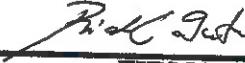




**Consultores
Ambientales
y Multiservicios, S.A.**

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO TRAMO DE LA QUEBRADA EL VENENO

RICARDO E. GÜETE CALDERON INGENIERO CIVIL C.I.Nº 2008-006-110

FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959 Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura



Realizado por:

**Ing. RICARDO GÜETE
C.I.Nº 2008-006-110
(Ingeniero Civil)**

Agosto 2021

Contenido

1	Introducción.....	6
2	Objetivos del proyecto	7
3	Localización de la Cuenca en estudio	8
3.1	Descripción general de la Microcuenca de la Quebrada El Veneno	8
3.2	Cuenca hidrográfica del río Santa María - 132.....	8
4	Análisis Hidrológico	12
4.1	Caracterización de la Microcuenca de la Qda. El Veneno.....	12
4.1.1	Geología y geomorfología.....	12
4.1.2	Clasificación de drenajes.....	13
4.1.3	Textura de los suelos	14
4.1.4	Capacidad agrológica de los suelos	17
4.1.4.1	Clase VII No arable, con limitaciones muy severas	17
4.1.5	Cobertura boscosa y usos de suelo.....	18
4.2	Clasificación de clima según Mckay	21
4.2.1	Clima subecuatorial con estación seca:.....	21
4.3	Zonas de vida según Holdridge	22
4.3.1	Bosque húmedo tropical:.....	23
4.4	Parámetros biofísicos	23
4.5	Régimen de precipitación	25
4.6	Caudales promedios, máximos y mínimos.....	27

4.7	Exploración de aguas subterráneas	31
4.8	Caudales extremos	32
4.8.1	Método racional.....	32
5	Simulación Hidráulica	37
5.1	Perfil Longitudinal del tramo de estudio de la Quebrada El Veneno.	39
6	Conclusiones y Recomendaciones.....	45
6.1	Conclusiones.....	45
6.2	Recomendaciones	46
7	Referencias Bibliográficas.....	47
	ANEXO A.....	48
	ANEXO B.....	55
	ANEXO C.....	60

Índice de Figuras

Figura No. 1. Microcuenca de la Quebrada El Veneno hasta área de estudio.....	9
Figura No. 2. Mapa de Localización Regional.....	10
Figura No. 3. Clasificación de drenajes en área de estudio.	11
Figura No. 4. Relación de texturas de suelo según la FAO. Fuente: Propiedades físicas del suelo, 8 de diciembre de 2013. http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/	14
Figura No. 5. Texturas de los suelos de la microcuenca de la Qbda. El Veneno.	16
Figura No. 6. Capacidad agrológica de los suelos. Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, Ministerio de Ambiente, Año 2010.....	18
Figura No. 7. Cobertura boscosa y uso de suelo de la microcuenca de la Qbda. El Veneno. Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, Ministerio de Ambiente, Año 2010... ..	21
Figura No. 8. Régimen de precipitación en el área de estudio. Fuente: Balance Hídrico Superficial de la de Panamá Período (1971-2002),, Año 2008.	25
Figura No. 9. Régimen mensual de precipitación de le estación de San Juan (132-016). Fuente: Datos de Hidrometeorología de ETESA.	26
Figura No. 10. Ubicación de estación de referencia de San Juan (132-016) con respecto al área de estudio.....	27
Figura No. 11. Selección de estación de referencia hidrológica entra microcuenca El Veneno y estación Gatú.....	28
Figura No. 12. Distribución de caudales promedios, máximos y mínimos mensuales en la estación de Gatú en el río Gatú.....	29
Figura No. 13. Distribución de caudales promedios, máximos y mínimos mensuales estimados para la microcuenca de la quebrada El Veneno.....	30

Figura No. 14. Distribución espacial de la pendiente por porcentaje de aumento de la microcuenca de la quebrada El Veneno.....	34
Figura No. 15. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia de estación meteorológica de Santiago.....	36
Figura No. 16. Vista de Planta del Modelo Hidráulico en Hec-Ras con modelo de elevación generado con topografía y batimetría en sitio.....	38
Figura No. 17. Perfil longitudinal tramo de estudio de la quebrada El Veneno.....	39
Figura No. 18. Sección transversal de tramo de la quebrada El Veneno.	39
Figura No. 19. Perfil longitudinal de tramo de la quebrada El Veneno (recurrencia de 100 años).	40
Figura No. 20. Sección Transversal tramo de la quebrada El Veneno (recurrencia de 100 años).	40
Figura No. 21. Tramo d la quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años.....	41
Figura No. 22. Mapa de planicie de inundación de tramo de la Quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años.....	43
Figura No. 23. Planicie de inundación de tramo de la quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años (Con modelo digital de elevación).	44

Índice de Cuadros

Cuadro No. 1. Clasificación de Geología y Geomorfología de la microcuenca Qbda El Veneno (Fuente: Atlas Ambiental, Año 2010).	13
Cuadro No. 2. Clasificación de textura de suelo de la microcuenca Qbda El Veneno.....	15
Cuadro No. 3. Clasificación de cobertura de suelo de la microcuenca Qbda El Veneno. Fuente: Ministerio de Ambiente, Año 2012.	19
Cuadro No. 4. Clasificación de zonas de vida en Panamá. Fuente; Atlas Ambiental de la República de Panamá.	22
Cuadro No. 5. Cálculo de tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento.....	24
Cuadro No. 6. Caudales promedios, máximos y mínimos mensuales medidos en estación Gatú para período 1957-1998 (Fuente: Datos históricos de hidrometeorología de ETESA).	30
Cuadro No. 7. Caudales promedios, máximos y mínimos mensuales estimados para la microcuenca el Veneno por correlación de datos con la estación Gatú.....	31
Cuadro No. 8. Localización de pozos de observación en el área de estudio.....	31
Cuadro No. 8. Coeficiente de escorrentía para diferentes escenarios de cobertura , textura y pendiente de terreno. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 2003).	35
Cuadro No. 9. Variables hidráulicas de secciones del tramo de la quebrada El Venenoi (100 años).	41

1 Introducción

Con el propósito de evaluar el comportamiento hidrológico de la microcuenca de la quebrada El Veneno e hidráulico de un tramo de la misma, se ha solicitado la elaboración de un estudio hidrológico y simulación hidráulica para determinar los niveles de inundación para una recurrencia de 100 años, y su influencia dentro del polígono del área de estudio. El proyecto se encuentra ubicado en el corregimiento de El Remance, distrito de San Francisco, provincia de Veraguas.

La Empresa Grupo Consultores Ambientales y Multiservicios, S.A., ha solicitado la elaboración de un estudio hidrológico del área de influencia del proyecto, y se ha contemplado la simulación hidrológica e hidráulica de un tramo de la Quebrada El Veneno. Para el análisis hidrológico se contemplará la estimación de caudales promedios, máximos y mínimos utilizando como referencia la información hidrológica de estaciones cercanas y para caudales extremos la implementación del método racional.

El levantamiento topográfico del proyecto fue suministrado por la empresa contratista. La información suministrada por el cliente tiene una referencia espacial WGS84 Zona 17N (World Geodesic System 84) para ser analizada dentro del proyecto. Para la elaboración de este estudio fue necesario implementar el modelo hidráulico (HEC-RAS) y el software para Sistemas de Información Geográfica (ARC-GIS).

2 Objetivos del proyecto

- Evaluar el comportamiento hidrológico de la microcuenca de la Quebrada El Veneno y otros afluentes menores dentro del área de estudio.
- Estimar los caudales promedios, máximos y mínimos utilizando como referencia información hidrológica cercana a la microcuenca de estudio.
- Estimar el caudal para un período de retorno de 100 años que drenan al área de influencia del proyecto mediante la aplicación del método racional.
- Realizar la simulación hidráulica utilizando el modelo **HEC-RAS** de las condiciones de terreno naturales de un tramo de la quebrada El Veneno y las zonas colindantes.
- Elaborar mapa de planicie de inundación para una recurrencia de 100 años.
- Presentar la tabla de resultados de los parámetros hidráulicos de más relevancia para indicar el comportamiento bajo las condiciones de frontera del modelo.

3 Localización de la Cuenca en estudio

El proyecto Greenfield Mining está ubicado en el corregimiento de Remance, perteneciente al distrito de San Francisco, provincia de Veraguas, aproximadamente a 37.5 Km de distancia de la ciudad de Santiago. El acceso al mismo toma alrededor de 65 minutos viajando por la carretera que de Santiago conduce a Santa Fe, haciendo un desvió en la entrada al poblado La Honda.

El área de estudio delimitada para cumplir con los objetivos de este estudio hidrológico y simulación hidráulica, abarca la parte alta de la microcuenca de la quebrada El Veneno, cuya superficie es de 127.07 hectáreas (Ver Mapa de localización regional).

3.1 Descripción general de la Microcuenca de la Quebrada El Veneno

La microcuenca de la quebrada El Veneno objeto de este estudio hidrológico, pertenece a la región hídrica del Pacífico Central, los cursos de agua de esta región hídrica desembocan en el océano Pacífico y sus cuencas hidrográficas presentan menores intensidades de lluvias. Sus niveles de precipitación predominan en el rango entre los 1,000 y 3,500 mm.

El curso de agua principal de esta microcuenca es la Quebrada El Veneno, cuya longitud aproximada es de 6.12 Km desde su nacimiento en el Cerro Esquinao (340 m.s.n.m) en el corregimiento de Remance, hasta el punto donde deposita sus aguas en el río Santa María (límite corregimental del Remance y San Marcelo). La microcuenca forma parte de la región hídrica de San Francisco, perteneciente a la Cuenca hidrográfica del río Santa María, denominada con el código 132 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA). (Ver mapa de superficie de drenaje)

3.2 Cuenca hidrográfica del río Santa María - 132

La cuenca hidrográfica del río Santa María cuenta con un área total de drenaje de 3363,63 Km², lo que representa el 4,56% de la superficie total del territorio de la República de Panamá.

Su río principal es el Santa María, el cual posee una longitud de 168 Km, desde su nacimiento en la región del Pantano (distrito de Santa Fe) hasta su desembocadura en la Bahía de Parita (provincia de Herrera).

La cuenca 132 limita al norte, con la cuenca hidrográfica del río Calovébora (097), la cuenca hidrográfica del Entre Ríos entre Calovébora y Veraguas (099), al noreste con la cuenca hidrográfica del río Veraguas (101), al noroeste con la cuenca hidrográfica del río San Pablo (118); al sur oeste con la cuenca hidrográfica del río San Pedro (120); al sur con la cuenca hidrográfica del río Parita (130) y al este con la cuenca hidrográfica del río Grande (134). Su elevación media es de 200 msnm y el punto más alto se encuentra en la Cordillera Central con una elevación de 1528 msnm.

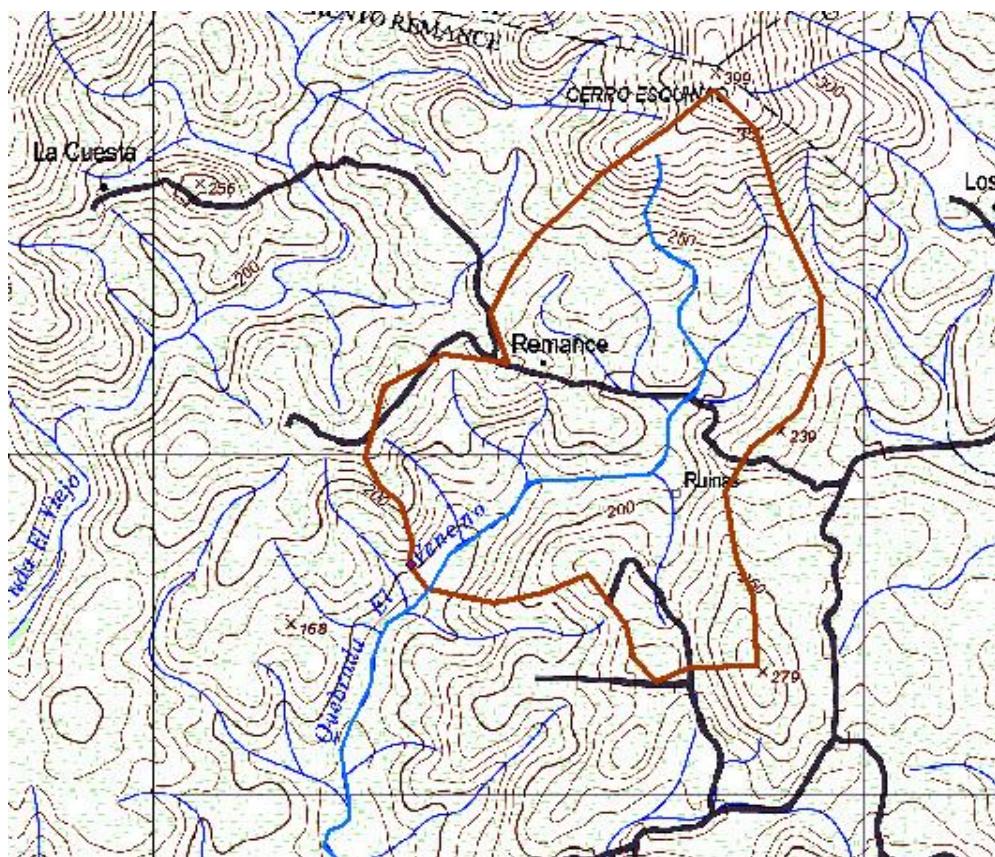


Figura No. 1. Microcuenca de la Quebrada El Veneno hasta área de estudio.

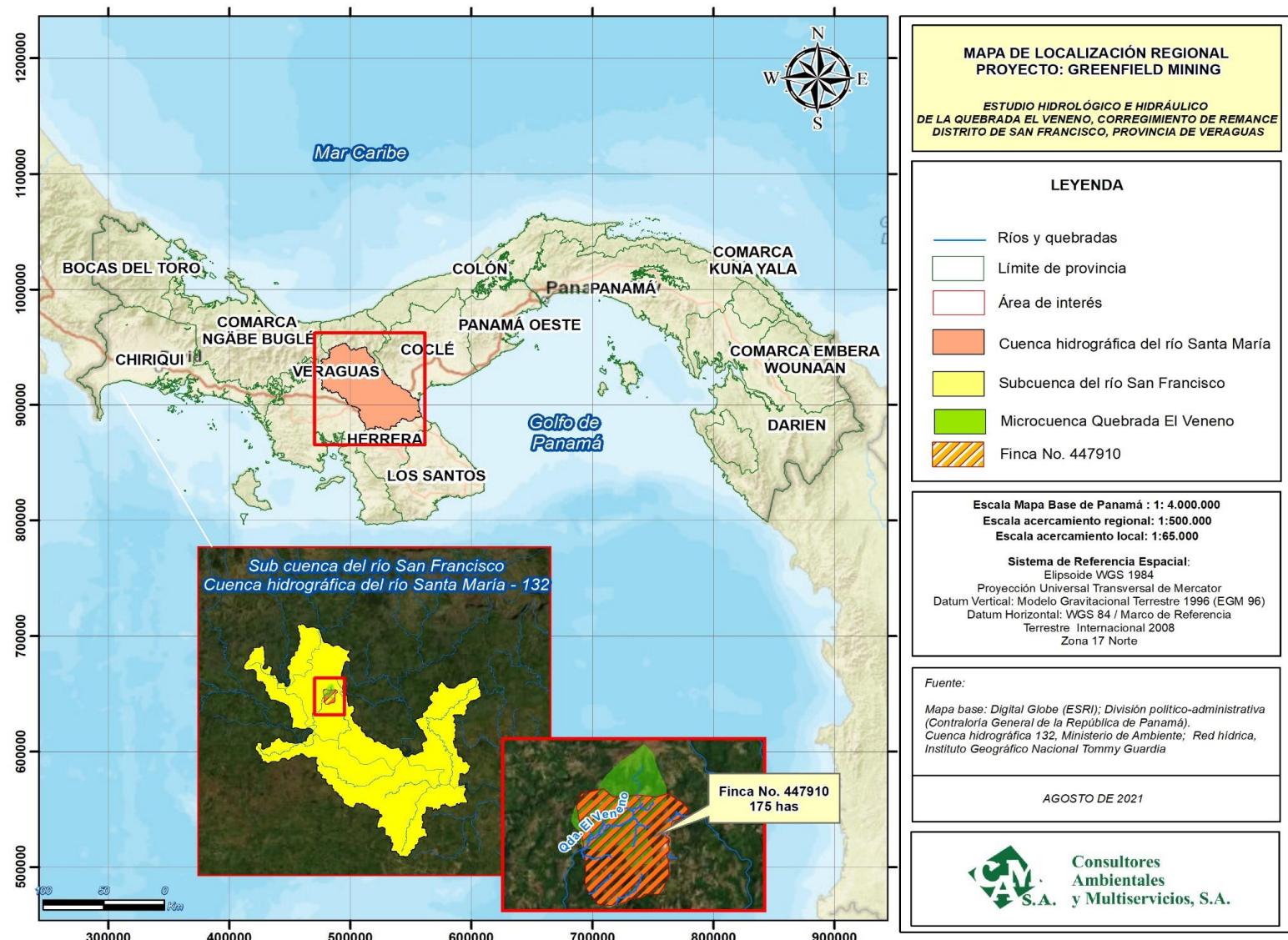


Figura No. 2. Mapa de Localización Regional.

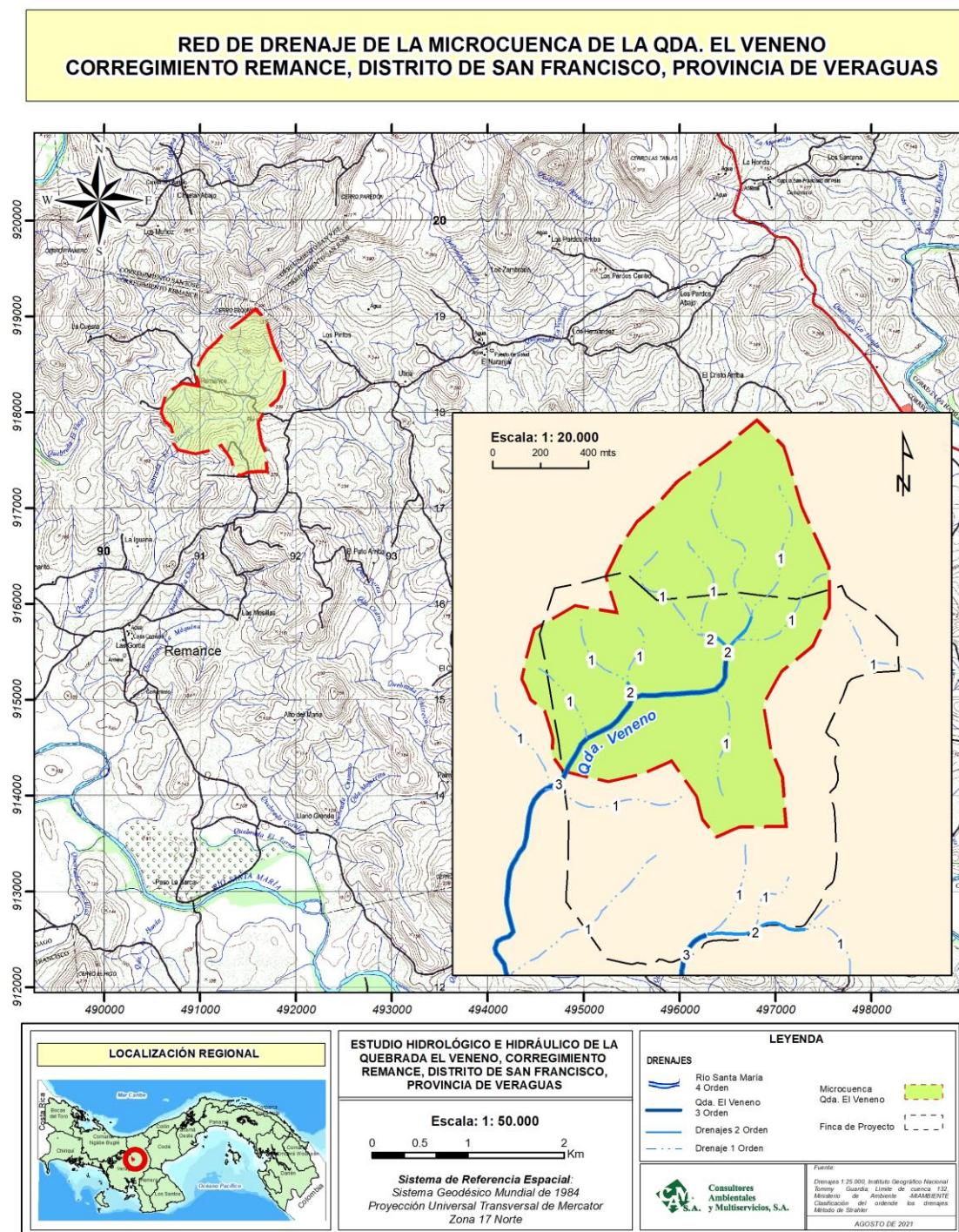


Figura No. 3. Clasificación de drenajes en área de estudio.

4 Análisis Hidrológico

4.1 Caracterización de la Microcuenca de la Qda. El Veneno

4.1.1 Geología y geomorfología

Los suelos de la de microcuenca de la quebrada El Veneno se han desarrollado bajo la influencia de las condiciones climáticas imperantes a partir de un material parental casi uniforme de rocas ígneas extrusivas basálticas, andesíticas de la formación geológica Tucué (TM-CATu). Esta formación volcánica perteneciente al Grupo Cañazas, es representativa de la zona norte de las provincias de Veraguas y Coclé, de la provincia de Panamá Oeste y parte de la provincia de Colón, está compuesta principalmente por lavas andesíticas-basálticas, brechas, tobas, subintrusivos, conglomerados, volcanoclásticos y flujos de debris. Los conglomerados están por bloques de andesitas con poca matriz y sin estratificación.

Geomorfológicamente la superficie de drenaje de la microcuenca se ve influenciada por las formas típicas de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Santa María, caracterizada por la presencia de rocas ígneas extrusivas del terciario propias de la Cordillera Central, que en su tramo veragüense- coclesana se encorva y toma dirección oeste- este. También existe formación tectónica del tipo cornisa y fallas en sentido este-oeste.

Las rocas igneas extrusivas basalticas tiene baja porosidad, la permeabilidad que se pueda desarrollar se debe al saprolito que es el horizonte de roca meteorizado y al suelo más superficial, por lo que las surgencias de las microcuenca que están dentro del área de estudio están más asociadas a las aguas de lluvia de tiempos de residencia cortos mediante flujos supsuperficiales. Por otra parte, los suelos que predominan en la zona de estudio son arcillosos por lo que los caudales bases que pueda tener las quebradas y flujos intermitentes son relativamente bajos. En el Anexo B, se presentan algunas imágenes de sitios de exploración realizada en mayo del 2021, en donde se presenta por una parte la intermitencia de algunos drenajes estacionarios y algunos puntos en donde se empoza el agua en la capa supsuperficial, donde producto de la textura del suelo arcilloso la misma no permea. De igual forma se presentan imágenes

de sitios que fueron identificados como drenajes naturales totalmente secos, lo cual es una condición natural de algunos drenajes con correientes efimeras cuya actividad se da cuando hay registros de lluvia.

Morfológicamente la microcuenca presenta un paisaje de montañas medias y bajas del Terciario Indiferenciado, cuyas alturas oscilan entre 200 y 400 m.s.n.m. y con pendientes que varían entre mediana y fuertemente inclinadas.

Geología						
Grupo	Formación	Símbolo	Formas	Significado	Área (km ²)	%
Cañazas	Tucué	TM-CATu	Volcánicas	Andesitas/basaltos, lavas, brechas, tobas y plugs.	127.07	100
TOTAL					127.07	100
Geomorfología						
Tipo	Morfo cronología	Litología			Área (km ²)	%
Tierra	Terciario	Rocas ígneas extrusivas (basalto, andesita, toba, ignimbrita, etc.)			127.07	100
TOTAL					127.07	100

Cuadro No. 1. Clasificación de Geología y Geomorfología de la microcuenca Qbda El Veneno (Fuente: Atlas Ambiental, Año 2010).

4.1.2 Clasificación de drenajes

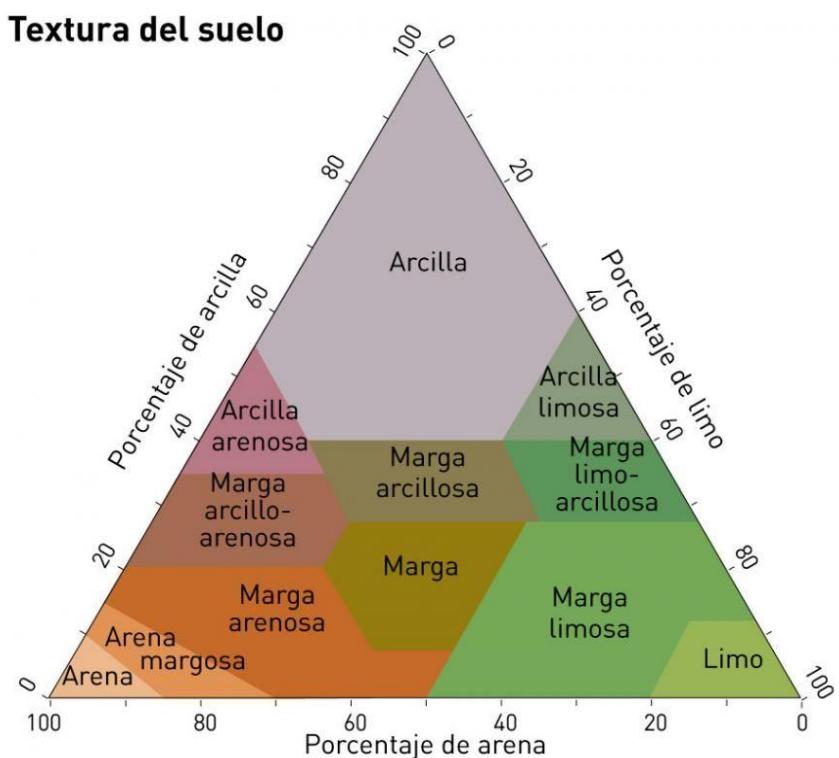
Para la clasificación de los drenajes por orden se aplicó el método de Strahler, el cual asigna un orden 1 a todos los vínculos sin afluentes y se les conoce como de primer orden. La clasificación de arroyos aumenta cuando los se intersecan con otros se da una confluencia. Por lo tanto, a intersección de dos vínculos de primer orden creará un vínculo de segundo orden, la intersección de dos vínculos de segundo orden creará un vínculo de tercer orden, y así sucesivamente. En la figura No. 3 se presenta la red de drenaje del área de estudio tanto de la microcuenca de la quebrada El Veneno como también de otros drenajes intermitentes dentro del área de estudio.

La mayor parte de los drenajes de están dentro del área de estudio son de primer orden, lo que indica que son tributarios de corta longitud y de áres de drenaje inferiores a 20 hectareas.

4.1.3 Textura de los suelos

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) define como textura de suelo al contenido de partículas o las cantidades relativas de arena, limo y arcilla presentes en los mismos, además, indica que esta propiedad tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en él.

Estos son los tipos de texturas definidos de acuerdo con sus características:



Fuente: FAO/CUP

Figura No. 4. Relación de texturas de suelo según la FAO. Fuente: Propiedades físicas del suelo, 8 de diciembre de 2013. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

En el siguiente cuadro se presenta la distribución de los tipos de textura en los suelos de la microcuenca de la quebrada El Veneno:

TEXTURA	Área (has)	%
Arcilloso	93.49	74
Franco Arcilloso	33.57	26
TOTAL	127.07	100.0

Cuadro No. 2. Clasificación de textura de suelo¹ de la microcuenca Qbda El Veneno.

La predominancia de los suelos de tipo **arcillosos** en la microcuenca de la quebrada El Veneno es alta, cerca del 74% de los suelos de esta microcuenca corresponden a este tipo de suelos con textura pesada, pero de grano pequeño (de menos de 0.001 mm), lo que representa 93.49 hectáreas de terreno.

Los suelos arcillosos deben su nombre a su composición mineral (la arcilla). Por el almacenamiento de este y otros minerales, estos suelos no requieren de mucho abono, pues son capaces de retener más nutrientes que los arenosos y actúan como un reservorio de nutrientes.

Visualmente los suelos con textura arcillosa tienden a tener un color rojizo o grisáceo, además son pegajosos y compactos cuando están húmedos. La mayoría de estos suelos tienen mal drenaje, son difícilmente penetrables por el sistema radicular y difíciles de trabajar.

¹ Tabla generada por el Consultor con datos del IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), 2006. Proyecto: "Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes".

Por su parte, el otro 26% de los suelos del área de estudio son de tipo **Franco Arcillosos**, estos suelos son predominantes en la parte media y baja de la cuenca hidrográfica del río Santa María.

El suelo franco es uno de los tipos de suelo con mayor productividad agrícola, ya que tiene una proporción de arena, limo y arcilla idónea para los cultivos, sin embargo, los suelos franco arcillosos se caracterizan por tener más arcilla de lo que se considera óptimo, lo que les da una textura algo más suave que la del franco-arenoso, pero se diferencia de él por el color que es más oscuro, y por ser más moldeable.

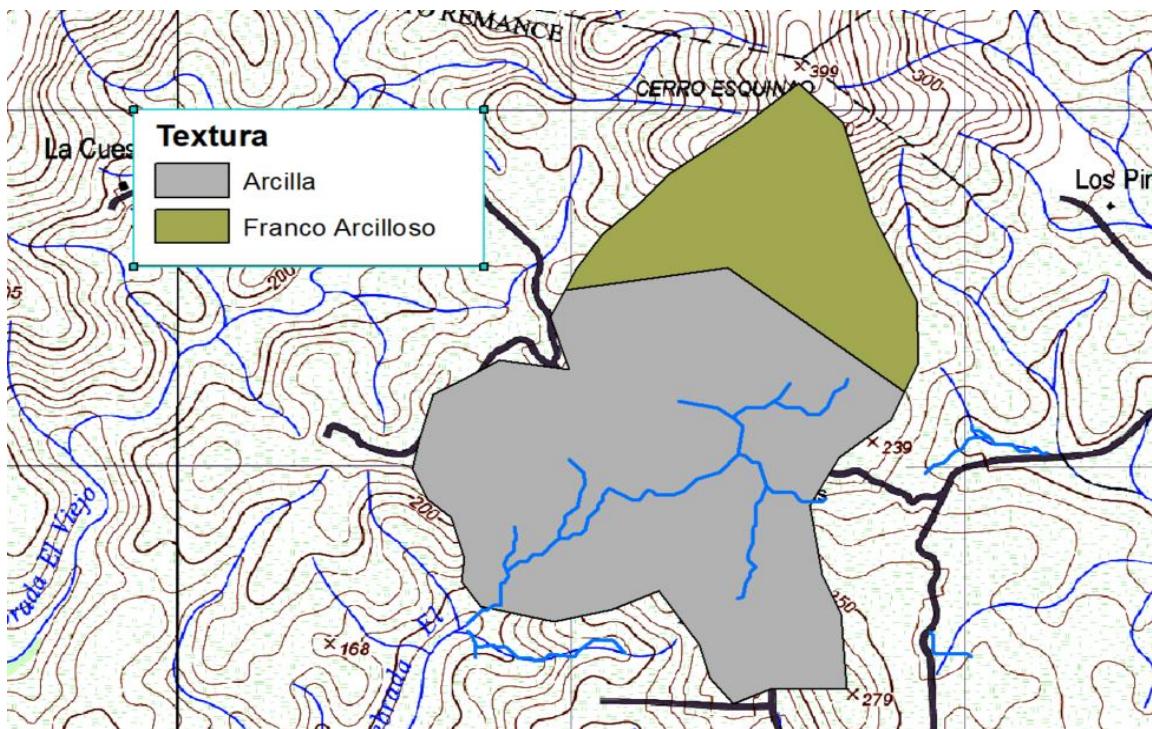


Figura No. 5. Texturas de los suelos de la microcuenca de la Qbda. El Veneno.

4.1.4 Capacidad agrológica de los suelos

Los suelos se clasifican en ocho clases de tierras y se designan con números romanos, que van del I al VIII. Las tierras de Clase I son las tierras óptimas, es decir, que no tienen limitaciones y a medida que aumentan las limitaciones se designan progresivamente con números romanos hasta la Clase VIII. Las tierras de las Clases I a IV son de uso agrícola. Las Clases II y III tienen algunas limitaciones, y la Clase IV es marginal para la agricultura. Las Clases V, VI y VII son para uso forestal, frutales o pastos. La Clase VIII son tierras destinadas a parques, áreas de esparcimiento, reservas y otras.

Los suelos de la microcuenca de la quebrada El Veneno se encuentran dentro de la clasificación VII, según su capacidad de uso.

4.1.4.1 Clase VII No arable, con limitaciones muy severas

Esta clase es apta para el manejo del bosque natural, además de protección. Las limitaciones son tan severas que ni siquiera las plantaciones forestales son recomendables en los terrenos de esta clase. Cuando existe bosque en estos terrenos se deben proteger para provocar el reingreso de la cobertura forestal mediante la regeneración natural. En algunos casos y no como regla general es posible establecer plantaciones forestales con relativo éxito y también pastos.

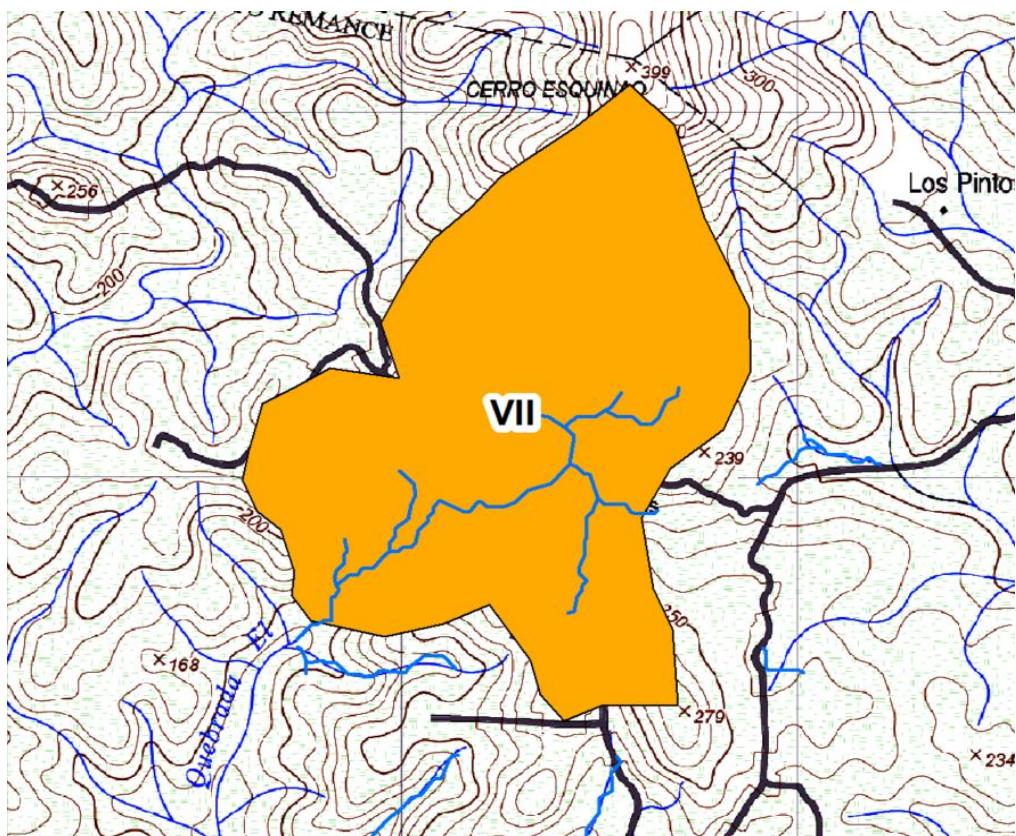


Figura No. 6. Capacidad agroológica de los suelos. Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, Ministerio de Ambiente, Año 2010.

4.1.5 Cobertura boscosa y usos de suelo

De acuerdo con la información oficial del sistema de clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques, realizado por la Autoridad Nacional del Ambiente – ANAM (2012), hoy en día elevada a Ministerio de Ambiente de la República de Panamá, en los suelos de la superficie de drenaje de la microcuenca de la quebrada El Veneno, existe una predominancia de uso del 61.7% de suelos en categoría de rastrojos, 30.7% con destinación de uso de áreas de pastos, 6.6% a Bosques secundarios y el 1% a otros cultivos anuales, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Cobertura y/o uso del suelo	Área (has)	%
Bosque secundario	8.43	6.6
Otros cultivos anuales	1.24	1
Pastos	38.97	30.7
Rastrojos	78.42	61.7
TOTAL	127.07	100

Cuadro No. 3. Clasificación de cobertura de suelo de la microcuenca Qbda El Veneno. Fuente: Ministerio de Ambiente, Año 2012.

A continuación, se describen las categorías de cobertura y uso de los suelos encontrados dentro del área de estudio (Ver Figura 7):

Bosque secundario

Bosque en un estado sucesional anterior al bosque maduro, que se desarrolló después de que toda o la mayoría de la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales. Corresponde a estados sucesionales que no presentan características de rastrojo ni de bosque maduro.

El bosque secundario se caracteriza por:

- Mayor presencia de especies pioneras.
- Poca presencia de árboles con copas grandes.
- Mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas medias y bajas.
- Mayor presencia de sotobosque.

El bosque secundario se distingue del rastrojo por tener una altura promedio mayor a 5 metros y una cobertura de dosel superior al 30 por ciento. Se considera también como bosque secundario a los rastrojos con altura menor a 5 metros que hayan sido declarados para fines forestales.

Cultivo anual

Tierra con cultivos agrícolas temporales. No incluye tierra que queda abandonada después de un cultivo migratorio. Los cultivos anuales se puede subdividir en:

- Arroz
- Caña de azúcar
- Horticultura mixta
- Maíz
- Piña
- Otro cultivo anual

Pastos

Tierra utilizada para producir forraje herbáceo, ya sea que éste crezca de manera natural o que sea cultivado.

Rastrojo

Rastrojo es la vegetación secundaria de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas que aparece naturalmente después de un uso agropecuario. Tiene una altura promedio menor de 5 metros. Aunque cumple con los criterios de bosque en términos de su capacidad de alcanzar una altura promedio mayor de 5 metros y 30% de cobertura de copa in situ, no se considera bosque hasta que haya alcanzado una altura promedio de 5 metros y una cobertura de copa de 30 por ciento. Excepción: rastrojos con una altura promedio menor de 5 metros, y que in situ sean capaces de alcanzar los criterios establecidos en la definición de bosque, podrán ser considerados como bosque cuando su uso ha sido declarado con fines forestales.

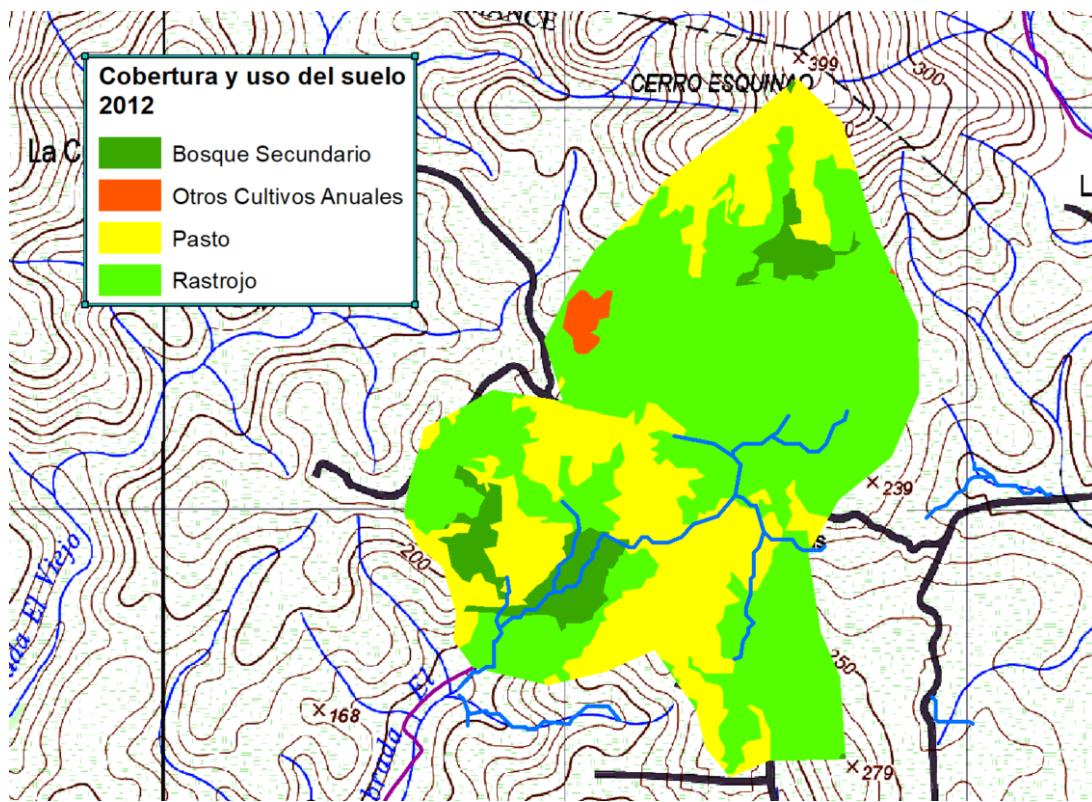


Figura No. 7. Cobertura boscosa y uso de suelo de la microcuenca de la Qbda. El Veneno. Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, Ministerio de Ambiente, Año 2010.

4.2 Clasificación de clima según Mckay

De acuerdo con la clasificación climática de Alberto Mckay (2000) que se presenta en el Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); la microcuenca objeto de este análisis presentan un clima subecuatorial con estación seca.

4.2.1 Clima subecuatorial con estación seca:

Este clima se presenta como el clima de mayor extensión en Panamá. Es cálido, con promedios anuales de temperatura de 26.5 a 27.5 °C en las tierras bajas (< 20 msnm), en tanto que para las tierras altas (aprox. 1,000 m) la temperatura puede llegar a 20°C. Se encuentra en las tierras bajas y montañosas hasta 1,000 metros de altura en la vertiente del Pacífico en Chiriquí, Veraguas, en sectores montañosos de Azuero y Coclé y en las montañas de Panamá, San Blas y Darién. Los niveles de precipitación

son elevados, cercanos o superiores a los 2,500 mm, alcanza los 3,519 en Remedios. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración.

4.3 Zonas de vida según Holdridge

De acuerdo con Holdridge: “Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las condiciones edáficas, las etapas de sucesión y que tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo”.

El sistema de zonas de vida de Holdridge permite la clasificación de dichas áreas en 30 clases, 12 de las cuales se encuentran en Panamá.

Zona de vida	Siglas ^a	Superficie (km ²)	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

Cuadro No. 4. Clasificación de zonas de vida en Panamá. Fuente; Atlas Ambiental de la República de Panamá.

La microcuenca de la quebrada El Veneno se encuentra inmersa dentro de la zona de vida clasificada como ***Bosque húmedo tropical (bh-T)***.

4.3.1 Bosque húmedo tropical:

Esta zona de vida ocupa una extensión total en el país de 24530 kilómetros cuadrados, correspondiente al 32% de la misma.

Se encuentra presente tanto en la vertiente Atlántica como Pacífica del país, específicamente en las provincias de Panamá, Colón, Coclé, Darién, Chiriquí, Veraguas, Bocas del Toro y Los Santos. Es reemplazado por asociaciones del Premontano Húmedo en las tierras bajas con altitudes encontradas entre los 300 a 400 metros, o dependiendo de la rapidez con que aumente la precipitación con relación al descenso de la bio-temperatura debido a la elevación en la planicie interior y áreas montañosas por el Bosque Muy Húmedo tropical.

Sus temperaturas oscilan entre los 24 y 26 °C y su nivel de precipitación anual va de los 1850 a 3400 mm.

4.4 Parámetros biofísicos

Para poder realizar el análisis del proyecto se deben estimar una serie de parámetros geomorfológicos de la microcuenca de estudio. Por medio de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se determinaron una serie de variables como área, longitud de drenajes, cotas inferiores y superiores, pendientes, tiempo de concentración y otros. En el cuadro No. 1 se muestran los datos estimados para la microcuenca de la quebrada El Veneno. Los métodos implementados para el tiempo de concentración se refieren al método 1 de California Culverts Practice (1942) y método 2 de Kirpich (1940).

Area =	79.1200 km ²		
Longitud =	5.50 km	18040.00 pies	3.4167 mi
Cota Alta =	1060.00	msnm	
Cota Baja =	1010.00	msnm	
S prom =	0.91 %		
H =	50.00 m	164.00 pies	
		Metodo 1	Metodo 2
tc =		90.33 min	90.23 min
tc prom =	90.28 min		
tc prom =	1.50 hr		
Coef. Alm. =	1.00 hr		

Cuadro No. 5. Cálculo de tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento.

En donde:

Área: área de drenaje hasta el sitio del proyecto.

Longitud: longitud del drenaje del proyecto.

Cota Alta: Cota alta dentro del área de drenaje del proyecto.

Cota Baja: Cota baja dentro del área de drenaje del proyecto.

S prom: Pendiente promedio (porcentualmente).

H: Diferencial entre la cota alta y cota baja.

Tc: tiempo de concentración en minutos y horas.

Coef. Alm: Coeficiente de Almacenamiento en horas

4.5 Régimen de precipitación

El régimen de precipitación del área de estudio corresponde a 2,500 mm, los cuales fueron estimados utilizando la información de las isoyetas del Balance Hídrico Superficial de Panamá para el período (1971-2002). Las isoyetas son líneas de igual precipitación que permiten conocer el comportamiento de la lluvia en promedio anual de una cuenca, subcuenca, microcuenca o área de estudio determinada.



Figura No. 8. Régimen de precipitación en el área de estudio. Fuente: Balance Hídrico Superficial de la Panamá Período (1971-2002), Año 2008.

La distribución de la lluvia durante el año es variable en función de la estación seca y lluviosa, teniendo la primera durante los primeros meses del año entre enero y abril (iniciando en diciembre en algunos años), y con el régimen de lluvia de mayor relevancia durante los meses de mayo a noviembre, con una recesión durante los meses de junio a julio debido a la canícula o veranillo de San Juan, que se produce generalmente durante finales de junio y principios de julio, en donde se registran los mayores registros de

temperatura. Los mayores registros de lluvia se producen durante los meses de septiembre, octubre y noviembre con rango entre 350-460 mm aproximadamente, utilizando como referencia la estación de San Juan (San Francisco) 132-016, la cual tiene registró de más de 30 años (Ver Figura 9). En la figura 10 se presenta la ubicación de la estación de San Juan, la cual se encuentra ubicada 7 Kms al este del área de estudio.

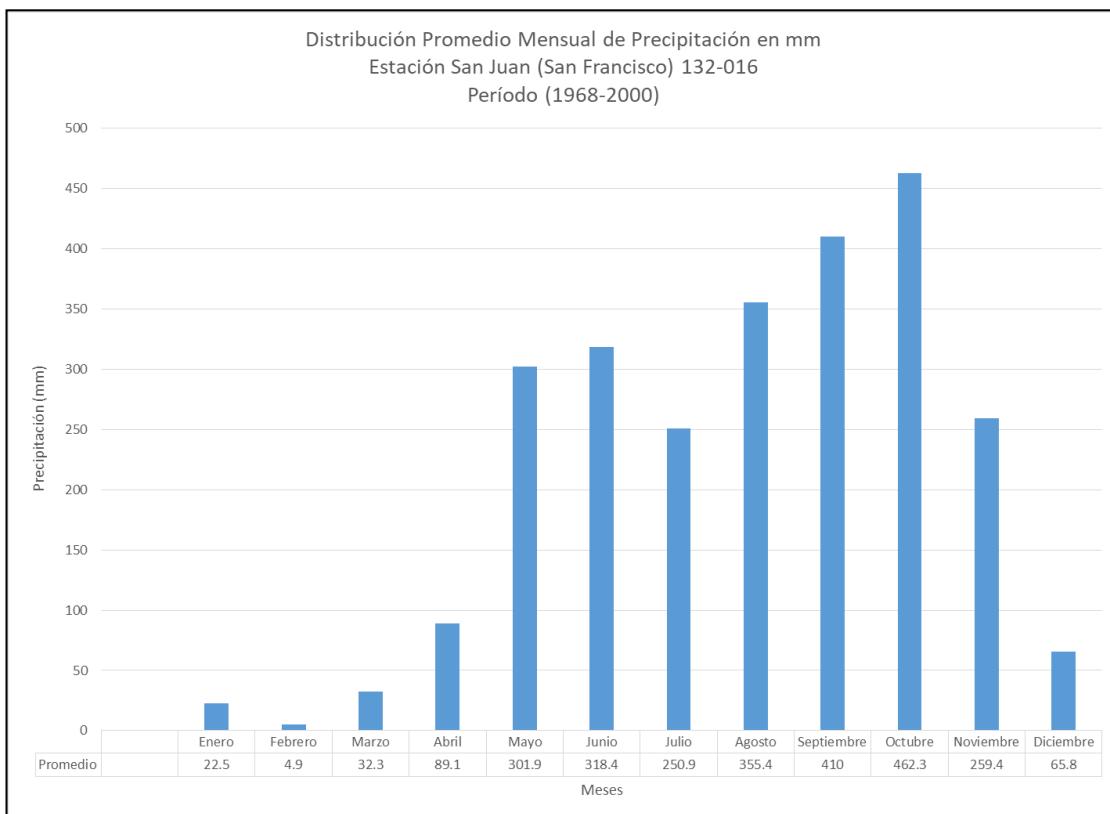


Figura No. 9. Régimen mensual de precipitación de le estación de San Juan (132-016). Fuente: Datos de Hidrometeorología de ETESA.

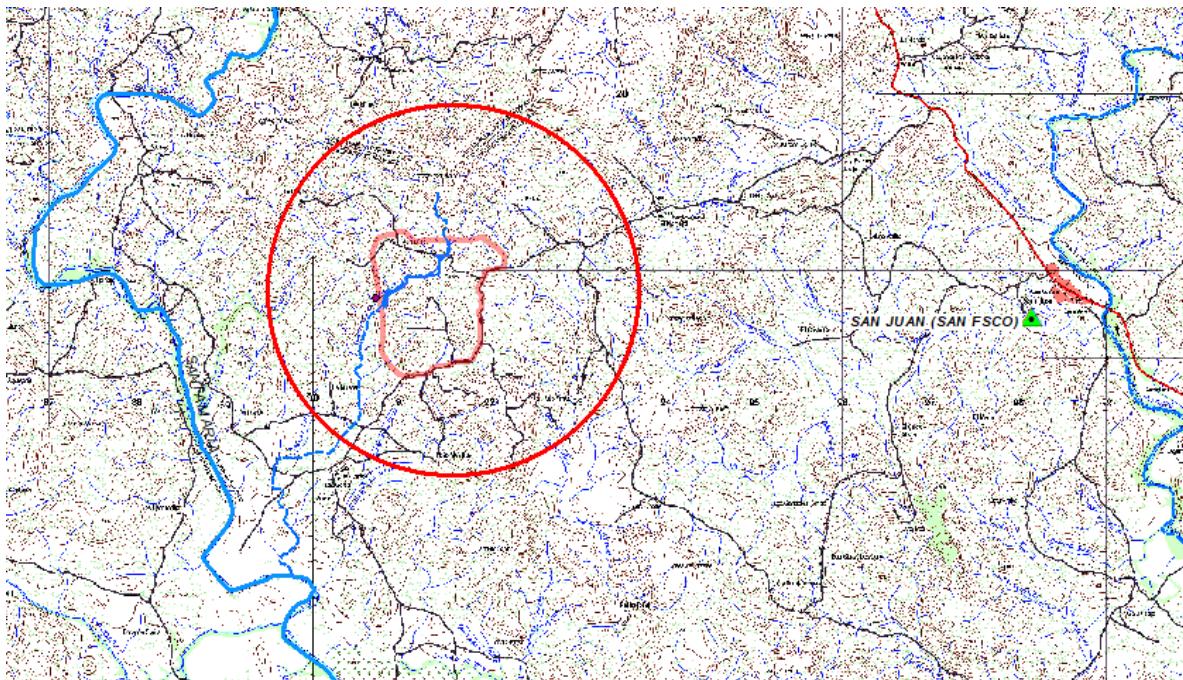


Figura No. 10. Ubicación de estación de referencia de San Juan (132-016) con respecto al área de estudio.

4.6 Caudales promedios, máximos y mínimos

Para la estimación de los caudales promedios, máximos y mínimos de la microcuenca de la quebrada El Veneno se tomó como referencia la estación hidrológica de Gatú (132-03-01), en el río Gatú, ubicada en San Juan, la cual forma parte de un afluente de segundo orden del río Santa María. La estación de Gatú está ubicada aproximadamente a 8 Kms del sitio de estudio de la microcuenca de la Quebrada El Veneno (Ver Figura 11), por lo que forma parte de un área homogénea en cuanto al comportamiento del régimen de lluvia y también el régimen de caudales. El método utilizado para el traslado de caudales desde un sitio con información hidrológica hacia uno que no cuenta con instrumentación es el traslado de caudales por relación de área.

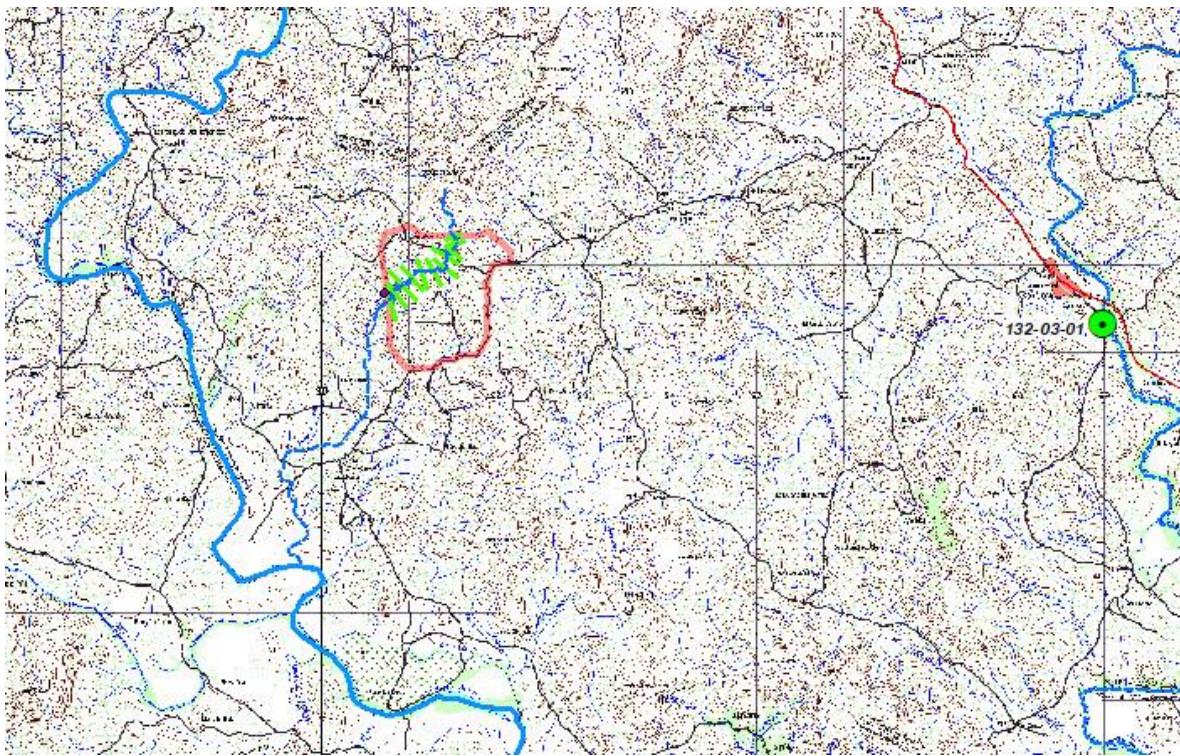


Figura No. 11. Selección de estación de referencia hidrológica entre microcuenca El Veneno y estación Gatú.

La ecuación para la estimación de los caudales promedios, máximos y mínimos de la microcuenca El Veneno es la siguiente:

$$Q_{veneno} = (Área de Qveneno / Área de Qgatú) * Qgatú$$

En donde:

- Q_{veneno} son los caudales estimados de la microcuenca El Veneno por medio de la correlación con una estación con datos medidos.
- $Q_{gatú}$ son los caudales medidos de la estación de Gatú.
- Área de Q_{veneno} es el área de drenaje de la microcuenca El Veneno en Km^2 .
- Área de $Q_{gatú}$ es el área de drenaje de la subcuenca del río Gatú hasta la estación Gatú (132-03-01).

En las figuras 9 y 10 se presentan los gráficos de distribución mensual de la estación Gatú y de los caudales trasladados a la microcuenca El Veneno. Dado que la relación de área de drenaje de la estación hidrológica de Gatú (445 Km^2), con respecto al área de la microcuenca de la quebrada El Veneno (1.2707 Km^2) está en el orden de 450 a 1 apoxidamente los caudales estimados de la quebrada el Veneno son presentados en litros por segundos (l/s). En los cuadros 12 y 13 se presentados los datos utlizados de la estación Gatú y los estimados para la microcuenca El Veneno.

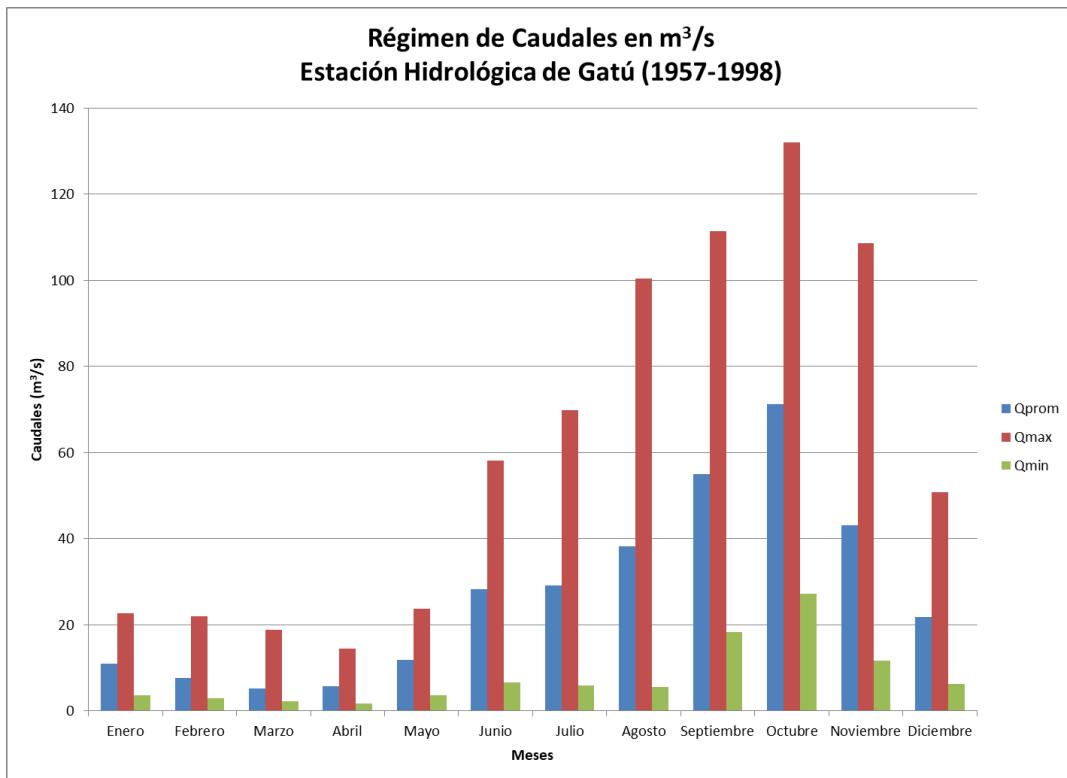


Figura No. 12. Distribución de caudales promedios, máximos y mínimos mensuales en la estación de Gatú en el río Gatú.

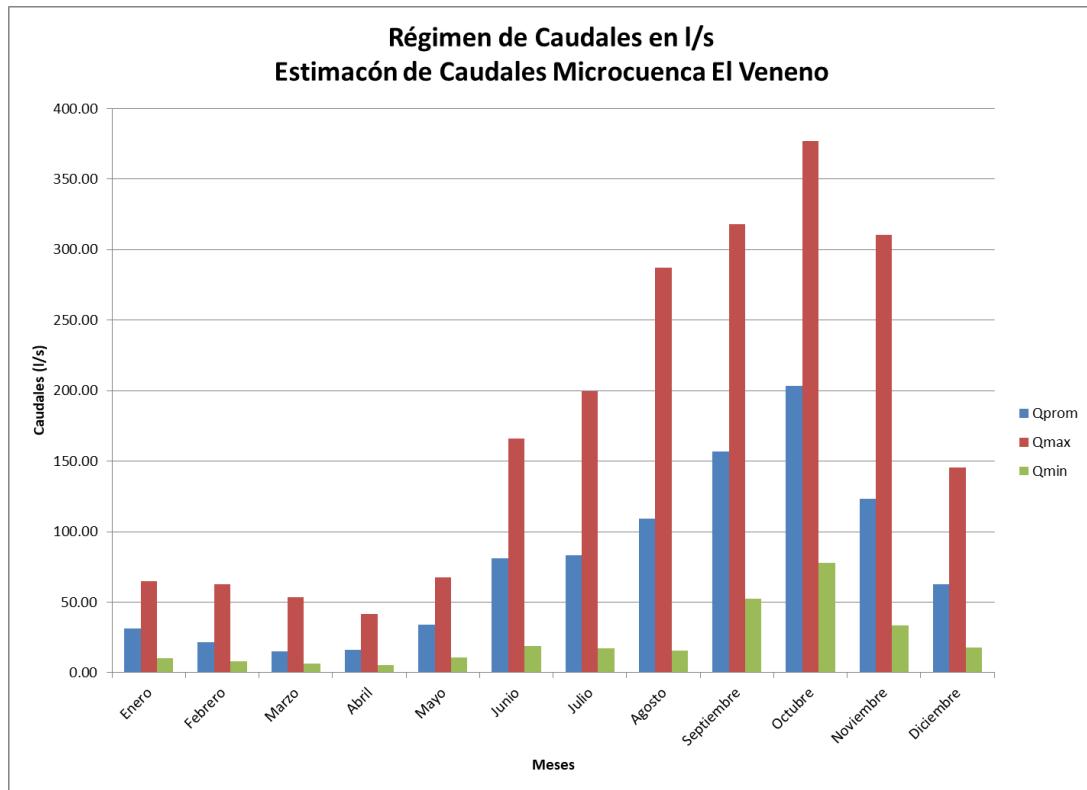


Figura No. 13. Distribución de caudales promedios, máximos y mínimos mensuales estimados para la microcuenca de la quebrada El Veneno.

Meses	Qprom	Qmax	Qmin
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Enero	11	22.7	3.6
Febrero	7.6	22	2.9
Marzo	5.3	18.8	2.2
Abril	5.7	14.5	1.8
Mayo	11.9	23.7	3.7
Junio	28.3	58.1	6.7
Julio	29.2	69.9	6
Agosto	38.2	100.5	5.5
Septiembre	55	111.4	18.4
Octubre	71.3	132	27.2
Noviembre	43.2	108.7	11.7
Diciembre	21.9	50.9	6.2
Promedio	27.38	61.10	7.99

Cuadro No. 6. Caudales promedios, máximos y mínimos mensuales medidos en estación Gatú para período 1957-1998 (Fuente: Datos históricos de hidrometeorología de ETESA).

Meses	Qprom	Qmax	Qmin
	(l/s)	(l/s)	(l/s)
Enero	31.41	64.82	10.28
Febrero	21.70	62.82	8.28
Marzo	15.13	53.68	6.28
Abril	16.28	41.40	5.14
Mayo	33.98	67.68	10.57
Junio	80.81	165.90	19.13
Julio	83.38	199.60	17.13
Agosto	109.08	286.98	15.71
Septiembre	157.05	318.10	52.54
Octubre	203.60	376.93	77.67
Noviembre	123.36	310.39	33.41
Diciembre	62.54	145.35	17.70
Promedio	78.19	174.47	22.82

Cuadro No. 7. Caudales promedios, máximos y mínimos mensuales estimados para la microcuenca el Veneno por correlación de datos con la estación Gatú.

4.7 Exploración de aguas subterráneas

En el área de estudio se realizaron perforaciones para instalación de pozos de observación con el objetivo de conocer la profundidad de la identificación de agua o napas subterráneas para pruebas de muestreo y evaluación de uso a futuro. En el cuadro No. 8 se presentan las coordenadas de la ubicación de los pozos de muestreo y la profundidad a la que se encontró la presencia de agua En el ANEXO C se presentan imágenes de dichos pozos.

Localización de Pozos de Observación				
#	Punto	X	Y	Profundida des (pies)
1	P-1-2021	491461	918158	50
2	P-2-2022	491515	917462	220
3	P-3-2023	491881	917753	120
4	P-4-2024	491532	917225	50
5	P-5-2025	491183	916829	80

Cuadro No. 8. Localización de pozos de observación en el área de estudio.

4.8 Caudales extremos

4.8.1 Método racional

Para obtener el caudal de diseño utilizado como base para la simulación hidráulica se aplicó el método racional, ya que permite obtener los caudales para diferentes períodos de retorno en cuencas que cuenten con un área de drenaje inferior a 250 Hectáreas, este método es comúnmente aplicado en drenajes urbanos donde se aplican canales para el drenaje natural de las aguas pluviales.

En nuestro caso de estudio el área de drenaje corresponde a 127.07 Hectáreas respectivamente, por lo que es aplicable el método racional.

El método racional para la evaluación del caudal consiste en la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q = CIA / 360$$

Donde

Q = Caudal en la sección considerada $\text{m}^3/\text{seg.}$

C = Coeficiente de escorrentía o de flujo superficial de la cuenca.

I = Intensidad media de la lluvia sobre el área de la cuenca tributaria para la sección, mm/hora

Donde 360 es un factor para transformar las unidades resultantes ($\text{Ha}^*\text{mm} / \text{hora}$) a (m^3/s) .

En forma resumida, el cálculo de los caudales de las aguas pluviales, utilizando el método racional, requiere la determinación de los siguientes datos básicos.

- ❖ Relación intensidad precipitación-duración del aguacero de diseño, para utilizarla como base del proyecto.

- ❖ El probable estado futuro de la cuenca vertiente, es decir; el porcentaje de superficie impermeable que puede esperarse cuando el distrito se haya desarrollado lo previsto.
- ❖ El coeficiente de escorrentía, que relaciona el caudal máximo de escorrentía en cualquier punto con la intensidad de la lluvia durante el tiempo de concentración para ese punto.
- ❖ El tiempo probable requerido para que el agua fluya por la superficie del terreno desde el punto más alejado de la cuenca, hasta el punto de análisis, conocido como tiempo de concentración.

Al estimar el caudal de escorrentía mediante el método racional se supone que el valor de la intensidad media de la lluvia a utilizar en los cálculos es el correspondiente a la duración de aquella igual al tiempo de concentración.

La intensidad de la lluvia ha sido determinada utilizando como referencia las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación meteorológica de Santiago, la cual se encuentra ubicada a una distancia de 28 Kms aproximadamente, pero cuyo régimen de lluvia es homogéneo con una precipitación promedio anual de aproximadamente 2,500² mm.

Para el coeficiente de escorrentía, analizando el desarrollo de la zona de estudio, se estimó un valor de 70% de la microcuenca analizada, por lo que se asigna un coeficiente de 0.70 para los cálculos. El valor se basa en las condiciones de textura del suelo y la cobertura de suelo de la microcuenca de estudio.

La microcuenca de la Quebrada el Veneno está ubicada en una zona en donde la pendiente es bastante pronunciada en la parte alta, sin embargo existen otras zonas

² Según información del Balance Hídrico Superficial de Panamá de período 1971-2002.

en donde el porcentaje de pendiente es menor, en promedio el porcentaje de pendiente corresponde a 20%. En la figura No. 14 se presenta la distribución espacial del porcentaje de pendiente de la microcuenca de la quebrada El Veneno.

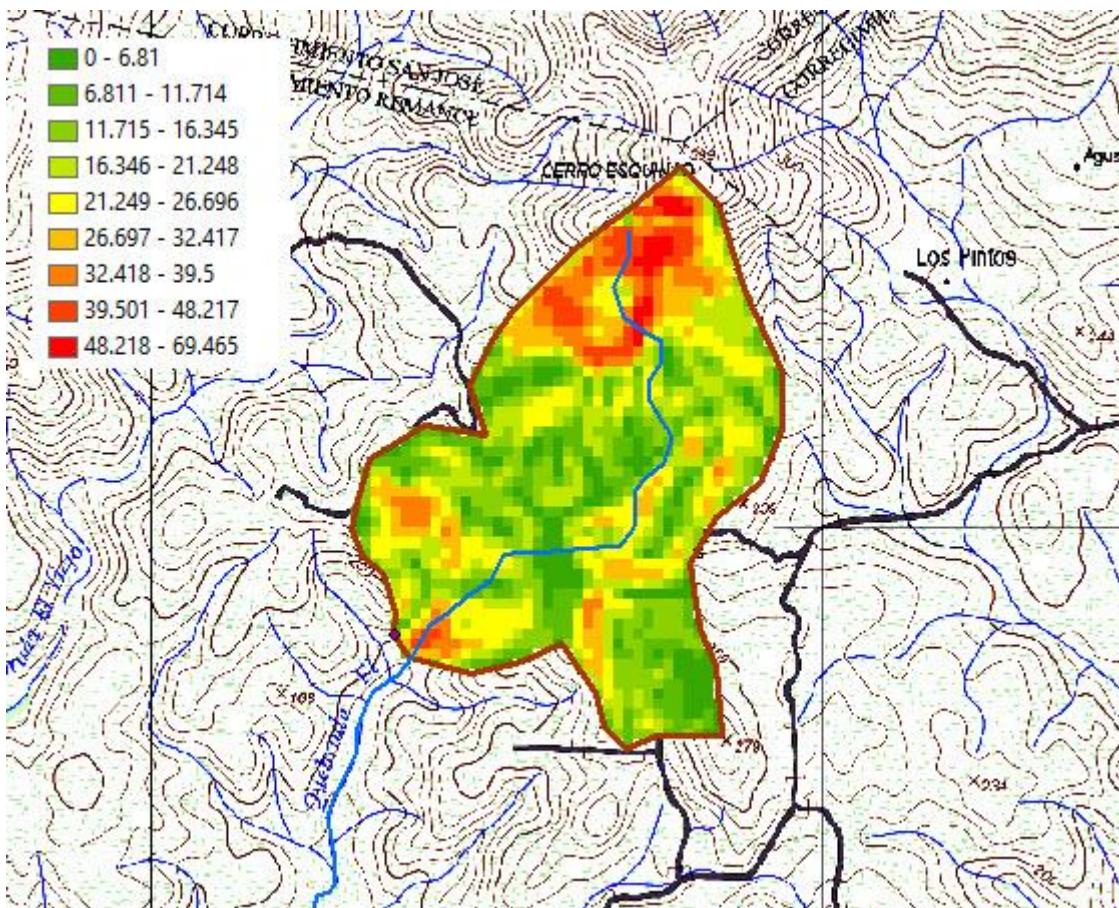


Figura No. 14. Distribución espacial de la pendiente por porcentaje de aumento de la microcuenca de la quebrada El Veneno.

Para la selección del coeficiente de escorrentía se utilizó como referencia una tabla aplicada al uso del método racional³ (Ver Cuadro No. 8) que toma como factores la textura de suelo, la cobertura de suelo y el porcentaje de pendiente. El valor estimado

³ Ven Te Chow, Hidrología Aplicada (1993).

fue de 0.65, sin embargo se hace un ajuste por desarrollo de proyectos y se ajustó a 0.70.

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Cuadro No. 9. Coeficiente de escorrentía para diferentes escenarios de cobertura , textura y pendiente de terreno. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 2003).

Para la determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/hora), se utilizó como referencia la curva de Intensidad-Duración-Frecuencia de la estación meteorológica de Santiago (Ver Figura No. 15). El valor utilizado corresponde a la intensidad de la tormenta de duración de 1 hora y la recurrencia de un evento de 100 años, el cual equivale a un valor de 123 mm/hr.

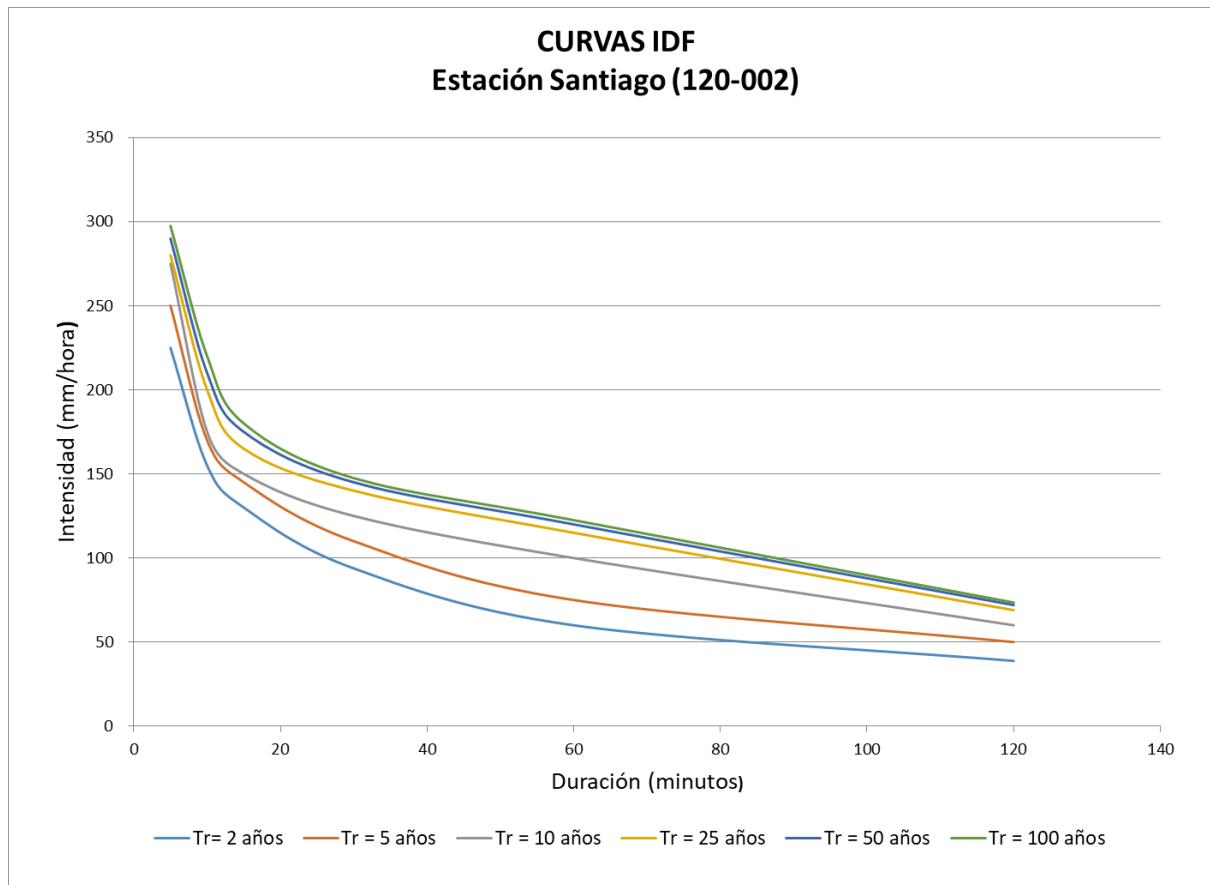


Figura No. 15. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia de estación meteorológica de Santiago

Una vez estimado todas las variables para estimar el caudal mediante el método racional se aplica la ecuación :

$$Q_{100 \text{ años}} = CIA/360$$

$$Q_{100 \text{ años}} = 0.70 * 123 \text{ mm/hr} * 127.07 \text{ Ha}$$

$$Q_{100 \text{ años}} = 30.39 \text{ m}^3/\text{s}$$

5 Simulación Hidráulica

En esta sección se presentan los resultados obtenidos luego de la simulación hidráulica con HEC-RAS, de un tramo de la quebrada El Veneno de aproximadamente 1,200 metros bajo una recurrencia de 100 años.

El modelo HEC-RAS, permite realizar simulaciones de cuerpos de agua ya sean naturales o artificiales (canales u otros), que se unen para confluir en un punto o que tienen bifurcaciones. En este capítulo veremos el análisis y resultados de la simulación realizada tomando en cuenta el análisis hidrológico y la estimación del caudal por el método racional.

Se utilizó el caudal obtenido de **30.39 m³/s** para una recurrencia de 100 años y las condiciones de borde del modelo se tomaron en base a la pendiente normal del cauce de 70 m de diferencial de elevación por cada 1,200 m de longitud del cauce.

Se aplicaron rugosidades en el lecho del cauce de la quebrada de $n_1 = 0.030$ y en los bancos de $n_2 = 0.035$, tomando en cuenta las condiciones del cauce de tierra canalizado y su planicie que puede ser variable, tomando como referencia los cuadro para valores típicos de coeficiente de Manning en la literatura de "**Hidráulica de Canales Abiertos**" (Chow, 1959).

En la figura No. 16 se muestra el esquema de los canales en el modelo hec-ras, con las secciones transversales generadas, en una vista de planta.

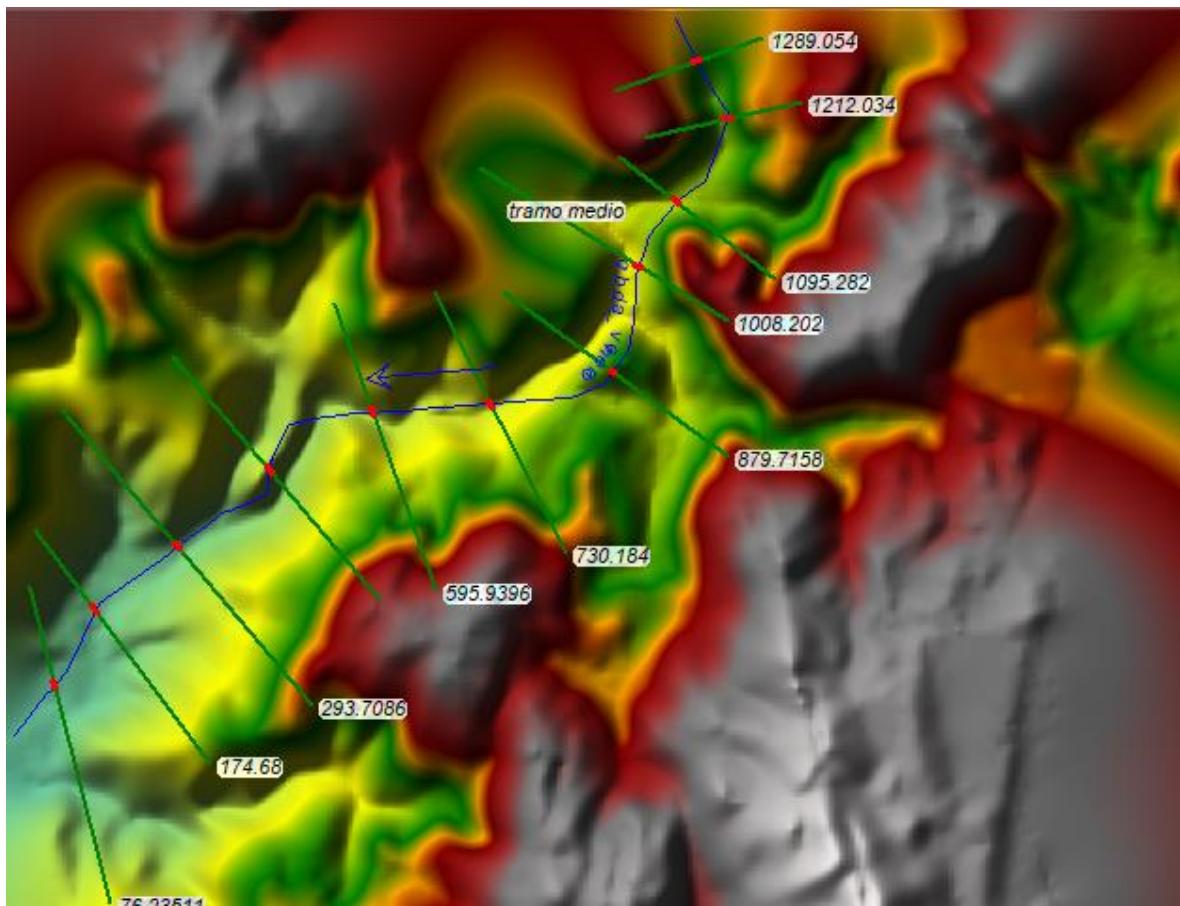


Figura No. 16. Vista de Planta del Modelo Hidráulico en Hec-Ras con modelo de elevación generado con topografía y batimetría en sitio.

Las condiciones de borde del modelo son un parámetro importante dentro de la simulación por tanto el análisis hidráulico se divide en dos escenarios:

- Caudal con recurrencia de 100 años ($30.39 \text{ m}^3/\text{s}$)
- Pendiente normal de 0.058 m/m .

En las siguientes figuras se presentan los perfiles longitudinales del tramo de la quebrada El Veneno al igual que otros parámetros que forman parte del modelo de estudio.

5.1 Perfil Longitudinal del tramo de estudio de la Quebrada El Veneno.

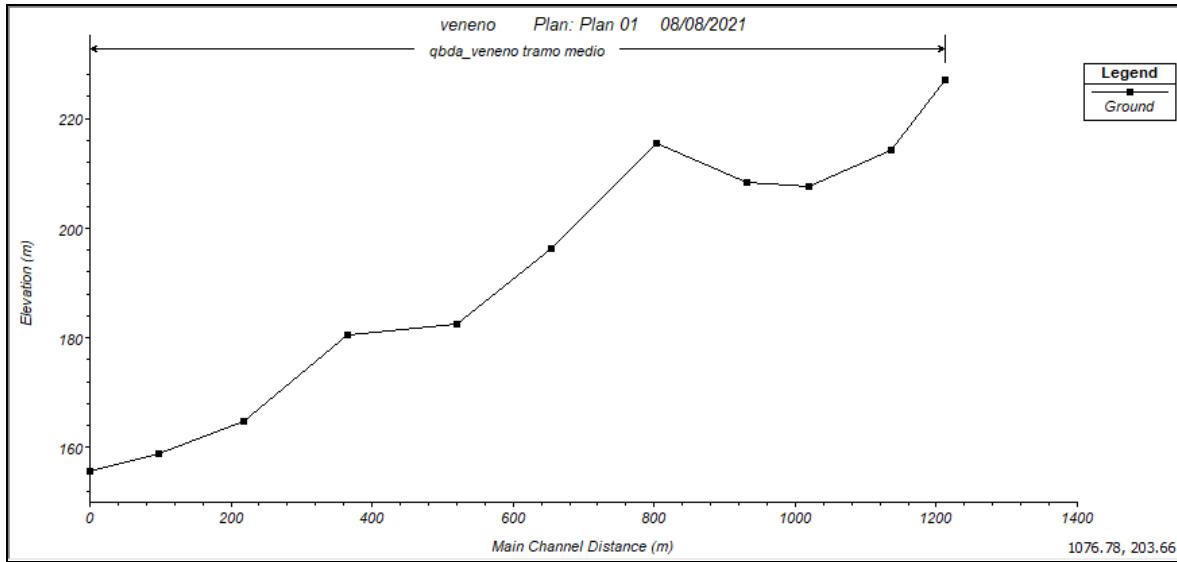


Figura No. 17. Perfil longitudinal tramo de estudio de la quebrada El Veneno.

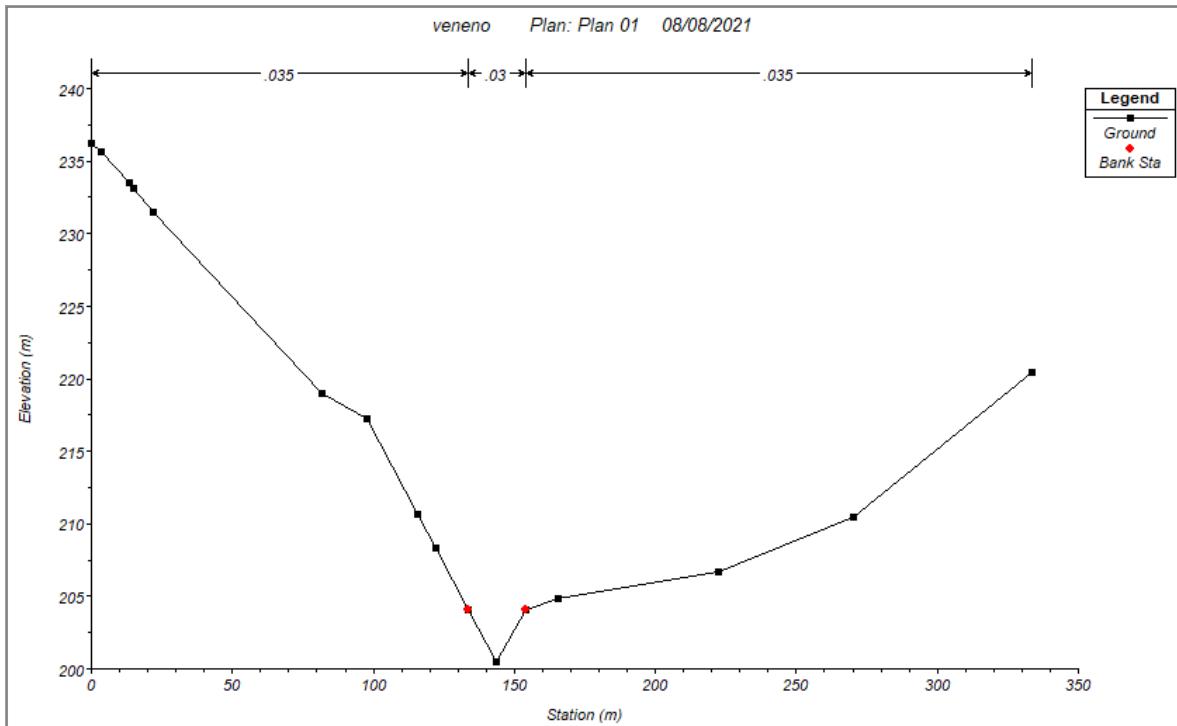


Figura No. 18. Sección transversal de tramo de la quebrada El Veneno.

A continuación se presentan los resultados de la simulación con Hec-Ras para el escenario del caudal para una recurrencia de 100 años.

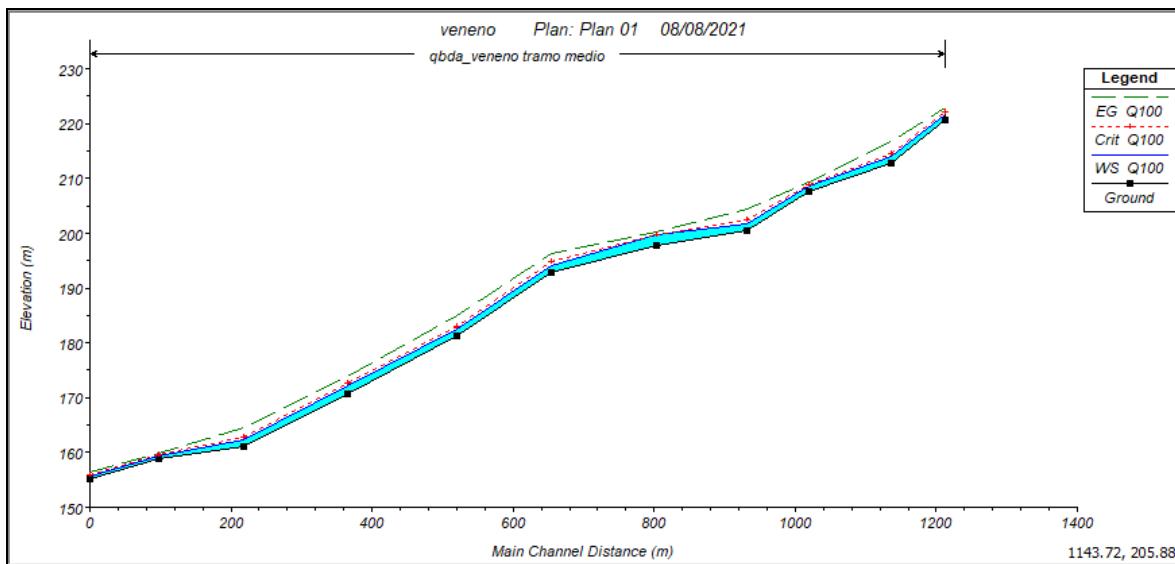


Figura No. 19. Perfil longitudinal de tramo de la quebrada El Veneno (recurrencia de 100 años).

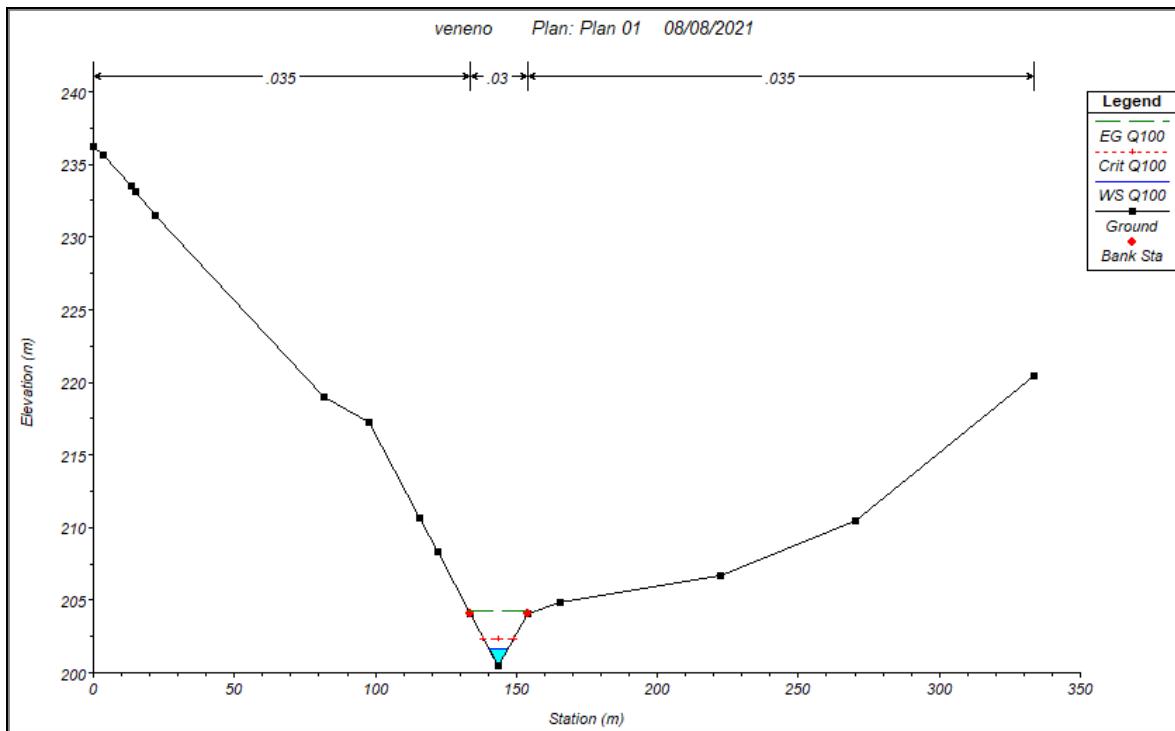


Figura No. 20. Sección Transversal tramo de la quebrada El Veneno (recurrencia de 100 años).

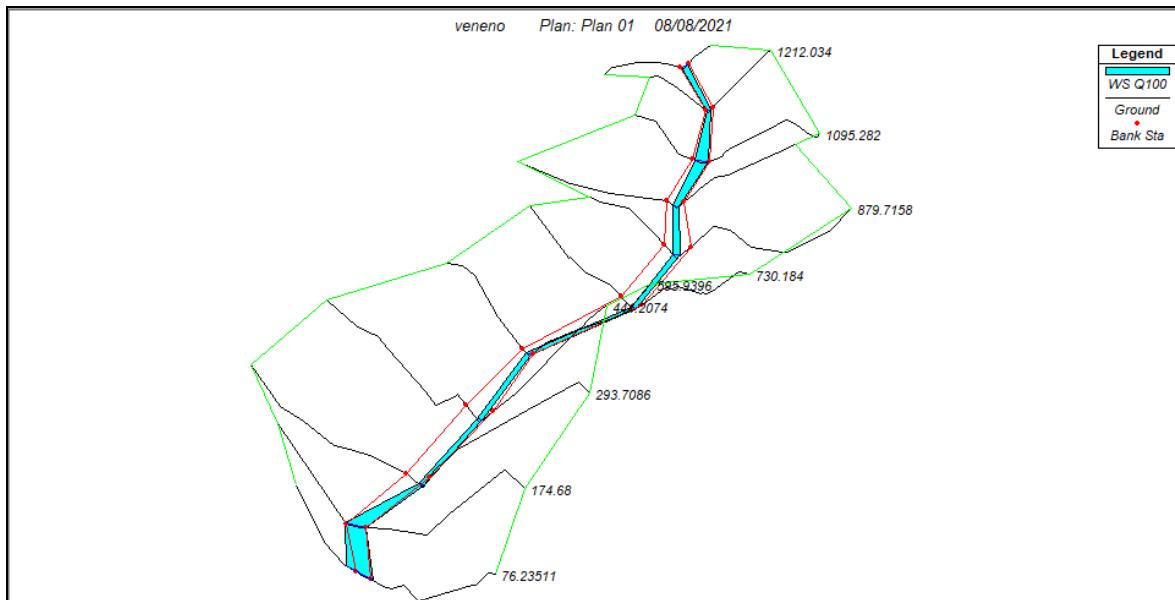


Figura No. 21. Tramo d la quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años.

En el cuadro No. 9 se presentan variables hidráulicas de las secciones que forman del tramo simulado de la quebrada El Veneno.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Yn	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
Qbda. El Veneno	1289.054	Q100	30.39	220.76	221.64	0.88	5.1	5.96	11.61	2.27
Qbda. El Veneno	1212.034	Q100	30.39	212.75	213.91	1.16	7.49	4.06	6.99	3.14
Qbda. El Veneno	1095.282	Q100	30.39	207.57	208.54	0.97	3.88	7.83	16.16	1.78
Qbda. El Veneno	1008.202	Q100	30.39	200.46	201.69	1.23	7.16	4.24	6.91	2.92
Qbda. El Veneno	879.7158	Q100	30.39	197.74	199.64	1.9	3.42	8.89	9.35	1.12
Qbda. El Veneno	730.184	Q100	30.39	192.82	194.17	1.35	6.49	4.68	7.33	2.59
Qbda. El Veneno	595.9396	Q100	30.39	181.27	182.42	1.15	6.95	4.37	7.6	2.93
Qbda. El Veneno	441.2074	Q100	30.39	170.64	172.07	1.43	5.86	5.19	7.26	2.21
Qbda. El Veneno	293.7086	Q100	30.39	161.06	162.28	1.22	6.56	4.63	7.2	2.61
Qbda. El Veneno	174.68	Q100	30.39	158.86	159.47	0.61	2.65	11.53	27.3	1.29
Qbda. El Veneno	76.23511	Q100	30.39	155.21	155.78	0.57	3.8	8.39	50.37	2.26

Cuadro No. 10. Variables hidráulicas de secciones del tramo de la quebrada El Veneno (100 años).

El tirante hidráulico en el tramo simulado oscila entre 0.57 y 1.35 metros, con velocidades que varían entre 2.65 m/s y 7.49 m/s, lo que implica que bajo una recurrencia de 100 años el arrastre producto de la sedimentación del río puede ser considerable. Los bajos valores del tirante hidráulico indican que para una recurrencia de 100 años no existe un riesgo de inundación asociado, sin embargo se debe respetar la servidumbre fluvial. El flujo es supercrítico, lo cual va relacionado con la pendiente pronunciada sobre el tramo de la quebrada simulado. A continuación detallamos cada uno de los enunciados que forman parte de la tabla:

- Reach: Se refiere al tramo del río, quebrada o canal que se pretende simular.
- RiverSta: Estacionamiento del río, donde la K equivale a Kilómetros,
- Profile: En este caso se refiere al escenario hidrológico en este caso una recurrencia o caudal con recurrencia de 100 años.
- Qtotal: Se refiere al caudal que forma parte del perfil.
- Min Ch El: Elevación mínima del canal o cauce.
- W.S. Elev: Es quizás la variable más importante en este caso, se refiere al nivel de superficie de agua o la elevación a la que llega el agua en cada sección transversal.
- Yn: Tirante hidráulico de la sección (W.S. Elev – Min Ch El)
- Vel Chnnl: Velocidad en el cauce o canal.
- Flow Area: Área del flujo.
- Top Width: Espejo de agua.
- Froude # Chl: Número de Froude (define si un flujo es crítica o supercrítico).

En las figuras No. 22 y 23 se presentan el mapa de planicie de inundación de tramo de la quebrada El Veneno para una recurrencia de 100 años y una vista de la planicie con modelo digital de elevación.

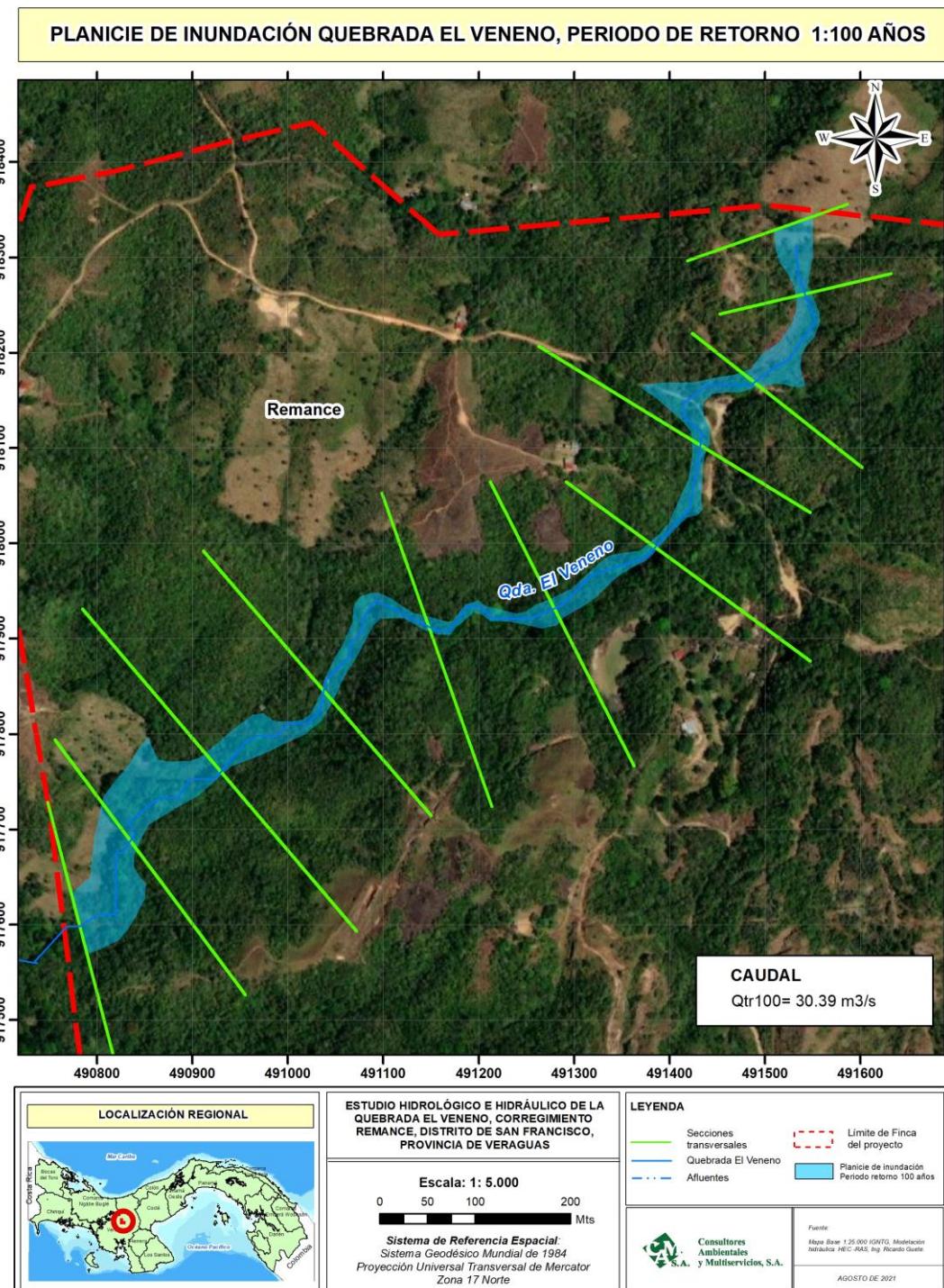


Figura No. 22. Mapa de planicie de inundación de tramo de la Quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años.

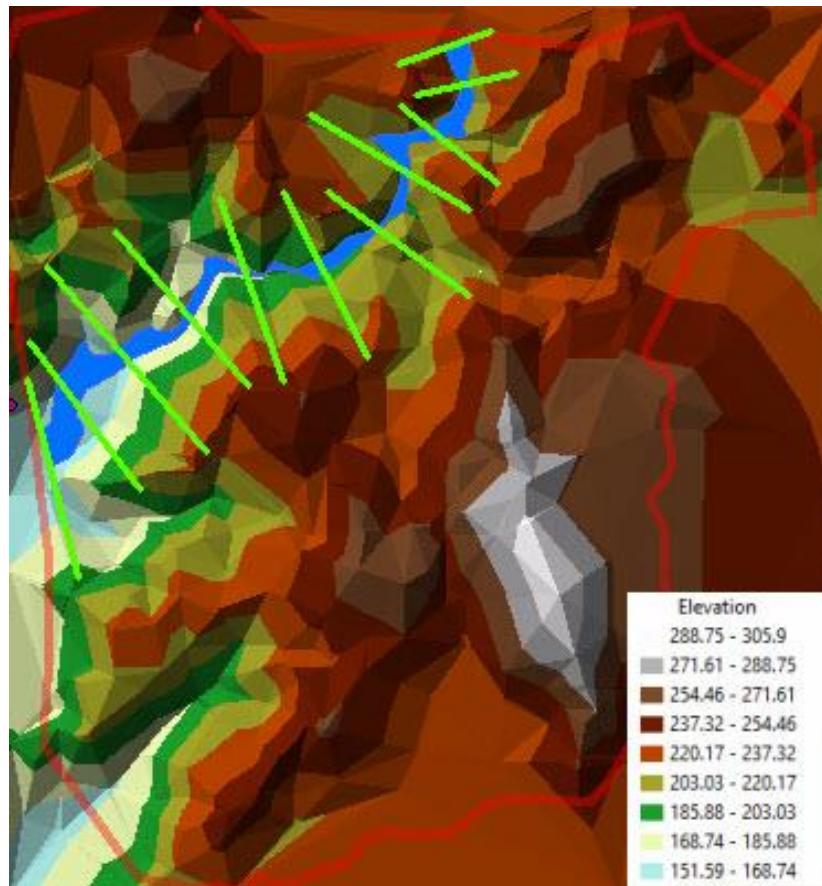


Figura No. 23. Planicie de inundación de tramo de la quebrada El Veneno bajo una recurrencia de 100 años (Con modelo digital de elevación).

6 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

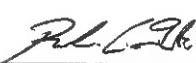
1. El comportamiento hidrológico de la microcuenca de la Quebrada El Veneno y otros afluentes menores que nacen dentro del área de estudio, corresponde a aportes de flujo menores y nulos en algunos casos, debido al tamaño de los drenajes y a otros factores que inciden en la hidrología como la geología, geomorfología, textura de suelo, climatología y otros.
2. La aparición de agua empozada en algunos sitios dentro del área de estudio durante exploraciones realizadas se debe a eventos de lluvia que se registran en la zona y que se empozan en la zona supsuperficial debido a la impermeabilidad que tiene el suelo arcilloso, el cual conforma gran parte del área de estudio. Parte del agua pluvial se drena hacia tributarios, sin embargo en algunos casos debido a la topografía del terreno la misma se empoza.
3. La identificación de tributarios secos que corresponden a drenajes pluviales naturales se debe a corrientes efímeras que solo transportan agua cuando se registra un evento de lluvia en la zona.
4. La estimación de los caudales promedios, máximos y mínimos de la microcuenca de la quebrada El Veneno en función del traslado de caudales de la estación Gatún dio como resultado 78.19 l/s, 174.47 l/s y 22.82 l/s respectivamente.
5. El tramo simulado de la quebrada El Veneno cuenta con la capacidad para transitar una crecida de 100 años, salvo en la última sección en donde la topografía es mucho más plana.
6. El caudal obtenido mediante la implementación del método racional es de 30.39 m³/s, para una recurrencia de 100 años.

7. Se pudo comprobar la capacidad hidráulica que cuenta el tramo de la quebrada El Veneno para escenario de recurrencia de 100 años.
8. Con la modelación hidráulica con una recurrencia de 100 años se obtienen tirantes que oscilan entre 0.57 y 1.35 metros,
9. La cota o nivel de agua máxima varía bastante debido a la variación de niveles que se desarrolla en un tramo de 1,00 metros.
10. La implementación de Arcg-GIS fue fundamental para el análisis espacial hidrológico de la subcuenta del proyecto, al igual que para la estimación de variables geomorfológicas y la elaboración de los mapas.

6.2 Recomendaciones

1. Se debe mantener el bosque de galería del tramo simulado de la quebrada El Veneno al igual que de los otros cuerpos hídricos que están dentro del área de estudio.
2. Mantener una servidumbre del río de al menos 10 metros del centro del cauce a ambas márgenes en función de los resultados obtenidos con la simulación.
3. Se recomienda realizar muestreos para conocer la calidad del agua en el tramo de la quebrada El Veneno, y en otras zonas de tributarios de la quebrada EL Veneno como la entrada de Huaty con coordenadas 491505 m E y 917217 m N y en Huaty cerca de tributario a la quebrada La Máquina con coordenadas 491244 m E y 917466 m N.
4. En el caso de requerir realizar concesión de agua para algún uso determinado, se recomienda complementar la información presentada en el presente estudio.

RICARDO E. GÜETE CALDERON
INGENIERO CIVIL
C.I.N° 2008-006-110


FIRMA
Ley 15 del 26 de enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

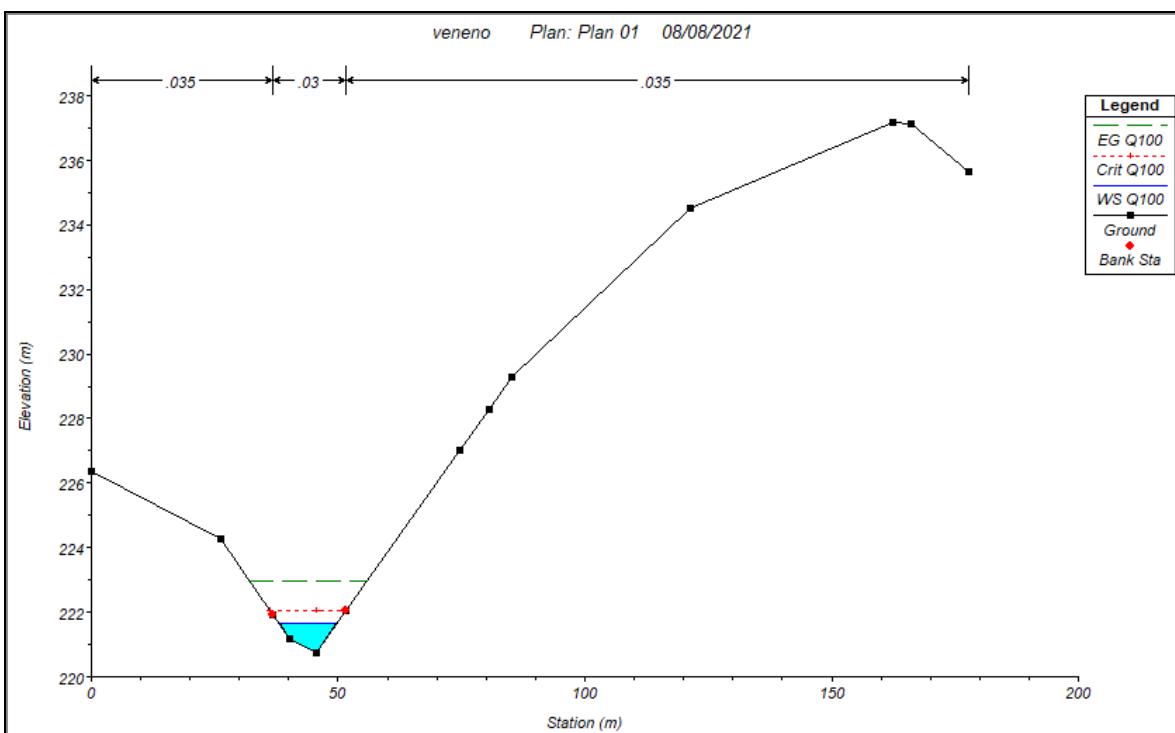
7 Referencias Bibliográficas

- Chow, V. T., 1959, Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New Cork.
- Chow. V.T., 1993. Hidrología Aplcada.
- Hydrologic Engineering Center, 2008, HEC-RAS, River Analysis System, User's Manual, U. S. Army Corps of Engineering, Davis, CA
- Manual de Usuario de Hec-Georas.
- Manual de Consideraciones técnicas Hidrológicas e Hidráulicas (2016).
- Manual de requisitos para revisión de planos del Ministerio de Obras Públicas.

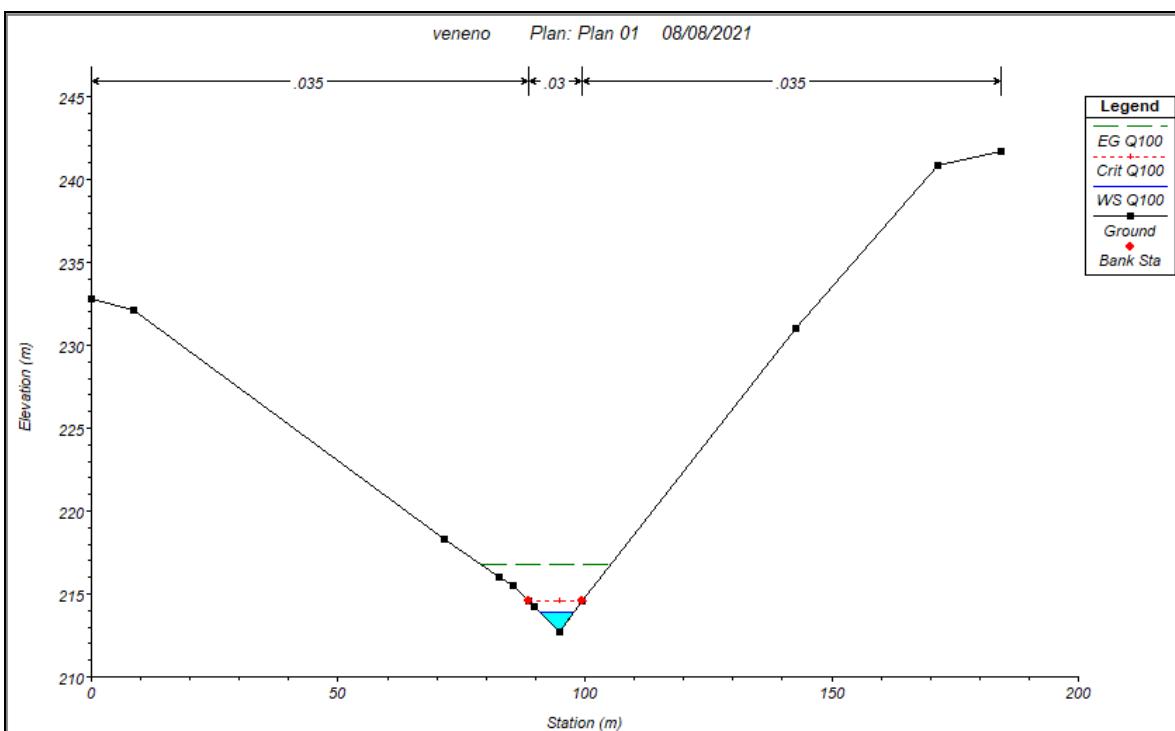
ANEXO A

Secciones Transversales del tramo de Estudio

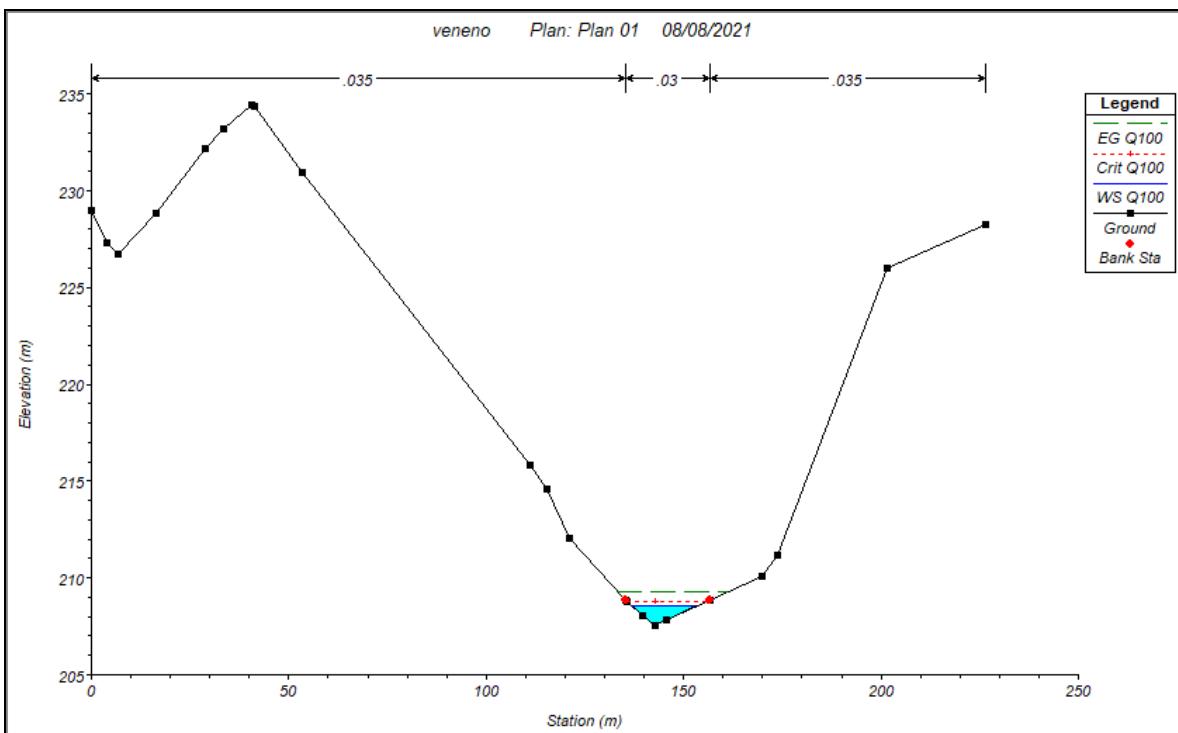
Quebrada El Veneno para recurrencia de 100 años



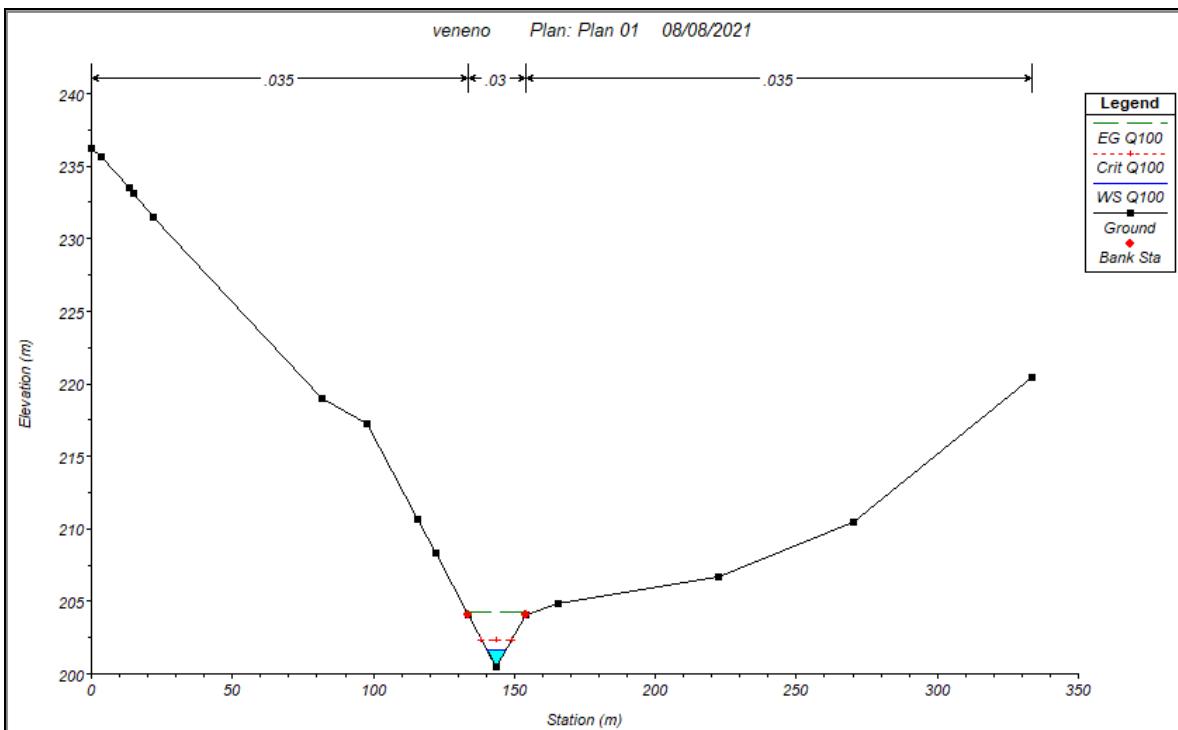
Estación 1289.054



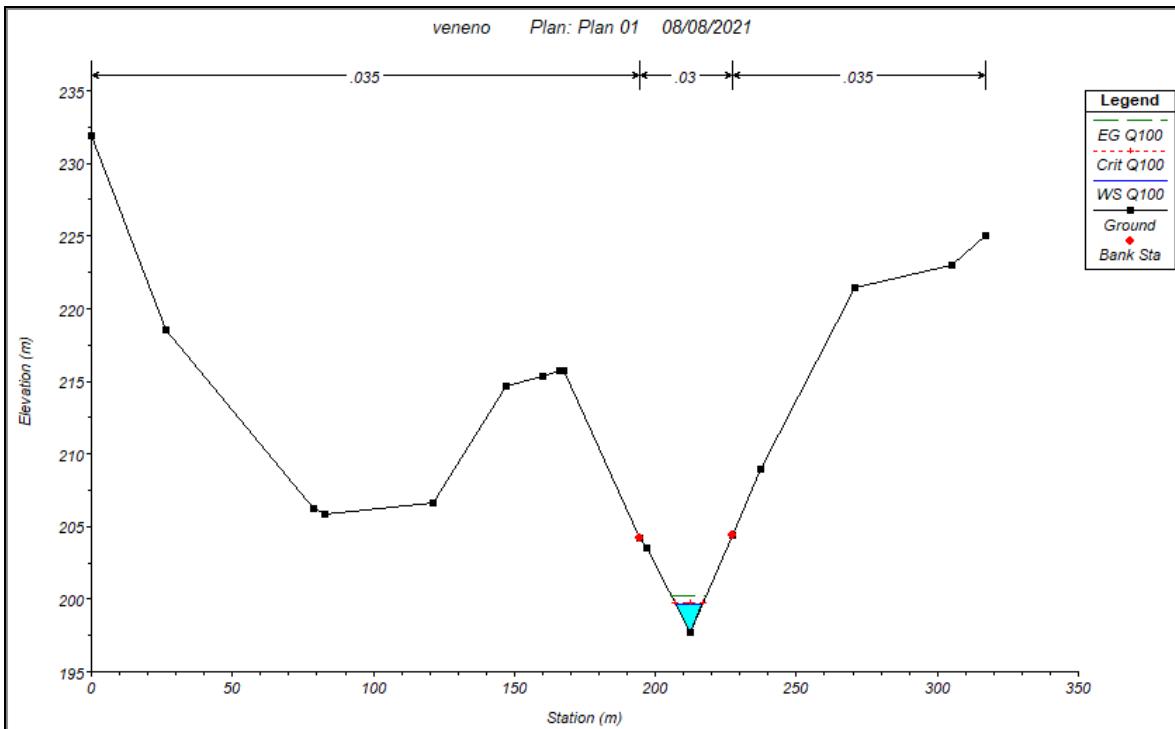
Estación 1212.034



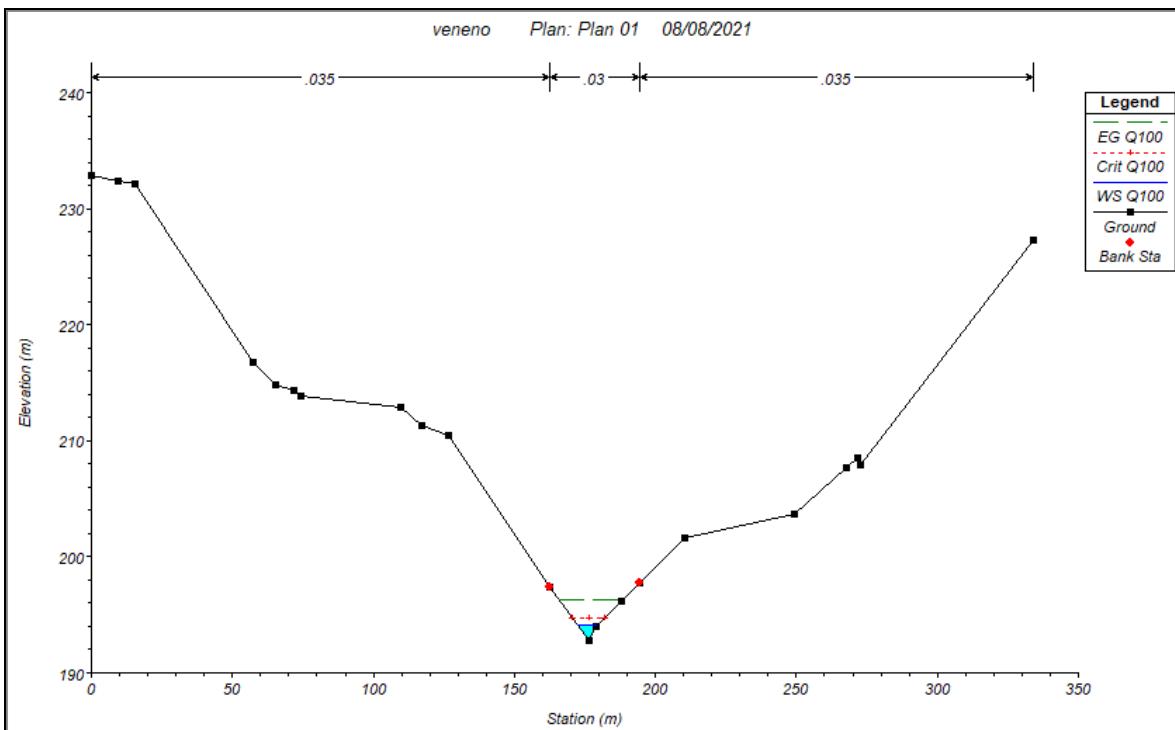
Estación 1095.282



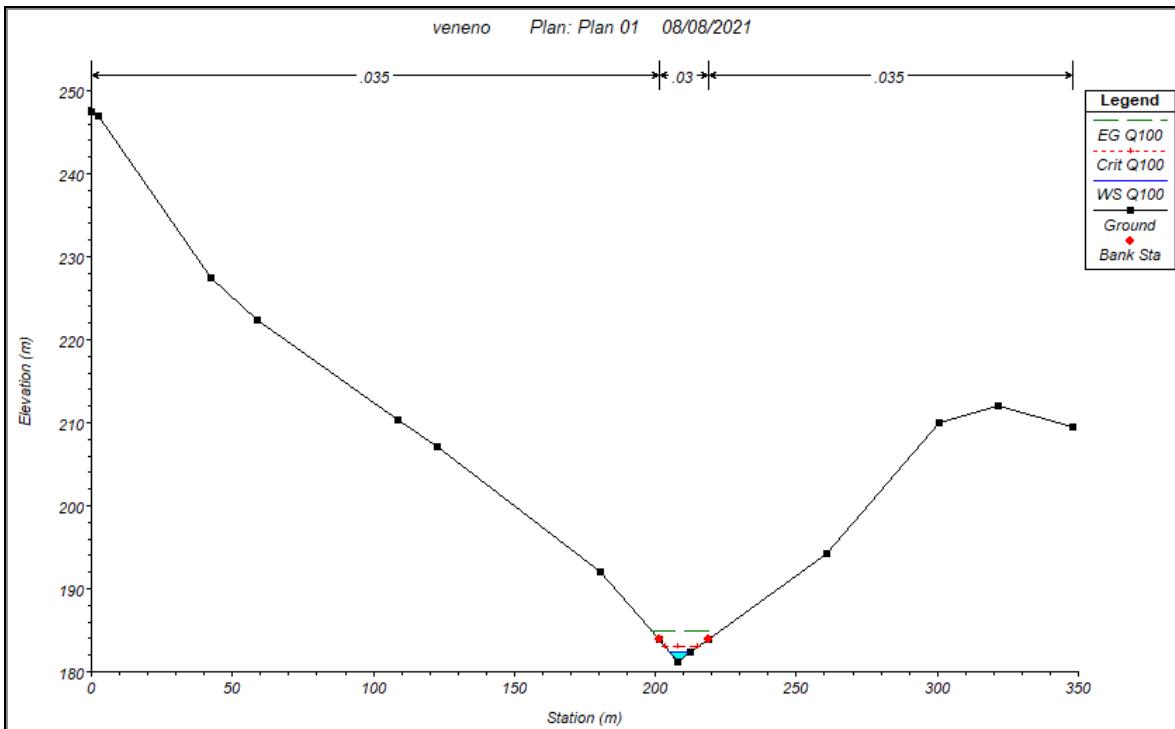
Estación 1008.202



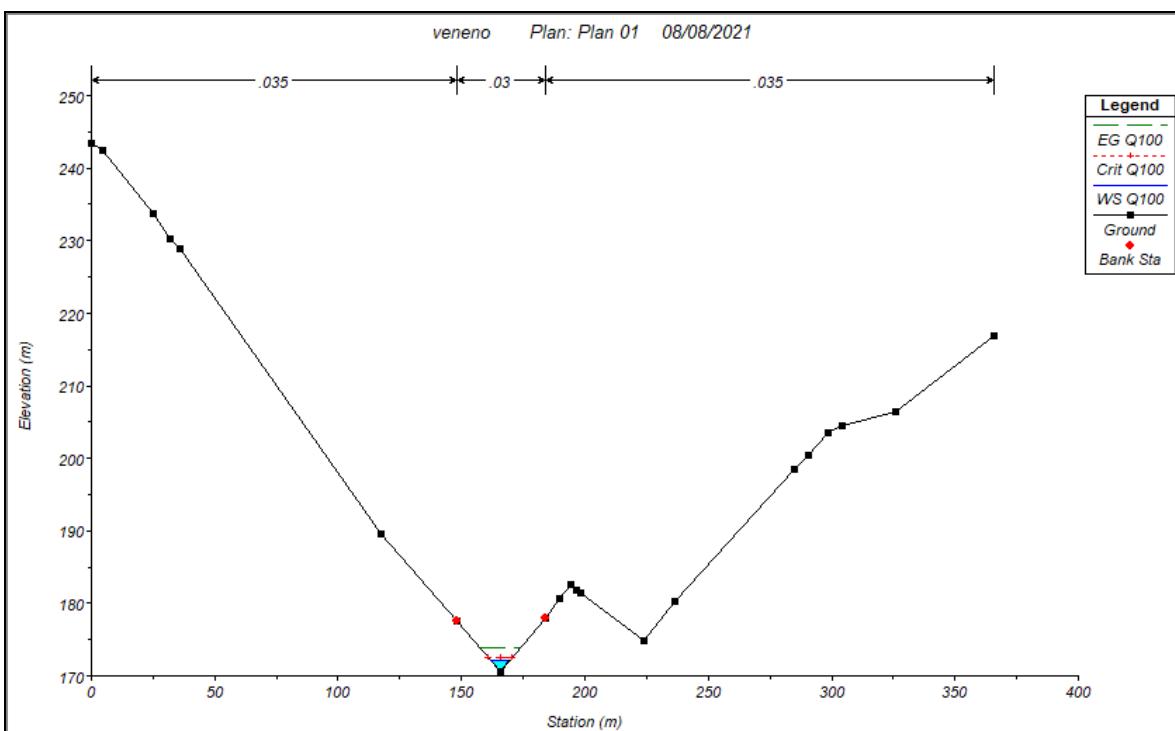
Estación 879.7158



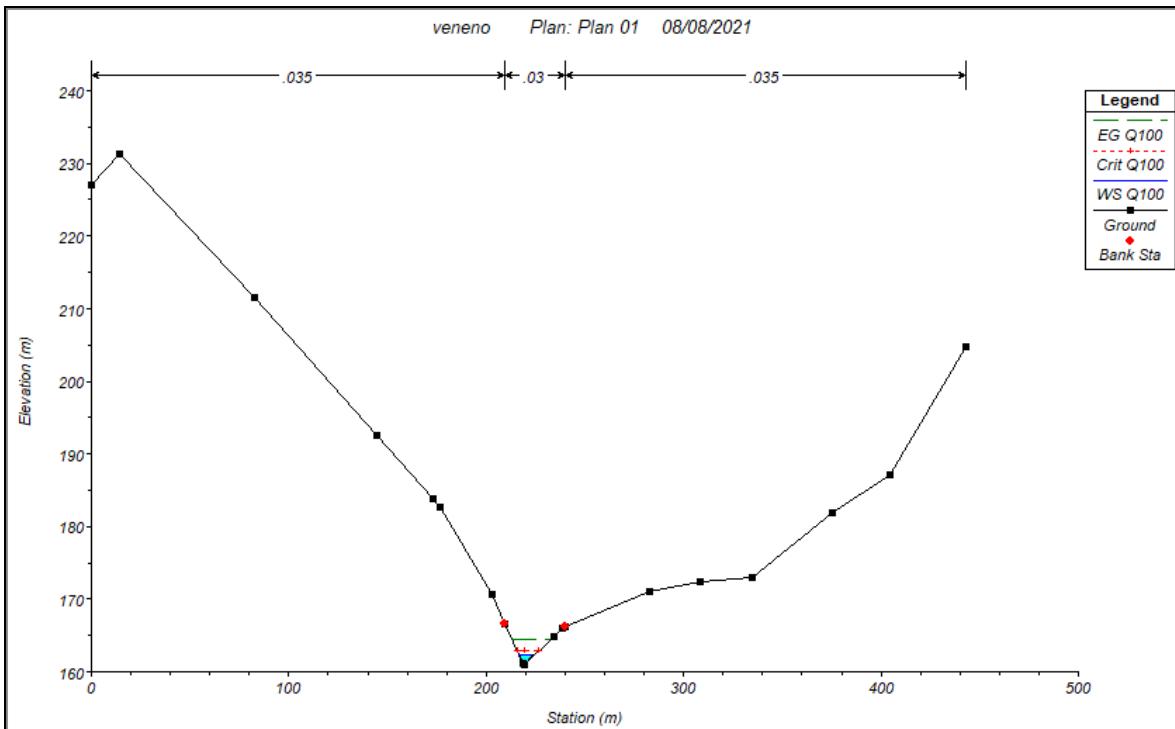
Estación 730.184



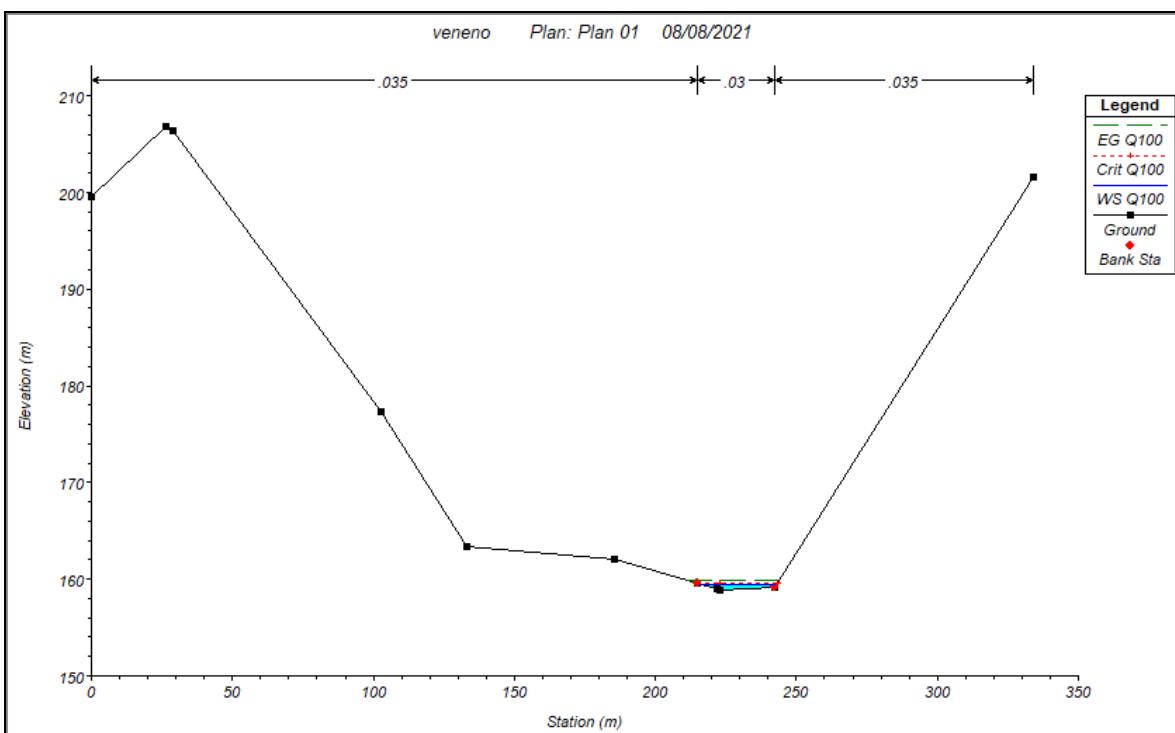
Estación 595.936



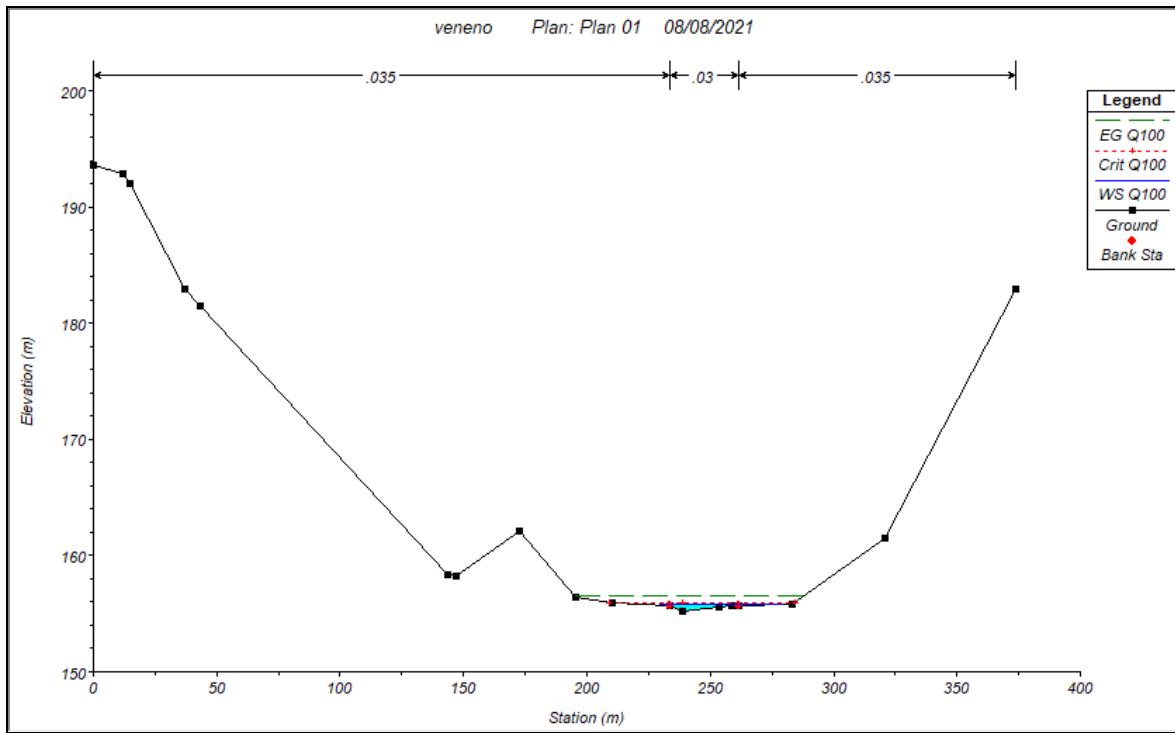
Estación 441.2074



Estación 293.7086



Estación 174.68



Estación 76.2351

ANEXO B

Sitios de exploración de comportamiento hidrológico dentro de la microcuenca de Qbda. El Veneno y otros afluentes menores



Tributario de la Quebrada Chitreca la cual colinda al este de la zona de estudio con coordenadas 492146 m E y 908046 m N.



Tributario de la Quebrada Chitreca la cual colinda al este de la zona de estudio con coordenadas 492161 m E y 908030 m N.



Cobertura de suelo predominante por el rastrojo en el límite al este del área de estudio con coordenadas 492109 m E y 908012 m N.



Área de parte agua de la Quebrada la Máquina la cual colinda al sur y nace en el límite del área de estudio con coordenadas 491722 m E y 916141 m N.



Tributario de la quebrada La Máquina dentro del área de estudio cerca de zona conocida como El Huaty, la cual tiene condiciones de flujo estacionario o intermitente cuando se registran eventos de lluvia con coordenadas 491539 m E y 917270 m N.



Tributario de la quebrada El Veneno dentro del área de estudio la cual tiene condiciones de flujo estacionario o intermitente cuando se registran eventos de lluvia con coordenadas 491479 m E y 917891 m N.



Area de agua empozada producto de lluvia estancada en zona de flujo supsuperficial dentro del área de estudio a una elevación de 210 msnm con coordenadas 491651 m E y 917906 m N.

ANEXO C

Pozos de observación en área de estudio



Ubicación de pozo P-1-2021 con coordenadas 491461 m E y 918158 m N.



Ubicación de pozo P-2-2022 con coordenadas 491515 m E y 917462 m N.



Ubicación de pozo P-3-2023 con coordenadas 491881 m E y 917753 m N.



Ubicación de pozo P-4-2024 con coordenadas 491532 m E y 917225 m N.



Ubicación de pozo P-5-2025 con coordenadas 491183 m E y 916829 m N.