

Ing. Adán Antonio Cogley Canto  
C.I.P. 9-715-349 / Idoneidad 2008-006-034  
Santiago de Veraguas- Panamá  
Tel. (507) 6286-9809

## **INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO HIDROLÓGICO Y ANÁLISIS DE SECCIONES HIDRÁULICAS**

Nombre del Cliente: AZUCARERA NACIONAL S.A.

Proyecto: **EXTRACCIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS**

Ubicación del proyecto: Corregimiento de Peña Chata, Distrito de Ocú, Provincia de Herrera

Descripción del trabajo: Análisis de la subcuenca de Río Salobre

Alcance del diseño:  
Análisis de la topografía proporcionada por el cliente  
Acoplar la topografía proporcionada a los mapas del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”  
Delimitar el área de la Subcuenca del área en estudio  
Obtener los caudales máximos instantáneos para un periodo de retorno  $T_r = 100$  años.

Método utilizado: **Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006 (ETESA)**

Informe elaborado: Ing. Adán Cogley ced. 9-715-349  
idoneidad 2008-006-034

Fecha de entrega del informe: Marzo 2025

## 1. Introducción

El presente informe hidrológico y de secciones hidráulicas ha sido desarrollado para el cliente **AZUCARERA NACIONAL S.A.**, para el Proyecto **EXTRACCIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS**, el mismo contempla como objetivo principal definir los caudales de la subcuenca que circularán cerca del proyecto, y determinar los caudales máximos de diseño requeridos.

## 2. Localización del área de estudio

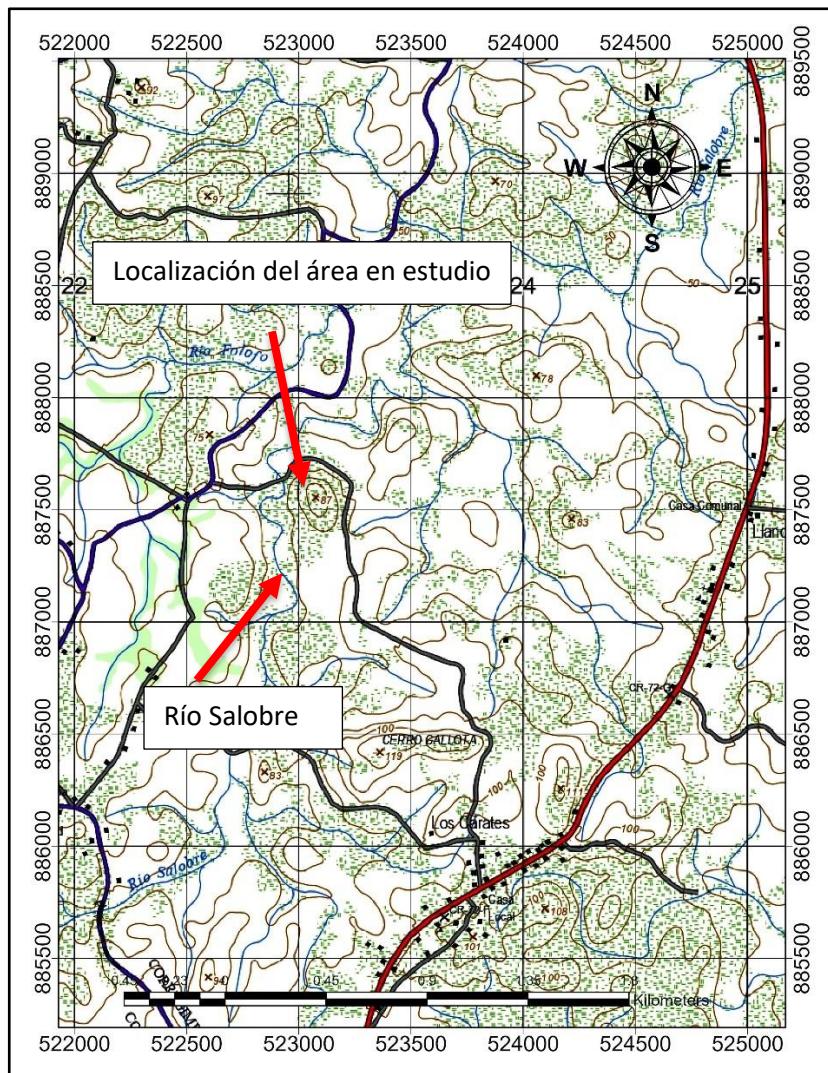


Figura 1. Localización del punto de estudio ubicado en el Proyecto **EXTRACCIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS**, Corregimiento de Peña Chata, Distrito de Ocú, Provincia de Herrera. Coordenadas UTM Zona 17P 523035.88 E, 887694.56 N.

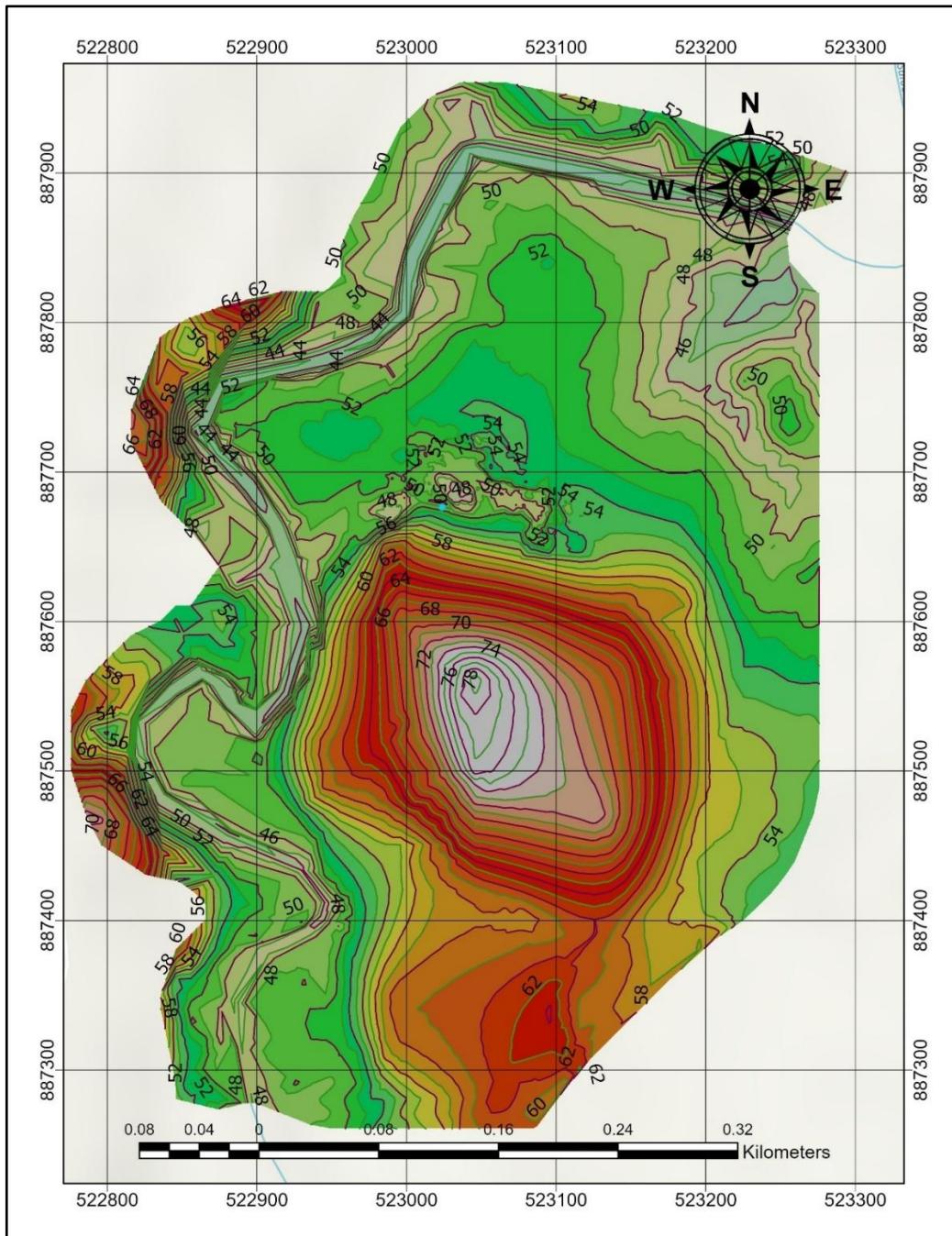
Fuente: (Hoja CHUPAMPA 4040\_III\_SE)

<https://sigintg.anati.gob.pa/portal/apps/webappviewer/index.html?id=96c46429e3c349b9b4a987096e1e1a5c>

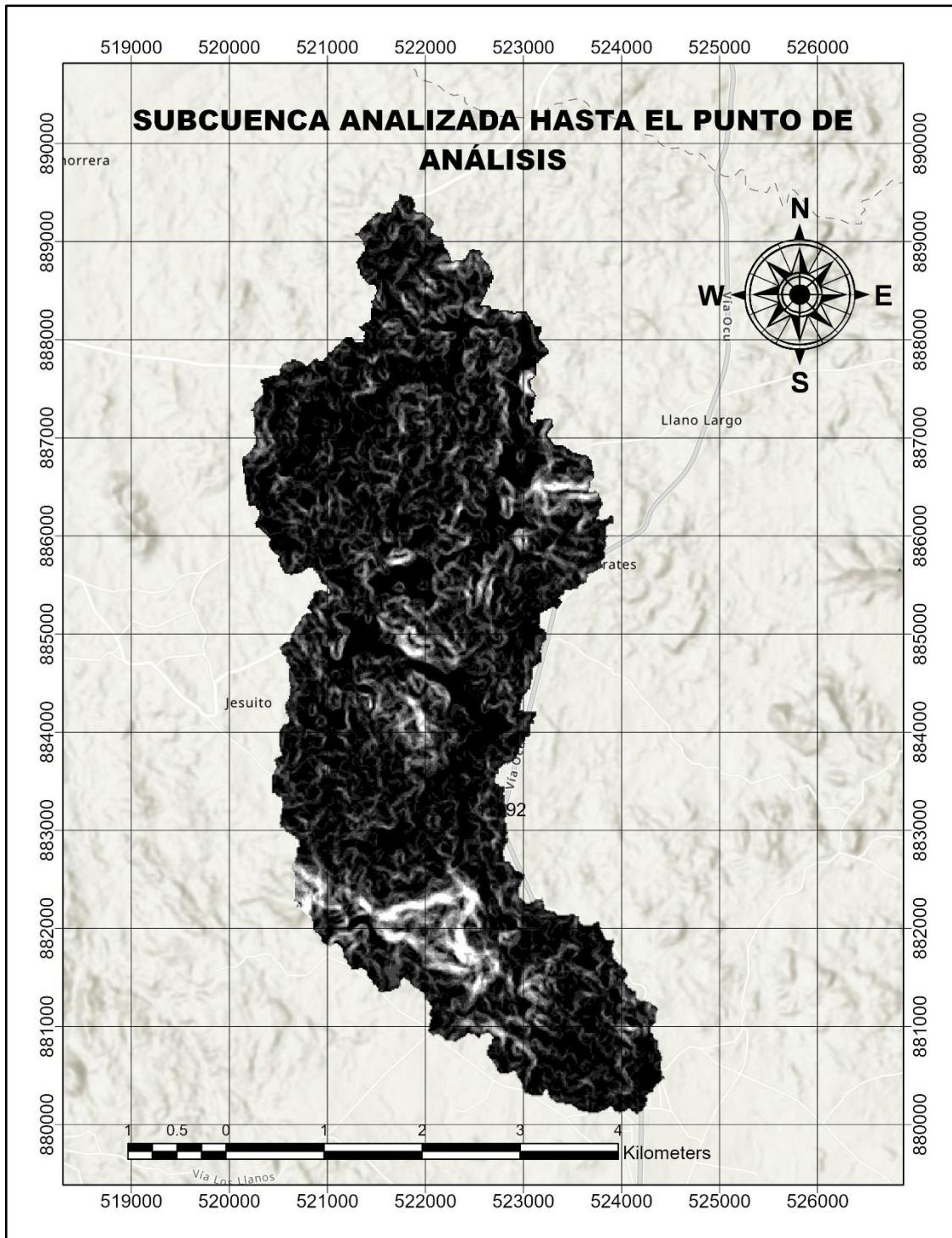
### 3. Generalidades: información primaria y secundaria

#### 3.1 Información primaria

Para el Análisis con el HECRAS de las secciones transversales se utilizó el levantamiento topográfico: Modelo de elevación digital (tamaño de celda de 0.1).



Para el Análisis del tamaño de la subcuenca se utilizo el modelo de elevación digital con tamaño de celda de 12.5.

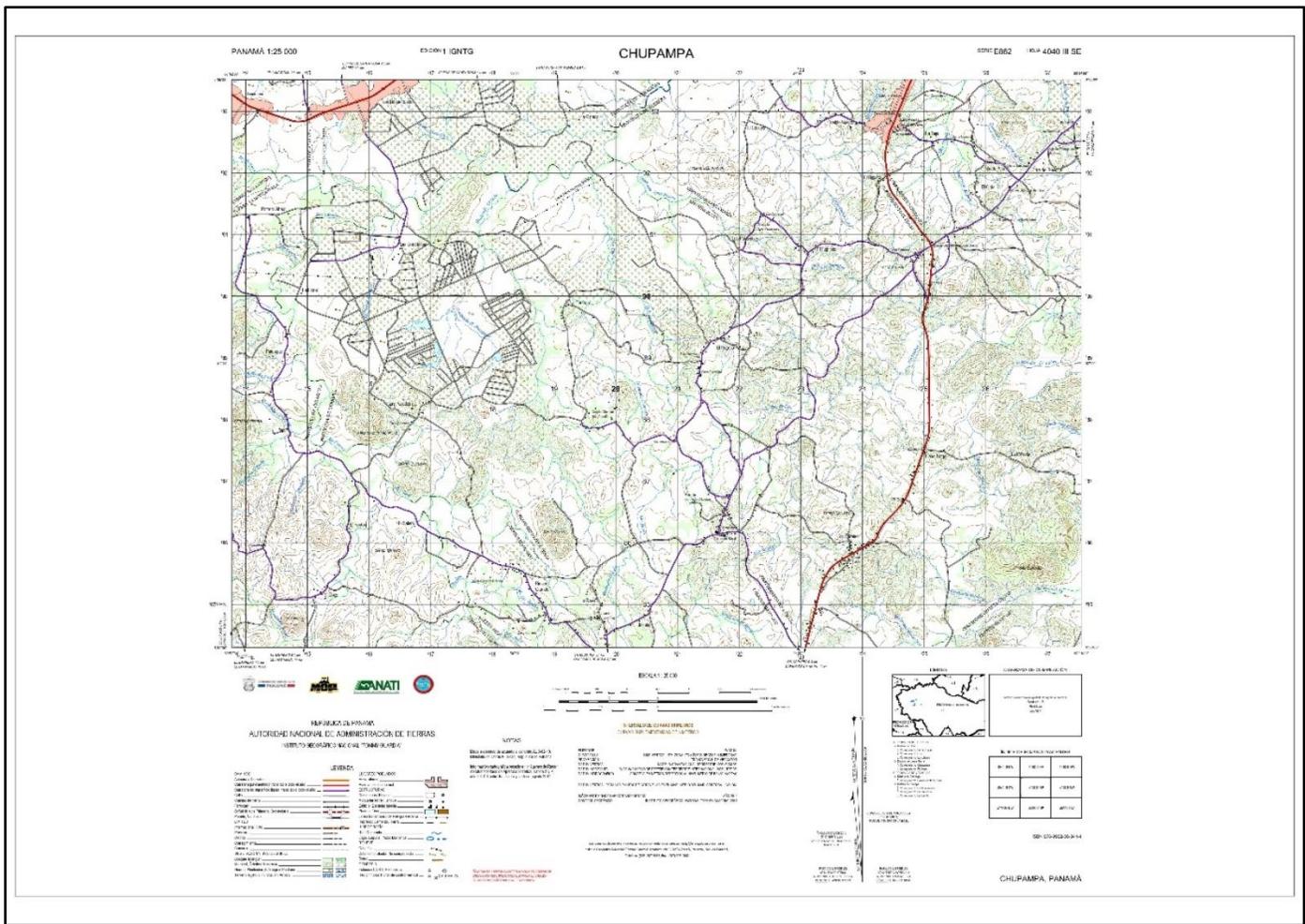


### 3.2 Información secundaria

3.2.1 Características de la zona del estudio hidrográfico: obtenidas de los mosaicos cartográficos de la edición 1 IGNTG a escala 1: 25000 de la Serie E862 preparado por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia.

Tabla 1. Hojas Cartográficas IGNTG a escala 1:25000

Nombre	Hoja	Provincia
CHUPAMPA	Hoja 4040_III_SE	HERRERA



Fuente:  
<https://sigigntg.anati.gob.pa/portal/apps/webappviewer/index.html?id=96c46429e3c349b9b4a987096e1e1a5c>

#### **4. Información General de las cuencas y subcuenca influyentes al proyecto.**

El Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA, 1967-1972) acordó unificar criterios para el trazado y numeración de las cuencas hidrográficas principales en todos los países del istmo centroamericano (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) y se desarrolló con la finalidad de asignar una nomenclatura a las estaciones hidrometeorológicas y así facilitar el procesamiento e intercambio de información.

Este proyecto se desarrolló bajo la coordinación del Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH) y con el auspicio de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

**La subcuenca analizada que es parte del Río Salobre es un tributario dentro de la Cuenca del Río Santa María.**

##### **a. Cuencas de la República de Panamá (Tabla 2).**

Se acordó a nivel internacional que a las cuencas de la vertiente de Atlántico se le asignarían números impares comenzando con la cuenca N°1 en Guatemala, hasta la 121 en Panamá, y las de la vertiente del Pacífico, números pares desde la 2 a la 164. Como resultado del proyecto, el territorio continental e insular de la República de Panamá, con un área de 75,524 km<sup>2</sup>, se ha dividido en 52 cuencas hidrográficas.

De las 52 cuencas hidrográficas de la República de Panamá, 18 corresponden a la vertiente del mar Caribe representando 30% del territorio nacional y ocupando números impares comenzando desde la 87 hasta la 121; las otras 34 cuencas hidrográficas pertenecen a la vertiente del océano Pacífico representando el 70% restante del territorio nacional, ocupando números pares desde la 100 hasta la 166.

##### **b. Cuenca Hidrográfica N°132 (Río Santa María)**

La cuenca del río Santa María se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico, en la provincia de Veraguas y parte de Herrera, entre las coordenadas 8° 00' y 8° 35' Latitud Norte y 80° 30' y 81° 15' Longitud Oeste.

El área de drenaje de la cuenca es de 3,326 km<sup>2</sup>., hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal es de 168 km. La elevación media de la cuenca es de 200 msnm. y el punto más alto se encuentra en la cordillera central, con una elevación de 1,528 msnm.

##### **b.1 Estación Hidrológica Santa María, Santa Fé**

Localizada en la orilla izquierda del río Santa María, aguas abajo del poblado de Santa Fé, en un lugar llamado las Trancas, en la provincia de Veraguas, distrito de Santa Fé,

corregimiento de Santa Fé, entre las coordenadas 8° 31' Latitud Norte y 81° 04' Longitud Oeste. Su elevación es de 380 msnm. y el área de drenaje es de 185 km<sup>2</sup>.

#### **b.2 Estación Hidrológica Santa María, La Soledad**

Localizada a aproximadamente 300 m. aguas arriba de los cerros El Mielar y El Viento, en la carretera vía San Francisco a Santa Fé, en la provincia de Veraguas, distrito de San Francisco, corregimiento de San Juan, entre las coordenadas 8° 24' Latitud Norte 81° 03' Longitud Oeste. Su elevación es de 180 msnm. y el área de drenaje es de 337 km<sup>2</sup>. En julio de 1964, la estación fue equipada con un limnígrafo Stevens A-35.

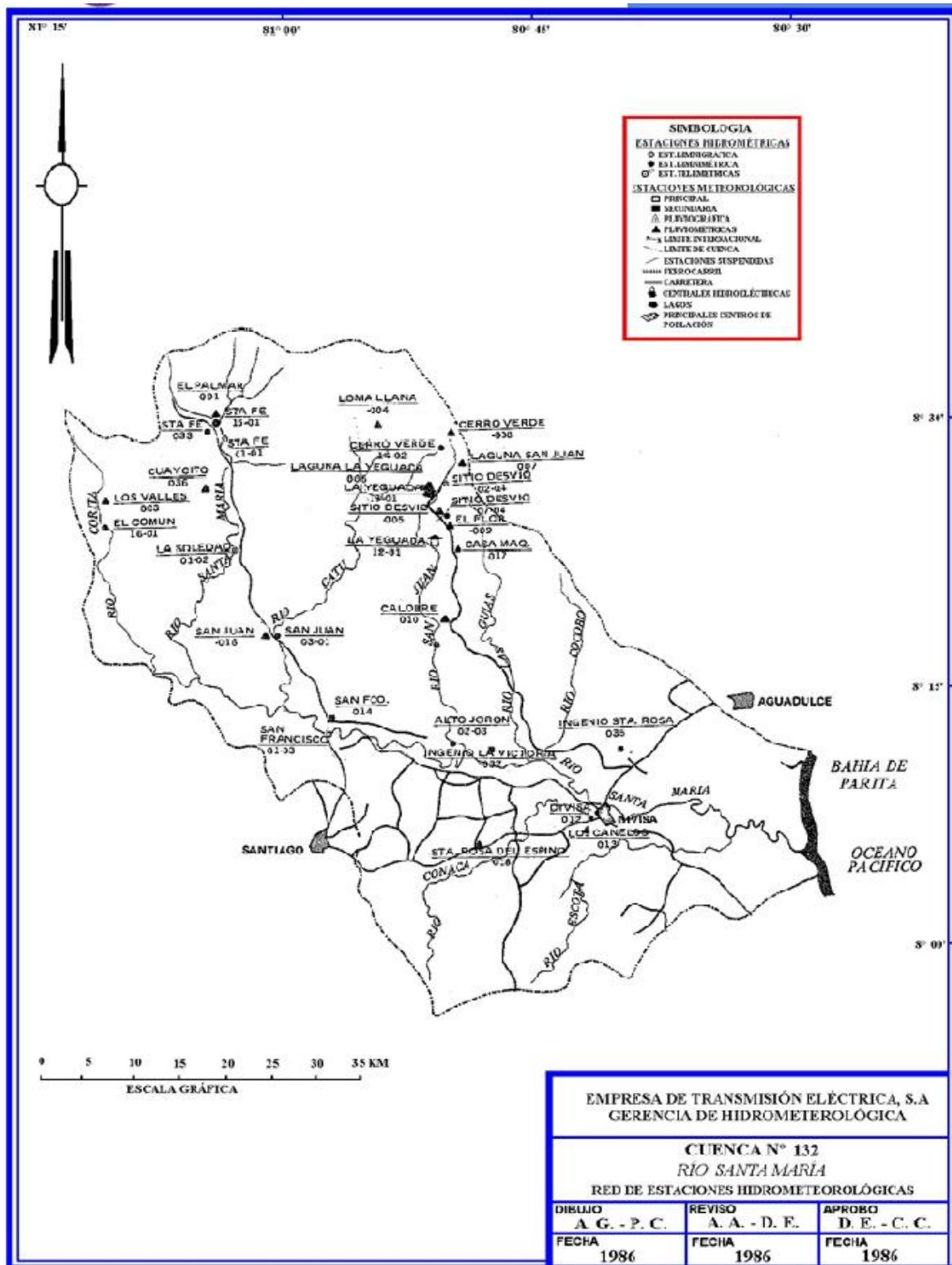
#### **b.3 Estación Hidrológica San Juan, Sitio de Desvío**

Localizada a aproximadamente 10 metros aguas arriba del vertedero que desvía el río San Juan, hacia las quebradas Las Lajas, en la provincia de Veraguas, distrito de Calobre, corregimiento de La Yeguada, entre las coordenadas 8° 28' Latitud Norte y 80° 51' Longitud Oeste. Su elevación es de 690 msnm y el área de drenaje es de 19.3 km<sup>2</sup>. En abril de 1967, la estación fue equipada con un limnígrafo Stevens A-35.

Nota: En esta estación solo se calculan los caudales que se derivan hacia la Laguna La Yeguada hasta el nivel 0.91 metros, ya que arriba de este nivel (cresta del vertedero de desvío) las aguas vierten hacia el cauce viejo del río San Juan.

#### **b.4 Estación Hidrológica Santa María, San Francisco**

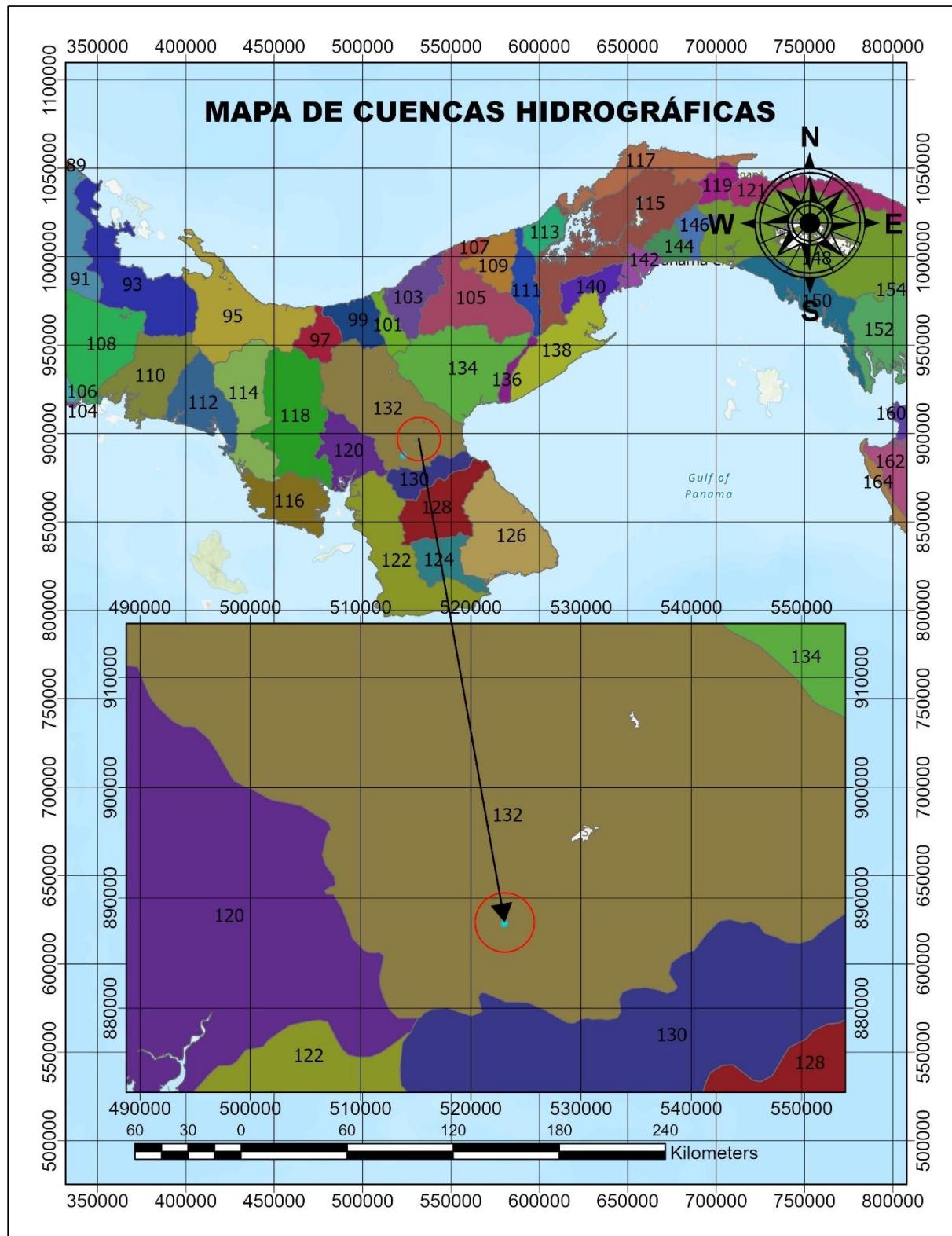
Localizada en la margen derecha del puente sobre el río Santa María en la carretera de Santiago a San Francisco, en la provincia de Veraguas, distrito de San Francisco, corregimiento de San Francisco, entre las coordenadas 8° 13' Latitud Norte 80° 58' Longitud Oeste. Su elevación es de 55 msnm y el área de drenaje es de 1,370 km<sup>2</sup>. En abril de 1955 la estación fue equipada con un limnígrafo Stevens A-35.



Fuente: Resumen Técnico "Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Periodo 1971-2006".

Tabla 2. Cuencas de la República de Panamá

Nº de Cuenca	Cuenca Hidrográfica	Nº de Cuenca	Cuenca Hidrográfica
87	Río Sixaola *	128	Río La Villa
89	Ríos entre el Sixaola y Changuinola	130	Río Parita
91	Río Changuinola	<b>132</b>	<b>Río Santa María</b>
93	Ríos entre Changuinola y Cricamola	134	Río Grande
95	Río Cricamola y entre Cricamola y Calovébora	136	Río Antón
97	Río Calovébora	138	Ríos entre el Antón y el Caimito
99	Ríos entre Calovébora y Veraguas	140	Río Caimito
100	Río Coto y Vecinos *	142	Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz
101	Río Veraguas	144	Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora
102	Río Chiriquí Viejo	146	Río Pacora
103	Río Belén y entre R. Belén y R. Coclé del Norte	148	Río Bayano
104	Río Escárrea	150	Ríos entre el Bayano y el Sta. Bárbara
105	Río Coclé del Norte	152	Río Sta. Bárbara y entre Chucunaque
106	Río Chico	154	Río Chucunaque
107	Ríos entre Coclé del Norte y Miguel de la Borda	156	Río Tuira
108	Río Chiriquí	158	Río Tucutí
109	Río Miguel de la Borda	160	Ríos entre el Tucutí y el Sambú
110	Río Fonseca y entre R. Chiriquí y Río San Juan	162	Río Sambú
111	Río Indio	164	Ríos entre el Sambú y el Juradó
112	Ríos entre el Fonseca y el Tabasará	166	Río Jurado *
113	Ríos entre el Indio y el Chagres		
114	Río Tabasará		
115	Río Chagres		
116	Ríos entre el Tabasará y el San Pablo		
117	Ríos entre el Chagres y Mandinga		
118	Río San Pablo		
119	Río Mandinga		
120	Río San Pedro		
121	Ríos entre el Mandinga y Armila		
122	Ríos entre el San Pedro y el Tonosí		
124	Río Tonosí		
126	Ríos entre el Tonosí y La Villa		



c. Subcuenca encontrados cerca del Proyecto EXTRACCIÓN DE MINERALES NO METÁLICOS

La zona de análisis se encuentra dentro de la cuenca del **Río Santa María** (Cuenca Hidrográfica N°132).

Tabla 3. Datos de la subcuenca del Río Salobre

Designación	Longitud de la subcuenca (m)	Área de drenaje (subcuenca) (m <sup>2</sup> )	Perímetro del área de drenaje (m)	Pendiente media (%)	Diferencia de altura de la subcuenca (m)
Subcuenca	3490.79	21707219.95	29994.09	4.61	111

Fuente de los datos: Hoja CHUPAMPA, Hoja 4040\_III\_SE

- Intensidad de la lluvia:

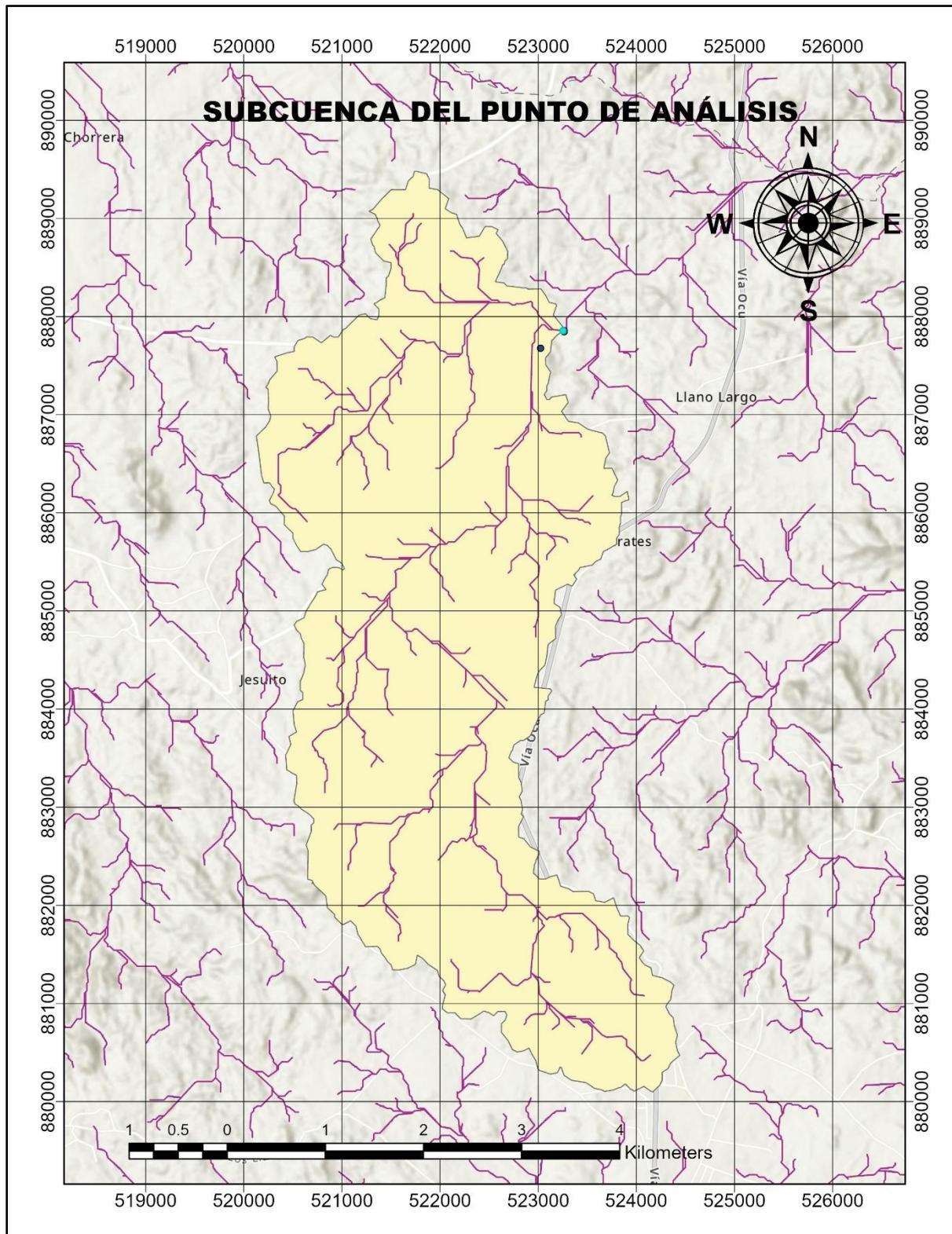
Para la intensidad de la lluvia el Ministerio de Obras Públicas nos facilita en el Manual de Aprobación del MOP 2021, sección V.10, las curvas de intensidad vs duración. Si la cuenca no se encuentra en el Manual de Aprobación se puede seguir las siguientes directrices:

- a. En las cuencas donde no hay ecuaciones se deberá utilizar un promedio entre las dos cuencas más próximas con información.
- b. En las cuencas donde no hay ecuaciones y solo existe una cuenca próxima con información, se deberá usar la información de la misma.

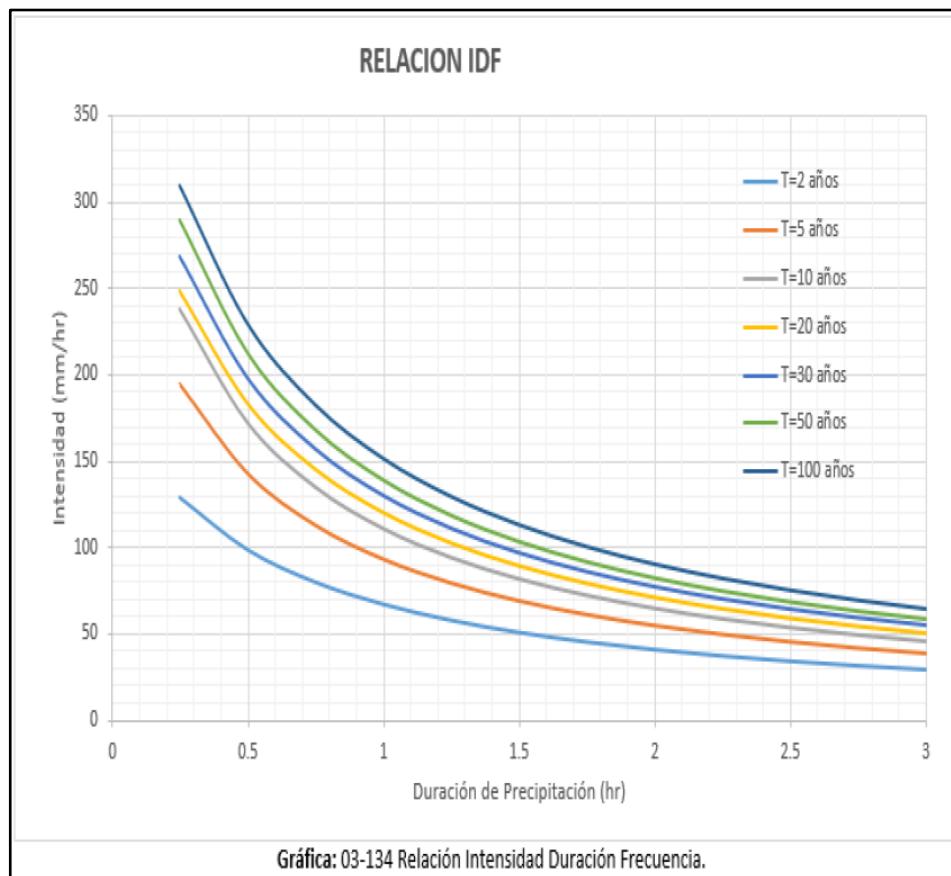
En el Manual de Aprobación para la Cuenca N°132 **Cuenca del Río Santa María**, se usarán los datos de la cuenca más próxima que es la Cuenca N°134 **Cuenca Río Grande**.

T(años)	2	5	10	20	30	50	100
a	105.263	135.135	156.25	175.438	188.679	200	222.22
b	0.5684	0.4459	0.4062	0.4561	0.4528	0.44	0.4666
R <sup>2</sup>	99.99	99.74	99.74	99.72	99.72	99.71	99.71

(Fuente: Manual de Aprobación del MOP 2021)



### Curvas de Intensidad vs Duración de la cuenca N°134 Cuenca Río Grande.



(Fuente: Manual de Aprobación del MOP 2021)

- Pendiente media

ID	Rango de Pendiente			N° de ocurrencias
	Min (%)	Max (%)	Promedio	
1	0.303529	0.303529	0.303529	24809
2	2.594218	2.594218	2.594218	37328
3	4.575562	4.575562	4.575562	33494
4	6.878955	6.878955	6.878955	23416
5	9.639716	9.639716	9.639716	9399
6	12.392044	12.392044	12.392044	4432
7	15.234781	15.234781	15.234781	2172
8	18.647057	18.647057	18.647057	1349
9	23.852831	23.852831	23.852831	335

$$\text{Pendiente media (\%)} = 4.61$$

- Tiempo de Concentración de la lluvia

En hidrología el tiempo de concentración (Tc) representa el tiempo de viaje de una gota de lluvia que cae en el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca y escurre superficialmente hasta su salida, es decir, el tiempo a partir del cual toda la cuenca contribuye al caudal en el punto de salida de la cuenca.

Algunas de las ecuaciones que se utilizan para obtener el tiempo de concentración son las siguientes:

Método de Kirpich (Método Racional < 250 hectáreas)

$$tc = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Método de California

$$tc = 60 \left( \frac{0.871 L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Tabla 4. Tiempos de concentración para la subcuenca en el tramo analizado.

Subcuenca	Tiempo de Concentración (Tc = horas)	Kirpich	California
1		0.65	0.66

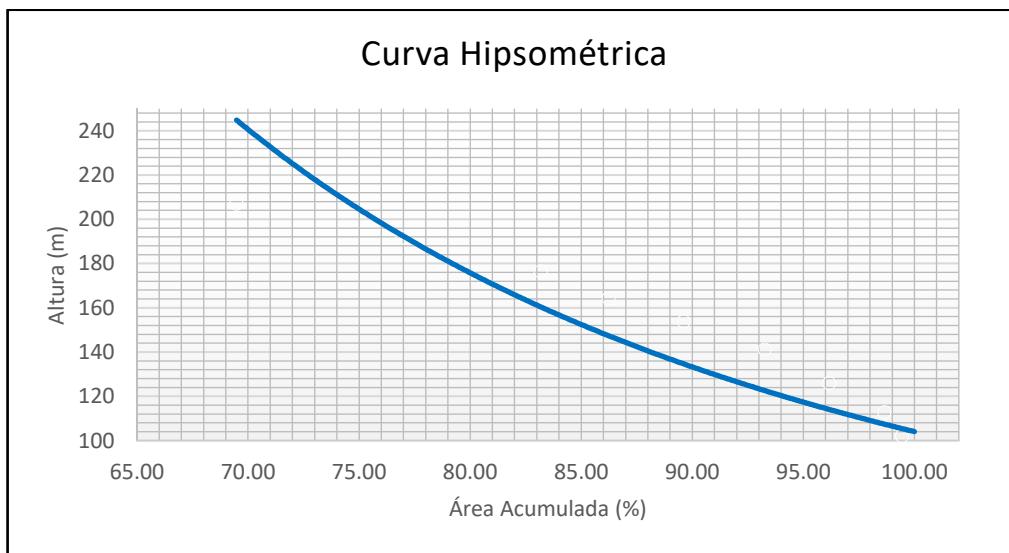
Tabla 5. Intensidad de lluvia para los distintos períodos de retorno (utilizando la fórmula propuesta por el Manual de Aprobación del Ministerio de Obras Públicas de la República de Panamá 2021-MOP).

$$i = \frac{a}{d+b}$$

T años	2	5	10	20	30	50	100
a	105.263	135.14	156.25	175.438	188.679	200	222.22
b	0.5684	0.4459	0.4062	0.4561	0.4528	0.44	0.4666
i	86.39	123.31	147.94	158.61	171.09	183.49	199.01

## 5. Curva hipsométrica

Frecuencia	Area (m <sup>2</sup> )	Altura		
		Min (m)	Max (m)	Promedio (m)
14875	2324218.75	78.656471	78.656471	78.656471
30496	4765000	90.67894	90.67894	90.67894
30976	4840000	102.036644	102.036644	102.036644
21558	3368437.5	112.762825	112.762825	112.762825
12846	2007187.5	125.875366	125.875366	125.875366
9769	1526406.25	141.070114	141.070114	141.070114
8847	1382343.75	153.764786	153.764786	153.764786
4740	740625	164.281433	164.281433	164.281433
2920	456250	176.431854	176.431854	176.431854
1149	179531.25	191.718018	191.718018	191.718018
756	118125	207.021164	207.021164	207.021164



## 6. Índice de compacidad de Gravelius (datos de la Tabla 3)

$$Kc = \frac{P}{2\pi \left[ \frac{A}{\pi} \right]^{0.5}} ; P = \text{Perímetro de la subcuenca}; A = \text{Área de la subcuenca}$$

Subcuenca	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Índice de Gravelius (Kc)
1	29994.09	21707219.95	1.81

## 7. Geología

La geología de la República de Panamá es muy compleja. Las rocas en el territorio nacional varían en edad desde el Cretáceo al Reciente, e incluyen tanto sedimentos marinos como terrestres y rocas intrusivas y extrusivas.

Las rocas consideradas como más antiguas en el Istmo de Panamá afloran en pequeñas áreas en la región suroccidental de las Penínsulas de Azuero y Soná. Se trata de formaciones de origen volcánico de químismo básico, que se encuentran actualmente metamorfosados en las facies de esquistos verdes.

### Rocas de origen sedimentario

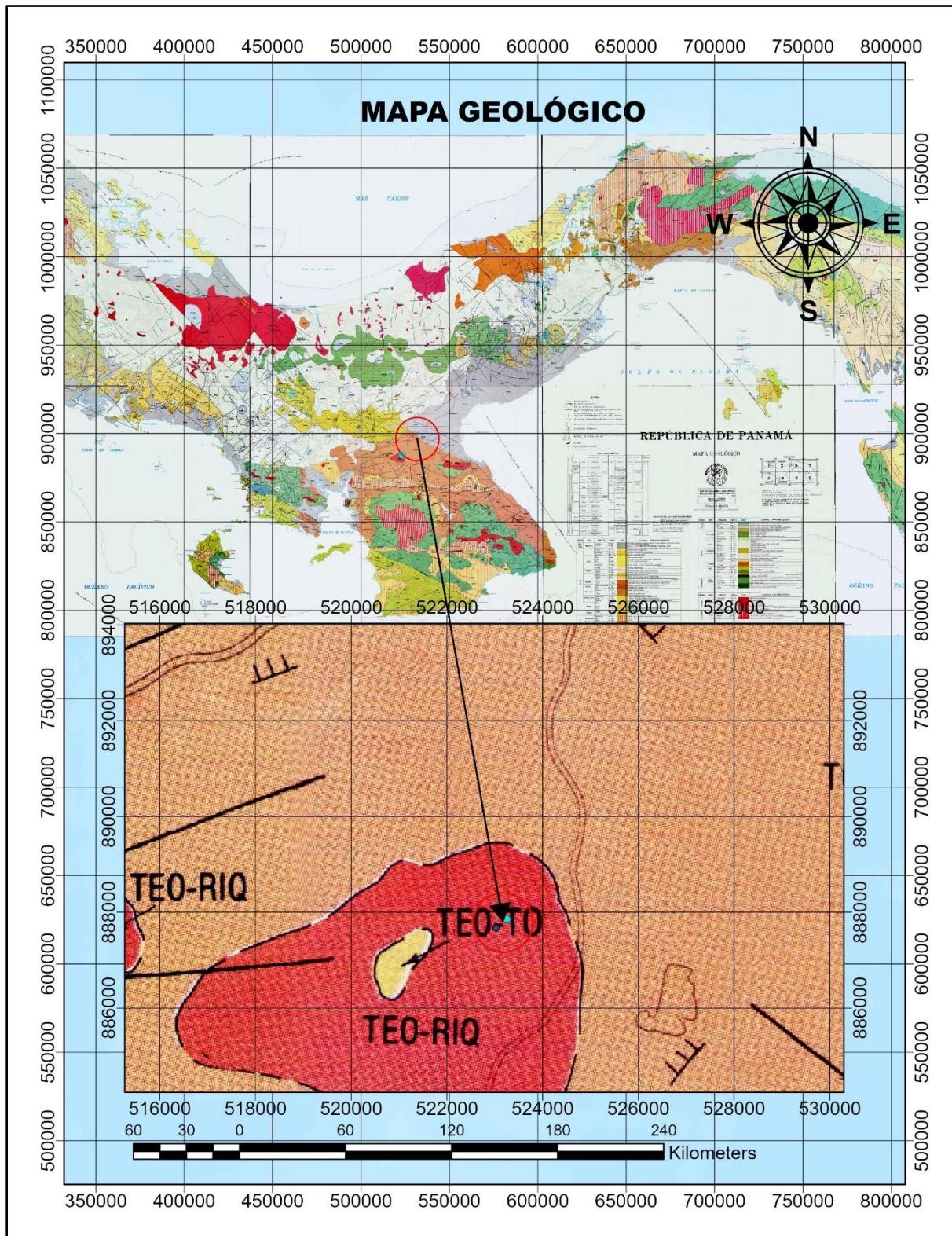
En las formaciones sedimentarias se han encontrado fósiles pertenecientes al Cretácico Superior. Existen diferentes formaciones que cuentan con porcentajes variados de este tipo de roca y datan del Periodo Cuaternario hasta el Secundario.

Durante el Cuaternario únicamente se observa la presencia del grupo Aguadulce constituido por las formaciones Las Lajas, Río Hato y Boca de Chucará. La mayor cantidad de grupos se presenta para el Terciario, donde se congregan doce grupos, cuatro de los cuales son denominados Sin Nombre, agrupando una serie de ocho formaciones tales como; Chagres, Chucunaque, Santiago y la formación Gatuncillo entre otras. Asimismo, dentro de este Periodo, se encuentran el grupo Gatún, La Boca, Caimito, Panamá, Macaracas, Senosri-Uscari, Tonosí y Chiguirí; que incluye formaciones de interés como Gatún, Tuira, La Boca, Caimito, Panamá fase Marina, Bohío, Macaracas, Senosri-Uscari, Darién, Tonosí, David, etc.

### Formación del área de estudio:

- **Período Terciario / Secundario**
- **Grupo Tonosí**
- **Formación Tonosí / Valle Riquito**
- **Símbolo (TEO-TO / TEO-RIQ):** Lutitas, areniscas / Cuarzodioritas, noritas y gabros.

Fuente: Atlas de Panamá 2010



## 8. Taxonomía

Se determina que el área en estudio contempla el tipo de suelo: Inceptisoles

Los Inceptisoles, son una orden en la Taxonomía de suelos. Son suelos bastante jóvenes y poco desarrollados que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes. Están más desarrollados que los Entisoles pero siguen presentando un perfil menos avanzado que la mayoría de suelos. Para ser considerados de este orden deben tener en el 50% o más de las capas situadas entre la superficie del suelo mineral, una profundidad de 50 cm y no contener óxido de hierro, óxido de aluminio y materia orgánica.

### Usos y aplicaciones

Los inceptisoles son en su mayoría suelos usados para el aprovechamiento forestal, sobre todo aquellos que presentan pendientes. También es común encontrar sobre ellos praderas o tierras de cultivo agrícola, como las usadas en plantaciones intensivas de tabaco en Navarra<sup>2</sup> o en cultivos intensivos de café en laderas de Colombia.<sup>3</sup> Con mucha frecuencia presentan reacción ácida y para ser productivos requieren encalados y fertilización. En regiones húmedas pueden ser utilizados para el pasto de cría intensiva de animales.

### Subórdenes

Aquepts – Suelos que tienen un epipedón plaggen o antrópico<sup>4</sup> responsable de un mal drenaje que provoca la saturación del agua hasta hacerla aparecer en la superficie.

Gelepts – Característico de regiones muy frías en donde la temperatura media no supera los 0 °C.

Cryepts – Aquellos presentes en zonas montañosas y con bajas temperaturas.

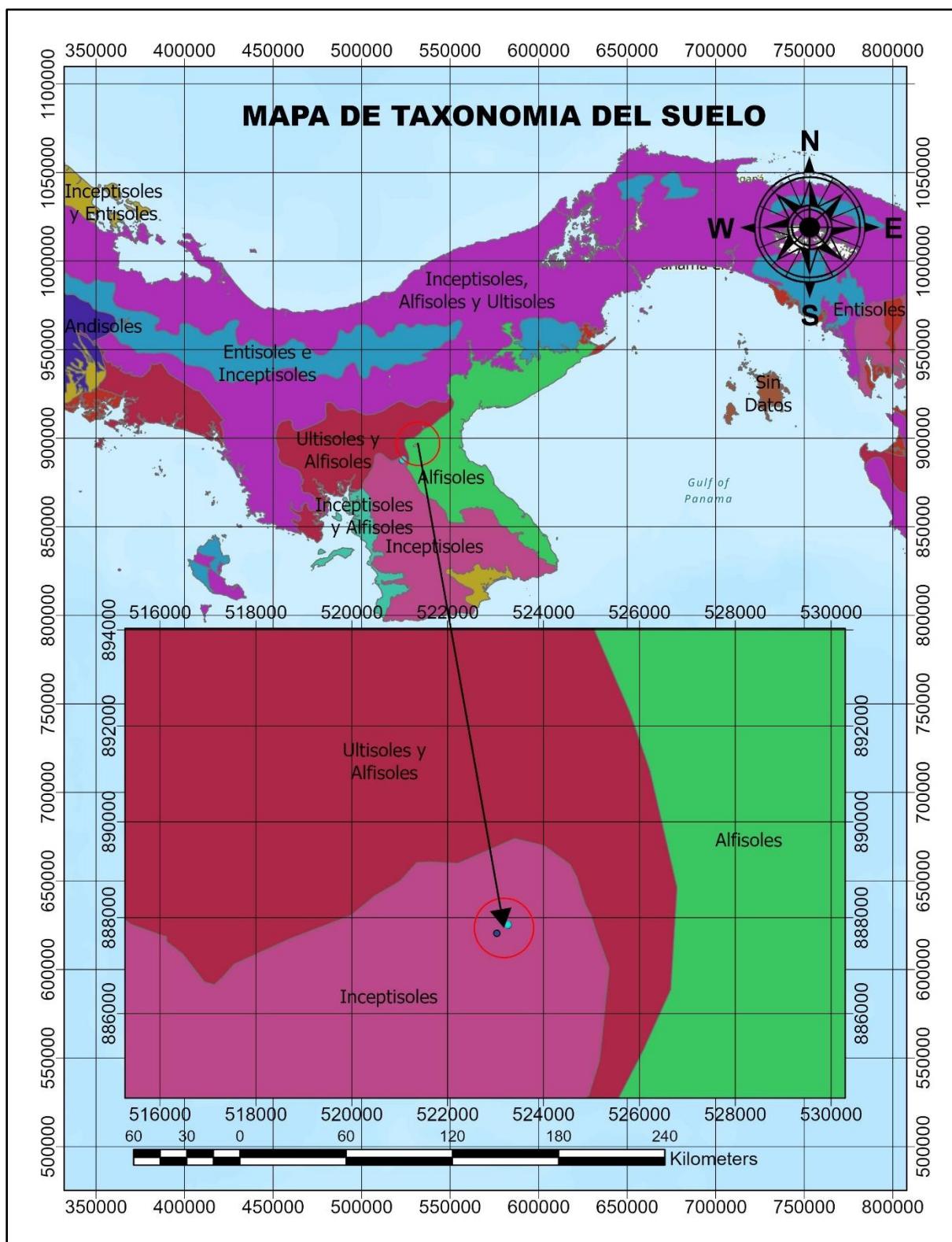
Udepts – Presentes en depósitos de Holoceno y que tienen un régimen de humedad perídico o údico.

Ustepts – Tienen un régimen de humedad údico y temperatura templada.

Xerepts – Tienen un régimen de temperatura frígido, térmico o mésico y un régimen de humedad xérico.

Anthrepts – Son inceptisoles que tienen un epipedón antrópico y han sido modificados por la acción humana.

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Servicio de Conservación de Recursos Naturales.



## 9. Capacidad agrológica de los suelos

En este sistema de clasificación se separan los suelos, según características específicas, en ocho clases agrológicas que se identifican con números romanos del I a VIII. Los mejores suelos con sólo un mínimo de limitaciones en su uso se ubican en clase I y aquellos que tienen mayores limitaciones se colocan progresivamente, según la magnitud de ellas, en las categorías siguientes; siendo los de peor calidad aquellos colocados en clase VIII.

En este caso el área en estudio de la subcuenca se encuentra dentro de la **zona VI**.

### **Descripción general de los suelos clase VI:**

No arable, con limitaciones severas, apta para bosques, pastos, tierras de reservas.

Tabla 6. Áreas de suelos asignadas a diferentes clases agrológicas en Panamá, según el Atlas Nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, año 1985.

Clase Agrológica	Superficie Hectáreas	Área %
II	172,000	2.4
III	432,000	6.0
IV	638,000	8.8
V	151,000	2.1
VI	1,149,000	15.9
VII	3,256,000	45.1
VIII	1,419,000	19.7
Total	7,217,000	100

## 10. Clasificación climática

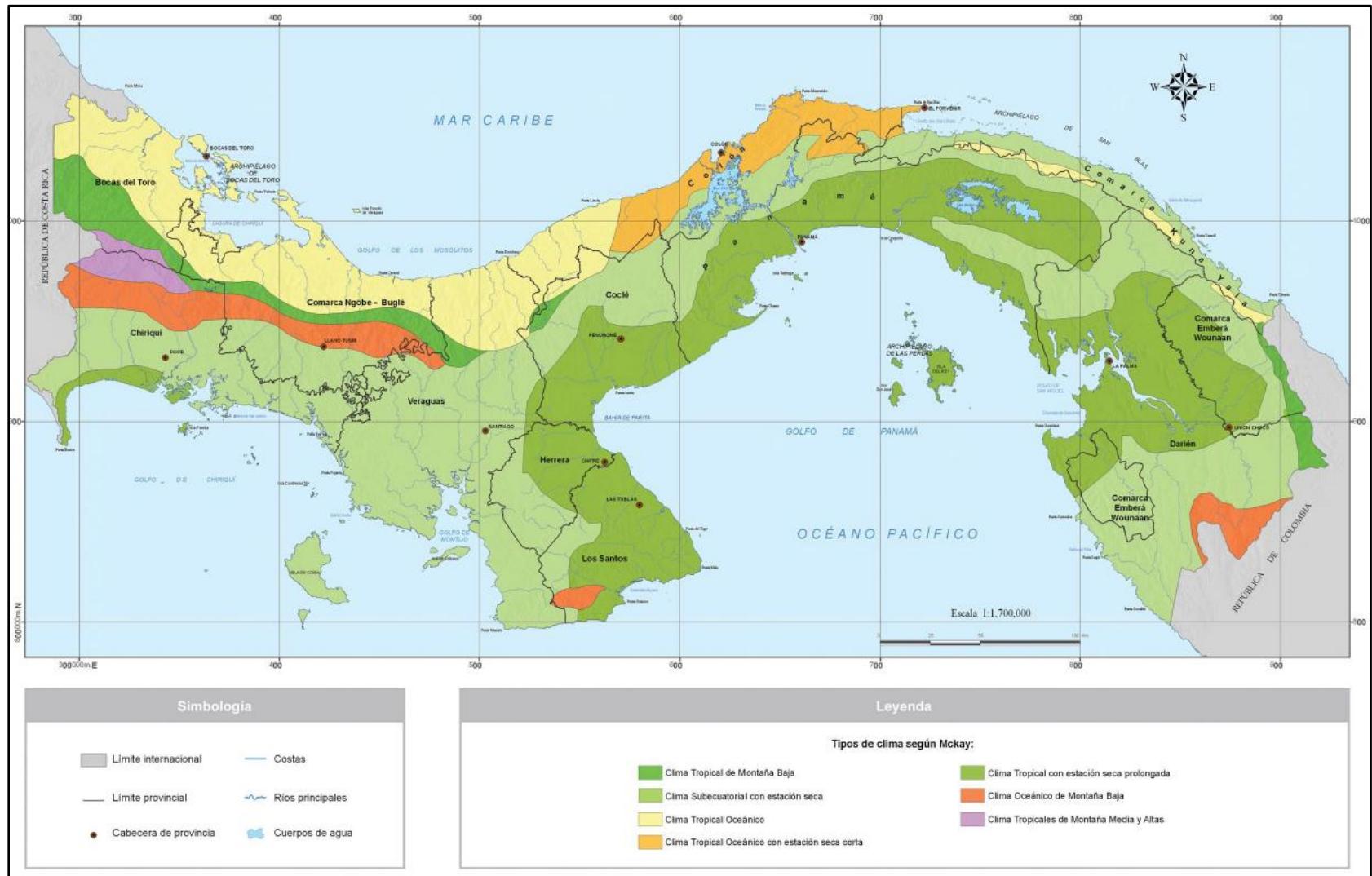
El clima es el conjunto de los valores promedios de las condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Para el estudio del clima, se analizan elementos ambientales tales como: la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones.

Además, existen una serie de factores que pueden influir sobre estos elementos como son: la latitud, la altitud, el relieve, las corrientes oceánicas y la continentalidad, que es la distancia al océano o mar.

Luego de una exhaustiva revisión a todas las tipologías climáticas propuestas para Panamá desde 1920, el ilustre geógrafo e historiador panameño Dr. Alberto A. McKay (q.e.p.d.) identificó una serie de inconsistencias en los diferentes tipos de climas asignados al país, lo que llevó al catedrático a analizar, corregir y adaptar, a las condiciones ambientales reales de Panamá, las clasificaciones climáticas anteriormente establecidas.

Como resultado, el Dr. McKay generó en el año 2000, una nueva clasificación de los climas de Panamá, que emplea como referencia la tipología climática de Emmanuel de Martonne, que posee más tipos de climas tropicales y además reconoce las grandes influencias de las masas oceánicas, así como la diversidad de ambientes atmosféricos presentes en las montañas tropicales. El nuevo Sistema de Clasificación Climática de Panamá queda constituido por siete tipos de clima:

- Clima tropical oceánico
- Clima tropical oceánico con estación seca corta
- Clima subecuatorial con estación seca
- **Clima tropical con estación seca prolongada (Clima del área de estudio).**  
Es cálido, con temperaturas medias de 27 a 28°C. Los totales pluviométricos anuales, siempre inferiores a 2,500 mm son los más bajos de todo el país, los cuales llegan a 1,122 en Los Santos.  
Este tipo de clima se presenta en el Valle de Tonosí, en las tierras bajas del derrame hidrográfico del golfo de Panamá, en las islas de este golfo y en las cuencas de los ríos Bayano, Chucunaque, Tuirá y Sambú. La estación seca presenta fuertes vientos, con predominio de nubes medias y altas; hay baja humedad relativa y fuerte evaporación.
- Clima tropical de montaña baja (clima del lugar de estudio)
- Clima oceánico de montaña baja
- Clima tropical de montaña media y alta



Fuente: Mapa de clasificación climática, Atlas Ambiental de la República de Panamá 2010 (Primera Versión).

## 11. Zonas de vida

El Sistema de Zonas de Vida de Holdridge (en inglés, Holdridge Life Zones System) es un proyecto para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático. Fue desarrollado por el botánico y climatólogo estadounidense Leslie Holdridge (1907-99).

Este sistema está basado en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística. Aunque es posible establecer muchas combinaciones, las asociaciones se pueden agrupar en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas. Los factores que se tienen en cuenta para la clasificación de una región son la biotemperatura y la precipitación. Los límites de las Zonas de Vida están definidos por los valores medios anuales de dichos componentes. Otro elemento presente en las zonas de vida es el de la evapotranspiración potencial (humedad). El objetivo final de la zonificación es el de determinar áreas donde las condiciones ambientales sean similares, con el fin de agrupar y analizar las diferentes poblaciones y comunidades bióticas, para así aprovechar mejor los recursos naturales sin deteriorarlos y conservar el equilibrio ecológico.

Zona de vida	Siglas <sup>a</sup>	Superficie (km <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Bosque húmedo montano bajo	bh-MB	30.71 (0.04%)	> 12	< 2,000
Bosque húmedo premontano	bh-PM	2,299.6 (3.07%)	> 24	1,450 - 2,000
Bosque húmedo tropical	bh-T	29,899.9 (40%)	24 - 26	1,850 - 3,400
Bosque muy húmedo montano	bmh-M	5.62 (0.007%)	6 - 12	2,000
Bosque muy húmedo montano bajo	bmh-MB	183.71 (0.25%)	12 - 18	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo premontano	bmh-PM	13,153.5 (17.55%)	17.5	2,000 - 4,000
Bosque muy húmedo tropical	bmh-T	16,609.6 (22.17%)	25.5 - 26	3,800 - 4,000
Bosque pluvial montano	bp-M	211.12 (0.28%)	6 - 12	> 2,000
Bosque pluvial montano bajo	bp-MB	1,619.54 (2.16%)	10.8 - 13.5	> 4,000
Bosque pluvial premontano	bp-PM	7,441.98 (9.93%)	18 - 24	4,000 - 5,500
Bosque seco premontano	bs-PM	612.51 (0.82%)	18 - 24	< 1,100
Bosque seco tropical	bs-T	2,847.74 (3.8%)	18 - 24	1,100 - 1,650

<sup>a</sup> Siglas formadas por dos grupos de letras separadas por un guion: el primer grupo, en minúsculas, corresponde a las iniciales del nombre dado a la humedad; el segundo, en mayúsculas, a la inicial de la biotemperatura

Fuente: Inventario y demostraciones forestales, Panamá, Zonas de Vida, basado en la labor de Joseph A. Tosi, 1971

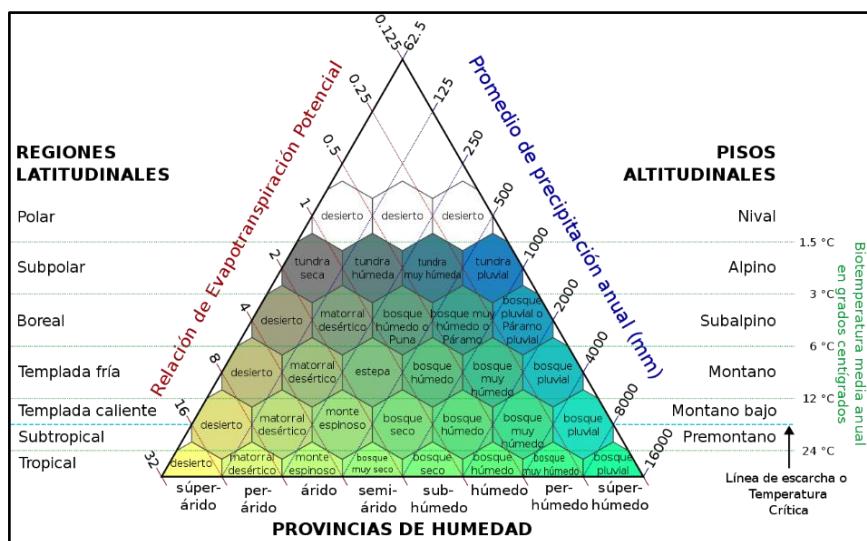
Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá 2010 (Primera Versión).

- Zona de vida de la región en estudio del proyecto en análisis

Mediante el sistema de clasificación de las zonas de vidas natural del mundo, L. R. Holdridge definió 11 zonas de vida. Entre estas zonas de Vida se encuentra el **BOSQUE SECO TROPICAL**.

El Bosque Seco Tropical es un bio clima subhúmedo y cálido que ocupa un área relativamente limitada en Panamá, unos 5 630 kilómetros cuadrados (7% del territorio nacional). Aparece solamente en el lado Pacífico ocupando posiciones de tierras bajas en Panamá Central y oeste, Coclé, Herrera, y en la provincia de Los Santos. Una pequeña parte existe también en la península de Garachiné en Darién. En las provincias de Coclé, (cerca de Penonomé) y de Los Santos aparecen elevaciones que fluctúan entre los 100 y 200 metros sobre el nivel del mar. La precipitación en esta zona de vida se da entre los 1 100 a 1 650 mm, en promedio.

Las especies forestales prácticamente han desaparecido siendo utilizadas estas aparentemente para la venta y fabricación de muebles u otro uso doméstico, construcción o para las cercas de las fincas. Esta situación ha llevado a una minúscula parte de los propietarios de estas tierras a plantar sus propios árboles, especialmente cedro amargo, a lo largo de cercas y próximos a su vivienda. Otras especies encontradas en esta zona son el cedro espino, caoba, algarrobo, roble, corotú y otras más.



## Sistema de zonas de vida de Holdridge

Fuente:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_clasificaci%C3%B3n\\_de\\_zonas\\_de\\_vida\\_de\\_Holdridge#/media/Archivo:Zonas\\_de\\_vida\\_de\\_Holdridge.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_clasificaci%C3%B3n_de_zonas_de_vida_de_Holdridge#/media/Archivo:Zonas_de_vida_de_Holdridge.svg)

## **12. Cobertura boscosa y uso del suelo**

La cobertura boscosa puede ser definida como el análisis y clasificación de los diferentes tipos de coberturas y usos asociados que el ser humano practica en un área determinada.

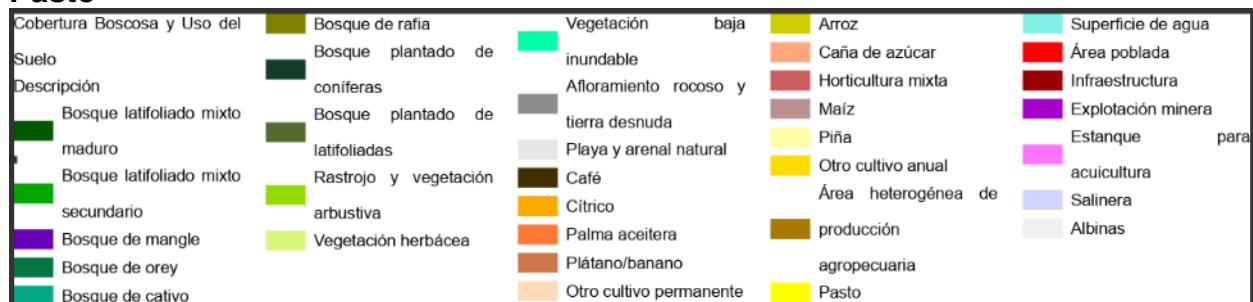
Una recopilación precisa de esta información determinará la eficiencia en su uso.

Para realizar acciones encaminadas a fortalecer la capacidad del sector forestal de Panamá, su evaluación y monitoreo con miras a su manejo sostenible, es necesario disponer de información tabular y espacial que permita la identificación geográfica de las clases de bosques, con el objeto de definir los límites y establecer los criterios de manejo apropiado. En este sentido, el Instituto Nacional de Recursos Renovables (INRENARE), en su momento Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), realizó esfuerzos para estimar la cobertura boscosa a nivel nacional, regional y en áreas específicas. Tales son los casos del mapa de cobertura boscosa (ANAM, 1986, 1992, 2000), mapa de vegetación (CBMAP, 2000), y mapas regionales tales como los del Plan de Manejo de la Cuenca del Río Bayano de 1998.

Nota: La diferencia entre un rastrojo y un bosque secundario es que su altura promedio es mayor a 5 metros y la cobertura de sus copas superior al 30%. Se considera bosques secundarios a rastrojos con altura menor a 5 metros que hayan sido declarados para fines forestales.

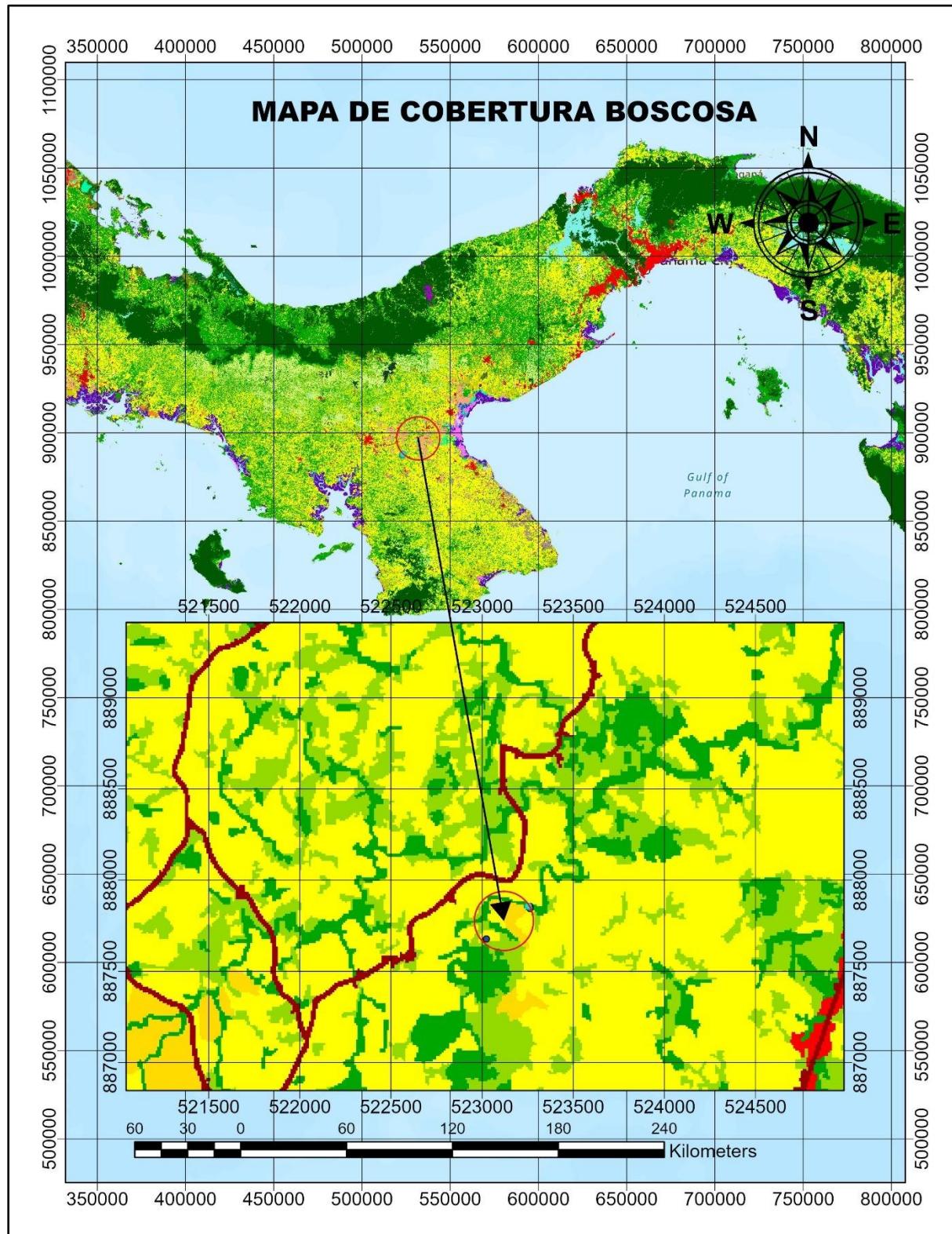
#### **Tipo de cobertura boscosa en el lugar del análisis:**

- **Bosque latifoliado mixto secundario**
- **Rastrojo y vegetación arbustiva**
- **Otro cultivo anual**
- **Pasto**



#### **Clasificación de la cobertura boscosa y uso del suelo.**

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá 2010 (Primera Versión).



### 13. Análisis hidrológico

- Metodología para el cálculo de los caudales de crecidas

Para dar una estimación de los caudales máximos para un periodo de recurrencia de 100 años existen diferentes métodos, la mayoría en base a un análisis estadístico del registro de datos en las estaciones más cercanas a la zona de influencia del proyecto.

En el caso de este estudio se utilizará el de crecidas de ETESA, debido a que el área de la subcuenca sobrepasa las 250 hectáreas ( $2.5 \text{ km}^2$ ) que es el límite máximo tolerado.

El método de crecidas máximas se utiliza en hidrología para determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de una cuenca hidrográfica.

La ecuación que se utilizará esta en la zona 4 con la ecuación  $Q_{\max} = 25A^{0.59}$ .

Cuadro 7

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

En la Figura 73 se muestra el mapa de zonas, con las regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.

Fuente: Manual de ETESA



República de Panamá  
Regiones Hidrológicamente Homogéneas

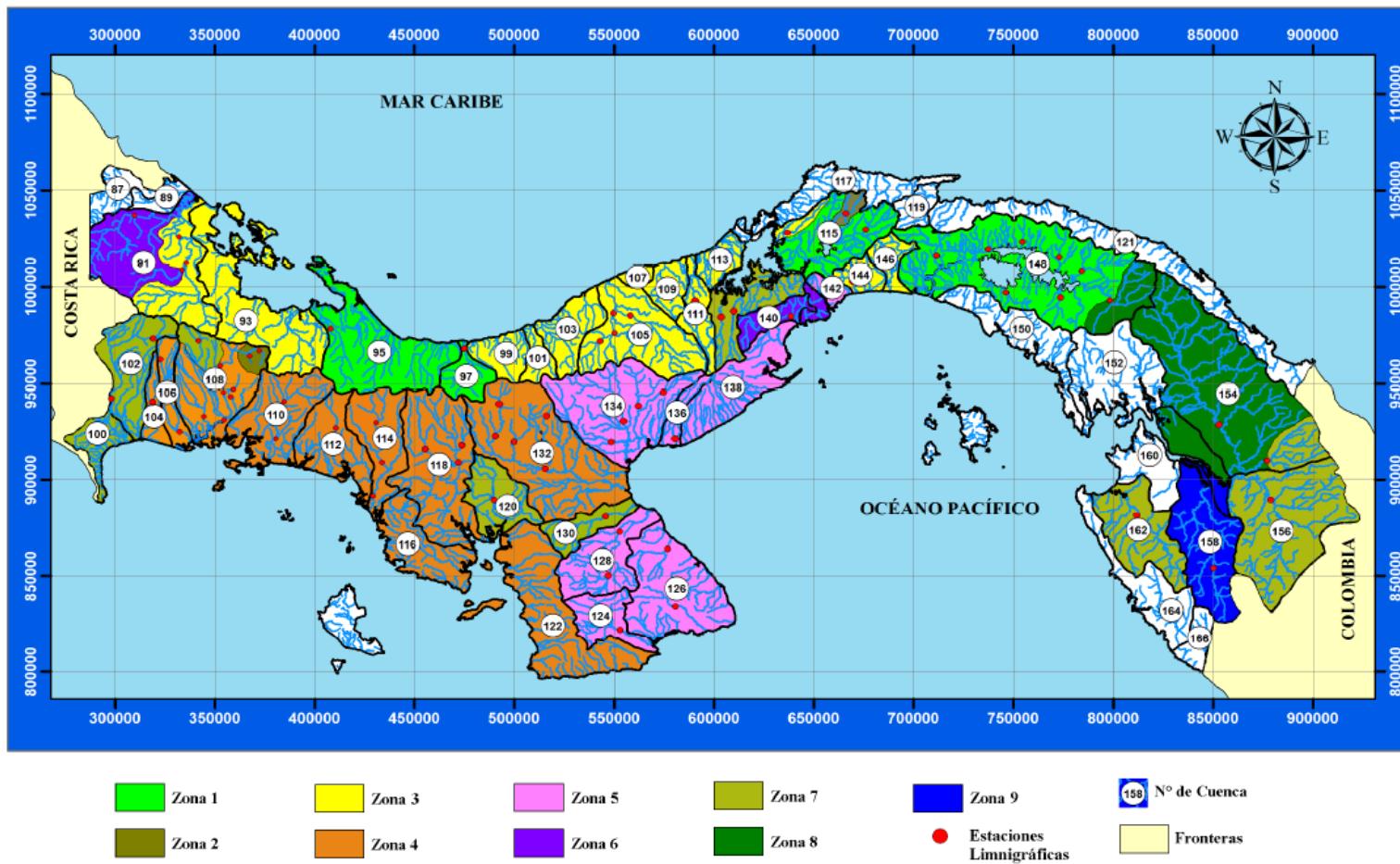


Fig. 73

Cuadro 6: Factores para diferentes períodos de retorno en años

<i>Factores Qmáx./ Qprom.máx para distintos Tr.</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

$$Q_{\text{máx}} = F (25A^{0.59})$$

Símbolo	Nombre	Unidad
Q	Caudal máximo	$\text{m}^3 / \text{s}$
F	Factor de Tr para un período de retorno de 1:100	2.33
A	Área de la cuenca hidrográfica	$\text{km}^2$

Tabla 7. Resultados de los caudales máximos por el método racional.

<b>Caudales para el drenaje de la subcuenca</b>			
Área de drenaje	A	21.7	$\text{km}^2$
Ecuación	$Q = 2.33 (25A^{0.59})$		
Caudal máximo instantáneo Tr = 100 años	Q <sub>100</sub> años	357.93	$\text{m}^3/\text{s}$

## 14. Análisis hidráulico

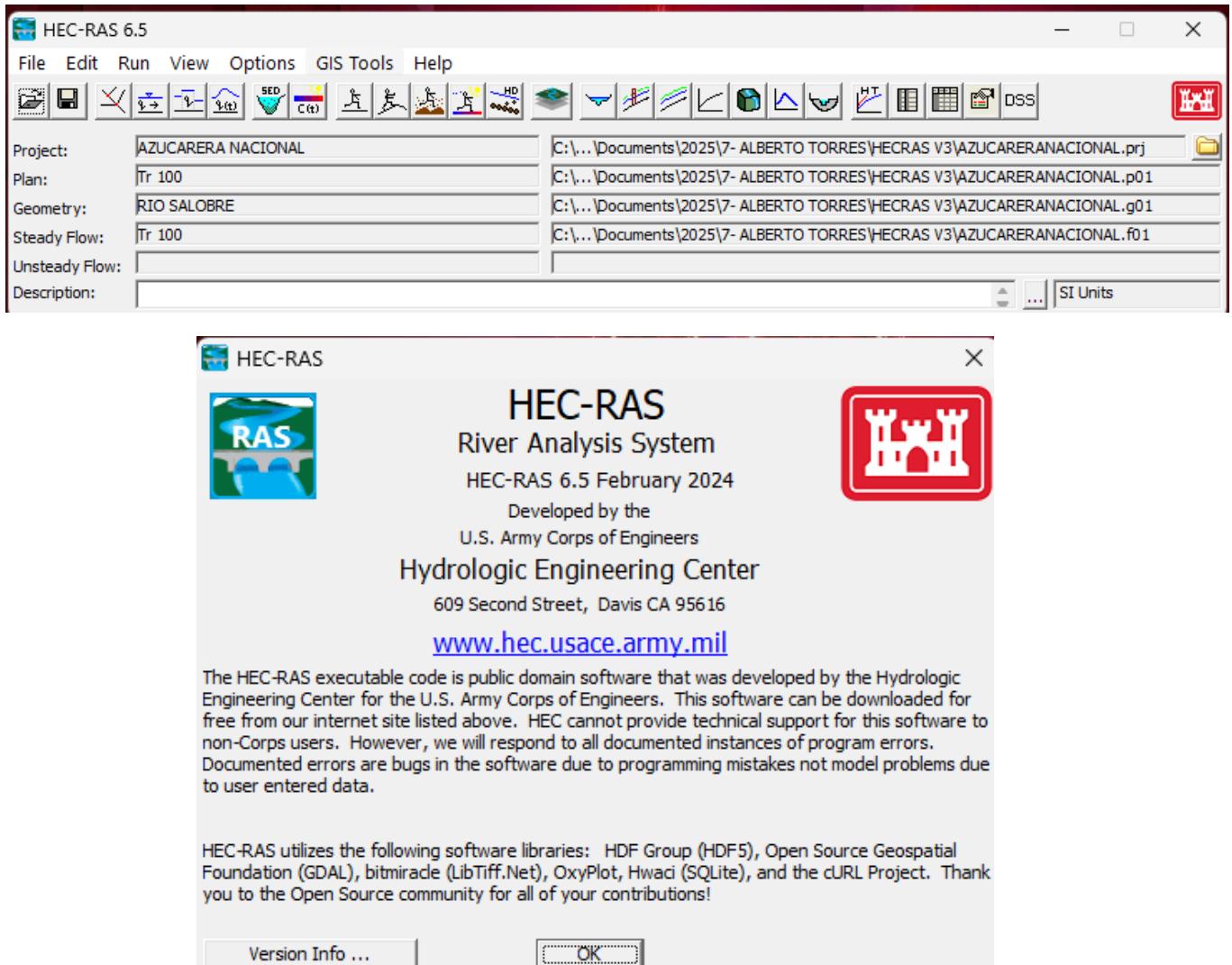
El análisis hidráulico del tramo de la **Río Salobre** que pasa **por un costado del proyecto** se llevó a cabo mediante el uso del modelo matemático por computadoras HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. La aplicación del modelo se basó en la data hidrológica del caudal descrito anteriormente con la topografía levantada en el campo y en características físicas observables en los planos topográficos disponibles.

Los resultados de esta simulación se muestran a continuación en forma de esquemas y perfiles de agua que demuestra el comportamiento esperado del río con los datos de la escorrentía estimada.

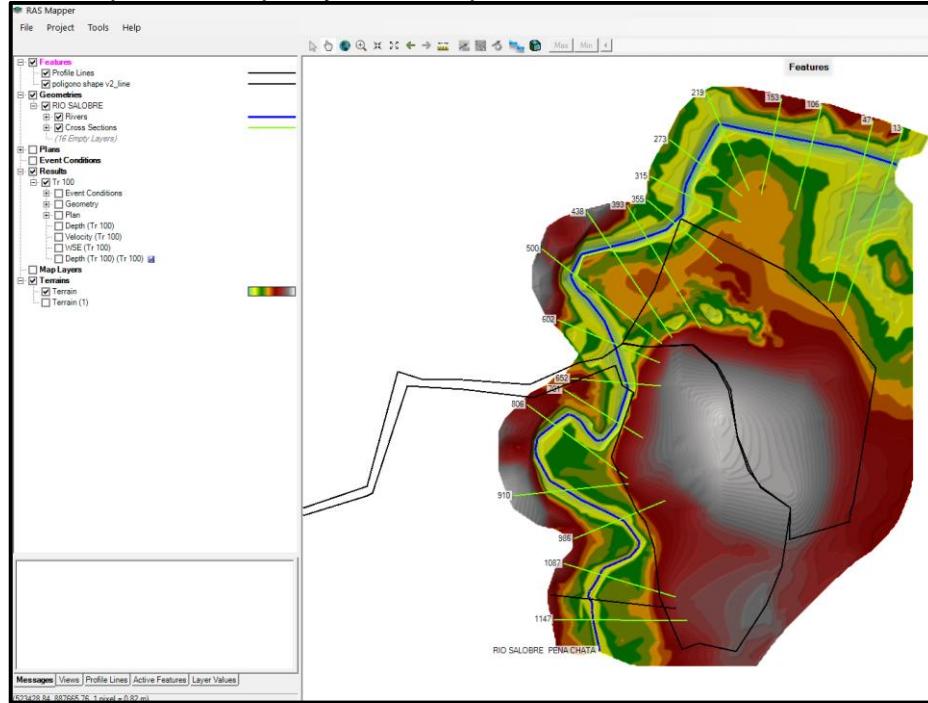
### Parámetros Hidráulicos utilizados para Simulación de HEC-RAS

- Coeficiente de rugosidad de 0.03 en el: Este aplica para las condiciones de un canal natural, pendientes laterales algo irregulares, fondo más o menos nivelado, limpio y regular, muy poca variación en la sección transversal (fuente: Chapter 3– Basic Data Requirements, Hydraulic Reference Manual, HEC-RAS River Analysis System Versión 6.1).
- Coeficiente de Expansión o Contracción: Los coeficientes de contracción y expansión se definieron para evaluar la cantidad de energía a las variaciones del flujo entre dos secciones consecutivas, estudiadas hacia aguas abajo. Estos coeficientes están afectados por el cambio de velocidad del flujo entre dos secciones y por la geometría de los segmentos que comprenden las contracciones y expansiones; donde se determinó los siguientes valores: En Secciones naturales: Contracción= 0.1 – Expansión= 0.3.
- Caudal para un periodo de recurrencia para  $T_r = 100$  años
- Secciones transversales: tramos donde no exista cambio de dirección y con ancho variable, se considera toda la sección del área de inundación.
- Condición de contorno aguas arriba: profundidad crítica. El programa calcula la profundidad crítica para cada uno de los perfiles.
- Tipo de régimen de Flujo: Mixto, ambos regímenes: subcrítico (lento) y supercrítico (rápido).

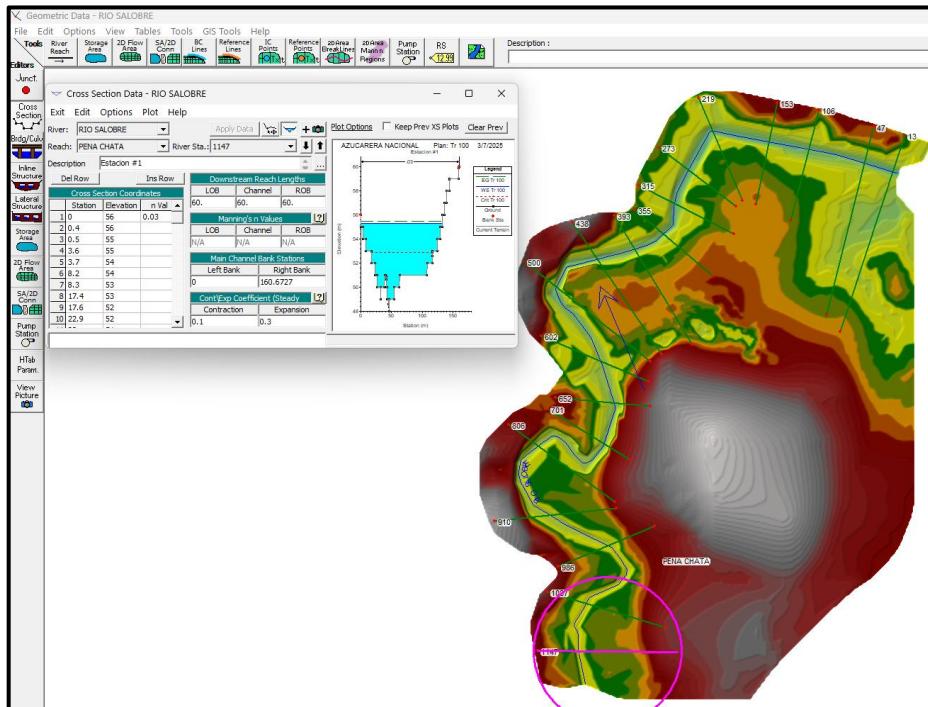
#### 14.1 Versión: se utilizó la versión 6.5 del HECRAS



14.2 Topografía: el modelo de elevación digital utilizado como el terreno de análisis fue procesado en RAS MAPPER, que es un complemento del software del HECRAS para el mapeo y datos espaciales.



### 14.3 Geometría: Procesamiento de las secciones transversales



#### 14.4 Flujo estático y plan de análisis

**Steady Flow Data - Tr 100**

File Options Help

Description :  Apply Data

Enter/Edit Number of Profiles (32000 max):  Reach Boundary Conditions ...

**Locations of Flow Data Changes**

River: RIO SALOBRE Add Multiple...

Reach: PENA CHATA River Sta.: 1147 Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
	River	Reach	RS	Tr 100
1	RIO SALOBRE	PENA CHATA	1147	357.93
2	RIO SALOBRE	PENA CHATA	1087	357.93
3	RIO SALOBRE	PENA CHATA	986	357.93
4	RIO SALOBRE	PENA CHATA	910	357.93
5	RIO SALOBRE	PENA CHATA	806	357.93
6	RIO SALOBRE	PENA CHATA	701	357.93
7	RIO SALOBRE	PENA CHATA	652	357.93
8	RIO SALOBRE	PENA CHATA	602	357.93
9	RIO SALOBRE	PENA CHATA	500	357.93
10	RIO SALOBRE	PENA CHATA	438	357.93
11	RIO SALOBRE	PENA CHATA	393	357.93
12	RIO SALOBRE	PENA CHATA	355	357.93
13	RIO SALOBRE	PENA CHATA	315	357.93
14	RIO SALOBRE	PENA CHATA	273	357.93
15	RIO SALOBRE	PENA CHATA	219	357.93
16	RIO SALOBRE	PENA CHATA	153	357.93
17	RIO SALOBRE	PENA CHATA	106	357.93
18	RIO SALOBRE	PENA CHATA	47	357.93
19	RIO SALOBRE	PENA CHATA	13	357.93

Edit Steady flow data for the profiles (m<sup>3</sup>/s)

**Steady Flow Analysis**

File Options Help

Plan: Tr 100 Short ID: Tr 100

Geometry File: RIO SALOBRE

Steady Flow File: Tr 100

Flow Regime:
  Subcritical
  Supercritical
  Mixed

Optional Programs:
  Floodplain Mapping

Plan Description

Compute

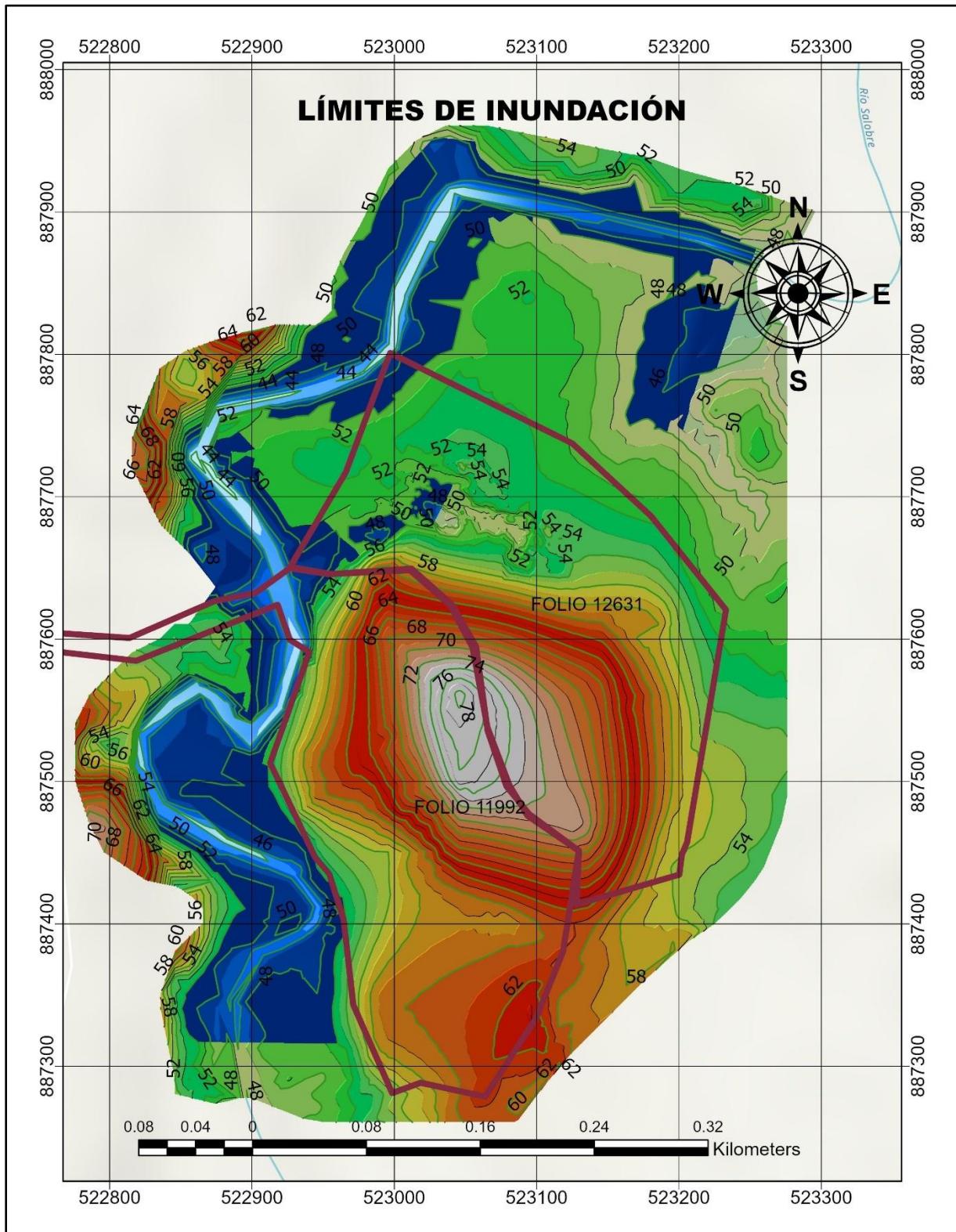
Enter to compute water surface profiles

**14.5 Resultados para un período de retorno de 1: 100 años (**Terreno Original**)**

**Ver Anexo 1 (Secciones hidráulicas)**

Tabla 8. Resumen de los resultados con un período de retorno de 1:100 años

Estación	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Área
	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )
Estación #1	52.54	51.66	52.73	0.001714	1.94	184.62
Estación #2	52.48		52.64	0.001019	1.74	205.59
Estación #3	52.18		52.48	0.002065	2.45	146.21
Estación #4	52.24		52.35	0.000594	1.47	244.13
Estación #5	52.12		52.26	0.001135	1.68	213.44
Estación #6	51.19		51.98	0.004931	3.93	90.99
Estación #7	51.4		51.71	0.001527	2.48	144.5
Estación #8	51.51		51.6	0.000585	1.39	257.04
Estación #9	51.28		51.49	0.002505	1.99	180.22
Estación #10	50.65		51.24	0.004931	3.39	105.44
Estación #11	50.64		51	0.003036	2.65	135.14
Estación #12	50.36		50.84	0.005046	3.06	117.06
Estación #13	50.52		50.66	0.000914	1.66	216.09
Estación #14	50.41		50.61	0.001524	1.99	179.67
Estación #15	50.36		50.53	0.001118	1.79	200.32
Estación #16	48.74	48.74	50.23	0.009525	5.41	66.13
Estación #17	48.34	48.56	49.62	0.013304	5.01	71.44
Estación #18	48.5	48.52	49.04	0.010633	3.26	110.24
Estación #19	46.17	46.74	48.22	0.05637	6.34	56.48



Ing. Adán Antonio Cogley Canto  
C.I.P. 9-715-349 / Idoneidad 2008-006-034  
Santiago de Veraguas- Panamá  
Tel. (507) 6286-9809

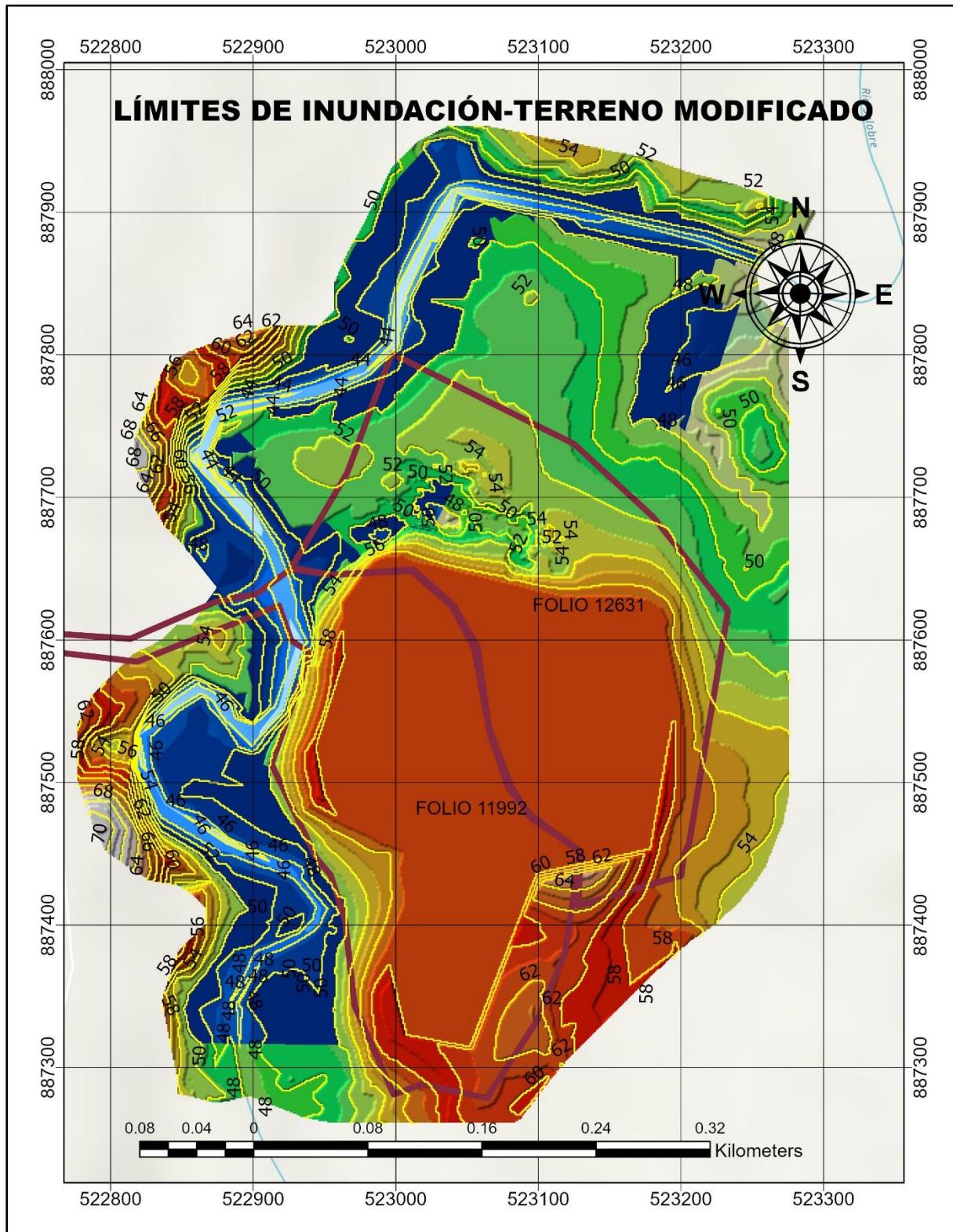
# **ANEXO 1**

**14.6 Resultados para un período de retorno de 1: 100 años (**Terreno Modificado**)**

**Ver Anexo 2 (Secciones hidráulicas)**

Tabla 9. Resumen de los resultados con un período de retorno de 1:100 años

Estación	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Área (m <sup>2</sup> )
Estación #1	52.54	51.66	52.73	0.001714	1.94	184.62
Estación #2	52.48		52.64	0.001019	1.74	205.59
Estación #3	52.18		52.48	0.002065	2.45	146.21
Estación #4	52.24		52.35	0.000594	1.47	244.13
Estación #5	52.12		52.26	0.001135	1.68	213.44
Estación #6	51.19		51.98	0.004931	3.93	90.99
Estación #7	51.4		51.71	0.001527	2.48	144.5
Estación #8	51.51		51.6	0.000585	1.39	257.04
Estación #9	51.28		51.49	0.002505	1.99	180.22
Estación #10	50.65		51.24	0.004931	3.39	105.44
Estación #11	50.64		51	0.003036	2.65	135.14
Estación #12	50.36		50.84	0.005046	3.06	117.06
Estación #13	50.52		50.66	0.000914	1.66	216.09
Estación #14	50.41		50.61	0.001524	1.99	179.67
Estación #15	50.36		50.53	0.001118	1.79	200.32
Estación #16	48.74	48.74	50.23	0.009525	5.41	66.13
Estación #17	48.34	48.56	49.62	0.013304	5.01	71.44
Estación #18	48.5	48.52	49.04	0.010633	3.26	110.24
Estación #19	46.17	46.74	48.22	0.05637	6.34	56.48



Ing. Adán Antonio Cogley Canto  
C.I.P. 9-715-349 / Idoneidad 2008-006-034  
Santiago de Veraguas- Panamá  
Tel. (507) 6286-9809

# **ANEXO 2**

## 15. Conclusiones

- El análisis muestra los niveles de aguas máximas esperadas en cada estación de los perfiles del área de drenaje en estudio. Para las condiciones existentes sobre cauce se presenta un análisis hidráulico e hidrológico de acuerdo con los parámetros indicados para un periodo recurrencia de 100 años.
- El estudio Hidráulico e Hidrológico fue realizado tomando en cuenta niveles de topografía los cuales fueron modelados para determinar el Nivel de Aguas Máximas Esperadas.
- El nivel de seguridad se encuentra a un nivel de 53.50 m.
- Los resultados antes y después del corte del terreno permanecen iguales, debido a que los trabajos de corte se realizarán por encima de esta cota.