registrados en estaciones hidrológicas ubicadas en el mismo río.
- Homologar el periodo de análisis.
- Determinar la ecuación que relaciona la crecida promedio anual con el área de la cuenca.
- Elaborar la curva de frecuencia adimensional que relaciona el caudal máximo instantáneo anual con el promedio del registro, en función de las probabilidades.
- Delimitar las regiones hidrológicamente homogéneas.
- Elaborar el mapa que muestra las distintas regiones hidrológicas.

#### 2.2.1.2.1 Determinación de las ecuaciones que definen la relación entre la crecida media anual y el área del drenaje de la cuenca.

Para establecer los límites de las regiones con igual comportamiento de crecidas, se tomó en consideración el área de drenaje que, de acuerdo a las investigaciones, está relacionada con el indicador de crecidas, y puede utilizarse como una base confiable para la estimación de la magnitud de las crecidas en cuencas no aforadas. Para esto, se relacionó el área de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas durante el periodo 1972- 2007, en las 58 estaciones hidrológicas limnigráficas convencionales, operadas por ETESA (53 son estaciones limnigráficas activas y 5 son limnigráficas suspendidas con buena información); y las 6 estaciones limnigráficas activas con registro largo manejadas por la Autoridad del Canal de Panamá.

Estas relaciones permiten estimar la crecida promedio anual de las cuencas no controladas a partir de su área de drenaje en Km<sup>2</sup> y de su ubicación en el país. De acuerdo a la teoría de los valores extremos, la media de todas las crecidas deberá tener su valor correspondiente a aquel de un acontecimiento de 2.33 años de periodo de retorno.

2.2.1.2.2 Factores para diferentes periodos de retorno en años

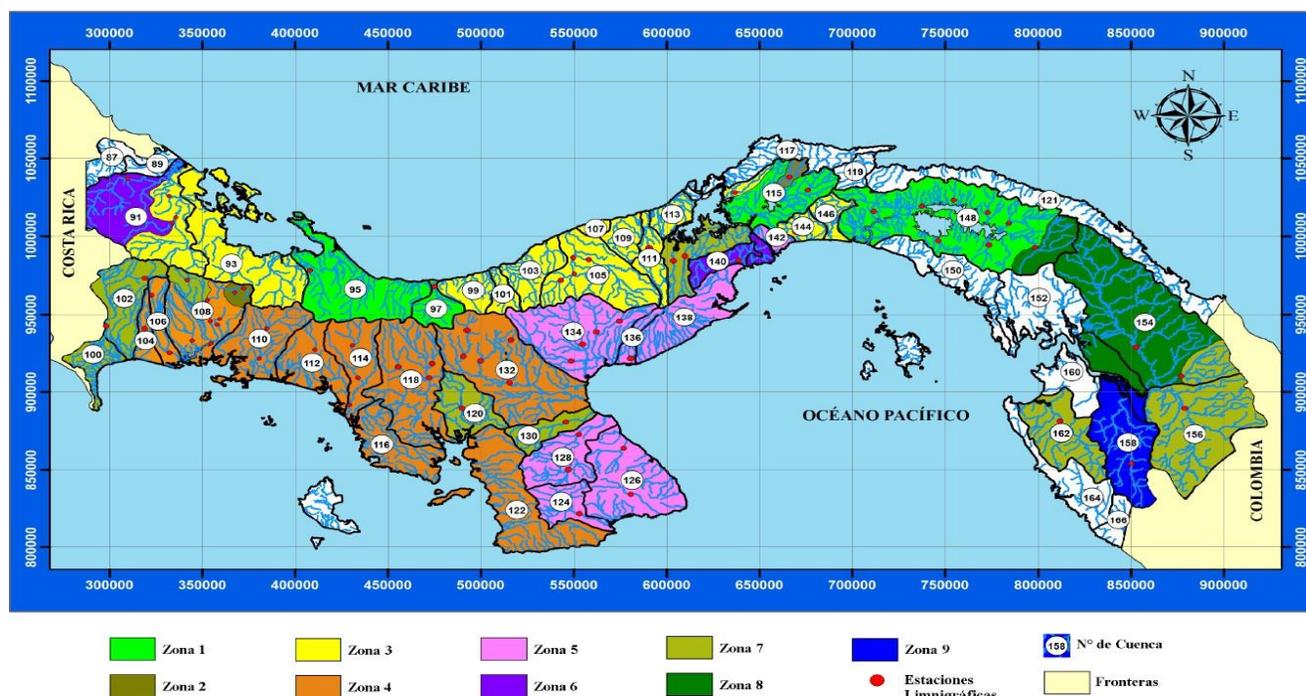
<i>Factores <math>Q_{m\acute{a}x.}/Q_{prom.m\acute{a}x}</math> para distintos <math>Tr</math>.</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	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

2.2.1.2.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas.

<b>Zona</b>	<b>Número de ecuación</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Distribución de frecuencia</b>
1	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{m\acute{a}x} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

Regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



Mapa de Regiones Hidrológicamente Homogéneas

## 2.2.2 Cálculo de los caudales generados por la precipitación.

### 2.2.2.1 Parámetros de diseño.

Los parámetros que debe considerar el Profesional que diseñe el sistema pluvial, los establece el Ministerio de Obras Públicas en su publicación (**Manual de Aprobación de Planos del MOP**). Dichos parámetros se basan en estudios del comportamiento de las precipitaciones en la ciudad de Panamá y en conceptos básicos de Hidrología.

#### 2.2.2.1.1 Coeficiente de escorrentía:

Este coeficiente es adimensional, y se refiere a la relación que hay entre el volumen de agua que escurre en la superficie con respecto a la precipitación total.

Para la definición de coeficientes de escorrentía se toman en cuenta varios parámetros que varían según las características del terreno tales como la cobertura del suelo, pendiente media de los terrenos, la impermeabilidad, la infiltración, la evaporación y la rugosidad del terreno o área drenada, su forma y la previsión de los probables desarrollos futuros.

$$C = \frac{a'}{a}$$

Donde,

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

a' = Agua que escurre

a = Agua llovida

A continuación, se presenta una tabla con valores de coeficientes de escurrimiento ampliamente utilizados en los cálculos, y aceptados según la literatura disponible.

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escurrimiento
Césped	0.05-0.35
Bosque	0.05-0.25
Tierras Cultivadas	0.08-0.41
Prados	0.1-0.5
Parques y cementerios	0.1-0.25
Áreas de pastizales	0.12-0.62
Zonas Residenciales	0.3-0.75
Zonas de Negocios	0.5-0.95
Zonas Industriales	0.5-0.9
Calles de Asfalto	0.7-0.95
Calles de Ladrillos	0.7-0.85
Techos	0.75-0.95
Calles de Concreto	0.7-0.95

Coeficientes de escurrimientos Método Racional

#### 2.2.2.1.2 Intensidad de lluvia

Para proyectar un sistema de drenaje pluvial se requiere disponer de levantamientos preliminares, planos topográficos y datos sobre el sub-suelo.

Independientemente de si se trata de un levantamiento especial del terreno o del empleo de mosaicos topográficos, es importante determinar con bastante precisión el área de drenaje que servirá para el desarrollo del diseño.

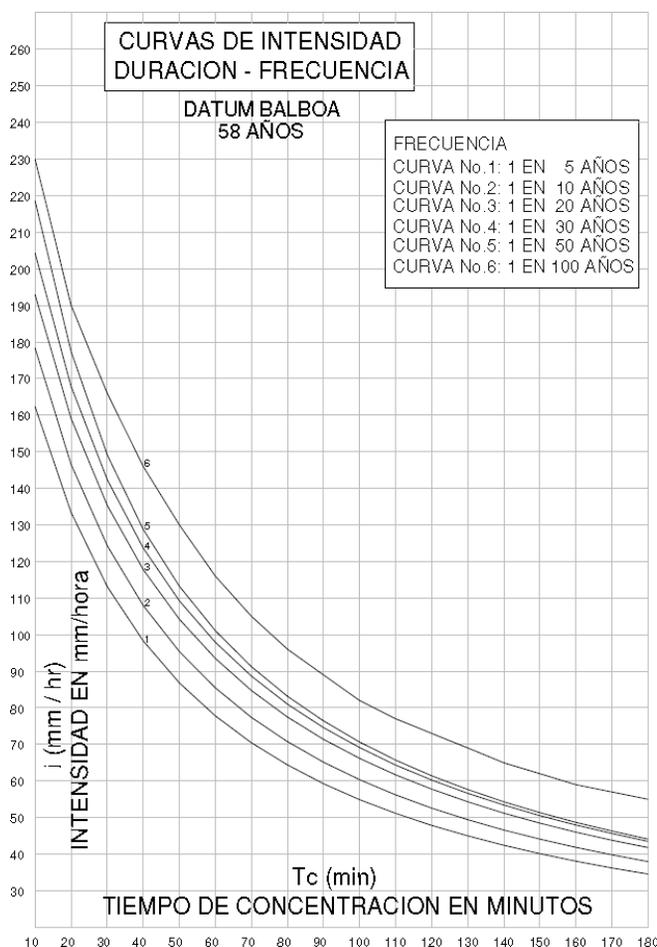
Para los diseños pluviales es necesario una determinación de la escorrentía superficial en las diferentes áreas de drenajes que abarcan el sistema.

Se debe diseñar para el área tributaria total que afecta el sistema, según lo muestre la topografía del terreno.

La intensidad de lluvia en general no permanece constante durante un período considerable de tiempo, en otras palabras, es variable.

Las intensidades de lluvia que deben adoptarse para la ciudad de Panamá y que vienen siendo utilizadas por el MOP en sus diseños, se encuentran en las fórmulas contenidas en el estudio de Drenaje de la Ciudad de Panamá, elaborado en el año 1972.

Estas fórmulas fueron obtenidas de datos estadísticos sobre precipitaciones pluviales en un periodo de 57 años. Dichos datos fueron obtenidos en las Estaciones Meteorológicas de Balboa Heights y Balboa Docks, adyacentes a la Ciudad de Panamá y en la Estación Pluviométrica de la Universidad de Panamá.



*Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia. MOP.*

De la recopilación de datos de precipitación pluvial en los lugares antes mencionados, se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia, para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

El Ministerio de Obras Públicas de Panamá recomienda el uso de estas fórmulas de intensidad de lluvia para la vertiente del Pacífico del país.

Para obtener las Intensidades de Lluvia en la Vertiente del Atlántico, el MOP recomienda utilizar las fórmulas presentadas en el Estudio de Consultoría “Diseño del Sistema Pluvial de la Ciudad de Colón”, elaborado para el Ministerio de Obras Públicas en 1981. La Empresa Consultora, para su estudio, obtuvo información de la Estación Meteorológica de Cristóbal, adyacente a la Ciudad de Colón. Esta información consistió de observaciones de precipitaciones por un periodo de 23 años: de 1957 a 1979.

De la recopilación de datos de precipitación pluvial se obtuvieron curvas de Intensidad-Duración y Frecuencia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 30 y 50 años.

#### 2.2.2.1.3 Duración

El tiempo de duración de las precipitaciones será aquel que transcurra desde la iniciación de la lluvia hasta que toda el área esté contribuyendo.

#### 2.2.2.1.4 Frecuencia

La frecuencia de las precipitaciones es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características.

La frecuencia es un factor determinante en la capacidad de redes de alcantarillado pluvial en su relación con la prevención de inundaciones por los riesgos y daños a la propiedad, daños personales y al tráfico vehicular. La elección de los periodos de retorno de una precipitación está en función a las características de protección e importancia del área en estudio.

Para nuestro análisis, por tratarse de puentes, verificaremos los resultados para un periodo de recurrencia de **1:100 años**.

#### 2.2.2.1.5 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración no es más que el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la distancia desde el punto más alejado de la corriente de agua de una cuenca hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: las pendientes, longitudes, elevaciones medias y el área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca. [German Monsalve, 1999: p.180].

Para la estimación del tiempo de concentración se dispone de diferentes metodologías y formulaciones disponibles en la literatura.

Para el caso de áreas pequeñas sin un cauce definido y donde predomina el flujo laminar sobre laderas (sheet flow) es posible utilizar la fórmula de onda cinemática (Bedient et.al., 2008), la cual permite estimar el tiempo de concentración en función de la longitud media

del flujo ( $L$ ), la pendiente media del área de drenaje ( $S$ ), el coeficiente de rugosidad de Manning ( $n$ ) y la intensidad de la lluvia de diseño ( $i$ ).

$$T_c = \frac{6.9 n * L^{0.6}}{i^{0.4} \sqrt{S}}$$

Otra fórmula utilizada para calcular el tiempo de concentración fue la desarrollada por el Federal Aviation Administration (FAA). Esta fórmula fue desarrollada por información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el cuerpo de Ingeniero de los Estados Unidos. El método tiene como finalidad el ser utilizado en problemas de drenaje de aeropuerto, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas y sub-urbanas.

$$T_c = 0.7035(1.1 - C)L^{0.5}S^{-0.33}(mLn)$$

Donde;

$C$  = Coeficiente de escorrentía del Método Racional (Adimensional)

$L$  = Longitud de flujo superficial (en metros)

$S$  = Pendiente de la superficie (m/m).

La buena práctica de la ingeniería sugiere utilizar un tiempo de concentración mínimo de 5 minutos en aquellas cuencas cuyo tiempo de concentración fuese menor que dicho valor límite y que no presenten áreas mayormente pavimentadas.

## 2.3 Descripción climática de la cuenca

### 2.3.1 Datos de precipitación.

Las estaciones con registros de precipitación consideradas en este informe presentan las coordenadas geográficas, elevación, años de registro y fecha de instalación. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA y se utilizó para conocer el comportamiento climático del área de estudio.

Los registros históricos disponibles en la mayoría de las estaciones son de registros heterogéneos con escasa información actualizada.

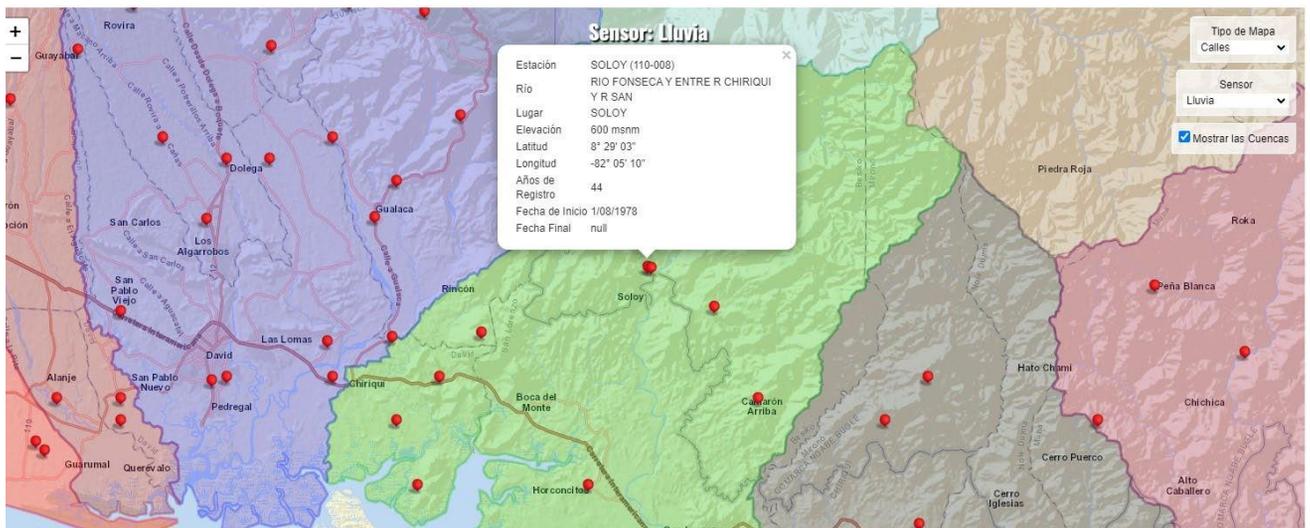
Dentro de la cuenca en estudio, las estaciones meteorológicas más próximas al sitio de construcción del puente, que cuentan con registros de lluvias, son la Estación Soloy (110-008).

A continuación, se presentan los registros históricos de lluvias en estas estaciones.

### 2.3.1.1 Estación Soloy (110-008)



### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS





**Información de Contacto:**  
 Dirección: Plaza Sun Tower, Ave. Ricardo J. Alfaro, El Dorado, Tercer Piso  
 Teléfono: (507) 501-3800  
 Fax: (507) 501-3506  
 Email: hidromet@etesa.com.pa

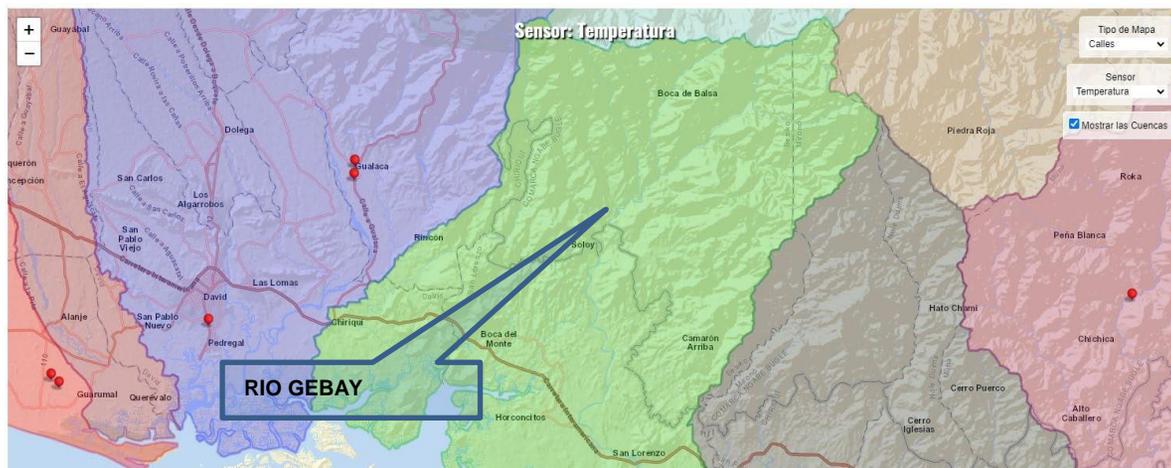
ETESA  
 Centro Nacional de Despacho  
 Centro Nacional de Huracanes

### 2.3.2 Datos de temperatura.

Dentro de la cuenca en estudio, no hay estación meteorológica próxima al sitio de construcción del puente, que cuenta con registros de temperatura. La información de estas estaciones es suministrada por ETESA.

Quiénes Somos ▾ Tiempo ▾ Cambio Climático ▾ Clima ▾ Hidrología ▾ Red Hidrometeorológica ▾ Documentos Contáctenos

#### DATOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS



A continuación, se presentan los registros históricos de temperatura en esta estación.

## 2.4 Antecedentes de inundación

En la actualidad no se cuenta con antecedentes de inundación en el sitio destinado para la construcción del puente modular.

## 2.5 Capacidad hidráulica del cauce en el sitio del cruce

Como se indicó previamente en este informe, el área de la cuenca del río Gebay hasta el sitio del cruce es de 4,144.0 hectáreas.

Por tal razón, la determinación del caudal de diseño se realiza mediante la aplicación del método de análisis regional de crecidas máximas (ETESA).

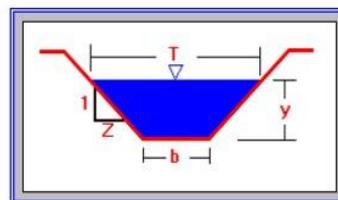
A continuación se presentan los resultados de la aplicación de este método.



### CALCULO HIDRAULICO

PUENTE SOBRE RIO JEBAY  
PROYECTO: PUENTES MODULARES  
COMARCA NGABE BUGLE

Fecha: 10 de enero de 2022  
Cal por: Ing. Franklin Achú  
Rev por: Ing. Franklin Achú



para AD < 250 racional (50anos) para AD > 250, analisis Regional de Crecidas max.(100anos)

#### DATOS DE LA CUENCA :

• AREA DE DRENAJE .....	AD=	4,144.00 Ha	41.44 km <sup>2</sup>
• Factor para zona 4 con Tr= 100 AÑOS .....	F =	2.33	P.RETORNO: 100 AÑOS
• CAUDAL MAX. PROMEDIO .....	Q <sub>max</sub> = 25*A <sup>0.59</sup> =	225.02 m <sup>3</sup> /seg	
• CAUDAL REQUERIDO (100 anos).....	Q <sub>R</sub> =	<b>524.29 m<sup>3</sup>/seg</b>	

#### SECCION PROPUESTA - PUENTE PROYECTADO :

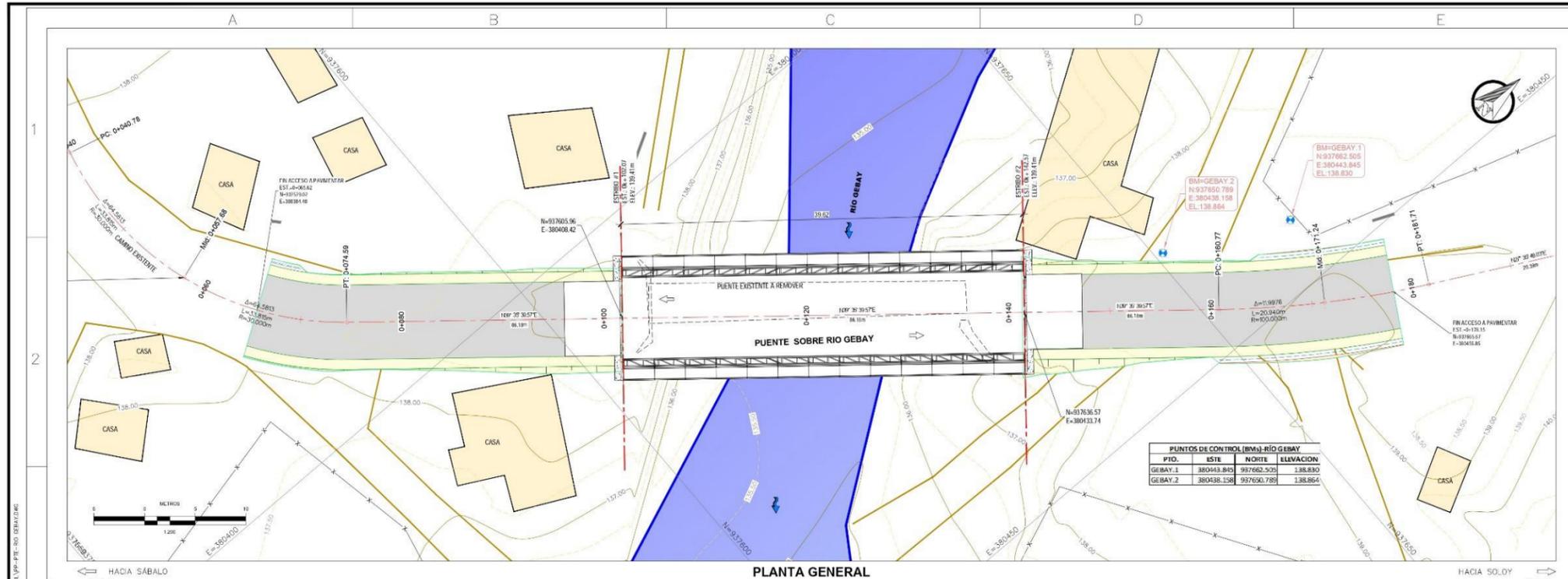
• PROYECCION Z .....	Z=	1.50 mts	<b>NAME= 137.26</b>
• PROYECCION X .....	X=	3.56 mts	
• BASE DEL CANAL .....	b=	<b>27.73 mts</b>	
• PROFUNDIDAD .....	y=	<b>2.37 mts</b>	
• ESPEJO .....	T=	34.84 mts	
• RUGOSIDAD .....	n=	0.030 suelo natural y zamp concreto	
• PERIMETRO MOJADO .....	P <sub>m</sub> =	36.28 m	
• RADIO HIDRAULICO .....	R <sub>h</sub> =	2.0440 m	
• SECCION HIDRAULICA .....	SH=	74.15 m <sup>2</sup>	
• PENDIENTE .....	s=	0.0175 m/m	
• CAPACIDAD DE DISEÑO .....	Q <sub>R</sub> =	<b>526.58 m<sup>3</sup>/seg</b>	

USAR LUZ DE = **39.62**

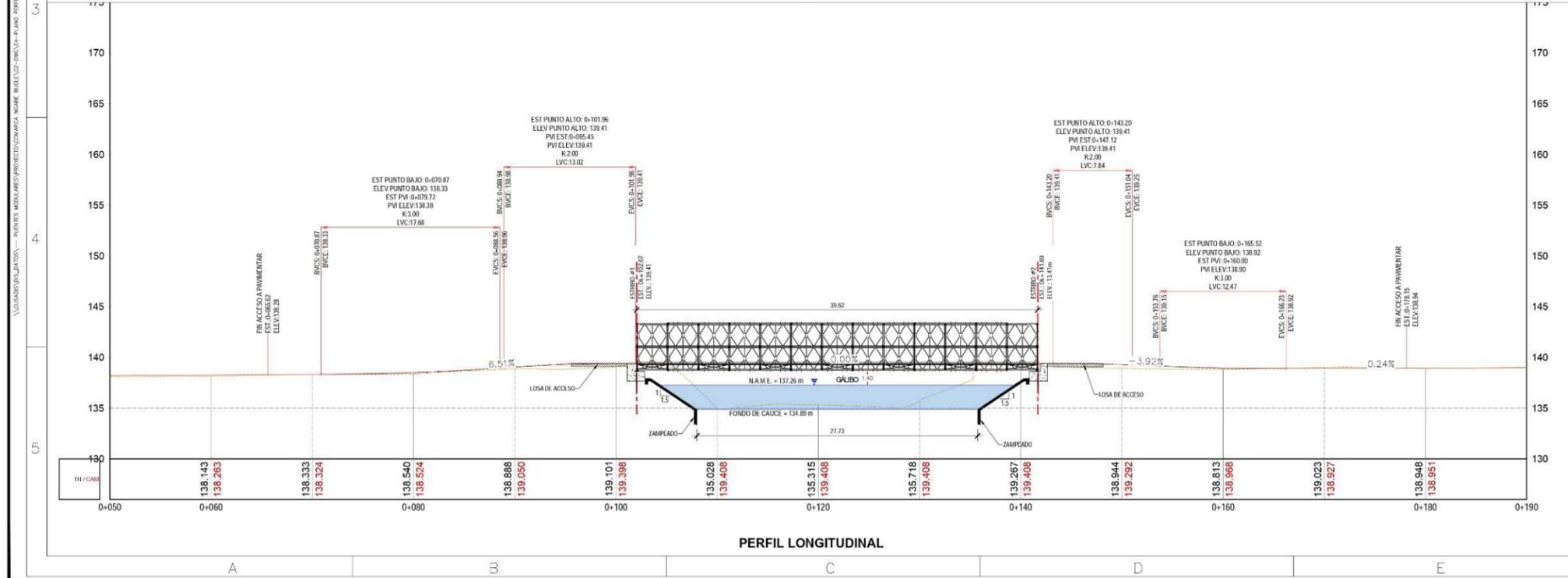
#### CONCLUSION:

LA CAPACIDAD DE LA SECCION PROPUESTA ES MAYOR QUE EL CAUDAL REQUERIDO y CUMPLE.  
LA ELEVACION DEL NAME ES 137.26 A UNA ALTURA DEL FONDO DE 2.37  
LA ELEVACION DEL FONDO DE CAUCE ES 134.89

De lo anterior se desprende que el puente a instalar, con una longitud de 39.62 m, es satisfactorio.



PLANTA GENERAL



PERFIL LONGITUDINAL

Plano Perfil del puente a instalar sobre el Río Gebay

REPÚBLICA DE PANAMÁ  
GOBIERNO NACIONAL

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

"DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCION Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO"  
PROVINCIA DE: BOCAS DEL TORO, CHIRQUI, COCLE, COLÓN, COMARCA NGABE BUGLE, DARIEN, HERRERA, LOS SANTOS, PANAMA, VERAGUAS.

CONTRATO N° UAL-1-89-2002

R8-04

Consorcio Puentes Modulares

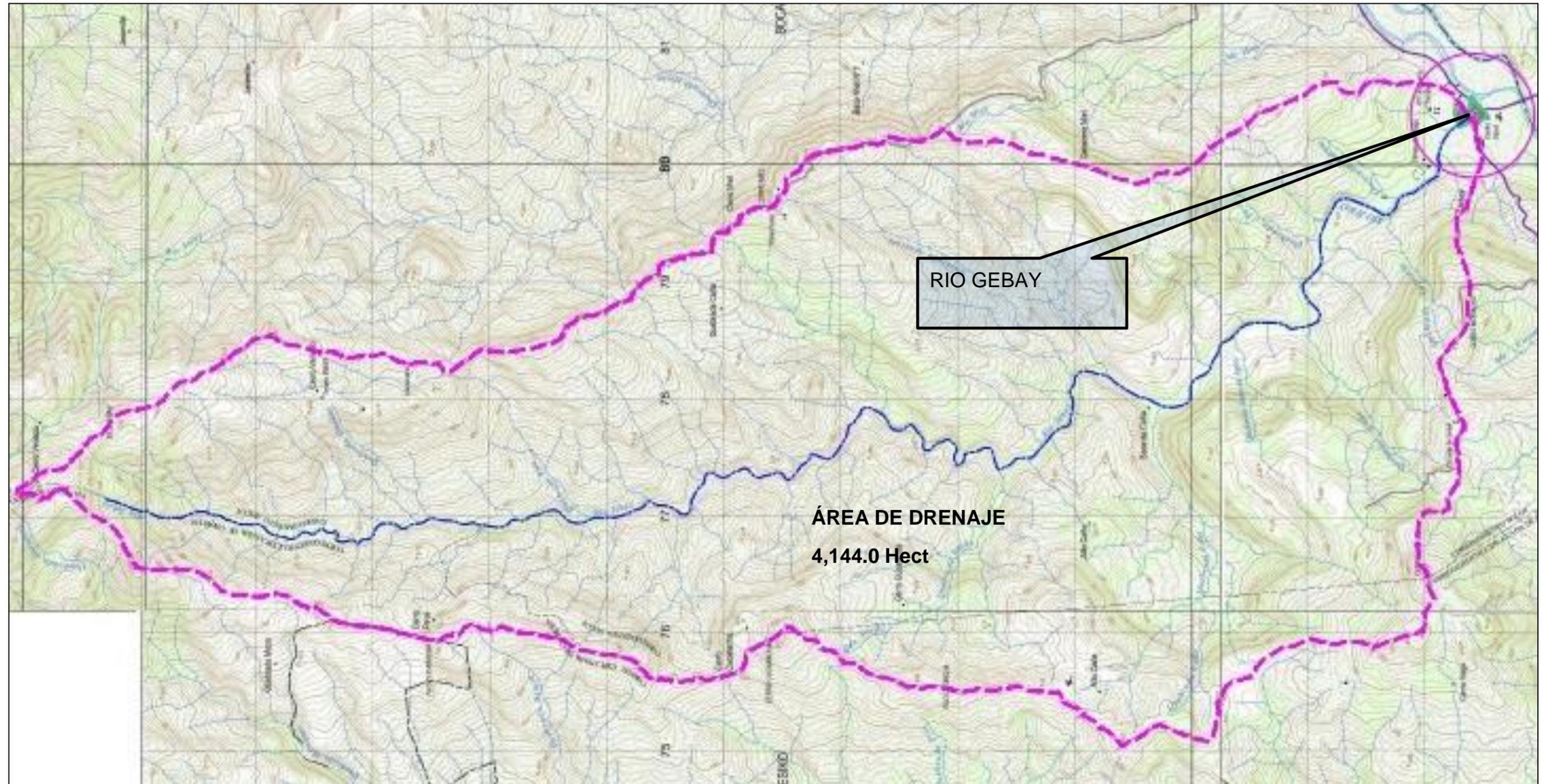
NO. REV.	DESCRIPCION	FECHA

ESCALA:	FECHA:
DISEÑO:	15/12/2021
REVISADO:	ACRUBIO
PREPARADO:	W. P. R. B. O. G. B. A. S. I. M. S.
APROBADO:	APROBADO:

Según Ley 23 de 1994, este plano no constituye un acto administrativo de la Contraloría General de la República, S.A. y no produce efectos jurídicos ni garantiza el cumplimiento de las obligaciones contractuales, sino que es un documento de carácter técnico.

TÍTULO: PLANO PERFIL  
**PUENTE SOBRE RIO GEBAY**  
TIPO - 39.62m x 7.20m x DDR2

IMPRESION: 16/02/2022 2:52 p. m. HOJA: # DE: 2



Área tributaria para el puente a instalar sobre el Río Gebay

### 3. DESCRIPCION DE LA OBRA A REALIZAR

La ejecución del proyecto denominado DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO está enmarcado dentro de las siguientes etapas:

- Planificación
- Construcción
- Operación y abandono

Estas actividades principales están asociadas a otras sub-actividades que se subdividen en múltiples acciones que dependerán del avance y desarrollo de la obra.

#### 3.1 Planificación

Durante el desarrollo de esta fase, se realizó trabajo de consulta entre las partes interesadas referente a la planificación de toda la obra, que fue realizada de manera global. En base a las reuniones de planificación inicial se estudiaron los detalles constructivos de las fases subsiguientes tomando en cuenta las consideraciones de tipo técnico-ambiental y socio-económicas aplicables al proyecto.

#### 3.2 Construcción

La etapa de construcción comprende el desarrollo del proceso constructivo de la obra, según la información suministrada por el Contratista.

La duración estimada del proyecto se llevará a cabo según se muestra continuación.

Etapa de construcción	Días (calendarios)	Observación
Etapa de estudios y diseños	150 días calendarios	Contados a partir de la fecha de la orden de proceder. Este periodo incluye la confección y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental
Etapa de construcción	570 días calendarios	Contados a partir de la culminación del periodo establecido para los estudios y diseños.
<b>Total</b>	<b>720 días calendarios</b>	Desde la fecha de la orden de proceder, hasta la culminación de la etapa de construcción

La construcción del puente sobre el [río Gebay](#), según al programa de trabajo, debe llevarse a cabo dentro del periodo establecido en el cuadro anterior.

Esta fase del proyecto debe desarrollarse de forma ordenada y sistemática, ya que existen una serie de actividades que por sus características tiene la posibilidad de generar impactos ambientales negativos no significativos, los cuales deben ser mitigados de forma inmediata por medio del desarrollo del Plan de Manejo Ambiental que se elaborará en el presente estudio, con el fin de evitar imprevistos que puedan alterar el desarrollo de la obra, su programa de ejecución o las condiciones actuales del ambiente natural y social, cercano a los sitios de la construcción de cada puente.

### 3.2.1 Alcance general del contrato dentro de la etapa de construcción

**Estudios y diseños:** Comprende las actividades necesarias para elaborar el diseño definitivo para la construcción del puente nuevo, atendiendo a las longitudes mínimas expresadas en el pliego de cargos, suministrando todos los planos, especificaciones técnicas necesarias, a los que el Contratante otorgará su aprobación. El Diseño Final de Ingeniería se ceñirá a las instrucciones definidas en los Términos de Referencia del Diseño y deberá ajustarse al cumplimiento de los parámetros de diseño establecidos. El Diseño Final de Ingeniería deberá considerar el contenido en las Especificaciones para la Construcción, que comprende toda la información referencial para la definición de los elementos a construir.

Los trabajos a realizar consisten principalmente en estudios topográficos, estudios ambientales, estudios de suelos, estudios geotécnicos, estudios de estabilidad de taludes, estudios hidrológicos e hidráulicos, diseños geotécnicos, estudios de socavación, geométricos, hidráulicos y estructurales para los puentes modulares a ser instalados.

**Construcción e Instalación:** Los puentes brindarán comunicación entre distintas comunidades, por ende, la construcción abarca todas las obras definidas en el diseño elaborado por el Contratista a fin de ajustarse a los parámetros de diseño descritos en las Especificaciones correspondientes. Estas obras serán de exclusiva responsabilidad del Contratista. Bajo el concepto de Construcción también se deberá considerar incluidas las obligaciones del Contratista de mantener los desvíos necesarios, almacenajes adecuados de los puentes y señalamiento temporal del tránsito durante las obras.

Los trabajos a realizar dentro de la instalación consisten principalmente en el almacenaje y distribución de los puentes y accesorios a sitios de emplazamientos de puentes, construcción de estribos, accesos del puente incluyendo el drenaje superficial y subterráneo de requerirse, la instalación del puente modular, además de la inclusión de otras actividades como: limpieza y desarraigue, reubicación de utilidades públicas (donde sea necesaria), adquisición de servidumbre (donde sea necesaria), adecuación de vía hasta sitio de emplazamiento de puentes (donde se requiera), remoción de árboles y vegetación (donde sea necesaria), excavación no clasificada de corte y relleno, excavación para puentes, relleno para fundaciones cunetas pavimentadas en "V", pilotes de acero o de hormigón (donde se requiera), hormigón reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 210kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo grado 60 y 40, área de zampeado de hormigón armado, material selecto o sub-base, material selecto para entradas, capa base, riego de imprimación, primer sello, segundo sello, barreras de viguetas de láminas corrugadas de acero, pavimento de hormigón de cemento Portland de 280kg/cm<sup>2</sup> para losas de accesos, señales verticales (preventivas, restrictivas, informativas), franjas reflectantes continuas blancas y amarillas, conformación de calzada.

Dentro de la etapa de construcción el contratista construirá un total de 50 puentes modulares a lo largo del todo el país, siendo todos del mismo tipo y especificaciones. De estos puentes, [6 serán instalados en la Comarca Ngabe Buglé, entre ellos el del río Gebay.](#)

A continuación, se detalla la ubicación, longitud y número de vías del puente en cuestión.

Provincia	Distrito/ Corregimiento	Río / Qda.	Coordenadas UTM		Longitud del puente		Cant. de vías
			Este	Norte	Pies	Metros	
COMARCA NGÁBE BUGLE	Besiko/Nedrini	Río Gebay	380430	937600	130	39.62	2

En la foto a continuación, se muestra el estado actual del sitio donde se construirá el puente.

Descripción del Río o Quebrada	Foto del sitio
<p><b>Río Gebay</b>, Actualmente existe un zarzo que utilizan los transeúntes.</p> <p>El rio en época lluviosa es caudaloso.</p>	 <p>3/12/2021 10:29 a. m. 8.48110829N 82.08611453W Soloy Besiko Ngábe-Buglé</p>

### 3.3 Operación y abandono

Una vez concluida la etapa de construcción, y el MOP haya dado su visto bueno, se deshabilitarán los desvíos construidos y se pondrán en uso los puentes.

En general durante el abandono de la obra, la empresa Contratista deberá realizar las adecuaciones necesarias, estipuladas en el contrato o acuerdo de uso de áreas públicas o privadas tal cual sea el caso; además del cumplimiento de la Normativa Ambiental para que el proyecto tenga un correcto funcionamiento durante su uso.

### 3.4 Infraestructura a desarrollar y equipo a utilizar

Según lo especificado en el pliego de cargo del proyecto de DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO, los puentes a desarrollar deben cumplir con las siguientes normativas de construcción vigentes y aplicables a la obra:

- Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción y Rehabilitación de Carreteras y Puentes, Segunda Edición Revisada de 2002.
- Manual de Procedimientos para Tramitar Permisos y Normas para la Ejecución de Trabajos en las Servidumbres Públicas de la República de Panamá.
- Manual de Control del Tránsito durante la Ejecución de Trabajos de Construcción y Mantenimiento en Calles y Carreteras, 1ª Edición M.O.P., septiembre 2009.
- Manual de Especificaciones Ambientales del Ministerio de Obras Públicas de agosto 2002.

Según se indica en el pliego de cargos, los vacíos que se presenten en materia de especificaciones para diseño y/o construcción y en el Manual de Seguridad Vial, se resolverán aplicando lo dispuesto en manuales de amplia aceptación en la República de Panamá, de entidades, como las siguientes:

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO)
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)
- AMERICAN WELDING SOCIETY, INC. (AWS)
- CONCRETE REINFORCEMENT STEEL INSTITUTE (CRSI)

A continuación, se detalla la infraestructura a desarrollar en la obra.

En este cuadro se detalla el desglose de actividades que comprende el desarrollo del proyecto DISEÑO, SUMINISTRO Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO  
DE PUENTES MODULARES

Nº	DETALLE
	<b>PRELIMINARES</b>
	Desvíos y pasos temporales
	<b>LIMPIEZA Y DESRAIGUE O DESMONTE</b>
2a	Limpieza y desraigue
	<b>EXCAVACION</b>
5N.a	Excavación no clasificada (corte)
5N.a	Relleno
	<b>EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS</b>
8a	Excavación para Estructuras
	<b>CANALES O CUNETAS PAVIMENTADAS</b>
9g	Cunetas Pavimentadas (B=0.30m)
	<b>MATERIAL SELECTO</b>
21a	Material selecto o subbase
	<b>BASE DE AGREGADOS PETREOS</b>
22a	Capa base
	<b>RIEGO DE IMPRIMACIÓN</b>
23a	Riego de imprimación
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO</b>
25a	Primer sello
25b	Segundo sello
	<b>BARRERAS DE PROTECCIÓN O REGUARDO</b>
29b	Barrera de viguetas de láminas corrugadas de acero TL-4
	<b>SEÑALAMIENTO PARA EL CONTROL DEL TRANSITO</b>
32b	Señales verticales
	<b>LINEAS Y MARCAS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO (PINTURA EN FRIO Y PINTURA TERMOPLÁSTICA)</b>
33Ta	Franjas reflectantes continuas blancas
33Tb	Franjas reflectantes continuas amarillas
	<b>PASOS ELEVADOS PEATONALES, CAJONES Y PUENTES</b>
45	<b>SECCIÓN C - PUENTES</b>
	Hormigón reforzado para estribo (Fundación y estribo)
	Armado de puente modular
	Zampeado
	Losa de acceso
	<b>ADQUISICIÓN DE SERVIDUMBRE</b>
	Tramite de adquisición de servidumbre de terrenos

En el cuadro a continuación se presenta el listado de equipos que se considera utilizar para la instalación del puente sobre el [río Gebay](#).

<b>CUADRO DE EQUIPOS DEL PROYECTO DISEÑO, SUMINISTRO, CONSTRUCCIÓN Y FINANCIAMIENTO DE PUENTES MODULARES PARA EL PROGRESO - COMARCA NGABE BUGLÉ</b>	
<b>Descripción detallada del equipo</b>	
Barredora Autopropulsada	
Camión de Agua	
Camiones Volquetes	
Bus de Transporte Personal 20	
Pick up 4x4	
Camión Plataforma	
Compactadora Rola Piña	
Rola Lisa Capa Base	
Distribuidora de asfalto	
Esparcidora de gravilla	
Excavadora 320	
Excavadora 312	
Motoniveladora 120	
Retroexcavadora	
Tractor D6	
Mula	
Cama baja	
Compactadora tipo sapo	
Compactadora tipo plancha	
Plantas generadoras	
Bombas centrifugas de 4"	

### **3.5 Mano de obra durante la construcción y operación**

La contratación de mano de obra para el desarrollo de este proyecto en sus diferentes fases es indispensable (personal temporal y permanente, especializada y no especializada).

El cuadro resumen del personal que se espera contratar durante la etapa de construcción se muestra a continuación:

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD ESTIMADA</b>
Gerente de Proyectos	1
Ingeniero de Proyectos	1
Topógrafos	1
Especialista Ambiental.	1
Oficial de Seguridad	1
Superintendente	1
Capataz	1
Jefe de cuadrilla	1
Operador de primera	1
Operador de segunda	1
Ayudantes	7
Principiante	1
Carpintero /Albañil	4
Reforzadores	1
Cadenero	1
Chofer de vehículo liviano	1
Chofer de camión pesado	1

Puestos que se generen como parte de la necesidad de mano de obra Indirecta para la dirección y supervisión del proyecto se contratarán para trabajar por región, y no uno por cada puente.

Así pues, esto aplicaría para puestos como: Gerencia del proyecto, la cual será una para todo el proyecto; Ingeniero de Proyecto, Agrimensura, ambiente, seguridad, superintendente y capataces los cuales serán uno por cada región de trabajo.

## 4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION Y/O USUARIOS AGUAS ABAJO O COLINDANTES CON RELACION A LA OBRA EN CAUCE

### 4.1 Posibles impactos:

- Disminución de la calidad del aire y afectación a los trabajadores y población en general por la generación de polvo y humo por el uso de maquinarias y equipos.
- Afectación a la salud de los trabajadores y molestias a los habitantes cercanos al proyecto por la intensidad y duración del ruido, producido por el uso de maquinarias y equipos, y por las vibraciones que ellos generan.
- Pérdida de la calidad del suelo, aire o fuentes hídricas por la generación de desechos domésticos tanto líquidos como sólidos, ocasionada por los trabajadores del proyecto y por las actividades constructivas del proyecto.
- Pérdida de suelo productivo al contaminarse por derrame de hidrocarburos.

### 4.2 Medidas de prevención y mitigación:

- Realizar mantenimiento periódico de los equipos y maquinarias
- Realizar el riego de agua constante para disminuir el levantamiento de partículas de polvo.
- Limitar el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido permisible, y dar cumplimiento al uso de equipo de protección auditiva.
- Evitar el uso de equipos en horario fuera de 7:00 am a 6:00 pm (Especificaciones Ambientales del MOP, agosto 2002)
- Manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos generados durante la fase de construcción
- Uso y manejo adecuado de combustibles y aceites.

## 5. CONCLUSIONES

La capacidad hidráulica de la sección del cauce bajo el sitio determinado para ubicación del puente sobre el [río Gebay](#), cumple con los requerimientos actuales del Ministerio de Obras Públicas para un periodo de recurrencia de lluvias de 1:100 años. Así mismo, la longitud considerada para el puente a instalar es adecuada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de Aprobaciones de planos del MOP.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. 1988. Applied Hydrology. Mcgraw-Hill.
- ETESA. Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. 2008.
- Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA, capítulo 3, Alcantarillado Pluvial.

## 7. ANEXOS

Empresa/Cliente:	CUSA	Fuente Hídrica:	Río Gebay
Coordenadas de Localización:	380409 m E 937616 m N	Elev.: 29 MSNM	
Fecha de Aforo:	04 DE JULIO DE 2022	Molinete Tipo:	Price
Ancho de la sección de aforo:	22.00 M	Lámina Máx. de Agua:	0.98M
Lugar:	Soloy/ Besiko		

Distancia (m)	Velocidad (m/s)					Profundidad (m)		Área m2	Caudal m3/s	
	1	2	3	4	Prom.	Lámina	Obs.			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.02			
1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.845	0.25	0.10	0.25	0.21	
2	0.51	0.51	0.51	0.51	0.509	0.38	0.15	0.38	0.19	
3	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.60	0.24	0.60	0.20	
4	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.80	0.32	0.80	0.41	
	0.51	0.51	0.51	0.51			0.64			
5	0.43	0.43	0.43	0.43	0.64	0.90	0.36	0.90	0.57	
	0.85	0.85	0.85	0.85			0.72			
6	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.86	0.34	0.86	0.58	
	0.68	0.68	0.68	0.68			0.69			
7	0.85	0.85	0.85	0.85	0.76	0.80	0.32	0.80	0.61	
	0.68	0.68	0.68	0.68			0.64			
8	0.43	0.43	0.43	0.43	0.72	0.90	0.36	0.90	0.65	
	1.01	1.01	1.01	1.01			0.72			
9	0.68	0.68	0.68	0.68	0.76	0.98	0.39	0.98	0.75	
	0.85	0.85	0.85	0.85			0.78			
10	0.51	0.51	0.51	0.51	0.68	0.85	0.34	0.85	0.58	
	0.85	0.85	0.85	0.85			0.68			
11	0.80	0.80	0.80	0.80	0.82	0.86	0.34	0.86	0.71	
	0.85	0.85	0.85	0.85			0.69			
12	0.51	0.51	0.51	0.51	0.68	0.85	0.34	0.85	0.58	
	0.85	0.85	0.85	0.85			0.68			
13	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.65	0.26	0.65	0.44	
14	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.64	0.26	4.80	3.25	
15	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.60	0.24	0.90	0.61	
16	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.40	0.16	0.60	0.31	
17	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.45	0.18	0.68	0.17	
18	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.48	0.19	0.72	0.31	
19	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.15	0.57	0.19	
20	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.22	0.09	0.33	0.08	
21	0.85	0.85	0.85	0.85	0.845	0.18	0.07	0.27	0.23	
22	0.85	0.85	0.85	0.85	0.845	0.15	0.06		0.00	
	<b>Promedio:</b>					0.611	0.58	<b>Área Total:</b>	18.55	11.33
										m3/s
										11334
										L/s

Observación: Sin observaciones

Aforador: Eliecer Castillo Amador

Calculado por: Eliecer Castillo Amador



Registro Fotográfico

