

Tabla 3.

Localización de los pozos identificados y tanque de reserva

Sitio	Coordenadas UTM-Datum WGS 84	
Pozo 1	300052.00 E	940813.00 N
Pozo 2	300048.00 E	940797.00 N
Tanque de Reserva	300025.22 E	940728.51 N

Fuente: E. Lay, 2020.

La figura 5 muestra la ubicación probable de los pozos y tanque de reserva.



Figura 5. Ubicación probable de los pozos y tanque de reserva

4. Hidrología de Quebrada sin Nombre

a. Indicar si se realizarán obras civiles sobre el cuerpo hídrico de quebrada sin nombre e indicar:

- Tipo y dimensiones de la obra en cauce, área de afectación de la misma (coordenadas y datum de la huella de la obra en cauce)

Como parte de las facilidades para el Centro de Control Nacional de Fronteras de Paso Canoas, se contempla la instalación de tres pasos o accesos viales hacia el área de los edificios. De estos tres accesos, la vialidad hacia uno de ellos y las obras a realizar requerirán la instalación de cajones pluviales sobre la quebrada sin nombre, los otros dos accesos restantes se ubican fuera del área de la quebrada. Como solución al problema de acceso directo a los terrenos, el estudio hidrológico e hidráulico recomendó una alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado, con una sección hidráulica preliminar estimada de 2.50 metros de base y altura mínima de 2.75 metros. La pendiente de 0.006715 o 6.715 %.

Las coordenadas aproximadas donde se instalarán los cajones pluviales son:

Tabla 4.

Ubicación de las obras en cauce (alcantarilla tipo cajón de concreto reforzado)

Sitio	Coordenadas UTM-Datum WGS 84	
1	300090.92 E	941044.05 N
2	300174.77 E	940854.42 N
3	300191.81 E	940844.15 N
4	300203.49 E	940798.23 N

Fuente: E. Lay, 2020.

Es importante resaltar que la mayor parte de esta quebrada discurre fuera del área de construcción del proyecto (servidumbre pública) y, como se pudo observar en la Figura 5 y en la imagen a continuación, solo una menor porción de ésta que se ubica dentro del área por intervenir.

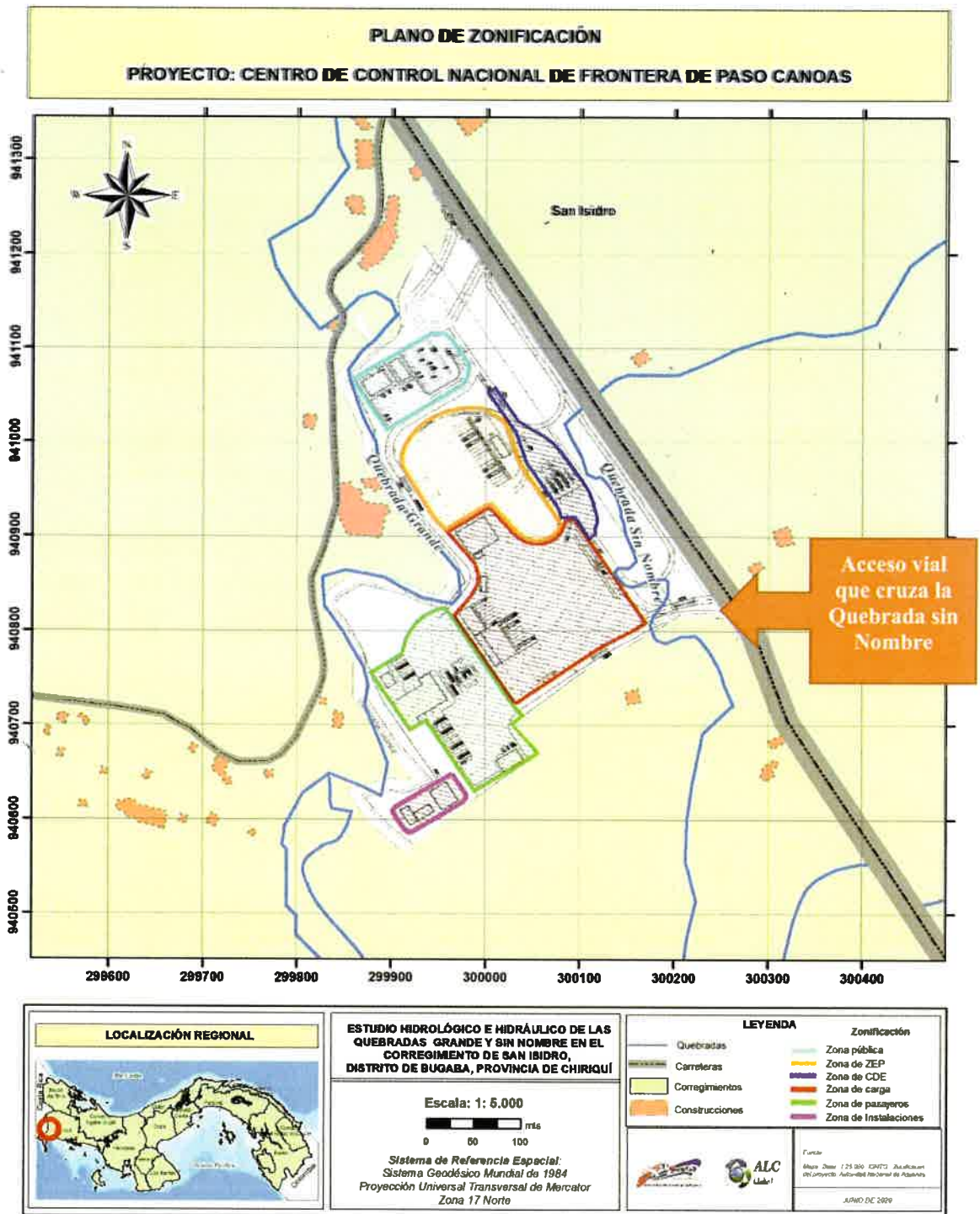


Figura 6. Ubicación de la Quebrada si Nombre en relación a las zonas dentro del Proyecto

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

- **Impactos ambientales y medidas de mitigación propuestas por la afectación del cuerpo hídrico, debido al desarrollo de la obra en cauce.**

Como toda actividad que conlleva la alteración o cambio a un área natural, la obra en cauce que consistirá en la instalación de cajones pluviales, generará impactos estimados como no significativos, tanto sobre el cuerpo de agua, como el área terrestre circundante. De acuerdo a esto, se presentan a continuación los posibles impactos generados, así como sus correspondientes medidas de mitigación.

Tabla 5
Impactos generados por el desarrollo de obra en cauce sobre la Quebrada sin Nombre.

Impacto	Factor ambiental	Significancia
Eliminación de capa vegetal	Suelo-vegetación	Baja
Pérdida de suelo	Suelo	Baja
Alteración de la dinámica del sistema acuático	Ecosistema acuático	Baja
Desplazamiento temporal de fauna silvestre	Fauna	Baja
Cambios en la calidad del agua superficial	Ecosistema acuático	Moderada

Las medidas de mitigación tienen por objetivo prevenir los posibles impactos ambientales en cada uno de los aspectos ambientales, con esto se minimizará y se controlará los posibles daños al medio ambiente en el área de influencia directa e indirecta de la actividad a realizar. En el Estudio de Impacto Ambiental se registran una serie de medidas para el proyecto, varias de las cuales aplican para las obras en cauce a realizar.

Para esto, a continuación, se indican las medidas complementarias a ejecutar para la mitigación de cada impacto identificado. Todas estas medidas aplican para la fase de construcción del proyecto.

Suelos -Vegetación

- Realizar, en la medida de lo posible las operaciones de mayor movimiento y perturbación de tierras durante los períodos de menor lluvia (para evitar escorrentías), priorizando el inicio de estas actividades en el área con mayor pendiente.

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

- Colocar trampas de sedimentos dentro de los sitios de movimiento de tierra.
- Recolectar y acopiar la capa de suelo y/o vegetación removida y utilizarla en las áreas a revegetar.
- Estabilizar o proteger las superficies de los suelos con grama o material estabilizador y sembrar las áreas que pudieran ser sujetas a la erosión tan pronto sea posible (Plan de Arborización y Engramado).

Ecosistema acuático

De acuerdo al monitoreo de fauna acuática de línea base del EsIA, en este cuerpo de agua solo se observó la presencia de sardinas y macro invertebrados como patinadores y otros, por lo que las medidas para minimizar su alteración corresponden principalmente a las de control de pérdida de suelos mencionadas previamente, el control de derrames y educación ambiental.

Para el control de derrames se deberá:

- Evitar el lavado de maquinarias y otros equipos dentro o cerca del cuerpo de agua.
- Colocar contenedores con hidrocarburos o aceites a no menos de 150 m de distancia del cuerpo de agua.
- Cada contenedor con hidrocarburos o aceites deberá contar con tina de contención de acuerdo a la cantidad de líquido que almacene.

Educación ambiental (aplican para construcción y operación)

- Se prohibirá depositar residuos sólidos o líquidos directamente sobre el cuerpo de agua.
- Se realizará señalización ambiental a lo largo del área de la quebrada para fomentar buenas prácticas entre los usuarios del Centro de Control, tanto en fase de construcción como de operación.
- Se prohibirá la caza de animales silvestres y de fauna acuática.

Fauna

Se estima que el desplazamiento de fauna ocurrirá de forma temporal durante las obras en cauce y retornarán por sus propios medios durante la fase de operación. Sin embargo, se reducirán los riesgos de afectación, en la medida en que se implemente, previo al inicio de obras, el Plan de Rescate y Reubicación de Fauna, el cual será sometido a aprobación del Ministerio de Ambiente y ejecutado bajo su supervisión.

- **Estudios hidrológicos e hidráulicos.**

En el **Anexo 1** se presentan los Estudios Hidrológicos e Hidráulicos de la Quebrada Grande y Quebrada Sin Nombre.

Con respecto al comentario emitido por MiAmbiente de que la quebrada sin nombre no puede considerarse como quebrada intermitente, en cumplimiento a esta apreciación y para reforzar la información sobre la quebrada se presenta un Inventario Forestal de su entorno (**Ver Anexo 2. Inventario Forestal**).

5. Hidrología de Quebrada Grande

Presentar Estudio Hidrológico de la Quebrada Grande, definir las planicies de inundación y terracería seguras, garantizando la integridad de la obra y los terrenos colindantes.

En el Anexo 1 se presentan los estudios hidrológicos, hidráulicos y en el Anexo 3 se presentan los resultados de la topografía realizada para definir las terracerías seguras.

6. Áreas boscosas

Presentar las superficies a desarrollar y las superficies que se conservarán con vegetación (coordenadas y Datum de referencia).

Para la definición de la superficie a desarrollar se ha considerado el espacio que pudiera ser intervenido por causa de las actividades del proyecto (no necesariamente implican área a construir. Dentro de estos espacios se desarrollará paisajismo y se dejarán algunos árboles aislados que no han sido considerados en esta relación. De esta manera, se estiman 8.99 hectáreas de superficie a ocupar y 2.01 hectáreas de áreas verdes a conservar.

Información aclaratoria al
 Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
 Centro de Control Nacional de Fronteras

De igual manera, dentro del área a desarrollar se han estimado 0.60 hectáreas que corresponden a áreas verdes que no serán intervenidas, pero que, por efecto de la escala, no han sido incluidas aquí.



Nombre de polígono	Has
Área a desarrollar	8.99
Área verde 1	1.00
Área verde 2	0.06
Área verde 3	0.26
Área verde 4	0.35
Área verde 5	0.16
Área verde 6	0.18
Total ÁREAS VERDES QUE NO SERÁN INTERVENIDAS	2.01
ÁREAS VERDES UBICADAS DENTRO DEL ÁREA A DESARROLLAR	0.60

342

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

A continuación, se presentan las coordenadas de las superficies estimadas que se conservarán con vegetación fuera del área a desarrollar.

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 1	299901.626	940796.918
2		299891.967	940790.482
3		299888.421	940796.056
4		299881.775	940791.810
5		299885.824	940779.317
6		299894.272	940760.131
7		299897.170	940755.649
8		299899.888	940751.291
9		299951.095	940671.135
10		299907.704	940643.414
11		299905.753	940642.168
12		299904.410	940640.020
13		299903.787	940637.513
14		299904.290	940633.935
15		299908.256	940627.726
16		299915.148	940616.938
17		299917.302	940615.360
18		299918.886	940614.757
19		299920.649	940614.491
20		299923.252	940614.810
21		299971.603	940645.699
22		299973.516	940646.921
23		299975.733	940648.481
24		299977.740	940650.813
25		299979.315	940654.435
26		299979.593	940656.041
27		299979.621	940658.126
28		299978.385	940660.060
29		299976.742	940662.632
30		299974.811	940665.655
31		299982.233	940670.743
32		299992.008	940655.441
33		299998.669	940645.033
34		299932.494	940592.701

348

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
35		299901.004	940619.777
36		299881.348	940642.282
37		299874.337	940652.412
38		299902.098	940661.171
39		299913.272	940657.568
40		299926.184	940661.935
41		299942.518	940670.599
42		299945.533	940671.757
43		299945.542	940671.761
44		299905.807	940718.215
45		299876.201	940766.372
46		299876.580	940773.782
47		299876.725	940804.372
48		299873.493	940817.881
49		299857.993	940848.288
50		299846.726	940862.377
51		299846.902	940869.615
52		299851.171	940876.617
53		299874.563	940890.060
54		299917.170	940879.444
55		299939.961	940869.464
56		299959.794	940865.668
57		299959.797	940865.642
58		299956.357	940864.739
59		299953.478	940863.806
60		299949.284	940862.137
61		299943.793	940859.341
62		299939.358	940856.498
63		299934.550	940852.700
64		299929.518	940847.693
65		299923.282	940839.237
66		299919.786	940832.502
67		299916.533	940823.419
68		299916.058	940820.695
69		299915.045	940813.064
70		299907.159	940808.690
71		299900.418	940804.383
72		299898.190	940802.297
1		299901.626	940796.918

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 2	300196.583	940875.114
2		300191.381	940872.974
3		300186.077	940872.176
4		300181.647	940872.255
5		300175.249	940873.585
6		300171.221	940875.244
7		300168.701	940876.668
8		300166.913	940877.893
9		300164.896	940879.530
10		300162.138	940882.330
11		300158.699	940887.272
12		300154.439	940893.941
13		300161.684	940892.309
14		300167.633	940892.159
15		300175.297	940893.525
16		300181.523	940896.081
17		300182.682	940896.873
1		300196.583	940875.114

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 3	300180.043	940901.003
2		300177.521	940899.683
3		300172.674	940897.986
4		300167.819	940897.184
5		300162.902	940897.210
6		300159.453	940897.731
7		300157.634	940898.180
8		300154.968	940899.070
9		300152.220	940900.306
10		300149.254	940902.057
11		300118.436	940950.297
12		300117.991	940954.172
13		300118.602	940958.143
14		300120.109	940961.840
15		300120.449	940966.779

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
16		300118.866	940977.315
17		300116.594	940986.025
18		300113.683	940994.010
19		300109.465	941002.788
20		300104.086	941014.063
21		300068.380	941069.955
22		300071.050	941071.609
1		300180.043	940901.003

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 4	300068.414	941075.736
2		300062.690	941073.094
3		300057.238	941071.935
4		300050.366	941071.968
5		300043.049	941073.860
6		300039.674	941075.481
7		300031.099	941088.903
8		300010.057	941121.842
9		299972.117	941181.229
10		299978.792	941192.002
11		299985.684	941205.231
1		300068.414	941075.736

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 5	299979.474	941214.952
2		299967.165	941191.327
3		299964.427	941187.806
4		299963.136	941186.635
5		299959.306	941184.228
6		299956.787	941183.282
7		299953.301	941182.631
8		299949.045	941182.775
9		299946.107	941183.486
10		299942.710	941185.030
11		299939.839	941187.124

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
12		299937.987	941189.049
13		299936.004	941191.994
14		299934.443	941195.983
15		299933.884	941201.098
16		299934.190	941203.818
17		299934.944	941206.565
18		299935.720	941208.385
19		299937.963	941211.854
20		299944.941	941220.184
21		299952.208	941229.959
22		299960.884	941244.050
1		299979.474	941214.952

ID	Nombre de polígono	COORDENADAS WGS84	
		X	Y
1	Área verde 6	299890.669	941035.814
2		299888.993	941063.268
3		299874.633	941097.378
4		299862.523	941118.250
5		299900.557	941158.242
6		299912.850	941166.520
7		299918.916	941179.414
8		299916.795	941199.951
9		299938.104	941164.757
10		299866.705	941119.144
11		299902.213	941063.564
12		299902.451	941058.143
13		299898.660	941048.583
1	299890.669	941035.814	

7. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Presentar las coordenadas UTM y Datum de referencia de la ubicación de la PTAR, su punto de descarga y alineamiento del medio que conducirá el efluente hacia su punto de descarga.



Las coordenadas y datum de referencia de los sitios asociados a la PTAR se presentan a continuación.

Sitio	Coordenadas UTM-Datum WGS 84	
Ubicación recomendada para la PTAR	300040.60 E	940656.04 N
Sitio de descarga propuesto para la PTAR	299916.96 E	940639.84 N

Fuente: E. Lay, 2020.

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Cabe resaltar que la PTAR se diseñará para tratar las aguas residuales del CCI y su proceso considerará las fases de tratamiento preliminar, primario, secundario, desinfección, digestión y secado o extracción de lodos para su disposición final, bajo la normativa del IDAAN y MINSA y en cumplimiento con el Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000. A la entrada de la PTAR se proveerán medidores de flujo que permitan registrar de forma continua el caudal de aguas residuales que ingresan a la planta. Además, el sistema a utilizar garantizará el cumplimiento de la normativa COPANIT 35-2019. El medio de transporte hasta su descarga será tubería PVC cuyo diámetro y largo se determinará con mayor precisión en el diseño final del sitio.

Anexo 1

**Estudio Hidrológico e Hidráulico de Quebrada Grande y
Quebrada sin Nombre**

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE LA
QUEBRADA GRANDE Y QUEBRADA SIN NOMBRE**



**PROYECTO
CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERAS DE PASO CANOAS**

Lugar Quebrada Grande, distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí

Cliente

AUTORIDAD NACIONAL DE ADUANAS

Equipo Técnico

Hidro-Consult

Ing. David Trejos Hurtado

CI 2013-006-046

Ing. Johnny A. Cuevas Marín

CI 1991-006-036

Consultora Socioambiental

Amelia Landau IRC 076-01



-Junio 2020 -



**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras
CONTENIDO**

- 1. INTRODUCCIÓN 41
- 2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO "CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS" 42
- 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MICROCUENCAS DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE 45
 - 3.1. Cuenca del río Chiriquí Viejo 45
 - 3.2. Red de drenaje de la Quebrada Grande 47
 - 3.3. Red de drenaje de la Quebrada Sin Nombre 47
- 4. GEOLOGÍA: 49
- 5. TEXTURA: 49
- 6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS 52
- 7. COBERTURA BOSCOsa Y USOS DEL SUELO: 55
- 8. CLIMA Y ZONAS DE VIDA: 60
 - 8.1. Clima Subecuatorial con estación seca: 60
 - 8.2. Zonas de vida según Holdridge 60
 - 8.3. Bosque muy Húmedo Tropical 61
 - 8.4. Bosque Muy Húmedo Premontano: 62
- 9. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN: 63
- 10. INFORMACIÓN BÁSICA 64
 - 10.1. Información cartográfica existente: 65
 - 10.2. Información meteorológica e hidrológica 65
- 11. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA GRANDE Y Quebrada sin nombre 68
- 12. MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA QUEBRADA GRANDE UTILIZANDO MODELO HEC-HMS 71
 - 12.1. Descripción del modelo HEC-HMS 71
 - 12.2. Requerimientos del modelo HEC-HMS 71
 - 12.3. Metodología 72
 - 12.4. Análisis de la Precipitación: 73
 - 12.5. Método del bloque alterno 74
 - 12.6. Caudales de diseño para periodo de retorno de 100 años: 78
- 13. CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS PARA la QUEBRADA GRANDE 79
 - 13.1. Resultados de la modelación HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande .. 80

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

14. CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE USANDO EL MÉTODO RACIONAL 81

 14.1. Descripción del modelo 81

 14.2. Superficie de drenaje y coeficiente de escorrentía 81

 14.3. Intensidad de la lluvia 81

15. MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE 84

 15.1. Descripción del Modelo HEC-RAS 84

 15.2. Requerimientos del Modelo: 85

 15.3. Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS: 85

 15.4. Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Grande. 87

 15.5. Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Sin Nombre 89

16. VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE UN CAJÓN PLUVIAL CON SECCIÓN TRANSVERSAL DE B=2.50 M Y H=2.75 M 91

17. CONCLUSIONES: 92

18. RECOMENDACIONES 94

19. BIBLIOGRAFÍA: 95

20. ANEXOS 96

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización regional del proyecto.	5
Figura 2. Plano de zonificación del proyecto.	6
Figura 3. Red de drenaje de las microcuencas de la Quebradas Grande y Sin Nombre.	10
Figura 4. Suelo Franco Arenoso.	12
Figura 5. Mapa de textura del suelo del área del proyecto.	13
Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre.	16
Figura 7. Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo.	21
Figura 8. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge.	22
Figura 9. Mapa de Isoyetas de las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre.	26
Figura 10. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas.	29
Figura 11. Foto de B.M del puente, con código CR- CPA- 4 y a base CAMTU-2.32	
Figura 12. Esquema del Modelo HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande.	35
Figura 13. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David.	39
Figura 14. Hietograma de la microcuenca de la Quebrada Grande.	40
Figura 15. Resultados de la modelación hidrológica en el HEC-HMS.	42
Figura 16. Hidrograma de la quebrada Grande hasta el sitio del Proyecto para el periodo de retorno de 1 en 100 años.	42
Figura 17. Foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande donde se localiza vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada Grande.	49
Figura 18. Foto de la Quebrada Sin Nombre dentro de los predios del proyecto propuesto.	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo 8

Tabla 2 Clasificación geológica del área de estudio 11

Tabla 3 Textura del área de estudio 12

Tabla 4 Clasificación de la Capacidad Agrológica de los Suelos del área bajo estudio. 14

Tabla 5 Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio. 17

Tabla 6. Clasificación de las Zonas de Vida presentes en la República de Panamá. 23

Tabla 7 Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo..... 28

Tabla 8 Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo y 108 del Río Chiriquí..... 28

Tabla 9. Secciones transversales de la quebrada Grande. 30

Tabla 10. Secciones transversales de la Quebrada Sin Nombre 31

Tabla 11 Intensidades para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) por el método de Talbot. 36

Tabla 12. Resumen de Intensidad para determinar la curva IDF para la Estación de Lluvia de David. 38

Tabla 13. Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la Microcuenca de la Quebrada Grande usando el método de bloques alternos. ... 38

Tabla 14. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Grande para un periodo de retorno de 100 años..... 48

Tabla 15. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre (cauce original) para un periodo de retorno de 100 años..... 50

Tabla 16 Salida de HEC-RAS del canal de la Quebrada Sin Nombre (rectificación de cauce y diseño de cajón) para un periodo de retorno de 100 años. 52

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hidrológico e hidráulico de las Quebradas Grande y Sin Nombre, ha sido desarrollado para el proyecto: Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas, en el marco del Programa de Integración Logística Aduanera, cuyo promotor es la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA). Este estudio complementa el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, ya que se identificaron en las proximidades del predio donde se ejecutará, cauces de agua que pueden afectar el funcionamiento de la futura obra y las áreas circundantes.

El objetivo principal del estudio hidrológico es definir los cuerpos de agua que circundan el proyecto, tanto externa como internamente y determinar los caudales máximos de diseño requeridos. Por su parte, el estudio hidráulico tiene como objetivo definir las planicies de inundación, los niveles máximos de crecidas, y niveles de terracerías seguras para el diseño final y construcción del proyecto. Se presenta el estudio de los dos cuerpos de agua en un solo informe, por requerimientos del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente) de analizar las planicies inundables de manera integral.

Para el análisis se revisaron los datos meteorológicos de la zona bajo estudio, se identificaron las estaciones de precipitación y se determinaron parámetros como tiempo de concentración, intensidad de la lluvia, entre otros. Para la hidrología se determinaron de manera integral las superficies de drenajes, pendientes, caudales de diseño para periodos de retorno de 50 y 100 años, para las Quebradas Grande y Sin Nombre, objeto del estudio.

En el informe se presenta una descripción general de la cuenca hidrográfica 102 del Río Chiriquí Viejo y detallada de las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre incluyendo, localización y descripción general del área, cálculo de caudal máximo de diseño, modelación hidráulica para determinar las planicies de inundación y terracería segura de ambas quebradas estudiadas. También se presenta la estimación de una sección preliminar para encauzar la Quebrada Sin Nombre que atraviesa el proyecto.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS”

El Proyecto denominado “CENTRO DE CONTROL NACIONAL DE FRONTERA DE PASO CANOAS”, se encuentra localizado geográficamente a 82° 49’00.05” de longitud oeste y 8°30’23.75” de latitud norte. El proyecto está ubicado en el corregimiento de San Isidro, perteneciente al distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí, aproximadamente a 43.5 km en línea recta al oeste de la ciudad de David. El acceso al mismo toma aproximadamente una hora viajando por la Carretera Interamericana desde la cabecera de la provincia (*Ver Figura 1, Mapa de localización regional del proyecto*).

El corregimiento de San Isidro limita al norte con el corregimiento de Progreso, en el distrito de Barú, el corregimiento de Breñón, en el distrito de Renacimiento y el corregimiento de Gómez, en Bugaba, al este con el corregimiento Aserrío de Gariché, al sur con los corregimientos de Progreso y Aserrío de Gariché y al oeste con el corregimiento de Progreso.

De acuerdo con los datos recolectados en el último Censo Poblacional de la República de Panamá (año 2010), la población del distrito de Bugaba es de 78209 habitantes, de los cuales 40086 son hombres y 38123 son mujeres distribuidos en 173 lugares poblados. Para ese censo, el corregimiento de San Isidro formaba parte del corregimiento de Aserrío de Gariché.

El Programa de Integración Logística Aduanera plantea, como uno de sus proyectos, el desarrollo de 11.6 hectáreas para la construcción y operación del Centro de Control Nacional de Frontera (o Centro de Control Integrado). La promotora es la Autoridad Nacional de Aduanas (ANA), y el objetivo es servir a la zona fronteriza de Paso Canoas, en la frontera de Panamá con Costa Rica. Este proyecto incluye el desarrollo de una Zona Pública, Zona de Estacionamiento Previo (ZEP), Canal de Despacho Expedito (CDE), Zona de Carga, Pasajeros e Instalaciones, en total cerca del 74% del área del proyecto está ocupado por estas zonas, el otro 26% forma parte de las áreas verdes incluidas dentro de la superficie total del polígono a desarrollar. (*Ver Figura 2, Plano de zonificación*).

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

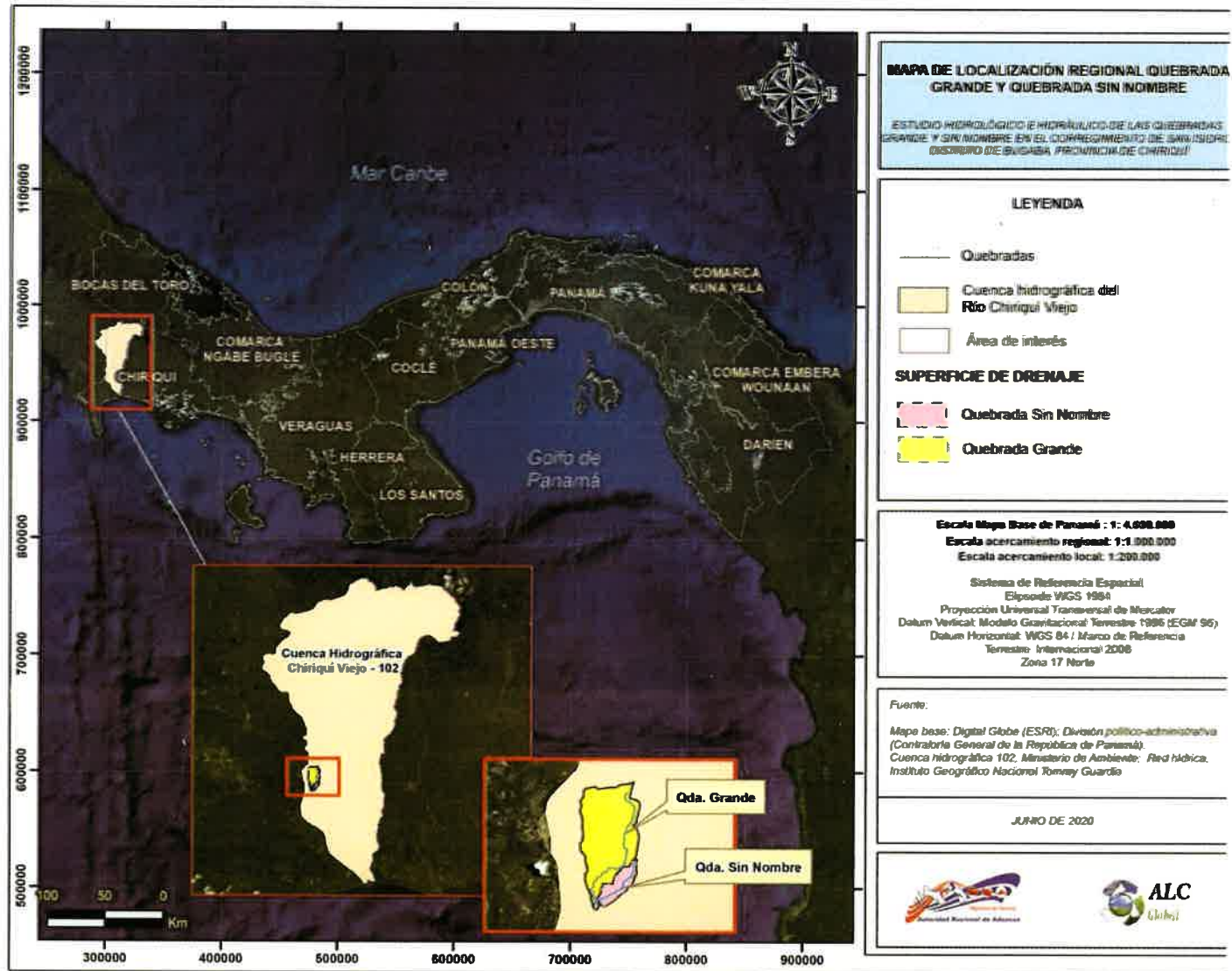


Figura 1. Mapa de Localización Regional del Proyecto

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

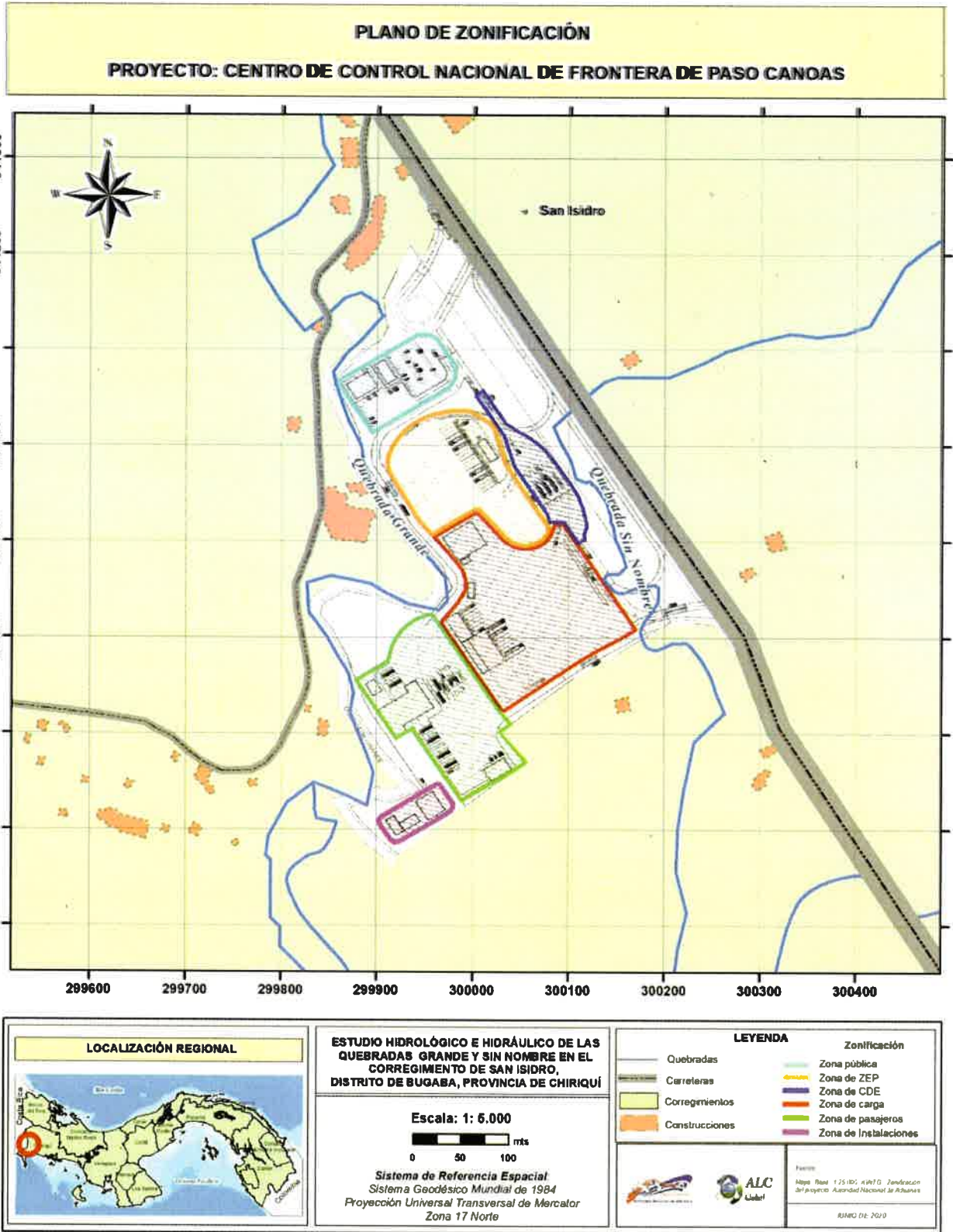


Figura 2. Plano de Zonificación del Proyecto

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS MICROCUENCAS DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE

Las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre, objeto de este estudio hidrológico e hidráulico, pertenecen a la región hídrica Pacífico Occidental. Esta región cubre a la provincia de Chiriquí, el sur de la Comarca Ngäbe Buglé y la parte oeste y sur de la provincia de Veraguas. Los cursos de agua de las cuencas hidrográficas de esta región, desembocan hacia la vertiente del Océano Pacífico. Sus rangos de precipitación oscilan entre 1000 y 3000 mm y en el caso del norte de la provincia de Chiriquí, llegando hasta los 6000 mm. Forman parte de la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo, designada con el número 102 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA). Esta cuenca limita, al norte, con la Cordillera Central, línea natural que establece la división política entre las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro; al sur, con la bahía de Charco Azul en el Océano Pacífico; al este, con la divisoria de aguas de los ríos Caldera, Macho de Monte y Escarrea; y al oeste, con la divisoria de aguas de los ríos Grande de Térraba y Coto en Costa Rica.

3.1 Cuenca del río Chiriquí Viejo

La cuenca 102 del río Chiriquí Viejo, está localizada geográficamente en la región occidental de la provincia de Chiriquí, en la República de Panamá, entre las coordenadas 986443.88 - 920711.77 m N y 310813.25 - 312395.80 m E (*ver Figura 1, Mapa de localización regional*). Comprende una superficie total de drenaje superficial de 1339.4 km² desde su nacimiento en la Cordillera Central hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, con una longitud del cauce principal de 161 km y un caudal medio de 29.80 m³/s de acuerdo con el Ministerio de Ambiente (fuente <http://cuencas.cathalac.org/cuencas/cuencas-prioritarias/rio-chiriqui-viejo>). Según la Dirección de Hidrometeorología de ETESA², la elevación media de la cuenca es de 1100 msnm (Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá Período 1971-2006, 2008, p. 33); su punto más alto se encuentra sobre el Volcán Barú, en la parte nororiental con una elevación de 3474.6 msnm.

² La Dirección de Hidrometeorología de ETESA es el organismo oficial que administra las estaciones hidrometeorológicas en el país.

324

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Administrativamente la cuenca del río Chiriquí Viejo (102) pertenece a la provincia de Chiriquí, “Valle de la Luna” en la etnia Ngäbe Buglé, distribuida en siete (7) distritos y veintisiete (27) corregimientos:

Tabla 1. Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo

PROVINCIA	DISTRITO	CORREGIMIENTO	LEY	Km ²
CHIRIQUÍ	ALANJE	Divalá	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	29.99
		Nuevo México	Ley No. 41 del 06 de mayo de 2003	73.94
	BARÚ	Baco	Ley No. 5 del 19 de enero de 1998	19.08
		Progreso	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	18.66
	BOQUERÓN	Cordillera	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	1.15
	BOQUETE	Los Naranjos	Ley No. 58 del 29 de julio de 1998	8.32
		Palmira	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	0.46
	BUGABA	Aserrió de Gariché	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	52.53
		Gómez	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	40.18
		La Estrella	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	16.23
		San Andrés	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	65.46
		San Isidro	Ley No. 10 del 14 de febrero de 2018	47.11
		Santa Marta	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	30.16
		Santa Rosa	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	38.10
		Santo Domingo	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	51.03
	RENACIMIENTO	Breñón	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	36.19
		Cañas Gordas	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	60.39
		Dominical	Ley No. 41 del 6 de mayo de 2003	82.72
		Monte Lirio	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	45.96
		Plaza Caisán	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	96.62
		Río Sereno	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	77.04
		Santa Clara	Ley No. 41 del 6 de mayo de 2003	69.65
		Santa Cruz	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982	59.50
	TIERRAS ALTAS	Cerro Punta	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982 - se segrega del distrito de Bugaba, para conformar el distrito de Tierras Altas mediante la Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	71.81
		Nuevo California	Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	122.38
		Paso Ancho	Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	42.91

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

PROVINCIA	DISTRITO	CORREGIMIENTO	LEY	Km ²
		Volcán	Ley No. 1 del 27 de octubre de 1982 - se segrega del distrito de Bugaba, para conformar el distrito de Tierras Altas mediante la Ley No. 55 del 13 de septiembre de 2013	81.74

Fuente: Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia

Hidrográficamente la cuenca está conformada por las siguientes subcuencas: río Chiriquí Viejo (872.1 km²), río Jacú (350.5 km²) y río Gariché-Divalá (116.7 km²).

3.2 Red de drenaje de la Quebrada Grande

La microcuenca de la Quebrada Grande está localizada al oeste de la provincia de Chiriquí, cuenta con una superficie de drenaje de 9.28 kilómetros cuadrados, el cauce principal tiene una longitud de 7.23 kilómetros desde el punto más alto hasta el sitio del proyecto. Los afluentes principales de la Quebrada Grande son las quebradas Salitre y una Quebrada sin Nombre (ver figura 3, Red de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Grande y Quebrada Sin Nombre), las cuales confluyen en la Quebrada Grande justo cerca de la Carretera Interamericana al noroeste del Proyecto. El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras bajas.

3.2 Red de drenaje de la Quebrada Sin Nombre

La microcuenca de la Quebrada Sin Nombre está localizada al oeste de la provincia de Chiriquí, cuenta con una superficie de drenaje de 149 ha (1.49 kilómetros cuadrados), su cauce principal tiene una longitud de 2.99 kilómetros desde el punto más alto hasta el sitio del proyecto (ver Figura 3, Red de drenaje de las microcuencas de la Quebradas Grande y Sin Nombre).

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

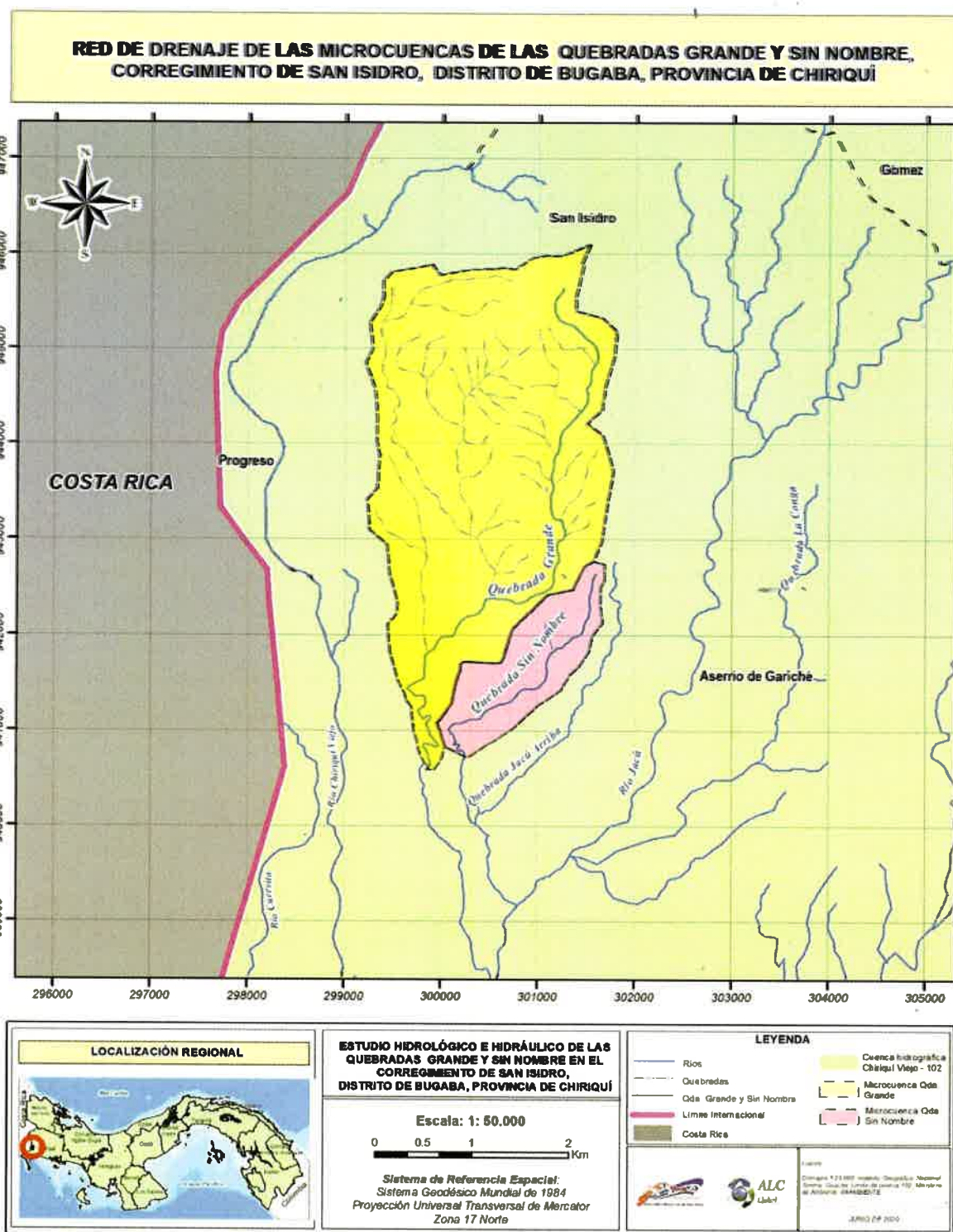


Figura 3. Red de drenaje de las microcuencas de la Quebrada Grande y Sin Nombre

4. GEOLOGÍA

Litológicamente hablando, el área de estudio se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias del Terciario, generalmente ocupado por calizas, lutitas, conglomerados, areniscas, entre otras.

En cuanto a su geología, el área se ve influenciada por el arco volcánico, ubicado en la parte sur de la Cordillera Central, y están constituidas por series litológicas de origen volcánico, donde predominan rocas andesíticas, basálticas y piroclásticas (aglomerados y tobas).

Tabla 2 Clasificación geológica del área de estudio					
Geología					
Grupo	Formación	Símbolo	Significado	Área (km²)	%
sd	Barú	QPS-BA	Basaltos/andesita, cenizas, tobas aglomerados y lavas	7.73	71.81
Gatún	Gatún-Uscari	TM-GAus	Lutitas, limolitas, areniscas, conglomerados, piroclásticos	2.97	27.61
Aguadulce	Las Lajas	QR-Ala	Aluviones, sedim. Consolidada, areniscas, corales, conglomerados, lutitas carb, tipo delta.	0.060	0.56

Fuente: Atlas Ambiental de Panamá, 2010.

5. TEXTURA

Conceptualmente, la textura del suelo hace referencia al tamaño de las partículas o las cantidades relativas de arena, limo y arcilla. En la Figura 4. se presenta el ejemplo de una foto de un suelo franco arenoso.

La totalidad de los suelos en la superficie de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre tienen una textura de tipo franco-arenosa (Ver Figura 5. Mapa de textura del suelo del área del proyecto). Este tipo de suelos se caracterizan por tener más arena de lo óptimo. Tienen una textura áspera, es muy poco moldeable y genera coloración al contacto. Adicionalmente poseen baja capacidad para retener nutrimentos y agua debido a que

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

presentan poros grandes que facilitan la lixiviación de estos y la volatilización de nitrógeno nítico.



Figura 4. Suelo Franco Arenoso

Tabla 3 Textura del área de estudio

Leyenda	Textura	Área (Km2)
	Franco - Arenosa	10.76
TOTAL		10.76

Fuente: 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".

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

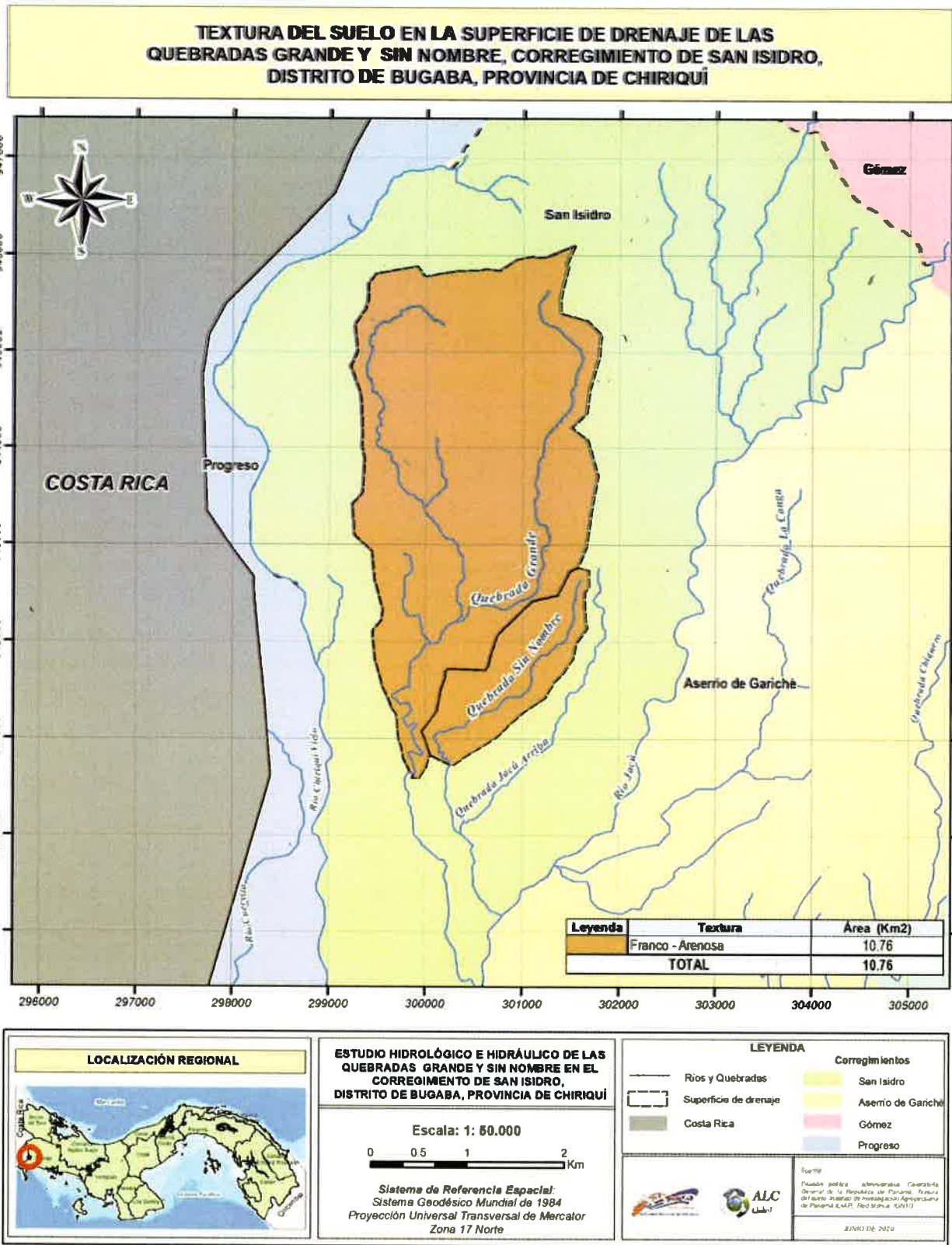


Figura 5. Mapa de textura del suelo en el área de proyecto

6. 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 las microcuencas de la Quebrada Grande y Sin Nombre se clasifican en tres clases, según su capacidad de uso (*Ver Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre*):

Tabla 4 Clasificación de la Capacidad Agrológica de los Suelos del área bajo estudio.

Nomenclatura	Clasificación	Área (km ²)	%
II	Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas.	0.00046	0.004
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas.	4.567	42.43
IV	Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas.	6.195	57.55
TOTAL		10.76	100

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá, 2010

- **CLASE II Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas:** Estos terrenos son aptos para la producción de cultivos anuales. Las tierras de esta clase presentan algunas limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de cultivos, o incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo o de conservación de suelos.
- **CLASE III Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas:** Las tierras de esta clase son aptas para la producción de cultivos anuales. Pueden utilizarse además en las mismas actividades indicadas en la clase anterior. Los

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

terrenos de esta clase presentan limitaciones severas que, restringen la selección de cultivos o incrementan sustancialmente los costos de producción. Requiere conservación especial.

- **CLASE IV Arable, muy severas limitaciones en la selección de las plantas:**
Estas tierras son aptas para la producción de cultivos permanentes o semipermanentes. Los cultivos anuales sólo se pueden desarrollar en forma ocasional y con prácticas muy intensas de manejo y conservación de los suelos, esto debido a las muy severas limitaciones que presentan estos suelos, para ser usados en este tipo de cultivos de corto período vegetativo. También se permite utilizar los terrenos de esta clase en ganadería, producción forestal y protección. Requiere un manejo muy cuidadoso.

Información aclaratoria al
 Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
 Centro de Control Nacional de Fronteras

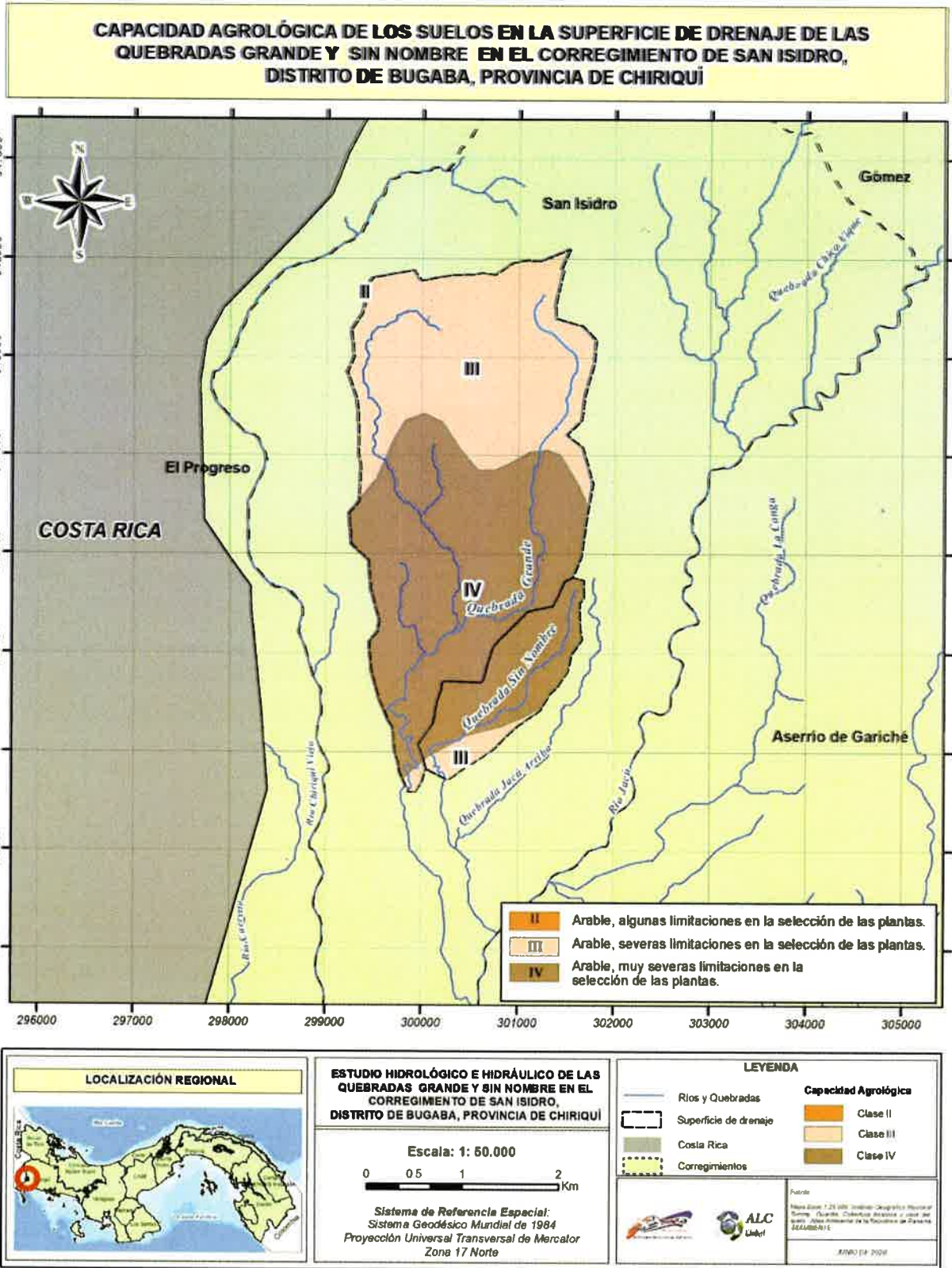









Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre

7. COBERTURA BOSCOsa Y USOS DEL SUELO:

La cobertura y/o uso del suelo en el área de estudio, tiene una relación directa con las variables de elevaciones, clima y tipo de suelo.

En los suelos de la superficie de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre existe una predominancia de uso del 71% con suelos destinados a pastos, 15% a bosques secundarios y en menor proporción 5 categorías más, las cuales se muestran en la siguiente tabla (*Ver Figura 7. Mapa de cobertura boscosa y uso del suelo*):

Tabla 5 Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio.

Leyenda	Cobertura y/o uso del suelo	Área (Km ²)	%
	Áreas pobladas	0.53	4.89
	Bosque plantado latifoliado	0.02	0.18
	Bosque secundario	1.56	14.56
	Infraestructuras	0.32	2.95
	Otros cultivos anuales	0.36	3.38
	Pastos	7.64	70.99
	Rastrojo	0.33	3.05
TOTAL		10.76	100

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2012

Esta es un área muy intervenida, en la que predominan los suelos con destinación pecuaria y agrícola, además de las zonas habitacionales.

A continuación, se describen las categorías de cobertura y uso de los suelos encontrados dentro del área de estudio:

 **Área poblada**

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EslA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Área poblada urbana: Lugar poblado con 1500 o más habitantes y que partiendo de un núcleo central; presenta continuidad física en todas las direcciones, hasta ser interrumpida por terrenos no edificados. Reúne todas o la mayor parte de las siguientes características:

- Servicio de alumbrado eléctrico
- Acueducto público
- Sistema de alcantarillado
- Trazado de calles, varias de ellas pavimentadas y con aceras
- Edificios contiguos o alineados
- Uno o más colegios secundarios
- Establecimientos comerciales
- Centros sociales y recreativos

Área poblada rural: Lugar poblado con menos de 1500 habitantes que no cumpla con la mayoría de las características descritas para los poblados urbanos.

 **Bosque plantado de latifoliadas**

Bosque plantado, compuesto predominantemente por especies latifoliadas.

 **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.

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

- 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.

Infraestructura

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad. Ejemplo: zonas industriales o comerciales, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, zonas portuarias, aeropuertos, obras hidráulicas, redes de transmisión eléctrica, etc.


Cultivo anual

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

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

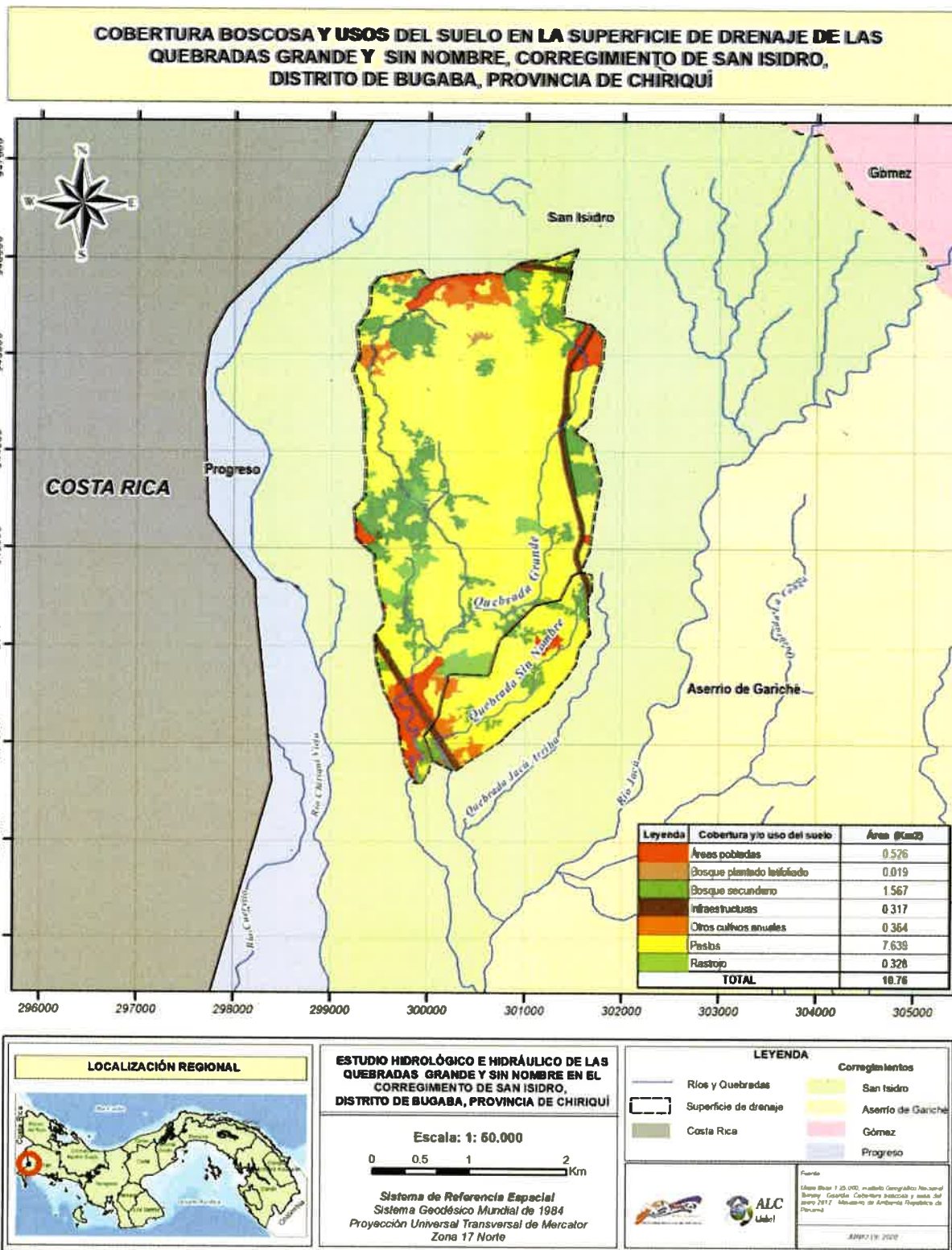


Figura 7. Mapa de cobertura boscosa y uso de suelo

8. CLIMA Y ZONAS DE VIDA

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

8.1 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. 1000 m) la temperatura puede llegar a 20°C. Se encuentra en las tierras bajas y montañosas hasta 1000 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 2500 mm, alcanza los 3519 en Remedios. El clima es de estación seca corta y acentuada con tres a cuatro meses de duración.

8.2 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:

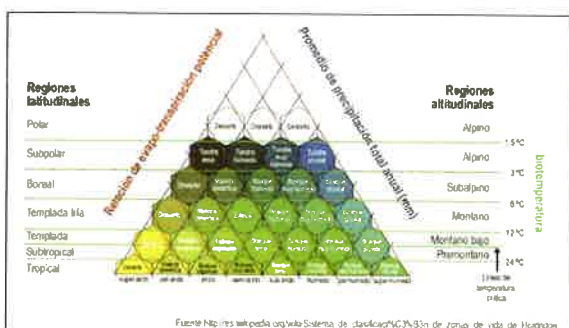


Figura 1. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge.

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

**Tabla 6. Clasificación de las Zonas de Vida presentes en la
República de 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

Fuente: Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010)

Las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre se encuentran dentro de las siguientes zonas de vida:

8.3 Bosque muy Húmedo Tropical

Esta zona de vida es uno de los mejores bio climas para uso forestal. Ocupa un área significativamente grande en Panamá, alcanzando unos 10900 kilómetros cuadrados o sea 13.4% del territorio nacional, representado en bloques grandes, continuos o en fajas, a elevaciones generalmente bajas a lo largo de la costa del Caribe, y en la parte oeste de la

península de Azuero, en la Sierra de Cañazas, en la Cordillera costera desde el norte de la ciudad de Panamá, hasta la frontera con Colombia y en los valles montañosos adyacentes al Chocó colombiano en Darién. Áreas más pequeñas pero significativas, se presentan en Chiriquí cerca de la frontera con Costa Rica y en la cordillera del Tabasará en el este de Chiriquí y oeste de Veraguas.

El bosque natural presenta una variedad de asociaciones que se encuentran en planicies y filos bien drenados y cuevas convexas superiores, con estratos bien definidos y una rica variedad de especies conformadas por arbóreas, arbustivas leñosas, epifitas, lianas, heliconias y otras más. Sus temperaturas oscilan entre los 25.5 y 26 °C y su nivel de precipitación anual va de los 3800 a 4000 mm.

8.4 Bosque Muy Húmedo Premontano:

Esta zona le sigue en extensión al Bosque Húmedo Tropical, totalizando 15200 kilómetros cuadrados, lo cual representa un 18% de la superficie del territorio nacional. Presenta áreas grandes y continuas tanto en el norte como en el sur de la división continental, encontrándose la mayor parte de esta en el lado Pacífico. La línea de elevación superior de esta formación se da entre los 1300 a 1600 metros sobre el nivel del mar, con una bio – temperatura media anual de unos 17.5 °C y una precipitación promedio entre los 2000 a 4000 mm.

Los bosques de tierras elevadas que ocupan principalmente suelos erosionables de baja fertilidad, son altos como los encontrados en el Bosque Húmedo Tropical, con una densidad mayor, tronco más delgado y la copa de los dominantes son menos anchas y desparramadas, más redondeadas y compactas. Los rodales contienen generalmente más especies perennifolias en todos los niveles y la estratificación es menos pronunciada.

Estos bosques en su condición de madurez, son la base para el inicio de la ordenación del uso sostenible, sin embargo, es necesario la implementación y aplicación de investigaciones científicas para definir el grado y métodos para su aprovechamiento y posterior manejo.

9. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN:

En la cuenca hidrográfica 102 del Río Chiriquí Viejo se identifican dos temporadas bien definidas: la temporada seca que va de mediados de diciembre a mediados de mayo y la lluviosa que va desde mediados de mayo a mediados de diciembre.

La cuenca registra una precipitación media anual de 3341 mm. Se presentan dos (2) núcleos de precipitación: el primero, de baja precipitación (entre 2200 y 2400 mm) ubicado en la parte nororiental de la cuenca; el segundo, de alta precipitación (entre 4000 y 4800 mm) ubicado en la parte media de la cuenca. El 90 % de la lluvia, ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 10 % restante se registra entre los meses de diciembre a abril; en la parte nororiental donde llueve menos, la distribución es más homogénea, con un 15 % de la lluvia en el período seco.

La temporada lluviosa se caracteriza por lluvias abundantes, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurre especialmente en horas de la tarde y que son por lo general de origen convectivo. Dentro de esta temporada se presenta frecuentemente un período seco conocido como Canícula o Veranillo de San Juan, entre julio y agosto. El período entre diciembre y abril corresponde a la temporada seca.

Las máximas precipitaciones en esta región, están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales, y la distribución estacional está asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

En la Figura 9, se presenta el Mapa de Isoyetas de las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre.

306

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

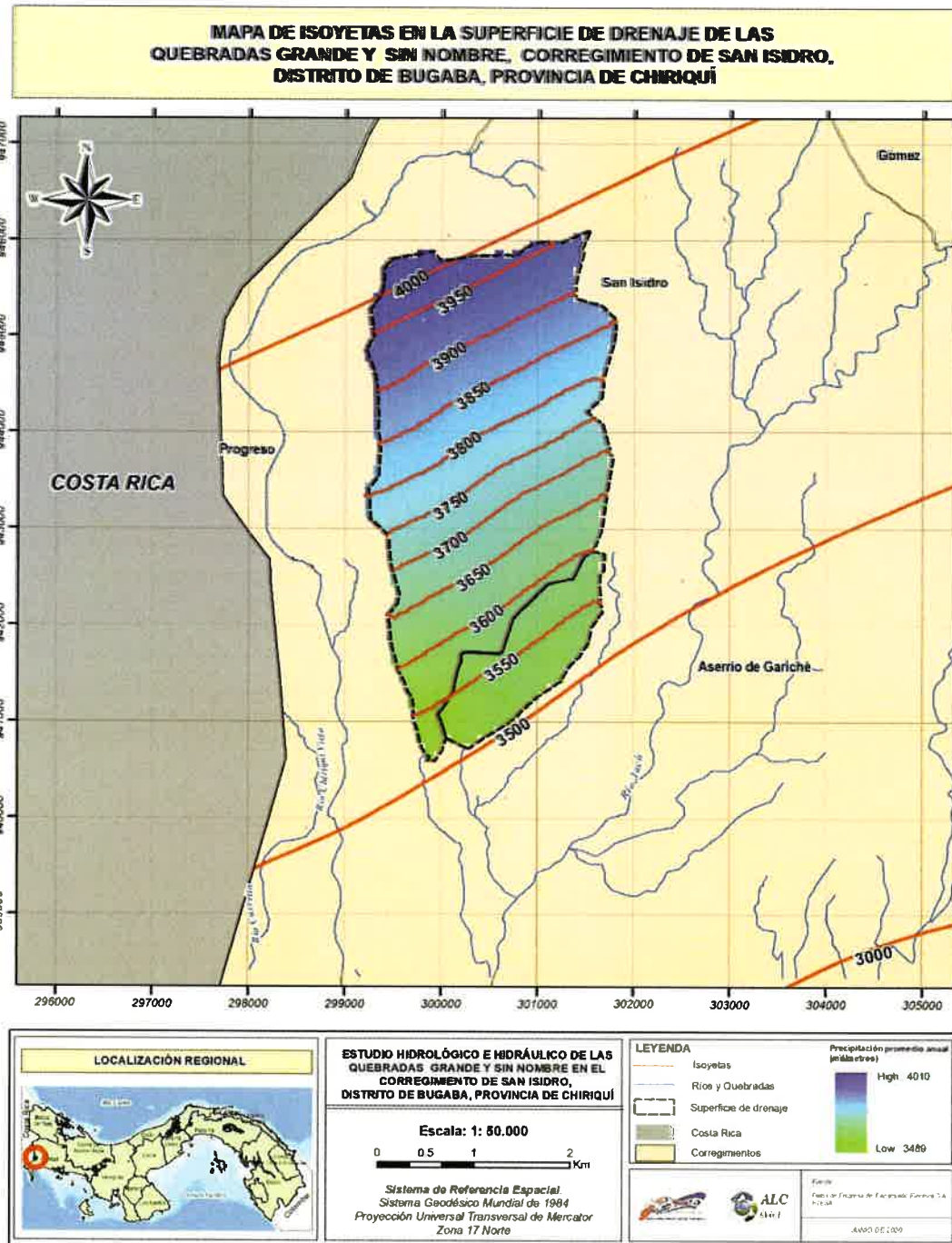


Figura 9. Mapa de Isoyetas de las microcuencas de Quebrada Grande y Quebrada sin Nombre

10. INFORMACIÓN BÁSICA

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

La información básica para el desarrollo del estudio hidrológico se obtuvo de tres fuentes principales:

- Información cartográfica existente
- Información hidrológica y meteorológica
- Levantamiento topográfico

10.1 Información cartográfica existente:

La información cartográfica se obtuvo de los mosaicos topográficos a escala 1:25000 generados por el Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia de la República de Panamá, con proyección UTM (Universal Transversal de Mercator), curvas de nivel a intervalos de 10 m y curvas suplementarias de 5 m, elipsoide WGS84 y generadas con imágenes de radar aerotransportado del área, tomadas en el año 2012.

La finalidad fue trazar y definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras características morfométricas de la cuenca. Las hojas cartográficas que contienen a las microcuencas de las Quebradas Grande y Sin Nombre se encuentran en las hojas de Progreso con nomenclatura 3641 III NE y Paso Canoas 3641 IV SE de la República de Panamá.

10.2 Información meteorológica e hidrológica

Las superficies de drenaje de las Quebradas Grande y Sin Nombre no cuentan dentro de su área, con estaciones de medición de precipitación y caudales, pero por estar ubicada dentro de la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo (102) y su proximidad a la cuenca hidrográfica del río Chiriquí (108), cuenta con información de estaciones cercanas.

La distribución espacial de las estaciones que se encuentran cercanas y cuyo comportamiento tienen influencia dentro de la superficie de drenaje de las quebradas objeto de este estudio hidrológico e hidráulico (*Ver Figura 10. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas*).

A continuación, se muestran las tablas con las estaciones hidrométricas y meteorológicas que inciden en el área de estudio del proyecto.

304

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Tabla 7 Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo.

Número	Río	Lugar	Tipo de Estación	Elevación	Latitud	Longitud
102-01-01	CHIRIQUI VIEJO	VOLCAN	Cv	1533	8° 48' 51"	82° 37' 51"
102-01-02	CHIRIQUI VIEJO	PASO CANOA	At	100	8° 31' 52"	82° 49' 58"
102-01-03	CHIRIQUI VIEJO	BAITUN	At	380	8° 38' 00"	82° 48' 00"
102-01-04	CHIRIQUI VIEJO	PRESA BAITÚN (LAGO)	At	395	8° 39' 38"	82° 49' 04"
102-01-05	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA MONTE LIRIO	At	970	8° 48' 12"	82° 44' 37"
102-01-06	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA EL ALTO	At	616	8° 45' 27"	82° 50' 06"
102-01-07	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA BAJO MINA	At	505	8° 43' 00"	82° 49' 58"
102-01-08	CHIRIQUI VIEJO	SITIO DE PRESA BAJO FRIO	At	274	8° 35' 41"	82° 47' 10"
102-02-01	CANDELA	RIO SERENO	Cv	870	8° 49' 00"	82° 50' 00"

Tabla 8 Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo y 108 del Río Chiriquí.

Número	Nombre	Tipo de Estación	Elevación	Latitud	Longitud
102-001	CERRO PUNTA	CC	1830	8° 52' 00"	82° 35' 00"
102-007	CAISAN CENTRO	AA	1150	8° 45' 48"	82° 47' 36"
102-009	BAJO GRANDE	BC	2300	8° 51' 00"	82° 33' 00"
102-014	CANAS GORDAS	CC	1140	8° 45' 04"	82° 54' 40"
102-015	BRENON	CC	700	8° 38' 07"	82° 49' 44"
102-016	GOMEZ ARRIBA	CC	380	8° 34' 00"	82° 44' 00"
102-017	SANTA CRUZ	CM	670	8° 39' 00"	82° 46' 00"
102-019	COTITO	CA	1900	8° 52' 41"	82° 42' 21"
102-020	PIEDRA CÁNDELA	CC	1440	8° 52' 35"	82° 46' 34"
102-029	SORTOVA	AM	400	8° 33' 07"	82° 39' 06"
102-034	VOLCAN	AA	1381	8° 46' 56"	82° 38' 29"
102-035	CHIRIQUI VIEJO VOLCAN	CA	1537	8° 48' 45"	82° 37' 42"
108-023	DAVID	AC	27	8° 23' 48"	82° 25' 42"

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

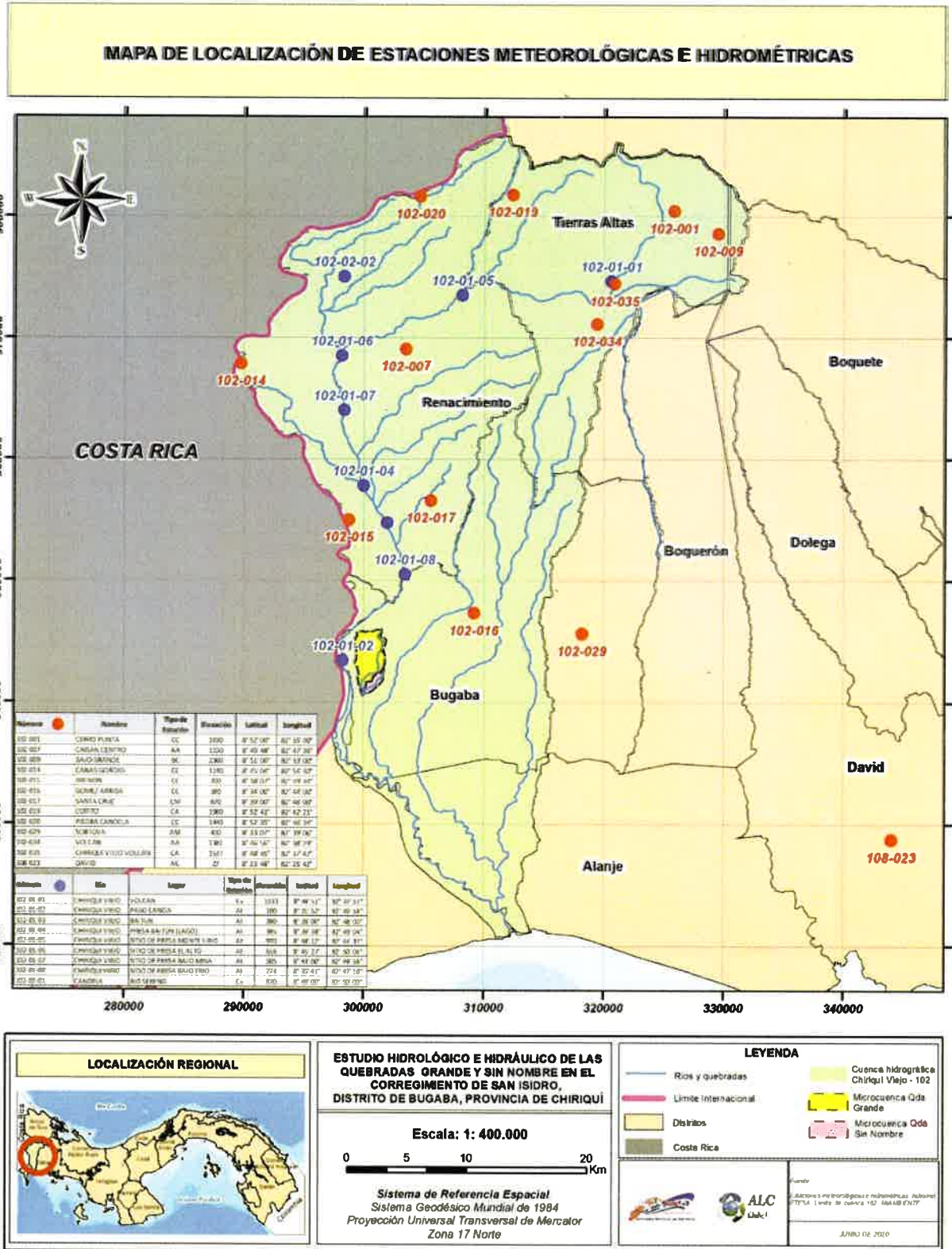


Figura 10. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

11. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA QUEBRADA GRANDE Y QUEBRADA SIN NOMBRE

El levantamiento topográfico de las Quebradas Grande y Sin Nombre fue realizado entre el lunes 18 y jueves 21 de mayo de 2020. Se levantaron 41 secciones transversales de la Quebrada Grande y 30 de la Quebrada Sin Nombre (ver Tabla 9 y 10).

Tabla 9. Secciones transversales de la Quebrada Grande.

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
41	0k+000
40	0k+020
39	0k+040
38	0k+045
37	0k+050
36	0k+055
35	0k+060
34	0k+065
33	0k+070
32	0k+075
31	0k+080
30	0k+100
29	0k+120
28	0k+140
27	0k+160
26	0k+180
25	0k+200
24	0k+220
23	0k+240
22	0k+260
21	0k+280
20	0k+300
19	0k+320
18	0k+340
17	0k+360
16	0k+380
15	0k+400

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
14	0k+420
13	0k+440
12	0k+460
11	0k+480
10	0k+500
9	0k+520
8	0k+540
7	0k+560
6	0k+580
5	0k+600
4	0k+620
3	0k+640
2	0k+660
1	0k+680

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Tabla 10. Secciones transversales de la Quebrada Sin Nombre

Sección	Nomenclatura HEC-RAS
30	0k+000
29	0k+020
28	0k+040
27	0k+045
26	0k+050
25	0k+055
24	0k+060
23	0k+065
22	0k+070
21	0k+075
20	0k+080
19	0k+100
18	0k+120
17	0k+140
16	0k+160
15	0k+180
14	0k+200
13	0k+220
12	0k+240
11	0k+260
10	0k+280
9	0k+300
8	0k+320
7	0k+340
6	0k+360
5	0k+380
4	0k+400
3	0k+420
2	0k+440
1	0k+460

El levantamiento topográfico de las secciones transversales fue amarrado y referenciado a las elevaciones tomadas a partir del B.M de la República de Panamá con código CR- CPA-4 cuya elevación es 80.2721 metros. A partir de cálculos satelitales utilizando equipo de doble frecuencia y glonass se da posición con coordenadas UTM, zona 17 Norte y datum WGS 84 al trabajo realizado. Información adicional sobre el trabajo topográfico realizado,

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

se encuentra en el informe "INFORME DE TRABAJO DE SECCIONAMIENTO A QUEBRADAS: GRANDE, SIN NOMBRE Y ZANJAS, EN AREA LIMÍTROFE ENTRE LAS REPÚBLICAS DE PANAMÁ Y COSTA RICA – AREA DE PANAMÁ EN EL CORREGIMIENTO DE SAN ISIDRO, DISTRITO DE BUGABA Y PROVINCIA DE CHIRIQUI".

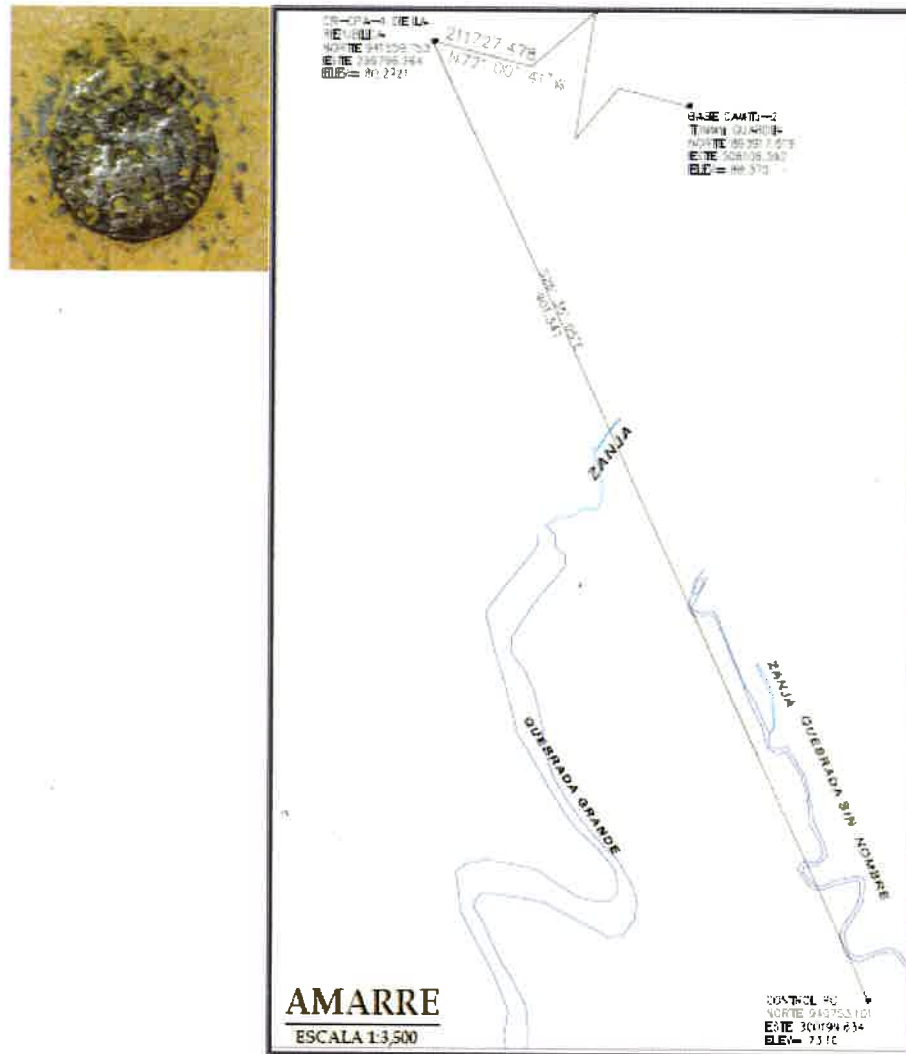


Figura 2. Foto de B.M del puente, con código CR- CPA- 4 y a base CAMTU-2.

12. MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA QUEBRADA GRANDE UTILIZANDO MODELO HEC-HMS

La microcuenca de la Quebrada Grande tiene una superficie de drenaje de 928 hectáreas y debido a que es mayor a 250 hectáreas, el Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos, parámetros recomendados en el diseño del sistema de calles, y drenajes pluviales de acuerdo a lo exigido en el Ministerio de Obras Públicas recomienda para la obtención del caudal máximo el uso de una modelación hidrológica.

12.1 Descripción del modelo HEC-HMS

El modelo HEC-HMS fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en los años 60 y es un modelo de precipitación escorrentía cuyo precursor se conoce con el nombre de HEC-1. El HEC-HMS, es uno de los programas de simulación de eventos de mayor difusión y que se puede utilizar de manera gratuita. Se utilizó la versión 3.5 para el análisis de los caudales de diseño.

12.2 Requerimientos del modelo HEC-HMS

Debido a que se necesita validar el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años y estos se pueden considerar eventos, los requerimientos del modelo dependen de la información hidrometeorológica disponible y del método seleccionado para determinarlos. Para nuestro caso, se requiere como elementos de entrada para simular el evento, la precipitación.

Los requerimientos para este método se refieren a características físicas como superficie de drenaje, el tiempo de concentración de la microcuenca de la Quebrada Grande, longitud y pendiente del cauce, pendiente de las laderas y estimación del número de curvas los cuales fueron obtenidos usando el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Toda esta información se determina por medio de imágenes de satélite, mosaicos topográficos, fotografías aéreas y principalmente la inspección de campo.

12.3 Metodología

El modelo HEC-HMS, está diseñado para simular la escorrentía superficial que resulta de una lluvia, mediante la representación de una cuenca como un sistema de componentes interconectados. Cada componente puede simular de manera individual un aspecto del proceso lluvia-escorrentía dentro de un área o microcuenca; los componentes incluyen la escorrentía superficial de la subárea, los canales y los embalses. Cada componente se representa por un conjunto de parámetros que especifica las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen sus procesos físicos. Los resultados finales del proceso de modelación son los hidrogramas de salida o escorrentía superficial directa para cada subárea previamente especificada. En la *Figura 11* se presenta el esquema del HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande.

El componente de escorrentía superficial para una subárea, se utiliza para presentar el movimiento del agua sobre la superficie del terreno para los cauces de los ríos y quebradas. La entrada de este componente es un hietograma de precipitación, el cual fue diseñado por el método de los bloques alternos. El exceso de lluvia se calcula restando la infiltración y las pérdidas por detención, y en nuestro caso se seleccionó el método del número de curva del Soil Conservation Services (SCS) y alternativamente se utilizó el modelo del hidrograma unitario de Clark para calcular los hidrogramas de escorrentía en la microcuenca.

El componente de tránsito de avenidas representa el movimiento de las ondas de crecidas en los canales. La entrada de este componente es el hidrograma obtenido aguas arriba, que resultó de las combinaciones individuales o combinadas de la escorrentía de las subáreas, el tránsito de caudales o las derivaciones.

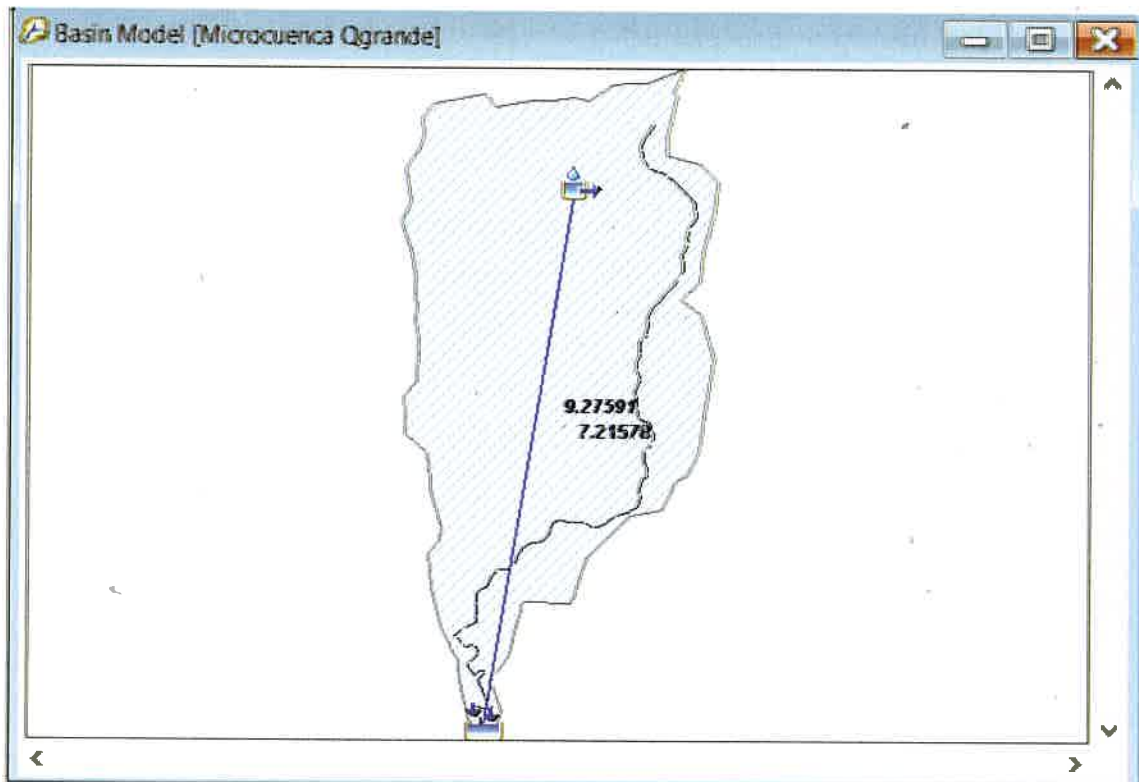


Figura 3. Esquema del Modelo HEC-HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

12.4 Análisis de la Precipitación:

Para obtener el hietograma de diseño de la microcuenca de la Quebrada Grande, se analizaron los datos de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la cuenca hidrográfica del Río Chiriquí Viejo y las cuencas vecinas. Debido a que la microcuenca de la Quebrada Grande no se cuenta con estaciones meteorológicas completas (tipo A), se analizaron los datos de las estaciones más representativas del comportamiento tanto temporal como espacial de la lluvia.

Se revisaron y analizaron los datos de intensidades máximas de precipitación de las estaciones meteorológicas Tipo A de Caisán Centro (102-007), Bajo Grande (102-009) y David Aeropuerto (108-023).

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Por ejemplo, en la Tabla 11 se presenta las intensidades y duración para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) calculados por el método de Talbot, y que fueron obtenidos por la Tesis *Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencias para Cuencas en la República de Panamá* realizados por la Ing. Alcely Lau y el Ing. Antonio Pérez.³

Tabla 11 Intensidades para diferentes periodos de retorno de la Cuenca del Río Chiriquí Viejo (mm/hr) por el método de Talbot.

Duración [Hr]	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	20	30	50	100
0.25	148.200	249.188	320.567	392.916	435.983	491.107	567.442
0.50	103.477	152.041	183.706	214.679	232.719	255.467	286.453
0.75	83.069	118.357	140.715	162.287	174.742	190.352	211.467
1.00	66.413	93.708	110.823	127.252	136.707	148.529	164.477
1.50	46.876	65.440	76.939	87.911	94.200	102.041	112.585
2.00	38.963	51.798	59.207	66.016	69.821	74.477	80.603
2.50	33.505	45.457	52.587	59.256	63.030	67.690	73.887
3.00	29.161	39.881	46.350	52.438	55.896	60.181	65.898

El paso siguiente fue diseñar la lluvia para un periodo de retorno de 100 años.

12.5 Método del bloque alterno

Se requiere de una metodología para distribuir la lluvia y en nuestro caso usamos el método del bloque alterno. El método del bloque alterno es generalmente utilizado también para desarrollar el hietograma de diseño si no se conoce la lluvia del evento. Conocido el tiempo de concentración y las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación más cercana al proyecto en estudio se puede diseñar la lluvia. El hietograma de diseño generado por este método determina la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempos sucesivos de duración Δt sobre una duración de Td = nΔt. Después de seleccionar

³ Lau A. y Pérez A. (2015) *Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para Cuencas en La República de Panamá*. Universidad Tecnológica de Panamá

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

el periodo de retorno de diseño y el intervalo de tiempo Δt , la intensidad es leída de la curva IDF o en su defecto se aplica la ecuación generada para la curva, para cada una de las duraciones para cada Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t...$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Determinando la diferencia entre los valores sucesivos de profundidad de la lluvia, se encuentra la cantidad total de precipitación que debe añadirse por cada unidad de tiempo Δt . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de manera que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central de manera de conformar el hietograma de diseño del proyecto.

En la *Tabla 12* se presenta el resumen de la intensidad para determinar la curva IDF de la estación David Aeropuerto (*ver Figura 12. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David. Fuente: ETESA, 1971-1996. Revisión y validación por consultor mayo 2020*). Los datos de intensidades de precipitación, se usaron para elaborar el hietograma de la tormenta de diseño en el método de los bloques alternos (*ver Figura 13. Hietograma de la microcuenca de la Quebrada Grande*) con la finalidad de estimar la crecida de diseño para un periodo de retorno de 100 años y en la *Tabla 13* se presentan los valores del hietograma de la lluvia de diseño de la Quebrada Grande.

Para determinar la lluvia de diseño, se analizaron y compararon los datos de las curvas IDF de las estaciones de lluvia más cercanas, las cuales fueron Caisán Centro (102-007), Bajo Grande (102-009) y David (108-023). Según la revisión de los registros de precipitación realizada por el consultor, se identificó que la estación de David Aeropuerto, es la que representa las características de la parte baja de la cuenca, por lo que se seleccionó como la adecuada para el desarrollo del hietograma de diseño de la zona bajo estudio. Esta estación fue operada por el antiguo IRHE (actualmente Dirección Hidrometeorología de ETESA).

**Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras**

Tabla 12. Resumen de Intensidad para determinar la curva IDF para la Estación de Lluvia de David.

tc (min)	Periodos de retorno en años					
	2	5	10	15	50	100
5	227.1	243.3	248.8	256.7	278.3	287.0
10	150.0	174.4	190.0	195.4	203.3	212.0
15	121.2	140.8	155.0	165.8	178.3	187.0
30	96.9	116.1	123.3	128.3	139.2	143.5
60	65.8	74.8	87.0	91.3	95.7	97.4
120	37.9	51.6	56.8	58.5	62.0	67.2

Fuente: Datos ETESA, tabla revisada y generada por el Consultor mayo 2020.

Tabla 13. Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la Microcuenca de la Quebrada Grande usando el método de bloques alternos.

Tc (min)	t (hr)	Intensidad (mm/hr)	Precipitación neta (mm)	Int para cada 10 minutos	Hietograma (mm)
10	0.17	223.29	37.21	37.21	7.23
20	0.33	163.91	54.64	17.42	7.94
30	0.50	136.79	68.40	13.76	8.95
40	0.67	120.32	80.21	11.82	10.56
50	0.83	108.92	90.77	10.56	13.76
60	1.00	100.42	100.42	9.65	37.21
70	1.17	93.75	109.37	8.95	17.42
80	1.33	88.33	117.77	8.40	11.82
90	1.50	83.81	125.71	7.94	9.65
100	1.67	79.96	133.26	7.56	8.40
110	1.83	76.63	140.49	7.23	7.56
120	2.00	73.71	147.43	6.94	6.94

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

Información aclaratoria al
Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) Categoría II
Centro de Control Nacional de Fronteras

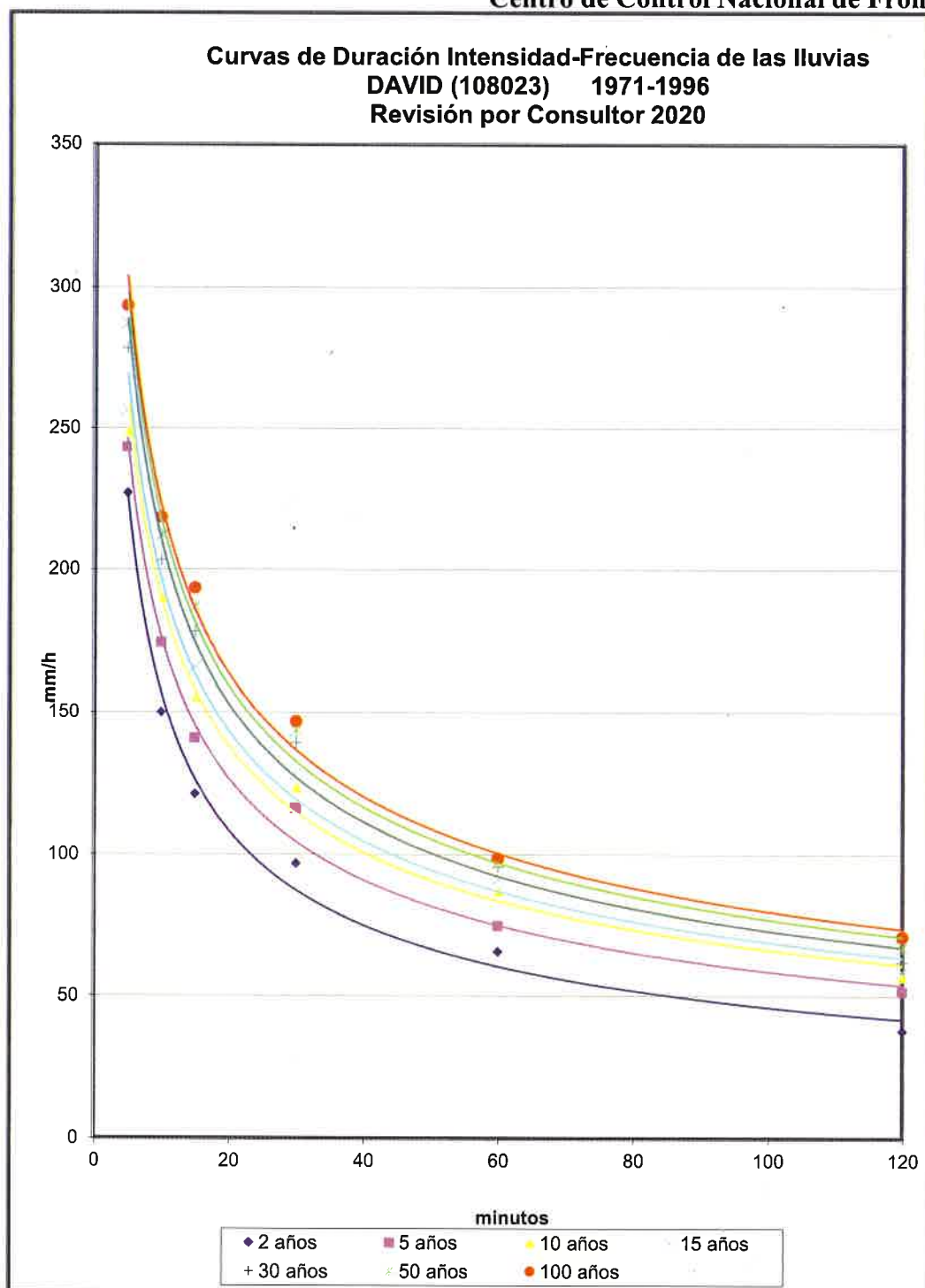


Figura 4. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica David.

Fuente: Hidrometeorología de ETESA. Revisión por consultor, mayo 2020.

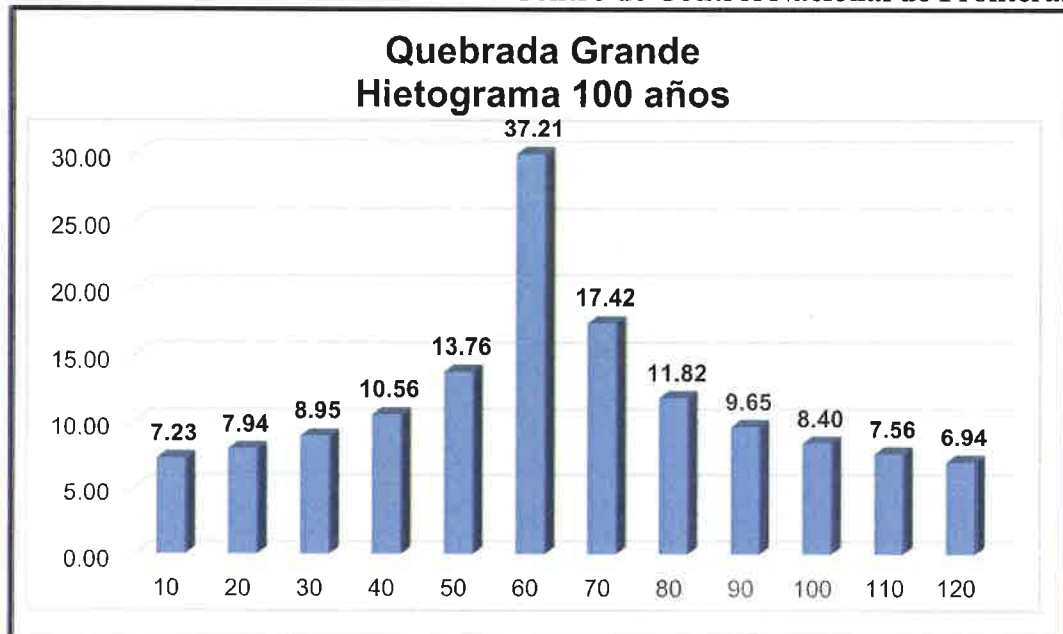


Figura 14. Hietograma de la microcuenca de la Quebrada Grande.

Fuente: Desarrollado por el consultor, junio de 2020.

12.6 Caudales de diseño para periodo de retorno de 100 años:

Determinado el hietograma de diseño de la lluvia desarrollado en incrementos de 10 minutos para una tormenta con periodo de retorno de 100 años, el siguiente paso fue el diseño del hidrograma de crecida. Para el diseño se utilizó el programa hidrológico HEC-HMS⁴ desarrollado por el cuerpo de ingenieros del Centro de Ingeniería Hidrológica de los Estados Unidos y que es de licencia gratuita.

El objetivo de aplicar el modelo HEC-HMS es establecer el hidrograma de entrada para el tránsito de la crecida con un periodo de retorno de 100 años.

Los parámetros del modelo fueron obtenidos de las imágenes de satélite, aplicando diferentes herramientas del Sistema de Información Geográfica.

⁴ HEC-HMS, Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica por sus siglas en inglés.

13. CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS PARA la QUEBRADA GRANDE

Obtenidos todos los parámetros físicos y el hietograma de lluvia requeridos por el modelo HEC-HMS, se procedió a ensamblar el modelo.

El trazado y medición de las microcuencas de las quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre se obtuvieron mediante medición SIG digital de los mosaicos 1:25000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. De los mosaicos también se obtuvieron las características físicas de la cuenca como la superficie de drenaje, longitud de los cauces, pendiente media de los cauces y de las laderas perpendiculares al cauce del río.

Con estos parámetros se procedió a determinar el tiempo de concentración para la microcuenca, adoptando el método de Kirpich.

El modelo se ensambló de la siguiente manera:

- Se declaró la superficie de drenaje de la Quebrada Grande y se alimentó el modelo con los parámetros requeridos.
- Se asumió que la lluvia de diseño es homogénea en toda la cuenca.
- Se introdujo el hietograma para la tormenta de diseño de 100 años de periodo de retorno.
- Se seleccionó el método del SCS (Soil Conservation Service de Estados Unidos) para calcular las pérdidas por infiltración y el método Hidrograma Unitario de Clark para determinar los hidrogramas de crecidas.
- Se realizaron las corridas para el periodo de retorno seleccionado.

Obtenidos los resultados de las corridas con el HEC-HMS, se comparó con los caudales máximos del Análisis de Frecuencia de Caudales Máximos (ETESA).

13.1 Resultados de la modelación HMS de la microcuenca de la Quebrada Grande

El caudal de diseño obtenido, para un periodo de retorno de 100 años para la Quebrada Grande es de 113.6 m³/s. En la *Figura 14* se presentan los resultados de la modelación hidrológica del HEC-HMS.

En la *Figura 15* se presenta el hidrograma de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto para el periodo de retorno de 1 en 100 años.

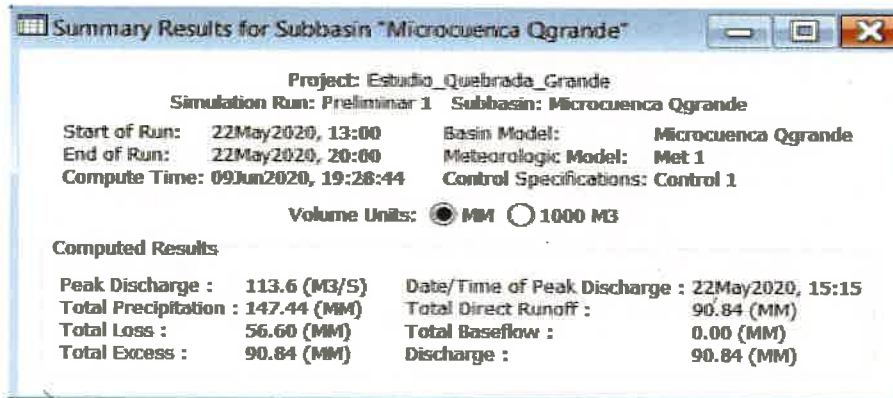


Figura 5. Resultados de la modelación hidrológica en el HEC-HMS

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

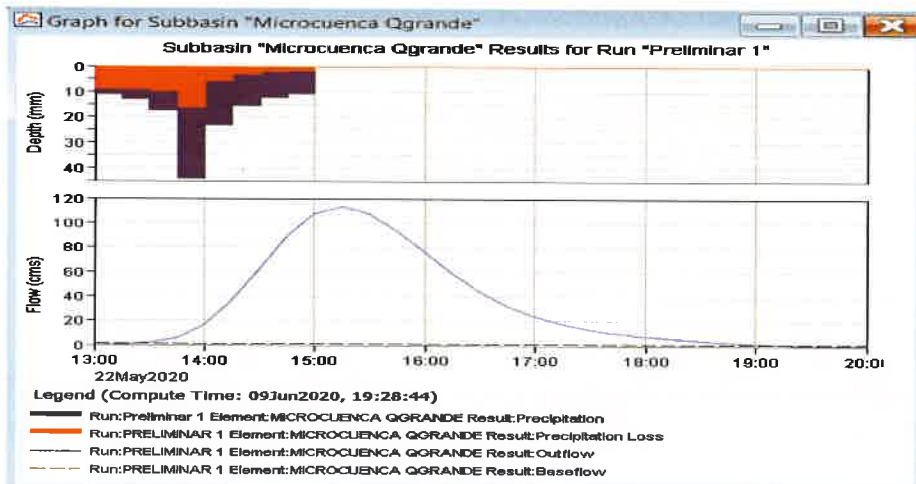


Figura 16. Hidrograma de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto para el periodo de retorno de 1 en 100 años.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020

14. CÁLCULO DE CAUDAL MÁXIMO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE USANDO EL MÉTODO RACIONAL

La microcuenca de la Quebrada Sin Nombre tiene una superficie de 149 hectáreas, y el Manual de Requisitos y Normas Generales actualizadas para la Revisión de Planos, permite dentro de sus parámetros recomendados para el diseño del sistema de calles y drenajes pluviales de acuerdo a lo exigido en el Ministerio de Obras Públicas, usar la fórmula Racional hasta una superficie de drenaje de 250 has.

Descripción del modelo

Para la determinación del caudal máximo, se utilizó el Método Racional.

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

Q = Caudal Máximo Instantáneo en m³/s.

C = Coeficiente de Escorrentía de la superficie de la cuenca bajo estudio.

I = Intensidad de la Lluvia en mm/h.

A = Superficie de Drenaje de la Cuenca en km².

Superficie de drenaje y coeficiente de escorrentía

Para la determinación de la superficie de drenaje de la microcuenca, se utilizó una imagen georreferenciada de los mapas topográficos de las áreas de Progreso y Paso Canoas en escala 1:25000 obtenido de la página web del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. Se determinó que la superficie de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Sin Nombre es 1.49 km². De la inspección de campo y del análisis de las imágenes satelitales, se asumió un coeficiente de escorrentía C = 0.70 lo que indica que el 70% del agua que cae escurre superficialmente.

Intensidad de la lluvia

Para calcular la intensidad de la lluvia, primero se determinó el tiempo de concentración T_c . El tiempo de concentración se define como, el tiempo que demora una gota de agua para fluir del punto más remoto de la cuenca, hasta la salida. Para este estudio se evaluaron las siguientes ecuaciones empíricas para determinar el tiempo de concentración:

Kirpich (1940): Desarrollada a partir de información del SCS en 7 cuencas rurales en Tennessee con caudales bien definidos y pendientes empinadas (3%-10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.40; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.20; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo de cunetas.

$$T_c = 0.0078 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

T_c = Tiempo de Concentración (minutos)

L = Longitud del Canal desde aguas arriba hasta la salida (pies)

S = Pendiente promedio de la Cuenca (pies/pie)

Datos:

L = 9799.46 pies

S = 2.56%

$$T_c = (0.0078) * (9799.46)^{0.77} * (0.0256)^{-0.385}$$

T_c = 37.93 ≈ 37.9 min

California Culverts Practice (1942): Esencialmente es la ecuación de Kirpich desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California (US Bureau of Reclamation 1973).

$$T_c = 60 * [11.9 * L^3 / H]^{0.385}$$

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

L= Longitud del curso de agua más largo (millas)

H= Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)

Datos

L= 1.86 mi

H= 250.40 pies

T_c= $60[11.9*1.86^3/250.40]^{0.385}$

T_c= 37.88 min \approx 37.9 min

T_{prom}= 37.9 min

Con **T_c**=37.9 min y la curva IDF de la estación David 108-023, obtenemos la siguiente ecuación de intensidad:

$$i = -68.88 \ln(x) + 387.36$$

$$i = -68.88 \ln(37.9) + 387.36$$

$$i = 136.97 \text{ mm/h} \approx 137 \text{ mm/h}$$

$$Q = 0.278 * C * I * A = 0.278 * 0.70 * 137 * 1.49$$

Q = 39.72 m³/s caudal para el periodo de retorno de 100 años.

15. MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DE LAS QUEBRADAS GRANDE Y SIN NOMBRE

Para determinar las planicies de inundación a lo largo del área de estudio, para el periodo de retorno de 1 en 100 años, se utilizó el programa de modelación hidráulica HEC-RAS.

Una vez obtenido el caudal máximo instantáneo para un periodo de retorno de 1 en 100 años se procedió a introducir los caudales determinados, en el modelo HEC-RAS.

15.1 Descripción del Modelo HEC-RAS

HEC-RAS, fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros militares de los Estados Unidos (US Army Corps), el cual tiene como su predecesor el HEC-2 y ha sido actualizado desde su aparición a los inicios de los años 60.

La versión actual del programa, permite realizar cálculos de perfiles de agua para flujo permanente y no permanente en una dimensión, análisis de transporte de sedimento del lecho y análisis de temperatura del agua.

Se utilizó el HEC-RAS en su versión 4.1 el cual es un programa de dominio público, está ampliamente probado y tiene literatura disponible para consulta.

El modelo tiene disponible entre sus principales características la modelación de los perfiles de agua a lo largo de un cauce o canal, la modelación y cálculo hidráulico de estructuras hidráulicas tales como puentes, alcantarillas; además, de contar con un módulo que permite el diseño hidráulico de canales y el cálculo de corte y relleno.

Para el desarrollo de los mapas de las planicies de inundación, se utilizó el HEC-GeoRAS que es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades para procesar datos geoespaciales en ArcGIS mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). La interfaz permite la preparación de datos geométricos para la importación a HEC-RAS y procesa los resultados de simulación exportados desde HEC-RAS.

Para crear el archivo de importación, el usuario debe tener un modelo de terreno digital (DTM) existente de la red de drenaje en formato ArcInfo TIN. El usuario crea una serie de temas de línea pertinentes al desarrollo de datos geométricos para HEC-RAS. Los temas creados son el eje central del cauce del río, eje central del tránsito del caudal (opcional), orillas del canal principal (opcional) y líneas de corte de sección transversal los que se denominan temas RAS.

15.2 Requerimientos del Modelo:

Luego de seleccionado el modelo para realizar el análisis hidráulico, se procedió a estudiar sus requerimientos mínimos. La información necesaria para la modelación incluyó los mapas topográficos del área, el levantamiento topográfico de las secciones transversales de las Quebradas Grande y Sin Nombre, que atraviesan el polígono del proyecto "Centro de Control Nacional de Frontera de Paso Canoas", con su respectivo plano planta perfil en formato dwg.

Los datos de elevación y posición del levantamiento topográfico están referidos al sistema de referencia espacial UTM WGS84 zona 17.

15.3 Resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS:

Luego de alimentado el modelo HEC-Ras con los datos requeridos, se procedió a la modelación de los cuerpos de agua. La quebrada Grande, que pasa lateral al terreno bajo estudio, para el proyecto propuesto, se modeló a flujo no permanente o modelo hidrodinámico y la quebrada Sin Nombre, a flujo permanente.

La Tabla 14, presenta los datos de salida de la modelación con el HEC-RAS de la Quebrada Grande, para un periodo de retorno de 1 en 100 años. En la Tabla 15, se presenta la salida para la modelación en HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años.

Los resultados obtenidos de la Modelación Hidráulica del HEC-RAS fueron validados por la inspección realizada el lunes 18 de mayo de 2020 (ver en Anexos A.6.1.).

Tabla 14. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Grande para un periodo de retorno de 100 años.

Sección	Q total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl(m/s)	# Froude Chl
41	113.60	66.00	70.87	70.97	0.000332	1.46	0.26
40	113.60	66.36	70.86	70.97	0.000268	1.60	0.26
39	113.60	65.76	70.85	70.96	0.000242	1.68	0.25
38	113.60	65.82	70.86	70.95	0.000194	1.57	0.23
37	113.60	65.66	70.92	70.93	0.000017	0.47	0.07
36	113.60	65.25	70.86	70.92	0.000092	1.17	0.16
35	113.60	64.46	70.84	70.92	0.000119	1.30	0.18
34	113.60	65.41	70.85	70.91	0.00011	1.13	0.17
33	113.60	65.28	70.87	70.90	0.000071	0.94	0.14
32	113.60	64.71	70.88	70.90	0.000031	0.71	0.09
31	113.60	64.21	70.88	70.89	0.000032	0.75	0.10
30	113.60	64.16	70.86	70.89	0.000083	1.05	0.15
29	113.60	68.48	70.23	70.83	0.010671	4.00	1.29
28	113.60	63.33	65.28	70.02	0.047278	9.85	2.78
27	113.60	63.72	64.78	68.80	0.053712	9.05	2.94
26	113.60	63.87	65.67	67.60	0.017699	6.38	1.76
25	113.60	63.37	66.47	66.81	0.001174	2.78	0.52
24	113.60	63.05	66.18	66.76	0.002516	3.75	0.74
23	113.60	63.02	66.28	66.67	0.001345	3.10	0.56
22	113.60	62.65	65.68	66.58	0.004796	4.64	0.96
21	113.60	61.71	65.75	66.13	0.00125	2.85	0.53
20	113.60	61.55	65.64	66.09	0.001366	3.53	0.58
19	113.60	61.50	65.64	66.05	0.001041	3.12	0.51
18	113.60	61.48	65.78	65.97	0.000496	2.19	0.35
17	113.60	61.79	65.81	65.95	0.000389	1.92	0.31
16	113.60	61.75	65.86	65.91	0.000156	1.25	0.20
15	113.60	61.33	65.82	65.91	0.00022	1.60	0.24
14	113.60	61.05	65.61	65.88	0.000956	2.86	0.47
13	113.60	60.29	65.71	65.83	0.000228	1.61	0.24
12	113.60	63.43	65.39	65.79	0.00435	3.45	0.90
11	113.60	60.64	61.97	65.36	0.037471	8.33	2.51
10	113.60	60.57	61.93	64.41	0.026857	7.17	2.14
9	113.60	60.45	63.12	63.44	0.001281	2.66	0.53
8	113.60	59.35	62.95	63.39	0.001472	3.27	0.59
7	113.60	58.67	63.08	63.31	0.000573	2.28	0.38
6	113.60	59.14	63.14	63.27	0.000374	1.73	0.30
5	113.60	59.94	63.14	63.26	0.00044	1.76	0.32
4	113.60	59.49	63.16	63.24	0.000265	1.53	0.26
3	113.60	59.39	62.19	63.14	0.007814	4.71	1.18
2	113.60	58.21	61.66	61.80	0.000697	1.64	0.36
1	113.60	57.67	60.65	61.67	0.006783	4.46	1.04

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

15.4 Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Grande

Los resultados de la modelación hidráulica de la Quebrada Grande para el caudal máximo extraordinario de 113.6 m³/s, que representa un periodo de retorno de 1 en 100 años se presentan en la tabla 14 y en el mapa del Anexo, A.2. 2. Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre. En la figura 16, se presenta una foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande, en donde se puede observar una vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada Grande.

- Los terrenos y propiedades localizadas en la ribera oeste del cauce de la quebrada son áreas inundables.
- Los terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto, localizados en la ribera este de la Quebrada Grande de la quebrada, desde la Carretera Interamericana hacia aguas abajo, se inundan para el periodo de retorno de analizado.
- Según los resultados, el nivel de terracería segura debe tener una elevación de 70.92 msnm o más.



Figura 6. Foto de la ribera oeste de la Quebrada Grande donde se localiza vivienda en las planicies de inundación de la Quebrada Grande.

Tabla 15. Salida de HEC-RAS de la Quebrada Sin Nombre (cauce original) para un periodo de retorno de 100 años.

Sección	Q total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl (m/s)	#Froude Chl
30	39.72	67.65	71.45	71.47	0.000105	0.88	0.15
29	39.72	67.74	71.45	71.47	0.000117	1.01	0.17
28	39.72	67.54	71.43	71.47	0.000167	1.24	0.20
27	39.72	67.11	71.38	71.46	0.000431	2.17	0.34
26	39.72	66.92	70.86	71.40	0.00175	3.82	0.63
25	39.72	66.51	69.11	71.18	0.012892	8.32	1.66
24	39.72	66.11	69.34	69.48	0.000601	1.96	0.37
23	39.72	66.49	69.34	69.46	0.000722	2.10	0.40
22	39.72	66.36	69.39	69.43	0.000276	1.35	0.25
21	39.72	66.04	69.35	69.42	0.000242	1.30	0.24
20	39.72	66.47	69.33	69.41	0.000475	1.74	0.33
19	39.72	66.33	69.23	69.39	0.000894	2.40	0.45
18	39.72	66.12	69.29	69.35	0.000273	1.39	0.25
17	39.72	66.13	69.28	69.34	0.000307	1.49	0.27
16	39.72	65.70	69.30	69.33	0.000127	1.01	0.17
15	39.72	65.81	69.24	69.32	0.00029	1.50	0.26
14	39.72	66.08	69.24	69.31	0.000351	1.59	0.29
13	39.72	65.83	69.26	69.30	0.000172	1.19	0.21
12	39.72	65.68	69.18	69.28	0.000409	1.84	0.32
11	39.72	65.52	68.35	69.19	0.007938	4.41	1.01
10	39.72	65.49	67.14	68.88	0.013712	6.29	1.60
9	39.72	65.47	66.89	68.41	0.027022	6.55	1.96
8	39.72	65.48	66.82	67.98	0.013826	5.58	1.57
7	39.72	65.43	66.78	67.77	0.012786	5.29	1.50
6	39.72	65.04	66.70	67.51	0.00898	5.04	1.29
5	39.72	64.79	66.30	67.28	0.011521	5.29	1.43
4	39.72	64.58	65.99	67.03	0.015385	5.86	1.64
3	39.72	64.42	66.36	66.61	0.002189	2.73	0.65
2	39.72	64.33	66.44	66.54	0.00079	1.83	0.41
1	39.72	63.66	65.68	66.44	0.004887	4.24	0.99

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

15.5 Análisis de los Resultados de la Simulación Hidráulica de la Quebrada Sin Nombre

Los resultados de la modelación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre, para el caudal máximo extraordinario de 39.72 m³/s, que representa un periodo de retorno de 1 en 100 años, se presentan en la tabla 15 y en el mapa del Anexo, A.2. 2., "Planicies de inundación de las Quebradas Grande y Quebrada Sin Nombre". En la figura 17, se presenta una foto de la Quebrada Sin Nombre dentro de los predios del proyecto propuesto.

- La parte frontal del terreno propuesto para el desarrollo del proyecto, se inunda debido a que el cauce de la quebrada los atraviesa.
- El nivel de terracería segura para la finca es de 71.45 msnm o más.



Figura 18. Foto de la Quebrada sin Nombre dentro de los predios del proyecto propuesto

280

Tabla 16. Salida de HEC-RAS del canal de la Quebrada sin Nombre (Rectificación de cauce y diseño de cajón) para un periodo de retorno de 100 años

Sección	Q total (m³/s)	Min Ch El (m)	Elev. Agua(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope(m/m)	Vel Chnl (m/s)	#Froude Chl
30	20	68.20	71.39	71.39	0.000008	0.30	0.05
29	21	68.00	71.39	71.39	0.000007	0.35	0.06
28	21	68.00	71.22	71.38	0.000733	1.89	0.34
27	21	67.87	71.24	71.35	0.000548	1.66	0.29
26	21	67.72	70.96	71.30	0.001732	2.59	0.46
25	21	67.60	71.11	71.21	0.000598	1.69	0.29
24	21	67.47	71.16	71.18	0.000168	0.99	0.16
23	30	67.33	70.42	71.11	0.003157	3.74	0.68
22	30	67.20	70.84	70.90	0.000396	1.43	0.24
20	30	66.92	69.78	70.68	0.004781	4.20	0.79
19	30	66.80	69.73	70.58	0.004512	4.10	0.76
18	30	66.64	69.66	70.46	0.004202	3.98	0.73
17	30	66.51	69.66	70.35	0.003437	3.72	0.67
12	35	65.83	68.54	69.90	0.007423	5.17	1.00
5	35	64.88	66.36	66.77	0.006956	2.90	1.02
4	35	64.58	66.25	66.63	0.00483	3.71	0.95
3	35	64.42	66.10	66.46	0.003573	3.14	0.81
2	35	64.33	66.24	66.36	0.000988	1.91	0.45
1	35	63.66	65.54	66.25	0.005003	4.08	0.98

Fuente: Desarrollado por el Consultor, junio de 2020.

245

16. VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE UN CAJÓN PLUVIAL CON SECCIÓN TRANSVERSAL DE B=2.50 M Y H=2.75 M

Cajón Pluvial de Hormigón 2.50m x 2.75m

$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$h = 2.75 \text{ m}$$

$$\lambda = 2b+h$$

$$\lambda = 7.75 \text{ m}$$

$$A = 6.875 \text{ m}^2$$

$$R = 0.887097 \text{ m} \quad 0.65$$

$$n = 0.013$$

$$i = 0.006715$$

$$Q = 1/n * A * R^{2/3} * i^{1/2}$$

$$Q = 40.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como $40.01 \text{ m}^3/\text{s} > 39.72 \text{ m}^3/\text{s}$

“La sección transversal del cajón pluvial cumple”

17. CONCLUSIONES:

- En la inspección al sitio del proyecto, se evidenció que la Quebrada Sin Nombre, recorre toda la parte frontal que limita al norte con la Carretera Interamericana y su cauce dificulta el acceso de manera directa al terreno propuesto para el desarrollo del proyecto. El informe va incluido en el Anexo 6.
- La superficie de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Grande hasta el sitio del proyecto es de 928 ha, su tiempo de concentración es 76 minutos y el coeficiente de escorrentía según observaciones de campo y satelitales asumido es de 0.70.
- La superficie de drenaje para la microcuenca de la Quebrada Sin Nombre, es de 149 ha, su tiempo de concentración es 38 minutos y el coeficiente de escorrentía asumido es de 0.70.
- El caudal máximo instantáneo de la Quebrada Grande, hasta el punto de interés para un periodo de retorno de 1 en 100 años es 113.6 m³/s.
- El caudal máximo instantáneo de la Quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 1 en 100 años hasta el sitio de interés es 39.7 m³/s.
- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Grande, indica que el Nivel de Agua Máxima Extraordinaria (NAME) para el periodo de retorno de 1 en 100 años es 70.92 msnm (según Tabla 14).
- La salida de la simulación hidráulica de la Quebrada Sin Nombre, indica que el Nivel de Agua Máxima Extraordinaria (NAME), para el periodo de retorno de 1 en 100 años es de 71.45 msnm (según Tabla 15).
- El NAME de la Quebrada Sin Nombre difiere del NAME de la Quebrada Grande, por las características físicas de ambas microcuencas en cuanto a la superficie de drenaje, la profundidad, el ancho del cauce, las elevaciones y las pendientes.