

2024


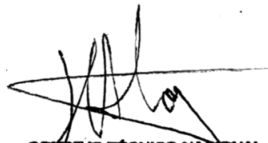
ESTUDIO HIDROLOGICO RÍO TAGARETE

CUENCA NO. 144 RÍO JUAN DÍAZ

ELABORADO A SOLICITUD DE:
URBAN CONNECTION CORP.

Proyecto: Calles de acceso, Infraestructura, Garita y Acceso frontal.

Corregimiento de Las Mañanitas, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá.

	 CONSEJO TÉCNICO NACIONAL DE AGRICULTURA HÉCTOR A. MOJICA P. ING. EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE IDONEIDAD N° 7,839-15
Hidrología, Cuencas Hidrográfica y Medio Ambiente.	Elaborado por Ing. Héctor A. Mojica P. ID. 7,839-15

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.1

2. OBJETIVO DEL INFORME.2

 2.1. Objetivo General.2

 2.2. Objetivo Específicos.2

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.2

 Tabla 1. Coordenadas (UTM WGS-84).3

 Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.....4

4. HIDROLOGÍA.5

 4.1. Caracterización de la fuente hídrica.5

 4.1.1. Cuenca hidrográfica Río Juan Díaz.6

 4.1.2. Río Tagarete.6

 Mapa 2. Área de drenaje del Cuenca.7

5. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.8

6. GEOLOGÍA.9

 Tabla 3. Clasificación geológica.....9

 Mapa 3. Formaciones Geológicas.....10

7. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS.11

 Tabla 4. Clasificación de la Capacidad Agrológica de los suelos del área bajo estudio.11

 Mapa 4. Capacidad agrologica.12

8. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.13

 8.1. Clima tropical con estación seca prolongada.13

 8.2. Zonas de vida según Holdridge.....14

 8.2.1. Bosque Húmedo Tropical.14

 Mapa 5. Zonas de vida según Holdridge.....15

 8.3. Distribución de la precipitación.....16

 8.4. Régimen pluviométrico por región (Pacífico).17

9. TIPOS DE SUELOS.17

10. HIDROMETRÍA.....17

 Tabla 5. Registros de caudales Río Matasnillo.....18

11. INFORMACIÓN BÁSICA.....	19
11.1. Información cartográfica existente.	19
11.2. Información meteorológica.	19
Mapa 6. Localización de estaciones meteorológicas.	20
11.3. Comportamiento climático del área de estudio.	21
11.3.1. Precipitación.....	21
Tabla 6. Registro de Precipitación promedio y máxima mensual.	21
11.3.2. Temperatura Mensual.	22
11.3.3. Viento.	23
11.3.4. Humedad Relativa.	24
11.3.5. Evaporación.....	25
Tabla 7. Evaporación mensual.	26
11.3.6. Evapotranspiración potencial (ETP).....	27
Tabla 8. Evapotranspiración potencial – Método de Penman.	27
11.3.7. Temporada seca.	28
11.3.8. Período lluvioso.....	28
12. BALANCE HIDRICO DE SUELOS.	28
Tabla 9. Balance Hídrico de suelos para la cuenca.....	29
Mapa 7. Hidrogeología.....	30
13. HIDROGEOLOGÍA.	31
14. GEOMORFOLOGÍA DEL RÍO TAGARETE.	31
15. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.	32
15.1. Área de drenaje de la cuenca.	32
15.2. Perímetro de la cuenca.....	33
15.3. Área de la cuenca.	33
15.4. Ancho de la cuenca.	34
15.5. Longitud recta de la cuenca.....	34
16. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.	34
16.1. Índice de compacidad o índice de Gravelius.....	34
Tabla 10. Índice de compacidad para la evaluación de forma.	35
16.2. Índice de Gravelius de la cuenca.	35

16.3. Factor de Forma (Kf).....	35
Tabla 11. Clasificación del factor de forma.	36
16.4. Factor de forma cuenca.....	36
16.5. Índice de alargamiento.....	37
Tabla 12. Clasificación de Índice de alargamiento	38
16.6. Índice de alargamiento cuenca.....	38
17. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA.....	38
17.1. Pendiente media de la cuenca.	38
Tabla 13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.	39
Tabla 14. Parámetros fisiográficos del Río Tagarete.	40
17.2. Curva Hipsométrica.	40
17.3. Curva hipsométrica de la cuenca.....	41
Tabla 15. Curvas de nivel de la cuenca.	43
18. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	43
18.1. Longitud del cauce (L).....	43
18.2. Perfil del cauce.	44
Tabla 16. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.	45
18.3. Cota de nacimiento (m.s.n.m.)	45
18.4. Cota en la confluencia con el sitio de estudio (m.s.n.m.)	45
18.5. Pendiente media del cauce.	46
18.6. Tiempo de concentración de la cuenca	46
20. CAUDAL DE DISEÑO.	47
20.1. Método Racional (Quebrada sin nombre).	47
20.1.2. Descripción del modelo.	47
Tabla 17. Coeficientes de escorrentías.	47
20.1.3. Cálculo del caudal hidrológico.	48
Tabla 18. Datos de la microcuenca Río Tagarete.	48
Tabla 19. Resultados del análisis por el método Racional.	49
21. DISEÑO DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA ÓPTIMA PARA EL RÍO TAGARETE.....	50
Tabla 20. Datos de resultado de diseño de la sección hidráulica.....	50
22. ANÁLISIS HIDRÁULICO.....	51

23.1. Caudal de Diseño.....51

22.2. Criterios de Modelación.52

 Tabla 21. Valores de coeficientes “n” del manual del MOP 2021.52

22.3. Implicaciones en condiciones existentes.....52

22.4. Resultado Hidráulico (Río Tagarete).53

 22.4.1. Condición Existente.53

 22.4.2. Secciones Transversales (Río Tagarete).55

22.5. Niveles de Terracería Seguros.56

 Tabla 22. Resultados en Condición Existente.....56

22.4. Resumen de los resultados del modelo Hidráulico.....56

 Tabla 23. Resultados Generales.....56

23. CONCLUSIONES.....57

24. RECOMENDACIÓN.57

25. BIBLIOGRAFÍA.58

1. INTRODUCCIÓN.

El presente estudio hidrológico para el Río Tagarete de flujo permanente, ha sido desarrollado a solicitud de Urban Connection CORP, para el proyecto Calles de acceso, Infraestructura, garita y acceso frontal. Este estudio hidrológico se basa con los requerimientos mínimo que exige el Ministerio de Ambiente en cumplimiento con la legislación que ordena los recursos hídricos sobre la resolución No. DM. 0431-2021 del 16 de agosto del 2021, “que establece los requisitos para la autorización de obras en cauce naturales y se dictan otras disposiciones”, para dar viabilidad a obras donde se establece los análisis hidrológicos para la cuenca de estudio, que deben ser considerados para la construcción y operación del proyecto precipitado.

El objetivo principal del estudio hidrológico es caracterizar hidrológicamente, morfológicamente y definir los cuerpos de agua que circundan para la huella del proyecto, tanto externa como internamente y así determinar los caudales máximos para períodos retornos estimados. Se presenta en el estudio el cuerpo de agua analizado, por requerimientos del Ministerio de Ambiente.

Para el análisis se revisaron y levantaron 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 hidrológicos de diseño.

En el informe se presenta una descripción general de la cuenca hidrográfica No. 144 Río Juan Díaz, y el Río Tagarete; incluyendo, localización y descripción general del área.

2. OBJETIVO DEL INFORME.

Presentar el estudio Hidrológico que evalúa el río Tagarete la cual tiene como propósito una evaluación integral de las variables y componentes hidrológicos para determinar el grado de impacto que pueda presentar el desarrollo de la obra a efectuarse. De tal forma que la huella del proyecto, cumpla con las recomendaciones de los requisitos establecidos por el Ministerio de Ambiente en su proceso de evaluación y desarrollo de la misma.

2.1. Objetivo General.

Desarrollar el Estudio Hidrológico requerido por el Ministerio de Ambiente, para su evaluación hidrológica en el proceso de evaluación y aprobación de las obras requeridas a realizar para el proyecto.

2.2. Objetivo Específicos.

- Caracterizar los componentes morfológicos del río Tagarete.
- Determinar características hidrográficas que interviene el área de estudio requeridas por el Ministerio de Ambiente.
- Calcular los valores morfométricos de la cuenca de estudio.
- Estimar valores hidráulicos que se presenta en la condición existente.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

La huella del proyecto, está ubicado en el corregimiento de Las Mañanitas, distrito de Panamá, provincia de Panamá, el cual será desarrollado por la empresa Promotora Urban Connection CORP.

El corregimiento de Juan Demóstenes Arosemena tiene un área de 23.93 km² y limita al con el corregimiento de Tocumen, al este con el corregimiento de Tocumen, al oeste con el corregimiento de Pedregal y al sur con el corregimiento de Don Bosco.

Tabla 1. Coordenadas (UTM WGS-84).

Vértices del Polígono		
ID	Este (m)	Norte (m)
1	675906.00	1004682.00
2	675907.00	1004804.00
3	675722.00	1004772.00
4	675732.00	1004757.00
5	675708.00	1004744.00
6	675691.00	1004735.00
7	675683.00	1004717.00
8	675905.00	1004760.00
9	675904.00	1004737.00
10	675676.00	1004694.00
11	675675.00	1004692.00
12	675675.00	1004672.00
13	675903.00	1004715.00
14	675935.00	1004681.00
15	675932.00	1004686.00
16	675864.00	1004678.00
17	675859.00	1004707.00
18	675687.00	1004674.00
19	675707.00	1004652.00
Área 2.44 has.		

Fuente: Este estudio 2025.

Mapa 1. Localización Regional del Proyecto.



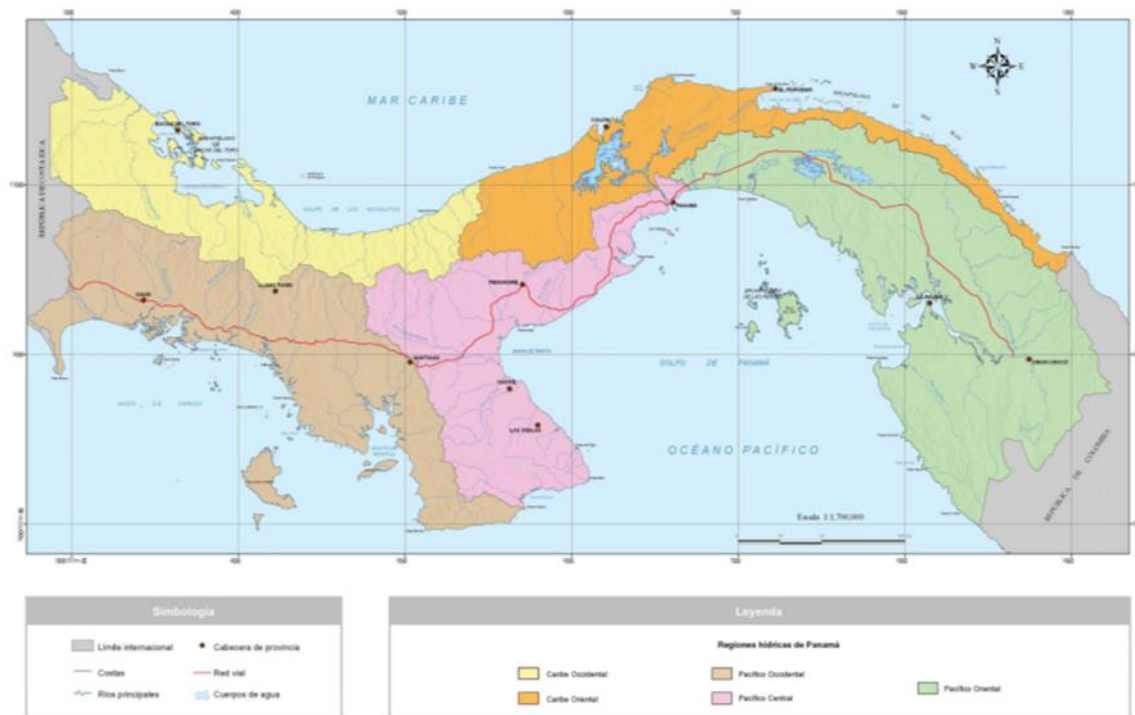
4. HIDROLOGÍA.

Los estudios hidrológicos analizan la información recopilada de las cuencas, como son el comportamiento climático de las cuencas, caudales promedios mensuales, caudales mínimos mensuales, definición de áreas de aportes, periodo de retorno, intensidad y el caudal que se definirá para el estudio.

4.1. Caracterización de la fuente hídrica.

El río Tagarete de flujo permanente, objeto de este estudio hidrológico, pertenece a la región hídrica Pacífico Oriental. Esta región cubre a la región este de la provincia de Panamá y la provincia de Darién. 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, registrándose precipitaciones promedio de 2000 mm. Forman parte de la cuenca hidrográfica río Juan Díaz, designada con el número 144 según el Proyecto Hidrometeoro lógico Centroamericano (**PHCA, 1967-1972**).

Figura No. 2. Mapa de Regiones Hídricas de Panamá.



Fuente: Atlas Ambiental de Panamá. 2010.

4.1.1. Cuenca hidrográfica Río Juan Díaz.

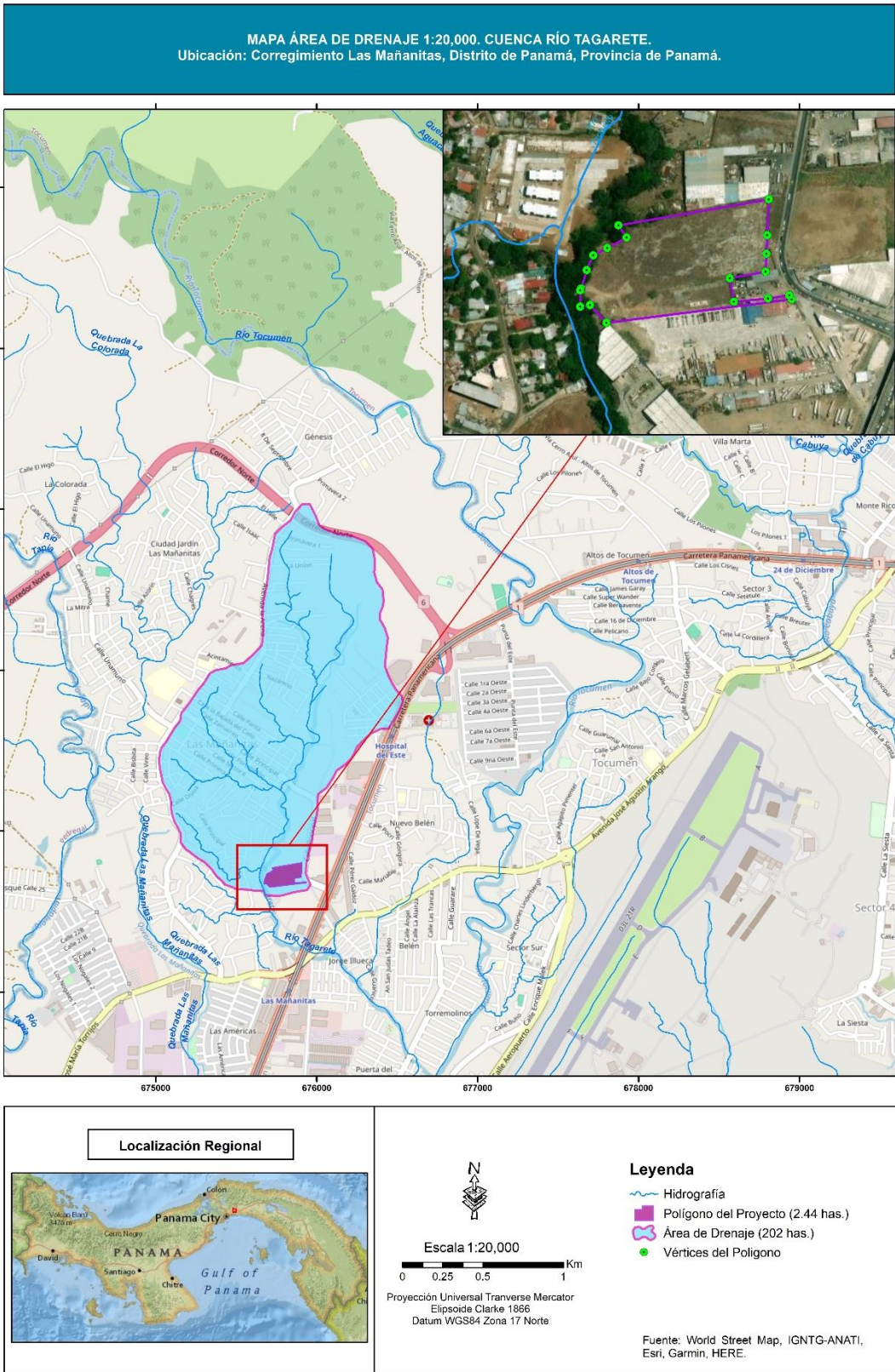
La cuenca 144 corresponde al Río Juan Díaz, se sitúa en la vertiente del Pacífico, dentro de la provincia de Panamá y ocupa una superficie de 350.74 km², representando el 0.46 % del territorio nacional. Sus límites naturales son: al norte, con la cuenca del Canal de Panamá; al sur, con la Bahía de Panamá en el Océano Pacífico; al este, con la cuenca del Río Pacora; y al oeste, con la cuenca de los Ríos entre el Caimito y Juan Díaz.

El Río Juan Díaz es un río de Panamá, que desemboca en la vertiente del Océano Pacífico, específicamente en la Bahía de Panamá, que recorre gran parte de la Provincia de Panamá. La cuenca del río Juan Díaz está ubicada hacia el sudeste de la provincia de Panamá, nace en Cerro Azul, a una altitud de 691 msnm y desemboca en la bahía de Panamá. Sus principales afluentes son los ríos Las Lajas, María Prieta, Naranjal, Palomo, la Quebrada Espavé y la Quebrada Malagueto. Tiene una longitud de 27.29 km y su cuenca hidrográfica abarca 350.74 km². La topografía de la cuenca es accidentada con una pendiente media del 12.8 %, estando el relieve compuesto por colinas y cerros bajos, tales como Cerro Bartolo, Cerro Santa Cruz, Cerro El Brujo, Cerro Batea, Cerro Viento y Cerro Bandera. Tiene numerosas cascadas en la cuenca alta, lo cual favorece el rápido escurrimiento de las aguas superficiales y los consecuentes bajos tiempos de concentración. La cuenca registra una precipitación media anual de 2004.6 mm para registros del año 2015.

4.1.2. Río Tagarete.

El Río Tagarete, es definida como una fuente hídrica de flujo permanente está localizada al este de la provincia de Panamá, cuenta con un área de drenaje de 2.02 km² o 202 has, representando el 0.58 % del área de la cuenca 144 Río Juan Díaz. El cauce principal tiene una longitud de 4.65 kilómetros desde el punto más alto de su nacimiento hasta el sitio de desfogue el Río Tocumen, y hasta el sitio de interés para el análisis hidrológico de 2.62 kilómetros y es de orden No. 2. Posee 14 afluentes tributarios que confluyen hacia la misma; El paisaje de esta microcuenca está dominado por tierras bajas.

Mapa 2. Área de drenaje del Cuenca.

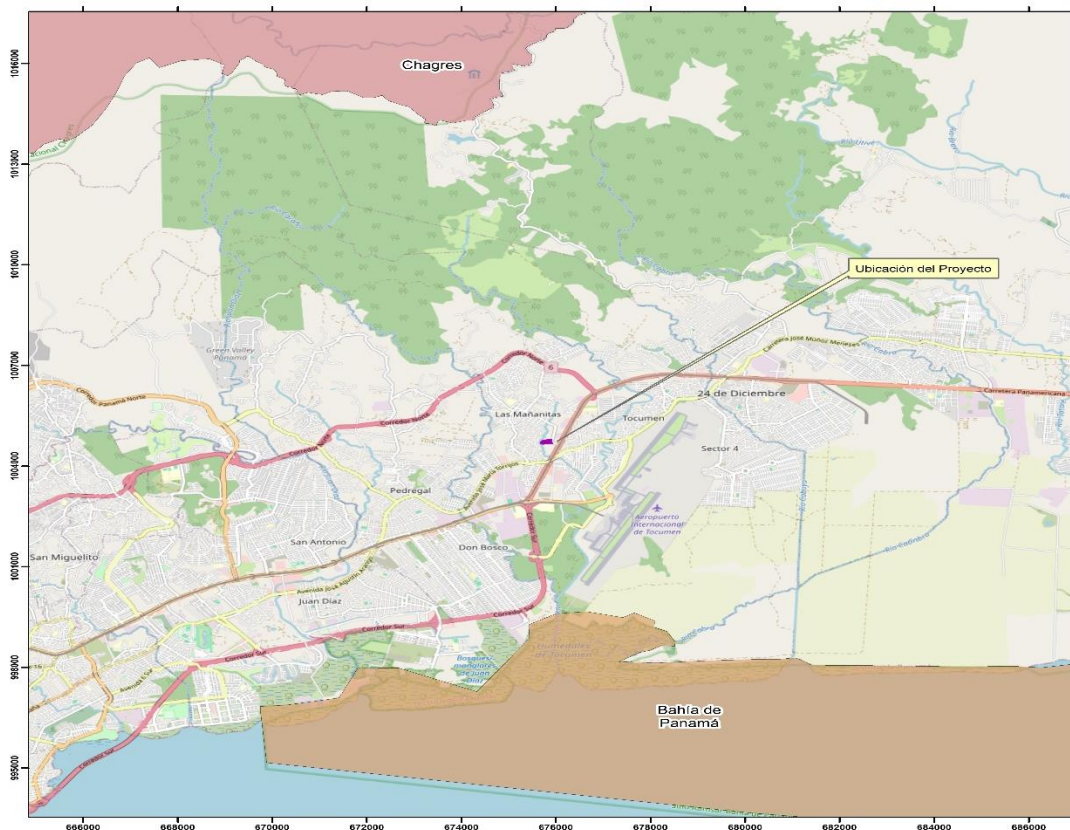


5. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.

Las áreas protegidas son sitios que poseen gran riqueza natural, económica, cultural y son clave para la investigación científica. Están regulados por normativas que velan por su conservación y que, dependiendo de su clasificación, permiten que se realicen actividades que no alteren los recursos naturales que las integran. En Panamá hay cerca de 90 áreas protegidas, de las cuales 17 son parques nacionales.

Panamá cuenta con un robusto Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), que abarcan aproximadamente 32% de área terrestre y 12% de áreas marinas del territorio nacional, como se muestra en la siguiente imagen. De acuerdo a lo mostrado en la Figura 3 y al listado de Áreas Protegidas de la República de Panamá, la zona del proyecto no se ubica dentro de ninguna de estas áreas protegidas.

Figura No. 3. Áreas Protegidas en Panamá.



6. GEOLOGÍA.

Litológicamente hablando, el área de estudio se caracteriza por la presencia de Esta zona se caracteriza por afloramiento de rocas andesitas y basaltos intrusivos. Al sur muy alejada se presenta fallas normales y al oeste la falla Chame.

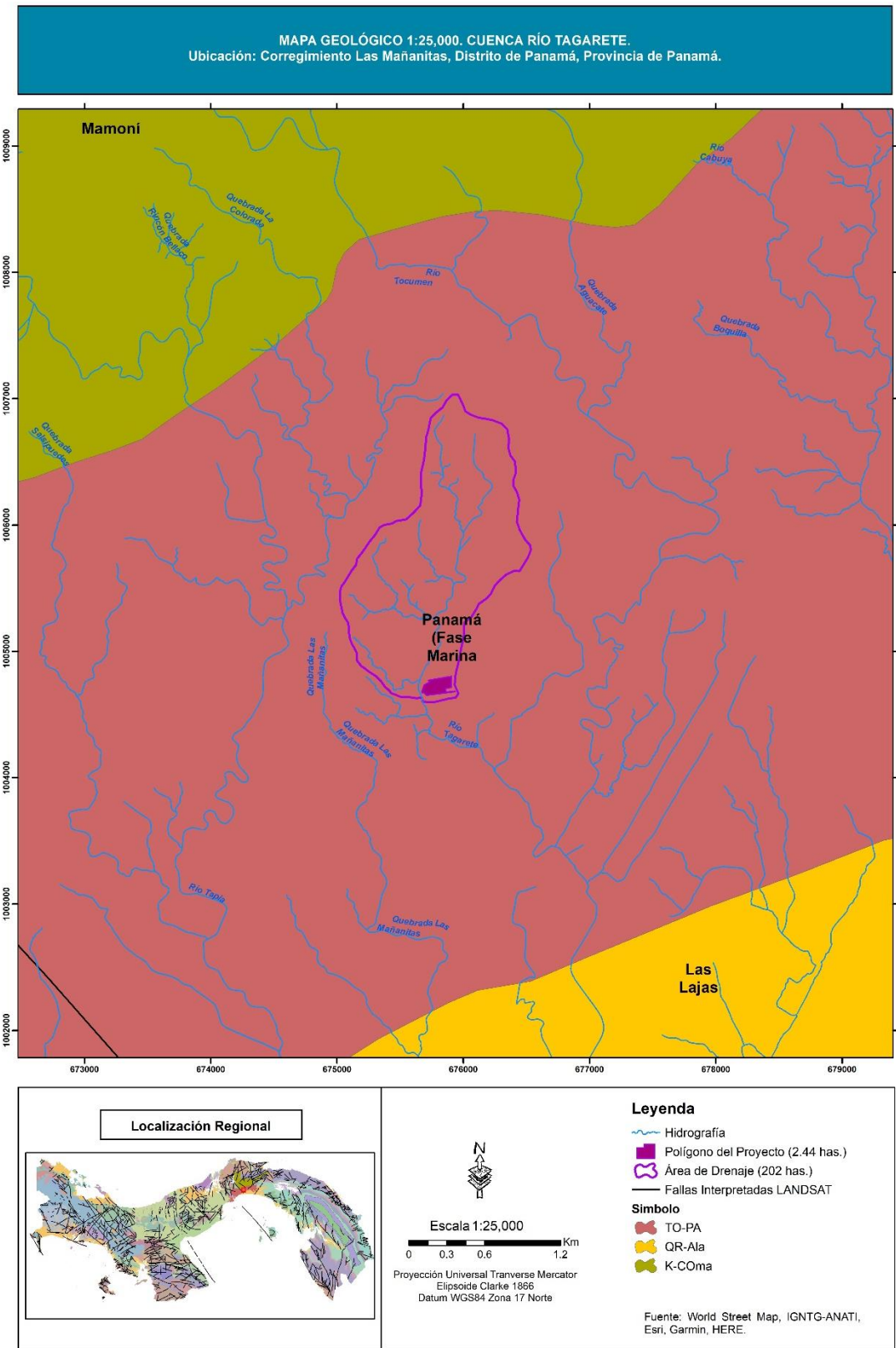
Los suelos que conforman el área, son suelos residuales productos de la meteorización de la roca madre, específicamente de la formación Panamá (fase marina); roca sedimentaria del grupo Panamá, en las formaciones sedimentarias se han encontrado fósiles pertenecientes al Cretácico superior, periodo terciario. Y de la formación Panamá Fase marina; roca volcánica del grupo Panamá, Volcanismo de la época de mioceno medio y superior, periodo terciario.

Tabla 3. Clasificación geológica.

Clasificación geológica de la microcuenca Río Tagarete					
Geología					
Grupo	Formación	Símbolo	Significado	Área (km²)	%
Panamá	Panamá (fase marina)	TO-PA	Arenisca tobácea, lutita, tobácea, caliza algácea y foraminífera.	2.02	100
TOTAL				2.02	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

Mapa 3. Formaciones Geológicas.



7. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS.

Los suelos se clasifican en ocho clases de tierras y se designan con números romanos, que van del I la VIII. Las tierras de clase I son las tierras óptimas, es decir, que no tienen limitaciones y a medidas 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, VII son para uso forestal, frutales o pastos. La clase VIII son tierras destinadas a parques, áreas de esparcimiento, reserva y otras.

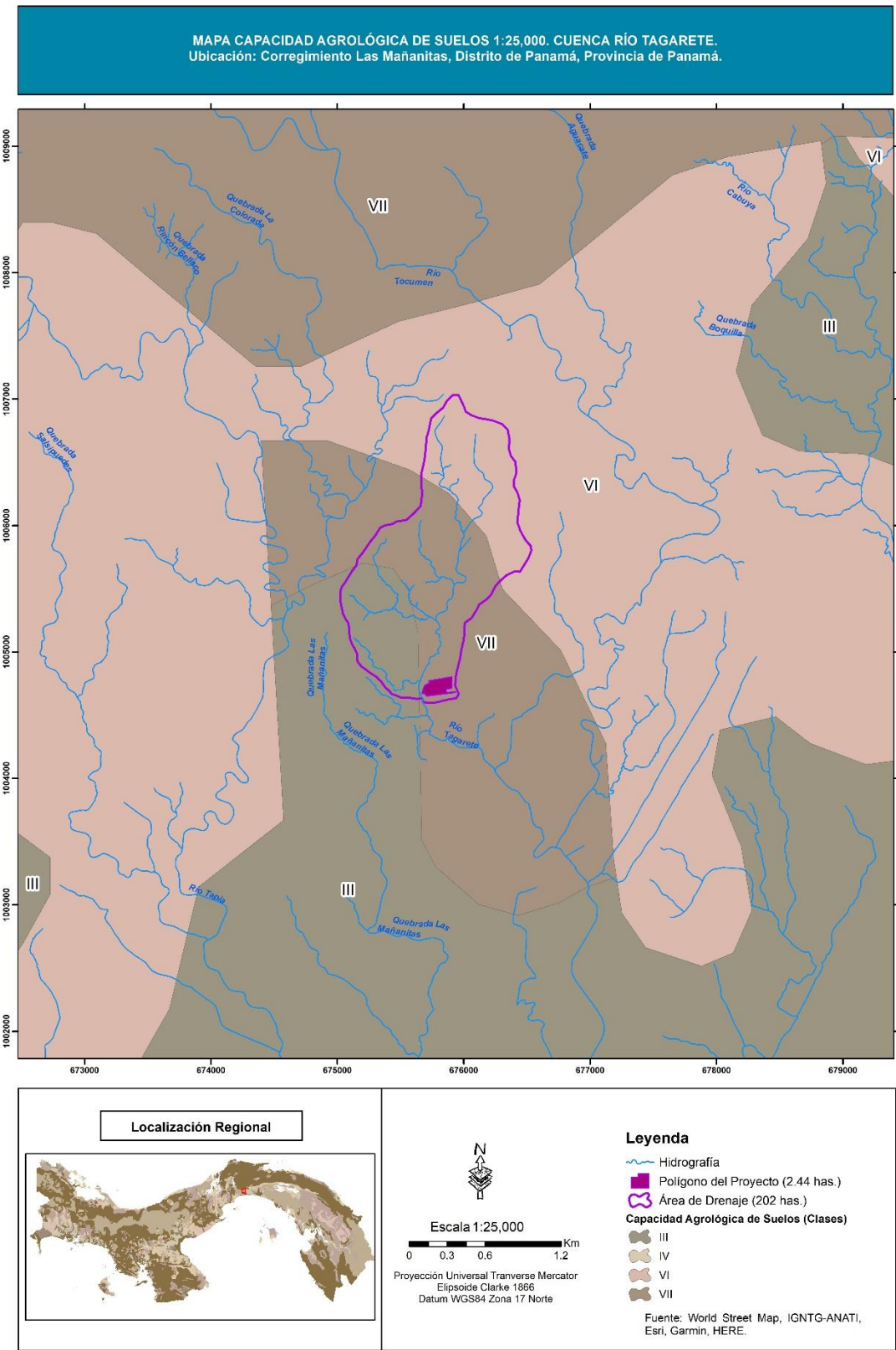
La capacidad agrologica de suelos para el área en donde se ubica la microcuenca del río Tagarete se clasifica en tres clases según su capacidad de uso (ver tabla 4).

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

Microcuenca del río Tagarete			
Nomenclatura	Clasificación	Área (km²)	%
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación especial o ambas	0.02	5.13
IV	No arables, con limitaciones severas, pata para bosques, pastos, tierras de reservas.	0.13	33.33
VII	No arable, con limitaciones muy severas apta para bosques, pastos, tierras de reservas.	0.24	71.8
TOTAL		0.39	100

Fuente: Tabla generada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

Mapa 4. Capacidad agrologica.



8. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA DE LA CUENCA.

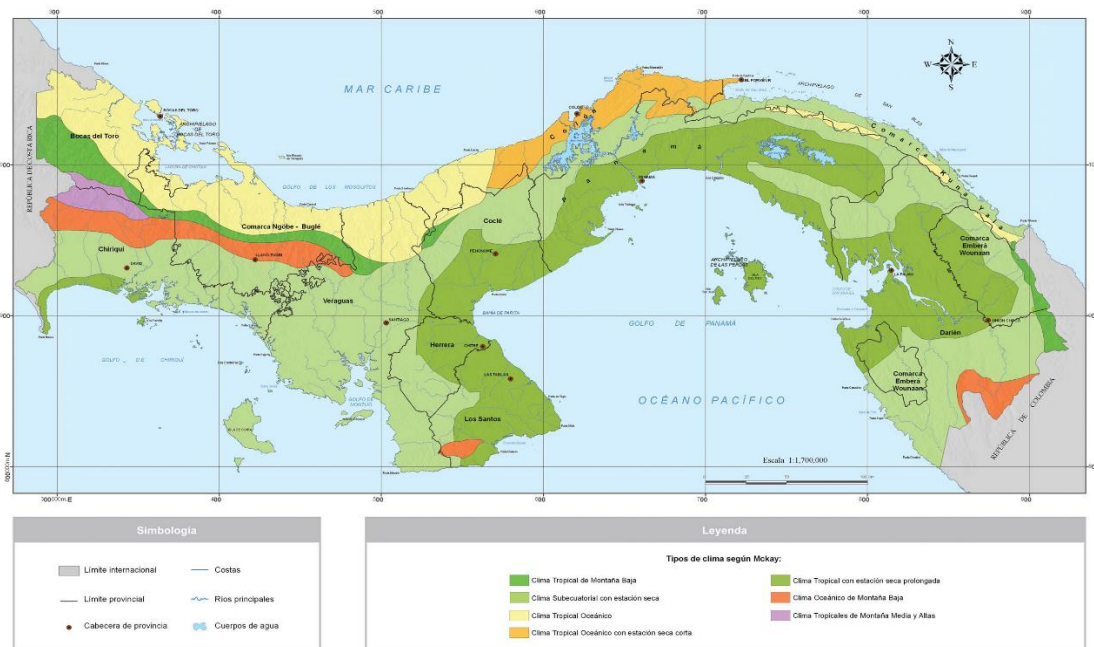
El clima del área está determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema de Alberto Mckay y Holdridge, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia.

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

8.1. Clima tropical con estación seca prolongada.

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

Figura No. 4 Mapas tipos de clima según A. Mckay.



Fuente: Atlas Ambiental de Panamá. 2010.

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 tiene 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:

El área de la microcuenca de la quebrada sin nombre, se encuentra dentro de la siguiente zona de vida:

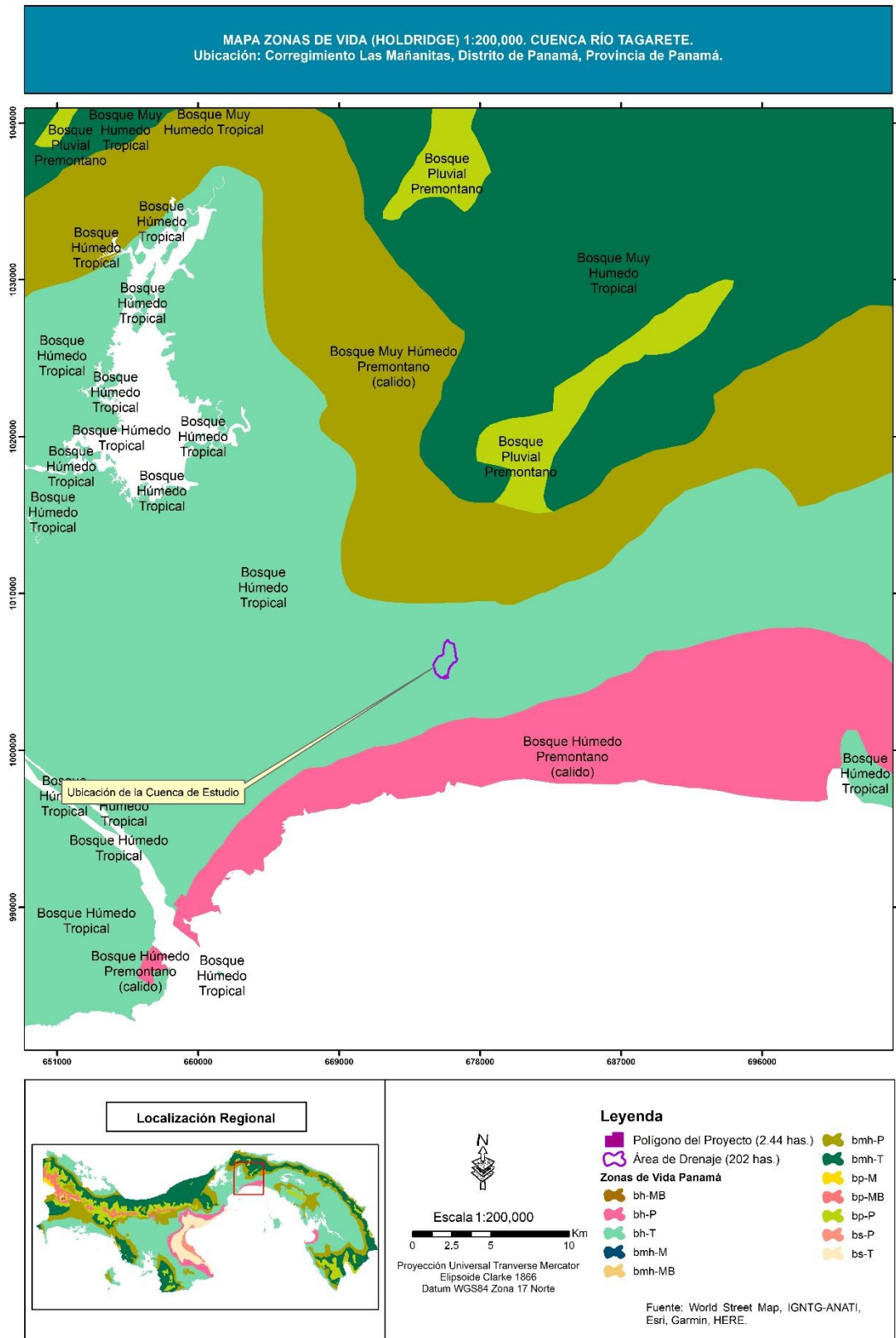
8.2.1. Bosque Húmedo Tropical.

Ocupa el área más grande en Panamá, alcanzando 29,899.9 km² o sea el 40.0% del territorio nacional, 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. Sus temperaturas oscilan entre los 24.0 y 26.0 °C y su nivel de precipitación anual va de los 1850 a 3400 mm.

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 de la planicie interior y áreas montañosas por el Bosque Muy Húmedo Tropical. Las áreas abruptas como las pendientes fuertes que deberían estar reservadas para uso forestal o utilizarse juiciosamente para cultivos arbóreos permanentes, están siendo utilizadas para otros fines como la ganadería extensiva y la agricultura migratoria.

La mayor parte de esta zona de vida al norte de la división continental se caracteriza por planicies de pendientes leves, ideales para el crecimiento de muchas especies forestales tropicales de valor comercial mundial, son tierras bien drenadas o que pueden drenarse transformándose en óptima para la agricultura actual o futura, o bien para que queden disponibles para el uso forestal.

Mapa 5. Zonas de vida según Holdridge.



8.3. Distribución de la precipitación.

En la cuenca hidrográfica 144 del Río Juan Díaz 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.

El área presenta una temporada seca de 5 a 6 meses, con un período lluvioso de 6 a 7 meses. Los máximos valores de precipitación se obtienen en los meses de septiembre y octubre cuando la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), se encuentra sobre nuestro país.

La cuenca registra una precipitación media anual de 2004.6 mm para registros pluviométricos para el año 2015. Las lluvias se distribuyen gradualmente desde el centro de la cuenca con un aproximado de 1900 mm/año, hacia el litoral con 1700 mm/año. El 92 % de las lluvias ocurren entre los meses de mayo a noviembre y el 7 % restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

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 periodo seco conocido como Canícula o Veranillo de San Juan, entre julio y agosto. El período entre diciembre y abril corresponde a la temporada seca.

Para el área en estudio la precipitación es de 2130.55 mm como media total anual para las estaciones Tocumen, Balboa, Hato Pintado y Río Piedras con registros pluviométricos desde el año 2006 hasta el 2015. Los excesos o escorrentía superficial se inician entre los meses de septiembre, octubre y noviembre. El área registra un período de transición de la estación seca a la lluviosa que demora aproximadamente 60 días.

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 en zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

8.4. Régimen pluviométrico por región (Pacífico).

Se caracteriza por abundantes lluvias, de intensidad entre moderada a fuerte, acompañadas de actividad eléctrica que ocurren especialmente en horas de la tarde. La época de lluvias se inicia en firme en el mes de mayo y dura hasta noviembre, siendo los meses de septiembre y octubre los más lluviosos; dentro de esta temporada se presenta frecuentemente un período seco conocido como Veranillo, entre julio y agosto.

El período entre diciembre y abril corresponde a la época seca. Las máximas precipitaciones en esta región están asociadas generalmente a sistemas atmosféricos bien organizados, como las ondas y ciclones tropicales (depresiones, tormentas tropicales y huracanes).

9. TIPOS DE SUELOS.

Los suelos de área en donde se ubican la microcuenca del río Tagarete, son de orden Alfisoles, Ultisoles, e Inceptisoles.


Son suelos bastante jóvenes y poco desarrollados que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes. Suelos minerales que presentan un endopediación argílica o cándica, con un porcentaje de saturación de bases de medio a alto. Y en los Inceptisoles el contenido de arcilla es más elevado, siendo las texturas dominantes franco arcillosa, franco arcillo arenosa y arcillosa.

10. HIDROMETRÍA.

Dentro del río Tagarete no existen estaciones hidrológicas, pero por su cercanía con la cuenca 142, cuenta con estación hidrológica por lo que se tienen registros históricos de caudales máximos mensuales, caudales mínimos mensuales se presentan registros del río Matasnilo.

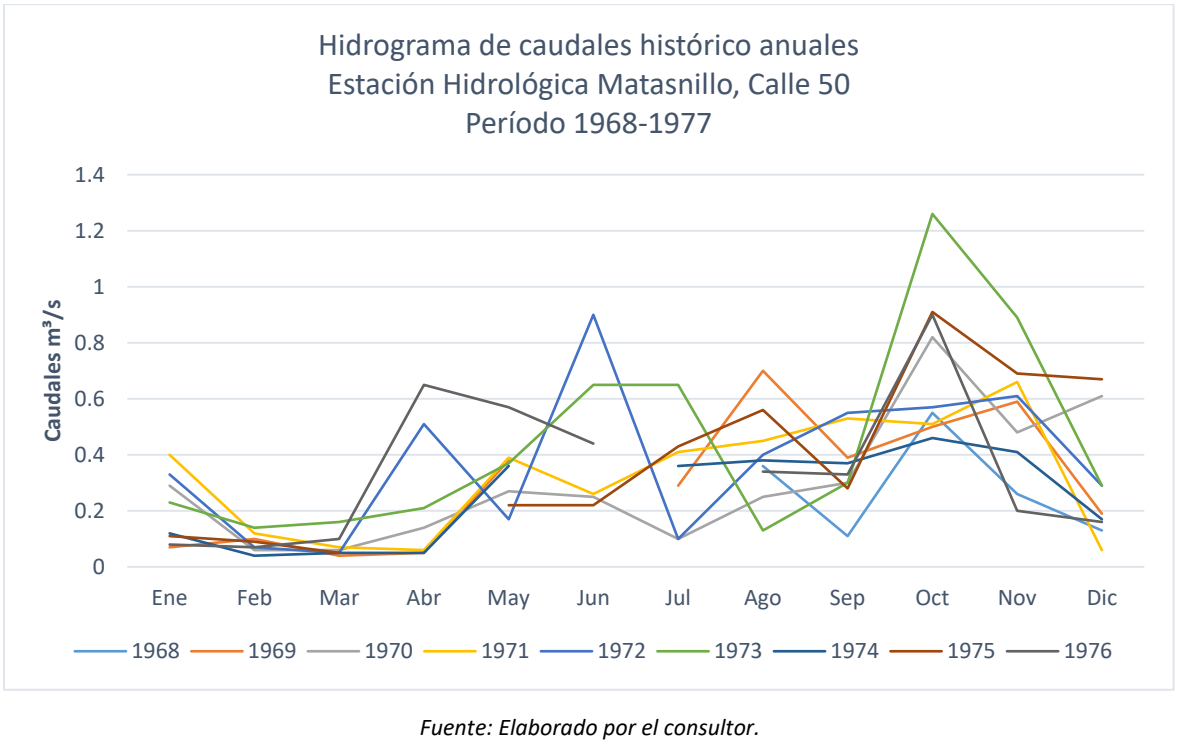
En las visitas a campo realizadas no se desarrollaron aforo esporádico ya que el propósito no es la extracción de caudal al cuerpo de agua colindante.

Tabla 5. Registros de caudales Río Matasnillo.

<div><div></div><div><div>EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA, S. A.</div><div>Dirección de Hidrometeorología</div><div>Gerencia de Hidrología</div><div>Caudales Promedios Mensual, m³/s</div><div>Estación Hidrológica Matasnillo, Calle 50</div></div></div> <div><div>Latitud 08° 59' 00"</div><div>Longitud 79° 31' 00"</div><div>Área de Drenaje= 7.8 Km²</div></div> <div><div>Período 1968 - 1977</div><div>Distrito: Panamá</div><div>Corregimiento: Bella Vista</div><div>Núm. Estación: 142-01-01</div></div>												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968								0.36	0.11	0.55	0.26	0.13
1969	0.07	0.10	0.04	0.05	0.38		0.29	0.70	0.39	0.50	0.59	0.19
1970	0.29	0.06	0.06	0.14	0.27	0.25	0.10	0.25	0.30	0.82	0.48	0.61
1971	0.40	0.12	0.07	0.06	0.39	0.26	0.41	0.45	0.53	0.51	0.66	0.06
1972	0.33	0.07	0.05	0.51	0.17	0.90	0.10	0.40	0.55	0.57	0.61	0.29
1973	0.23	0.14	0.16	0.21	0.37	0.65	0.65	0.13	0.30	1.26	0.89	0.29
1974	0.12	0.04	0.05	0.05	0.36		0.36	0.38	0.37	0.46	0.41	0.17
1975	0.11	0.09	0.05		0.22	0.22	0.43	0.56	0.28	0.91	0.69	0.67
1976	0.08	0.07	0.10	0.65	0.57	0.44		0.34	0.33	0.90	0.20	0.16
1977	0.01											
Max	1.26											
Min	0.01											

Fuente: IMHPA.

Figura No. 5. Hidrograma de caudales histórico río Matasnillo.



11. INFORMACIÓN BÁSICA.

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

- Información cartográfica existente
- Información meteorológica

11.1. Información cartográfica existente.

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

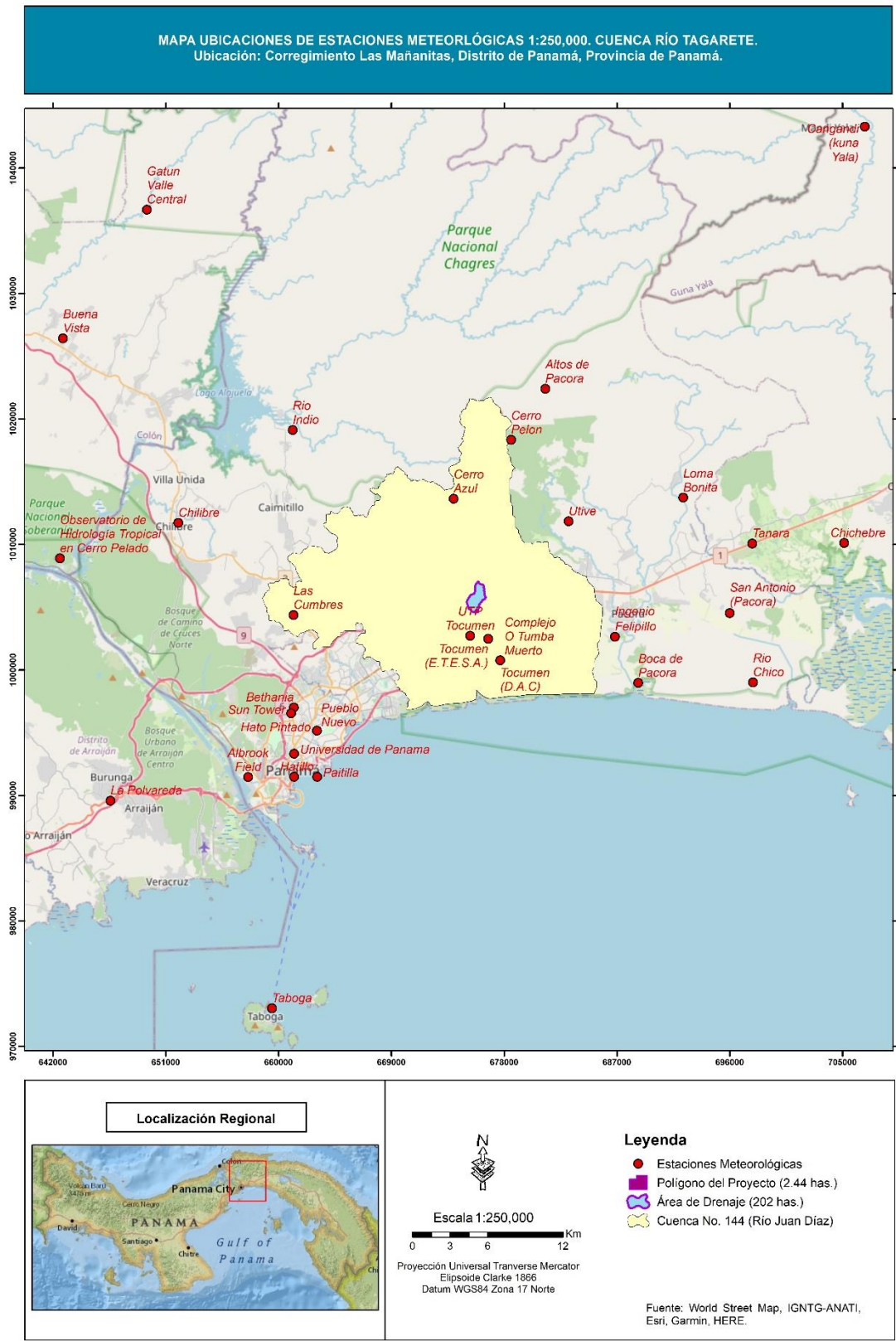
Además, se utilizó datos suministrados, por sistema de información geográfica (ARCGIS), así como para levantar polígonos de área de drenaje e isoyetas de precipitación de la cuenca y características morfométricas de la cuenca; para definir la superficie de drenaje, longitud del cauce y otras.

11.2. Información meteorológica.

El área en donde se encuentra la cuenca del río Tagarete, no cuenta dentro de su área con estaciones meteorológicas, pero por estar ubicada dentro de la cuenca hidrográfica de Río Juan Díaz (144), cuenta con información de estaciones cercanas.

La distribución espacial de las estaciones que se encuentran cercanas y cuyo comportamiento tiene influencia dentro de la superficie de drenaje de las cuencas objeto de este estudio hidrológico. La Estación de Nuevo Emperador, La Polvareda y Albrook, es la más representativa del área, operada por el Instituto de Meteorología Hidrología de Panamá (IMHPA).

Mapa 6. Localización de estaciones meteorológicas.



11.3. Comportamiento climático del área de estudio.

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estación de Tocumen tipo A, la cual son las más representativa del área, la misma se encuentra localizada: Estación Tocumen; 09° 03' 56" N y 79° 23' 31" O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 18 metros. Esta estación cuenta con un período de registro de 43 años.

11.3.1. Precipitación.

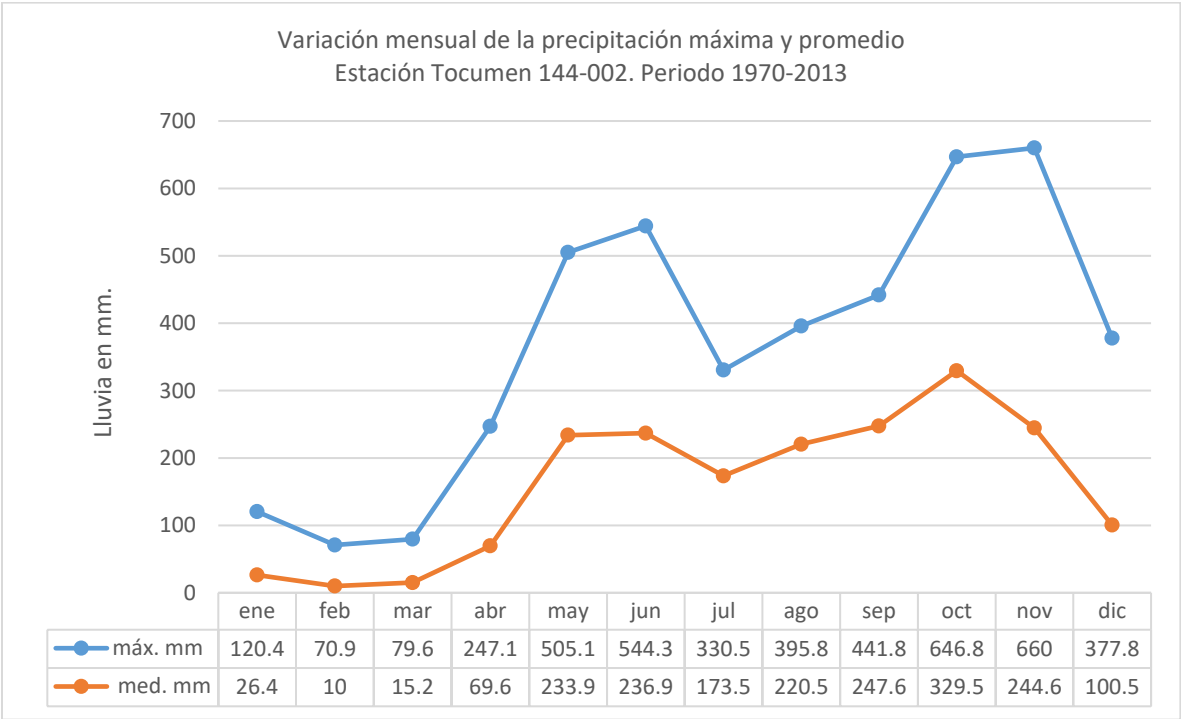
La estación meteorológica cercana corresponde a la de Tocumen registrada como 144 - 002 esta se encuentra a una elevación 18 msnm con 43 años de registros. De acuerdo a estos registros las precipitaciones anuales promedios son 159 mm, las precipitaciones máximas suelen registrarse en noviembre con un máximo registrado de 660 mm y las precipitaciones mínimas suelen registrarse en febrero con un mínimo registrado de 70.9 mm. (Ver tabla 6. Registros de precipitación)

Tabla 6. Registro de Precipitación promedio y máxima mensual.

Precipitación Mensual		
Estación Tocumen		
Mes	Lluvia Promedio (mm)	Lluvia máxima (mm)
Enero	26.4	120.4
Febrero	10	70.9
Marzo	15.2	79.6
Abril	69.6	247.1
Mayo	233.9	505.1
Junio	236.9	544.3
Julio	173.5	330.5
Agosto	220.5	395.8
Septiembre	247.6	441.8
Octubre	329.5	646.8
Noviembre	244.6	660
Diciembre	100.5	377.8
Total,	Promedio 159	Máxima total 4420.1

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen.

Figura No. 6. Histórico de Lluvias (estación Tocumen).



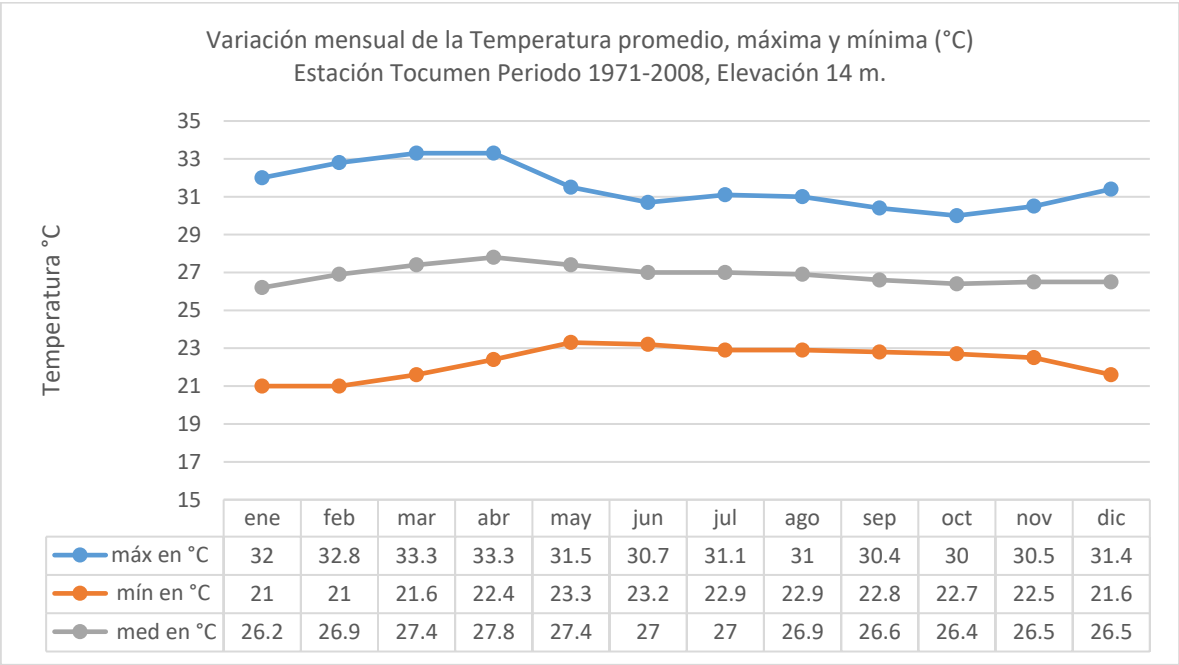
Fuente: Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá, con datos de estación Tocumen.

11.3.2. Temperatura Mensual.

Las temperaturas en las zonas tropicales y por consiguiente en el área de estudio, se caracterizan por su baja variabilidad a lo largo del año (menor de 2 °C). En el caso particular de la estación Tocumen la variabilidad de la temperatura a lo largo del año es de 1.4 °C, es decir la diferencia de temperatura entre el mes más cálido Abril (27.8 °C) y el menos cálido octubre (26.4 °C). La variación espacial de la temperatura depende fundamentalmente de la elevación. De acuerdo a la estación Tocumen, ubicada a una elevación de 14 msnm, la temperatura media es de 26.9 °C.

En la Figura 7 se muestra la variación a lo largo del año de las temperaturas promedio, máxima y mínima y se presenta un resumen mensual de los valores normales de temperaturas medias, máximas y mínimas registradas en la estación Tocumen. Se observa que en los meses más secos (febrero y marzo) la variación entre las mínimas temperaturas y las máximas, en promedio, es aproximadamente 11.8 °C, y 7.4 °C en el período húmedo

Figura No. 7. Variación mensual de Temperatura (°C).



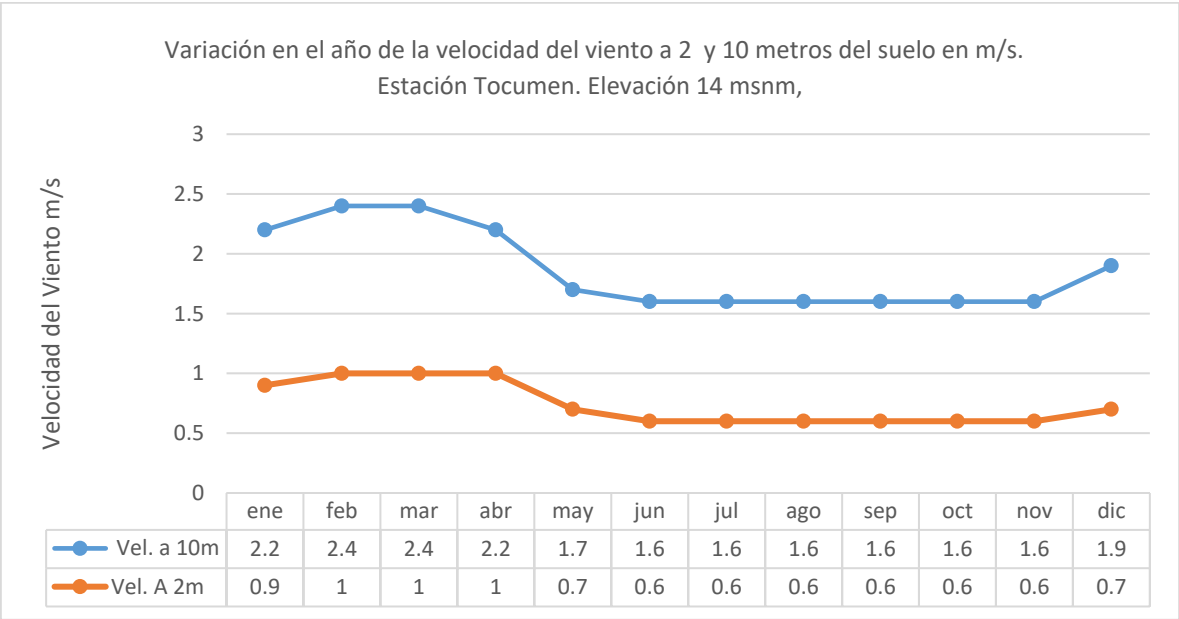
Fuente: Variación mensual de la temperatura promedio, máxima y mínima. Estación Tocumen.

11.3.3. Viento.

En nuestro país influyen tres tipos de viento a escala sinóptica, a saber: los vientos alisios, los Oeste Sinópticos, y los Oeste Ecuatoriales. Tomando en consideración la estación meteorológica de Tocumen la más cercana al sitio del proyecto con registro de viento, de 10 a 2 metros de altura de la superficie del suelo, podemos inferir que durante el período seco (diciembre a abril) los alisios son los vientos que predominan en la región de estudio, penetrando con dirección del Norte a una velocidad promedio de 2.4 m/s en los meses de febrero y marzo de 10 metros de altura y 1 m/s, a 2 metros del suelo.

A continuación, se muestran la velocidad del viento en los meses lluviosos de aproximadamente 1.6 m/s, a 10 metros y 0.6 m/s, a 2 metros de la superficie del suelo.

Figura No. 8. Variación mensual del Viento.



Fuente: Variación en el año de la velocidad del viento. Estación Tocumen.

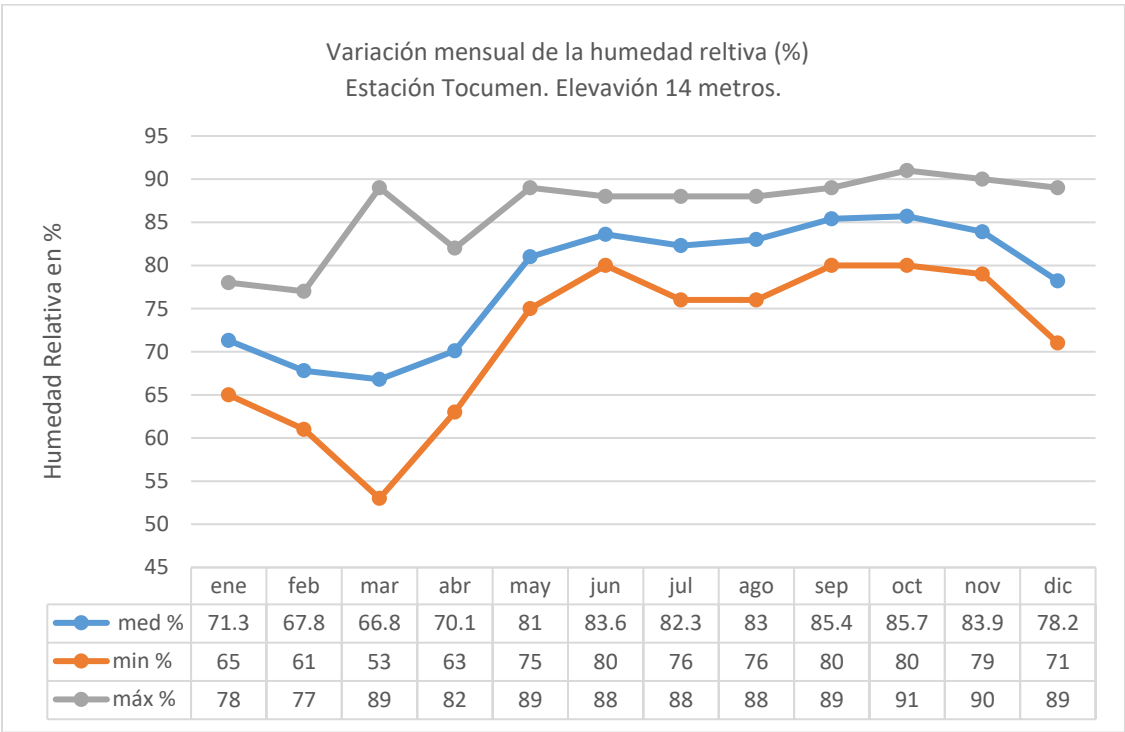
11.3.4. Humedad Relativa.

La humedad relativa es una forma de medir el contenido de humedad del aire, y de esta manera es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. La humedad relativa varía proporcionalmente con el régimen de lluvia.

En la estación Tocumen, los meses secos registran los menores valores de humedad relativa. El promedio anual de la humedad relativa es 78.3%, de las máximas, 86.5%; y de las mínimas, 71.6%. En la Figura 8 se presentan los valores promedios mensuales de humedad relativa registrada en la estación Tocumen. Se observa que los valores mínimos de humedad relativa ocurren en la estación seca con un promedio de 69%. Al inicio de la estación lluviosa, la humedad relativa se va incrementando hasta llegar a un máximo, en octubre, de 85.7%.

Una vez que la estación lluviosa está establecida, la humedad relativa experimenta poca variación con valores medios mensuales entre 81 % y 85.7 %.

Figura No. 9. Variación mensual de la humedad relativa.



Fuente: Variación mensual de humedad relativa. Estación Tocumen.

11.3.5. Evaporación.

La estación meteorológica completa de Tocumen es la que está dentro de la cuenca del río Juan Díaz con registros de evaporación. Se viene recopilando información desde junio de 1970. La Dirección de Hidro meteorología utiliza tanque evaporímetro tipo A estándar.

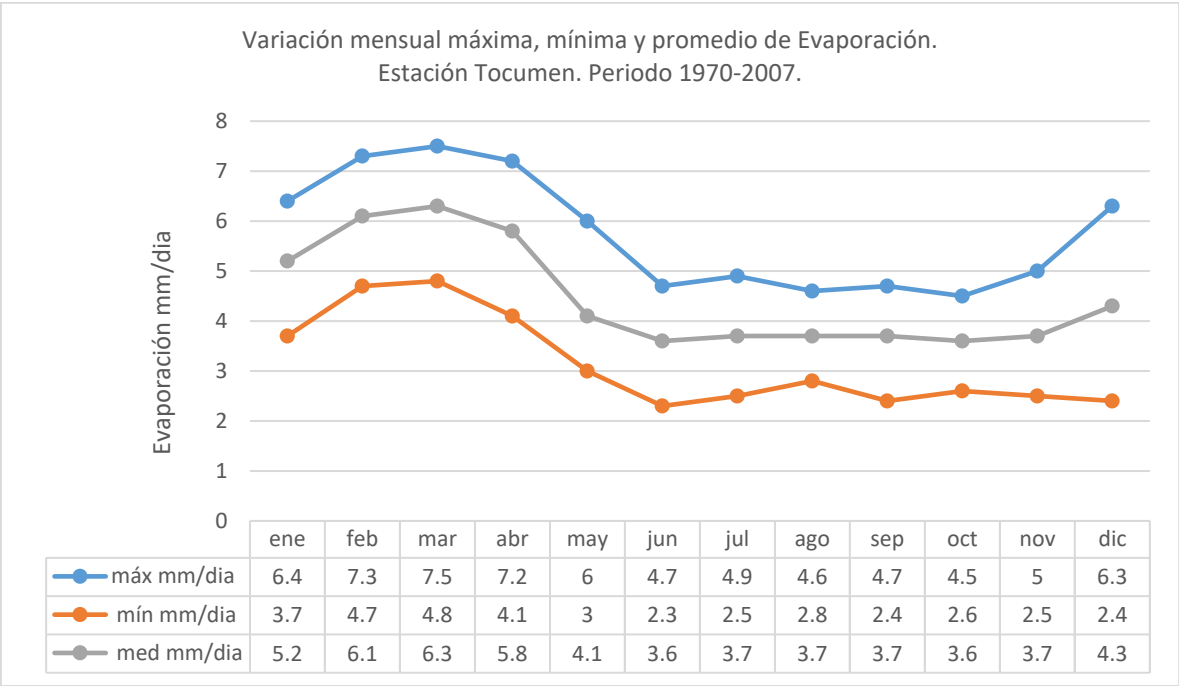
En la Tabla 7 se presenta el valor mensual normal de la evaporación diaria en milímetros registrada hasta 2007 (máx., mín. y promedio) y en la Figura 10 se puede apreciar la variación a lo largo del año de la evaporación promedio máxima y mínima.

Tabla 7. Evaporación mensual.

Evaporación mensual (en mm/día)													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Anual
Prom	5.2	6.1	6.3	5.8	4.1	3.6	3.7	3.7	3.7	3.6	3.7	4.3	4.5
Máx	6.4	7.3	7.5	7.2	6.0	4.7	4.9	4.6	4.7	4.5	5.0	6.3	7.5
Mín	3.7	4.7	4.8	4.1	3.0	2.3	2.5	2.8	2.4	2.6	2.5	2.4	2.3

Fuente: Tabla elaborada por el consultor, con datos de la estación Tocumen.

Figura No. 10. Variación mensual de evaporación.



Fuente: Variación mensual de la evaporación en mm/día. Estación Tocumen.

De acuerdo a la tabla anterior la evaporación potencial anual es aproximadamente 1642 mm que corresponde al promedio diario en el año, que es 4.5 mm, multiplicado por los 365 días del año.

11.3.6. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración es uno de los parámetros esenciales en la determinación del balance superficial, nos permite determinar la cantidad de agua que regresa a la atmósfera a través de la evaporación directa de la superficie del suelo más la transpiración de las plantas. Es el agua que precipitó pero que no va a formar parte de la disponibilidad de recursos hídricos en un área determinada. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

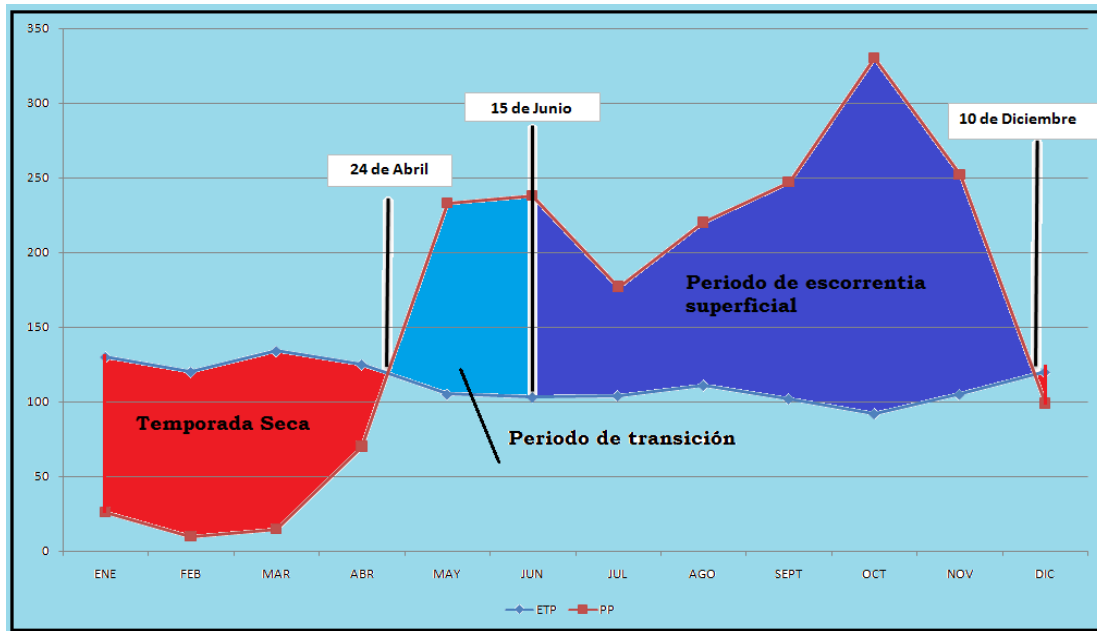
En la Tabla 8, se da un resumen de los parámetros que se utilizaron para calcular la evapotranspiración potencial mediante el método de Penman-Montieth en la estación Tocumen, resultando 1225 mm/año.

Tabla 8. Evapotranspiración potencial – Método de Penman.

Evapotranspiración Potencial (mm) - Método de Penman												
Estación Tocumen (Elevación 14 msnm)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
n/N	0.63	0.63	0.58	0.49	0.35	0.26	0.30	0.30	0.33	0.31	0.38	0.50
U	0.90	1.00	1.00	1.00	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70
PoΔ/P*r	3.05	3.16	3.24	3.31	3.24	3.18	3.18	3.16	3.11	3.08	3.10	3.10
RA	13.22	14.24	15.26	15.58	15.51	15.26	15.34	15.51	15.34	14.66	13.56	12.88
ea	33.81	35.44	36.50	37.36	36.50	35.65	35.65	35.44	34.82	34.41	34.62	34.62
ed	24.11	24.03	24.38	26.19	29.57	29.80	29.34	29.42	29.74	29.49	29.05	27.07
σTK ⁴	15.90	16.05	16.16	16.25	16.16	16.07	16.07	16.05	15.99	15.94	15.97	15.97
T°C	26.20	26.90	27.40	27.80	27.40	27.00	27.00	26.90	26.60	26.40	26.50	26.56
Hr	0.71	0.68	0.67	0.70	0.81	0.84	0.82	0.83	0.85	0.86	0.84	0.78
ETP Día	3.3	3.8	4.1	4.1	3.4	3.1	3.2	3.2	3.2	3	2.9	3
ETP Mes	103	106	127	122	106	93	100	101	96	92.5	86.9	93
ETP Anual	1225 mm											

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá.

Figura No. 11. Comportamiento de la temporada seca y lluviosa.



Fuente: Gráfica elaborada por el consultor, Datos del Balance Hídrico.

11.3.7. Temporada seca.

La temporada seca está claramente definida y caracterizada por un período de tres meses secos con déficit de agua en el suelo. Aunque se registran precipitaciones; las mismas no logran mantener el suelo a capacidad de campo, registrándose déficit de agua entre 42.25 y 120.64 mm, en febrero hasta abril, mes en el cual la temporada seca se acentúa.

11.3.8. Período lluvioso.

El período lluvioso se caracteriza por registrar excesos de agua en el suelo a partir de mayo en el caso de Tocumen. A partir de este momento el suelo alcanza su capacidad de retención máxima, la cual es de 200 mm. Los meses que registran los mayores excesos de agua en el suelo son octubre y noviembre.

12. BALANCE HIDRICO DE SUELOS.

Sirve para planificar, puesto que a partir del balance hídrico se determina la provisión de agua en términos de un caudal confiable y permanente en el tiempo, durante las épocas secas.

Además, permite identificar si se requieren obras como embalses de regulación, pozos, sistemas de uso de excedentes de agua o sistemas más eficientes de aplicación del riego.

Para la confección del Balance sobre el comportamiento de las aguas en el área objeto de estudio se tomó en cuenta los siguientes datos de precipitación, evapotranspiración.

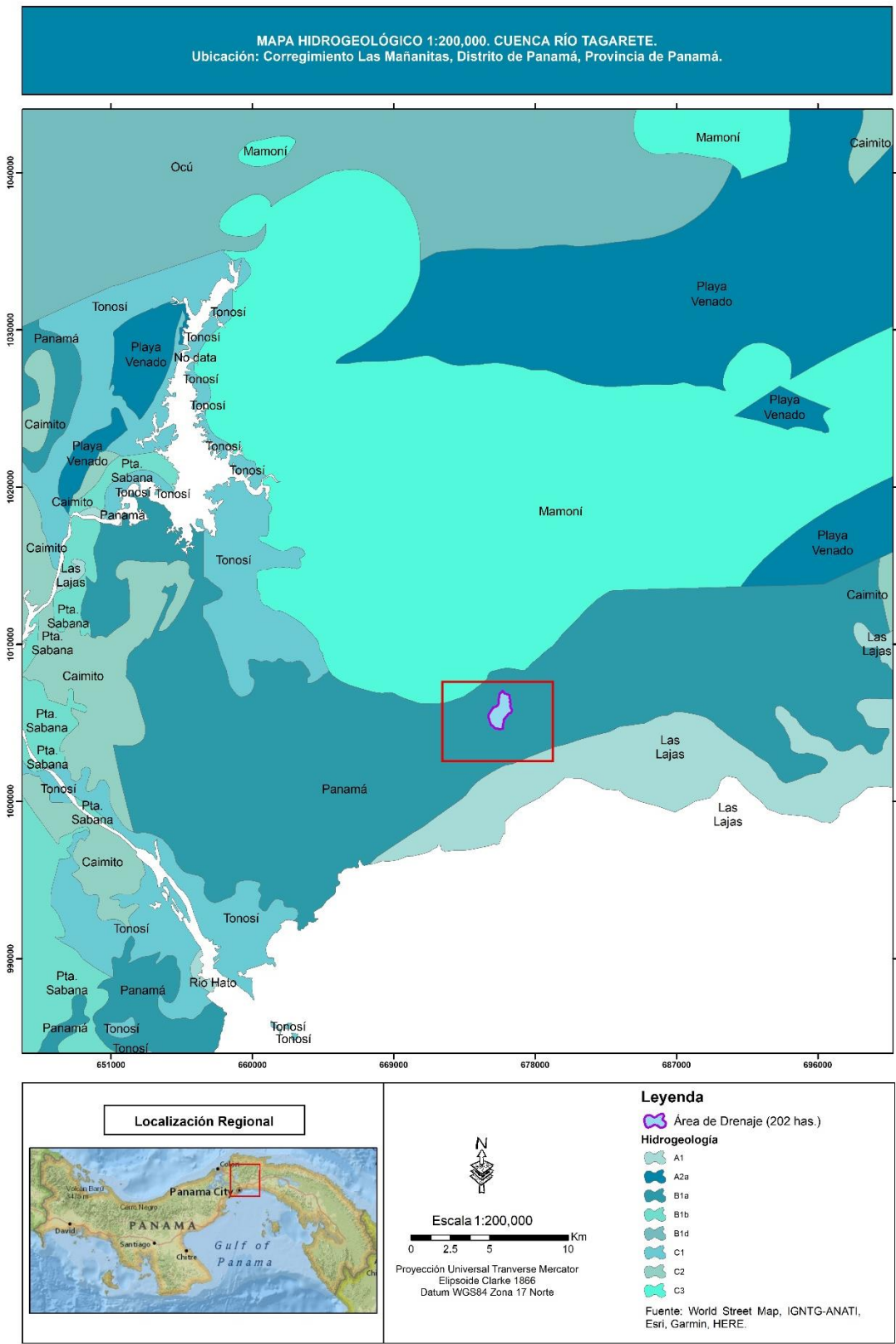
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo 150 mm de retención. (suelo arcilloso)
- Escorrentía superficial 834 mm.
- Déficit de agua en el suelo 268 mm.
- Perdidas por evapotranspiración 1083 mm.

Tabla 9. Balance Hídrico de suelos para la cuenca.

BALANCE EDAFOCLIMATICO MENSUAL DE LA CUENCA DEL RIO JUAN DIAZ											
BOSQUE POCO DENSO			SUELO: ARCILLOSO			PERIDODO: 1977 - 2010			RETENCION: 150 mm		
MESES	ETP	PP	PP - ETP	SUMA VAL NEGATIVOS	ALMAC.	DIF. DE ALMAC	ETR	EXCESO	DEFICIT	TEMP. °C	RADIACION
ENE	130	26	-104	-125	64	-66	92	0	38	26.6	441
FEB	120	10	-110	-235	30	-34	44	0	76	26.8	448
MAR	134	15	-119	-354	13	-17	32	0	102	27.2	448
ABR	125	70	-55	-409	9	-4	74	0	51	27.9	429
MAY	105	233	128	-	137	128	105	0	0	28.1	355
JUN	103	238	135	-	150	13	103	122	0	27.9	360
JUL	104	177	73	-	150	0	104	73	0	27.7	354
AGO	111	220	109	-	150	0	111	109	0	27.9	372
SEPT	102	247	145	-	150	0	102	145	0	27.4	358
OCT	92	330	238	-	150	0	92	238	0	27.1	318
NOV	105	252	147	-	150	0	105	147	0	27.1	369
DIC	120	99	-21	-21	130	-20	119	0	1	26.7	409
TOTAL	1351	1917					1083	834	268	27.4	388

Fuente: Tabla elaborada por el consultor. Este estudio 2025.

Mapa 7. Hidrogeología.



13. HIDROGEOLOGÍA.

Según el mapa de hidrogeología de ETESA los acuíferos que se encuentran en la zona son: Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de volcánicas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena. Áreas con acuíferos predominantes fisurados (discontinuos). Permeabilidad variable:

- Acuíferos moderadamente productivos ($Q = 3 - 10 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Formaciones geológicas: Punta sabana (K-VEps).
- Formaciones geológicas: Panamá (TO-PA).
- Acuíferos locales (B1a) Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, conformados por una mezcla de rocas volcánicas fragmentarias consolidadas y poco consolidadas, sobrepuestas a rocas ígneas consolidadas. Los pozos más productivos se localizan en zonas fracturadas.
- Acuíferos locales (B1b) restringidos a zonas fracturadas, comprenden un conjunto de volcánicas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se localizan en las zonas fracturadas.

14. GEOMORFOLOGÍA DEL RÍO TAGARETE.

La caracterización morfométrica de la microcuenca hidrográfica para el río Tagarete, es una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico, y tiene como propósito determinar índices y parámetros que permiten conocer la respuesta hidrológica en esta unidad de análisis espacial (cuenca). Esta herramienta tiene gran aplicabilidad en el análisis de los diversos componentes de una cuenca hidrográfica, analizada como un sistema, y su relación con eventos hidro climatológicos de condiciones regulares y extremas. El objetivo principal de la Guía Básica para la Caracterización Morfométrica de Cuencas Hidrográficas

es dar a conocer de forma clara el cálculo de las características morfométricas más importantes en el estudio hidrológico de cuencas, así como la interpretación de los resultados obtenidos. Para cumplir lo anterior, se realizó el análisis de las características morfométricas de una cuenca modelo (microcuenca río Tagarete) ubicada en el distrito de Panamá, Provincia de Panamá.

15. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.

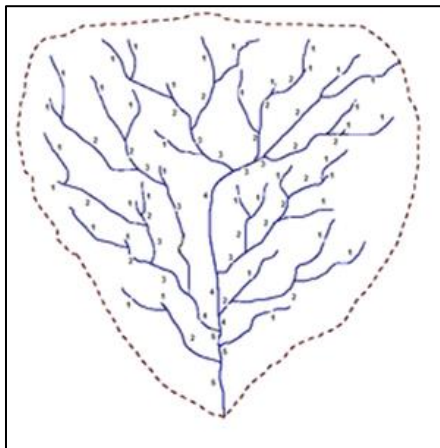
15.1. Área de drenaje de la cuenca.

Es la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración o punto de cierre de la cuenca.

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a partir de restitutiones cartográficas y fotogramétricas como:

- a) La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras cruzando los valles que estas delimitan.
- b) Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- c) La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.

Figura No. 12. Ilustración de un área de drenaje típica.



Fuente: Morfometría de la cuenca (Horton R. E., 1945).

15.2. Perímetro de la cuenca.

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

Cuenca	Perímetro (km)
Río Tagarete	6.44

Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por sí solo, se convierte en un insumo fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca.

15.3. Área de la cuenca.

Se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor (Londoño Arango, 2001). Es el espacio delimitado por la curva del perímetro.

Cuenca	Área de la cuenca (km ²)	Unidad hidrográfica
Río Tagarete	2.02	Microcuenca (pequeña)

Figura No. 13. Unidad hidrograficas y rangos de cuencas.

Unidad hidrográfica	Área (km ²)	Nº de orden del río
Microcuenca (pequeña)	10 - 100	1º, 2º ó 3º
Subcuenca (mediana)	100 - 700	4º ó 5º
Cuenca (grande)	700 - 6000	6º a más

Fuente: DSMC-DGASI / Lima, 1983 – Metodología de Priorización de Cuencas.

15.4. Ancho de la cuenca.

Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de la misma.

Cuenca	Ancho de la cuenca (km)
Río Tagarete	0.77

15.5. Longitud recta de la cuenca.

Es la longitud de una línea recta con dirección paralela al cauce principal.

Cuenca	Longitud recta de la cuenca (km)
Río Tagarete	2.39

16. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tiene las cuencas hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

16.1. Índice de compacidad o índice de Gravelius.

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$Kc = \frac{P \text{ cuenca}}{2\pi \left(\frac{A \text{ cuenca}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

P: perímetro de la cuenca (km)

A: área de la cuenca (km²)

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano se a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo se Kc mayor será la concentración de agua.

Tabla 10. Índice de compacidad para la evaluación de forma.

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma ova redonda- oval oblonga
Kc3	1,5-1,75	Forma oval-oblonga a rectangular- oblonga
Kc4	Mayor 1.75	Casi rectangular (alargada).

16.2. Índice de Gravelius de la cuenca.

P: perímetro de la cuenca 6.44 (km)

A: área de la cuenca 2.02 (km²)

$$Kc = \frac{6.44 \text{ km}}{2\pi\left(\frac{2.02 \text{ km}^2}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$Kc = 1.28$$

Cuenca	Índice de Gravelius	Clasificación
Río Tagarete	1.28	Forma casi redonda a oval redonda.

16.3. Factor de Forma (Kf).

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

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

Dónde:

L: largo del cauce principal (km)

A: área de la cuenca (km²)

Tabla 11. Clasificación del factor de forma.

Kf	Característica
≤0.22	Muy alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.22 a 0.30	Alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada, baja susceptibilidad a las avenidas
0.60 a 0.80	Ensanchada, media susceptibilidad a las avenidas
0.80 a 1.20	Muy ensanchada, tendencia a ocurrencia de avenidas
≥1.20	Rodeando el desagüe, tendencia a ocurrencia de avenidas

16.4. Factor de forma cuenca.

L: largo del cauce principal 2.62 (km)

A: área de la cuenca 2.02 (km²)

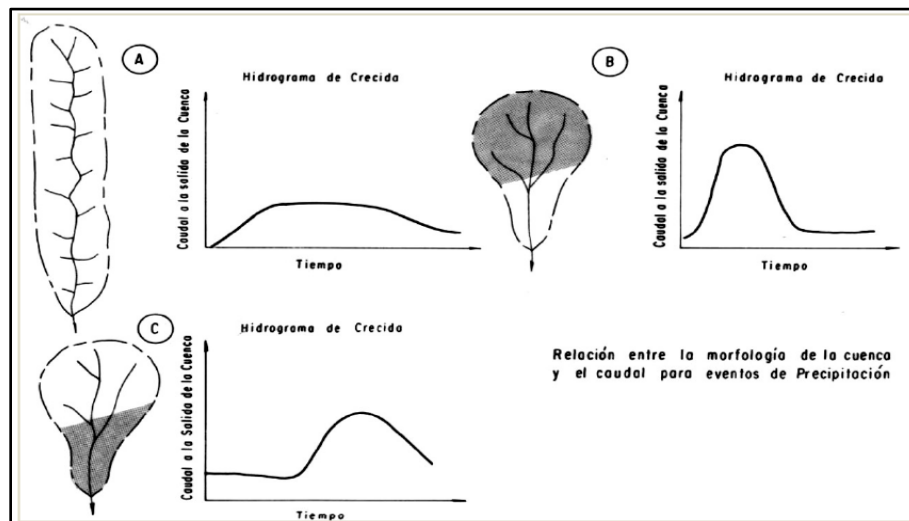
$$Kf = \frac{2.02 \text{ km}^2}{(2.62 \text{ km})^2}$$

$$Kf = 0.3460$$

Cuenca	Factor de forma	Clasificación
Río Tagarete	0.2943	Alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

El factor de forma de la microcuenca del Río Tagarete es de 0.2943, el cual está indicando que la cuenca no tiende a ser circular sino alargada; por lo tanto, no es propensa a presentar crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en toda o en gran parte de su superficie.

Figura No. 14. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.



Fuente: Morfometría de la cuenca Río San Pedro, Concho, Chihuahua en Base a Bell (1999).

16.5. Índice de alargamiento.

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Este define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad

$$Ia = \frac{L}{An}$$

Donde:

L: longitud del cauce de la cuenca

An: ancho de la cuenca.

Tabla 12. Clasificación de Índice de alargamiento

Ia	Característica
Ia mayor a 1	Cuenca alargada
Ia menor a 1	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto

16.6. Índice de alargamiento cuenca.

L: longitud del cauce de la cuenca 2.39 km

An: ancho de la cuenca 0.77 km

$$Ia = \frac{2.39 \text{ km}}{0.77 \text{ km}} = 2.87$$

Cuenca	Índice de alargamiento	Clasificación
Río Tagarete	3.10	Cuenca alargada

El índice de alargamiento de la microcuenca del Río Tagarete es de 3.10, relación que indica que la cuenca posee un sistema de drenaje que se asemeja a una espiga, denotando un alto grado de evolución de sistema en capacidad de absorber mejor una alta precipitación sin generar una crecida de grandes proporciones.

17. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA.

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

17.1. Pendiente media de la cuenca.

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se

presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una crecienta en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que la drenan.

Tabla 13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
Mayor a 75	Muy escarpado

La pendiente media de la microcuenca del Río Tagarete se calculó en base, con el modelo de elevación digital del área de drenaje de la cuenca, por medio del análisis del sistema de información geográfica ARCGIS.

Cuenca	Pendiente media (%)	Clasificación
Río Tagarete	8.56	Medianamente accidentado

Tabla 14. Parámetros fisiográficos del Río Tagarete.

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA			
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de forma de la cuenca	Área total de la cuenca	km²	2.0200
	Perímetro de la cuenca	km	6.44
	Longitud de río principal	km	2.62
	Centroides	Este X	675794.58
		Norte Y	1005730.34
	Ancho promedio de la cuenca	km	0.77
	Coefficiente de compacidad	-	1.28
	Factor de forma	-	0.2943
	Radio de Circularidad	km	0.6121
	Pendiente media de la Cuenca	%	8.56

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

17.2. Curva Hipsométrica.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región lo que genera la base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas.

Los datos de elevación son significativos, sobre todo para considerar la acción de la altitud en el comportamiento de la temperatura y la precipitación. La curva hipsométrica refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión. Es la representación gráfica del relieve de la cuenca en función de las superficies correspondiente (Díaz et al., 1999).

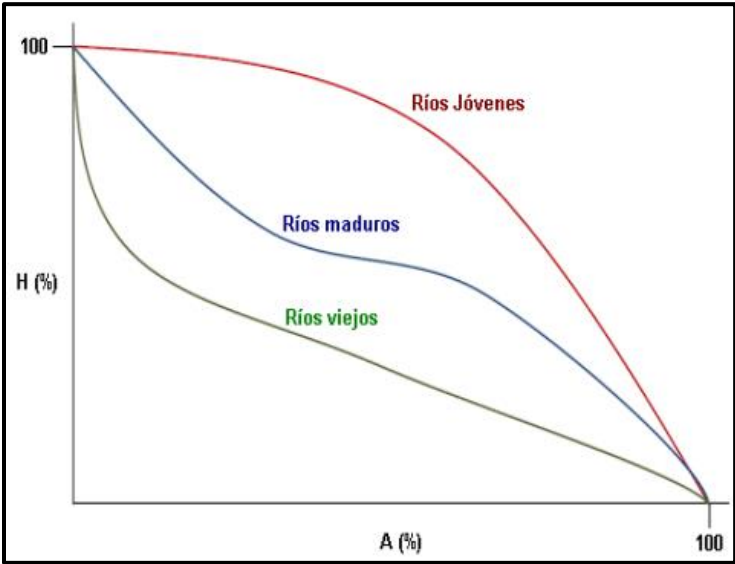
Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre curva de nivel cuya cota se ha definido en las ordenadas y los

límites de la cuenca por encima de la citada cota, verificándose esta operación para todos los intervalos seleccionado en las ordenadas.

Se denomina elevación mediana de una cuenca hidrográfica aquella que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, la elevación correspondiente al 50 % del área total.

Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas.

Figura No. 15. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica.



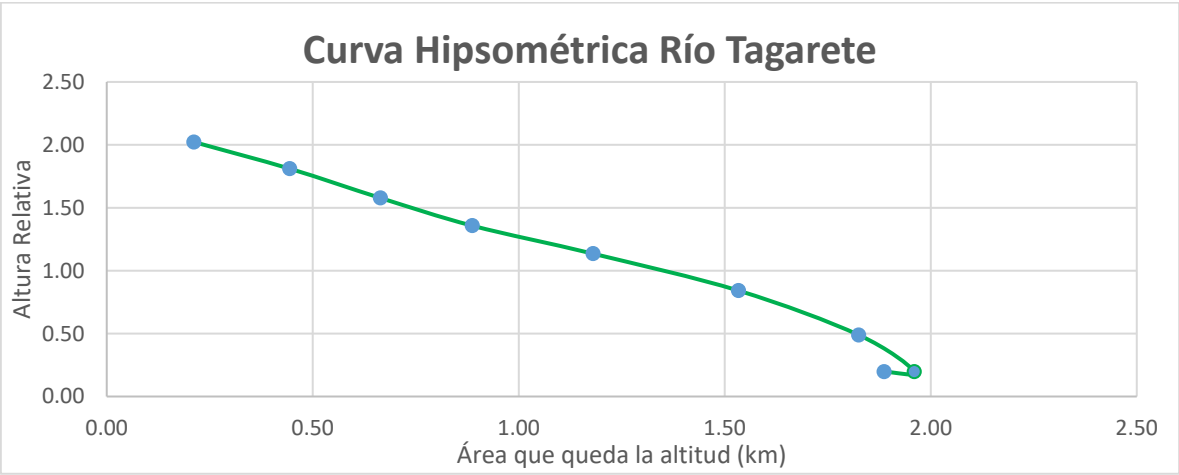
Fuente: Morfometría de la cuenca Río San Pedro, Concho, Chihuahua en Base a Bell (1999).

17.3. Curva hipsométrica de la cuenca.

Se presenta la clasificación del río de acuerdo a los resultados obtenidos de la curva hipsométrica para la cuenca del Río Tagarete, de la cual se obtuvo, según la curva mencionada, que es un río maduro. (Ver figura 17)

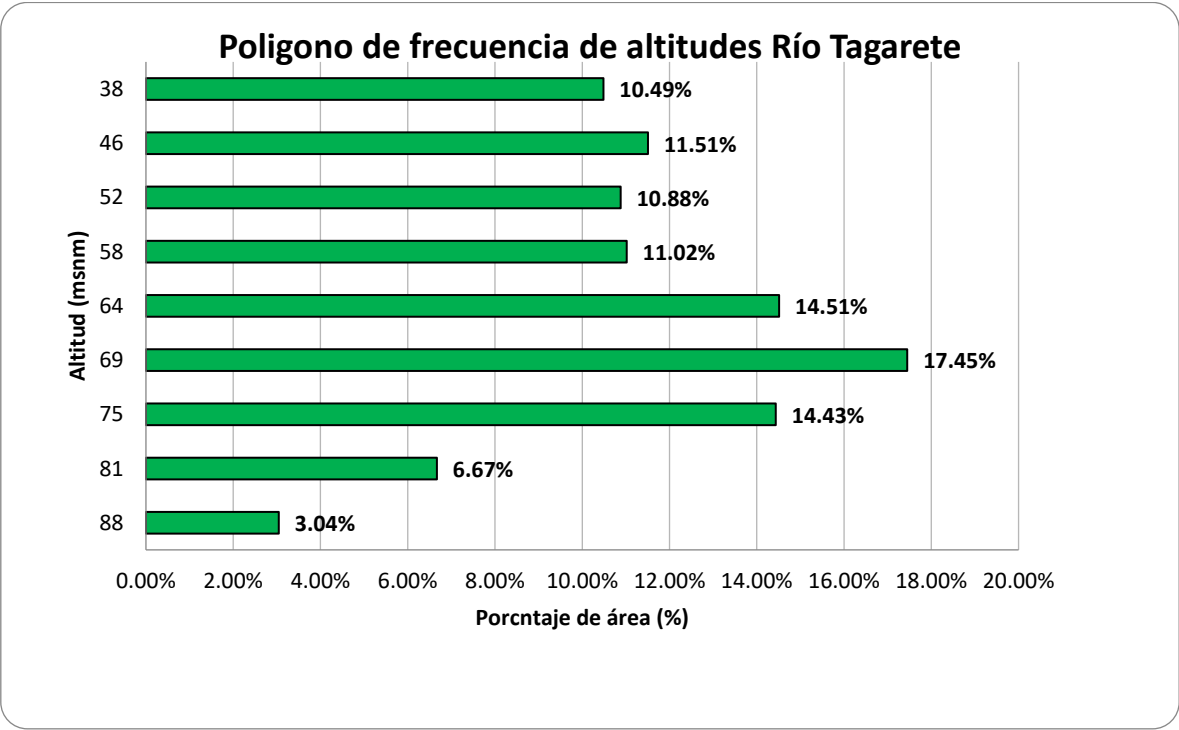
Cuenca	Clasificación
Río Tagarete	Río maduro, refleja una cuenca en equilibrio (fase de madurez).

Figura No. 16. Curva Hipsométrica de la cuenca.



Fuente: Grafica elaborada por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

Figura No. 17. Polígono de frecuencias de altitudes de la cuenca.



Fuente: Grafica elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

Tabla 15. Curvas de nivel de la cuenca.

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA										
CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL										
N°	COTA (msnm)			Área (km2)					Ci*Ai	
	Mínima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (km²) "Ai"	Área Acumulada (km²)	Área que queda sobre la superficie (km²)	Porcentaje de area entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.		
1	38	45	41.5	0.21203125	0.21	2.02	10.49%	100.0	8.80	
2	46	51	48.5	0.23265625	0.44	1.81	11.51%	89.5	11.28	
3	52	57	54.5	0.22	0.66	1.58	10.88%	78.0	11.99	
4	58	63	60.5	0.2228125	0.89	1.36	11.02%	67.1	13.48	
5	64	68	66.0	0.2934375	1.18	1.13	14.51%	56.1	19.37	
6	69	74	71.5	0.3528125	1.53	0.84	17.45%	41.6	25.23	
7	75	80	77.5	0.291875	1.83	0.49	14.43%	24.1	22.62	
8	81	87	84.0	0.13484375	1.96	0.20	6.67%	9.7	11.33	
9	88	97	92.5	0.0615625	1.89	0.20	3.04%	9.7	5.69	
				2.0220				100%		129.79
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA (m.s.n.m.)									64.25	

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

18. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE.

18.1. Longitud del cauce (L).

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

Como se denota en la siguiente tabla la longitud del cauce.

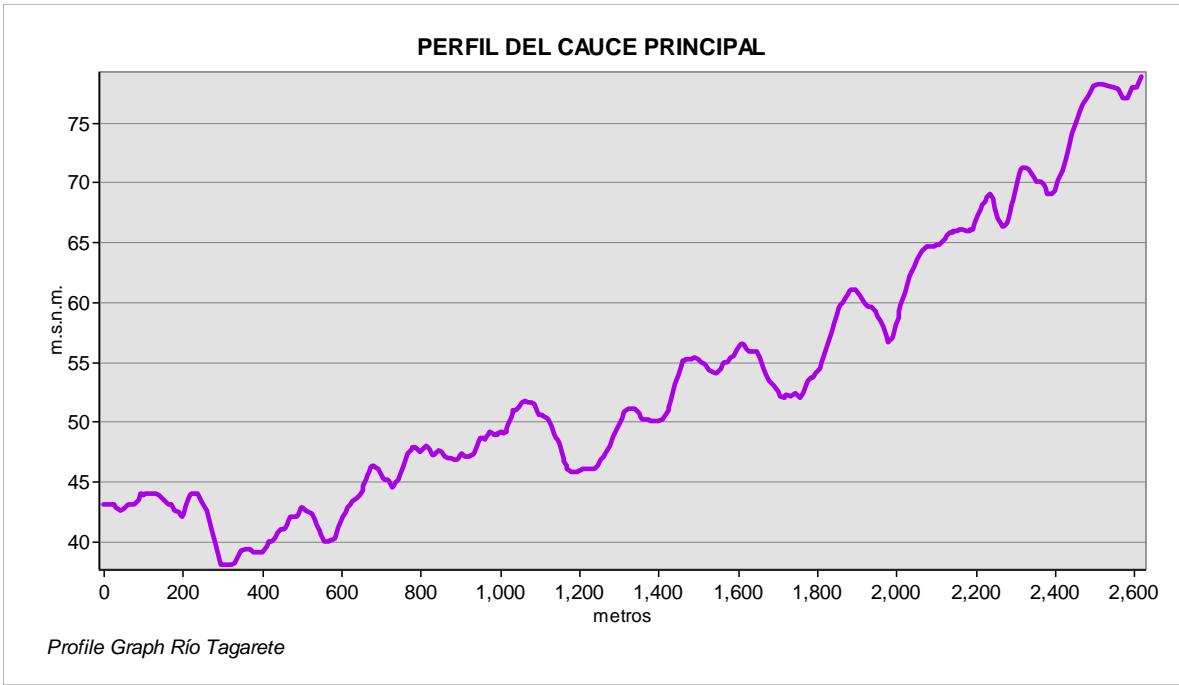
Cuenca	Longitud (km)
Río Tagarete	2.618

18.2. Perfil del cauce.

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

La profundidad y anchura del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal y, y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina.

Figura No. 18. Perfil Longitudinal del cauce.



Fuente: Grafica elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

Tabla 16. Parámetros red hidrográfica de una cuenca.

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE UNA CUENCA				
PARÁMETROS			UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de la red hidrográfica de la cuenca	Tipo de corriente		-	
	Número de orden de los ríos	Orden 1	-	14
		Orden 2	-	1
		Orden 3	-	
		Orden 4	-	
		Orden 5	-	
		Orden 6	-	
		N° Total de ríos	-	5
		Grado de ramificación	-	3
	Frecuencia de densidad de los ríos (Dr)		ríos/km2	2.4752
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	msnm	80
		Altitud mínima (Hmin)	msnm	40
	Pendiente media del río principal (Sm)		m/m	0.015
	Altura media del río principal (H)		msnm	20
	Tiempo de concentración (Tc)		horas	0.6970

Fuente: Cuadro elaborado por el consultor con datos de salida de ARCGIS. Este estudio 2025.

18.3. Cota de nacimiento (m.s.n.m.)

Se muestra la cota del punto más elevado de la corriente principal. Unidad de medida metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)

Cuenca	Cota de nacimiento (m.s.n.m.)
Río Tagarete	80

18.4. Cota en la confluencia con el sitio de estudio (m.s.n.m.)

Se presenta la cota del punto más bajo de la cuenca, usualmente, el punto de salida de la cuenca o en el sitio de estudio.

Cuenca	Cota de sitio de interés (m.s.n.m.)
Río Tagarete	40

18.5. Pendiente media del cauce.

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$Pm = \frac{Hmax - Hmin}{L} * 100$$

$$Pm = \frac{80\text{ m} - 40\text{ m}}{2,618\text{ m}} = 0.015 * 100$$

$$Pm = 1.53 \%$$

Dónde:

Pm: pendiente media

Hmax: cota máxima

Hmin: cota mínima

L: longitud del cauce

Cuenca	Pendiente media de los cauces (%)
Río Tagarete	1.53

18.6. Tiempo de concentración de la cuenca

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca.

Método	Tc cuenca kirpich
Río Tagarete	0.6970 horas = 41.82 minutos

20. CAUDAL DE DISEÑO.

20.1. Método Racional (Quebrada sin nombre).

El área de drenaje para estimar el caudal hidrológico el río Tagarete hasta el punto de interés (ubicación de la huella del proyecto) tiene una superficie de 202 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.

20.1.2. Descripción del modelo.

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

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

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 has.

Para obtener el coeficiente de escorrentía se buscaron los valores recomendados por el MOP. El Ministerio de Obras Públicas exigirá la utilización de los siguientes valores de C

Tabla 17. Coeficientes de escorrentías.

C	0.70	Para proyectos, cuyos aportes de caudal provenga de zonas protegidas sin posibilidad de futuros desarrollos (parques nacionales, cuenca del canal de Panamá y áreas protegidas previamente establecidas).
C	0.75	Para diseños pluviales en áreas rurales y de bajo crecimiento, con desarrollo de lotificaciones con tamaños de lotes mayores a 1000 m².
C	0.85	Para diseños pluviales en áreas sub-urbanas y en rápido crecimiento, con desarrollos de lotificaciones con tamaño entre 600 m² y 1000 m².

C	0.90-1.00	Para diseños pluviales en áreas urbanas deforestadas
C	1.00	Para diseños pluviales en áreas completamente pavimentadas

20.1.3. Cálculo del caudal hidrológico.

Tabla 18. Datos de la microcuenca Río Tagarete.

Área de drenaje	<i>Ad</i>	202 has
Longitud de la cuenca	<i>Lcuenca</i>	2.618 km
Punto más alejado	<i>Elev.</i>	80 m
Punto de interés	<i>Elev.</i>	40 m
Diferencia de elevación	ΔH	40 m
Pendiente	<i>S</i>	0.015 m/m

Tiempo de concentración de la cuenca se estima de la siguiente manera:

$$tc = \left(\frac{0.8886 * Lcuenca^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

$$tc = \left(\frac{0.8886 * 2.618^3}{40} \right)^{0.385} = 0.7018 \text{ horas} = 42.1 \text{ minutos}$$

La intensidad de lluvia se estimará utilizando las fórmulas, tomadas de las curvas Intensidad-Duración y frecuencia de la Ciudad de Panamá para la cuenca del Río Pacora, según el Manual de aprobación de planos, publicado por el Ministerio de Obras Públicas.

Usando la ecuación Tablot para la cuenca del Río Pacora (146) donde:

- Intensidad para 10 años $i = \frac{146.825}{Tc+0.579}$
- Intensidad para 50 años $i = \frac{174.901}{Tc+0.605}$
- Intensidad para 100 años $i = \frac{187.043}{Tc+0.613}$

Con $Tc = 0.7018$ horas y la curva IDF, obtenemos la siguiente intensidad para un periodo de retorno de 100 años de 142.26 mm/hr.

$$i = \frac{187.043}{0.7018 + 0.613} = 142.26 \text{ mm/hr}$$

En este caso escogemos el coeficiente de escorrentía de 0.85 de acuerdo al área del proyecto y para toda el área de la cuenca. La pendiente es de 0.015 m/m, para el cauce del río Tagarete.

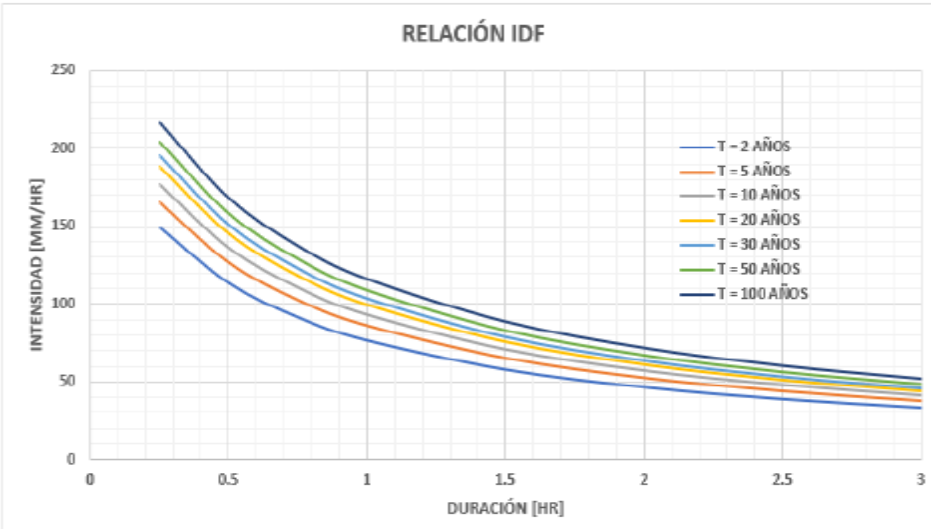
Con la fórmula del método racional obtenemos el caudal siguiente:

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$
$$Q = \frac{0.85 * 142.26 * 202}{360}$$
$$Q = 67.85 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 19. Resultados del análisis por el método Racional.

Tabla de Resultados del Caudal			
Periodo de retorno	Tr	100	Años
Tiempo de concentración	Tc	42.1	Min
Coeficiente de escorrentía	C	0.85	Áreas sub-urbana y en rápido crecimiento
Caudal Max. 100 años	Q	67.85	m³/s

Figura No. 20. Gráfica IDF Cuenca río Pacora.

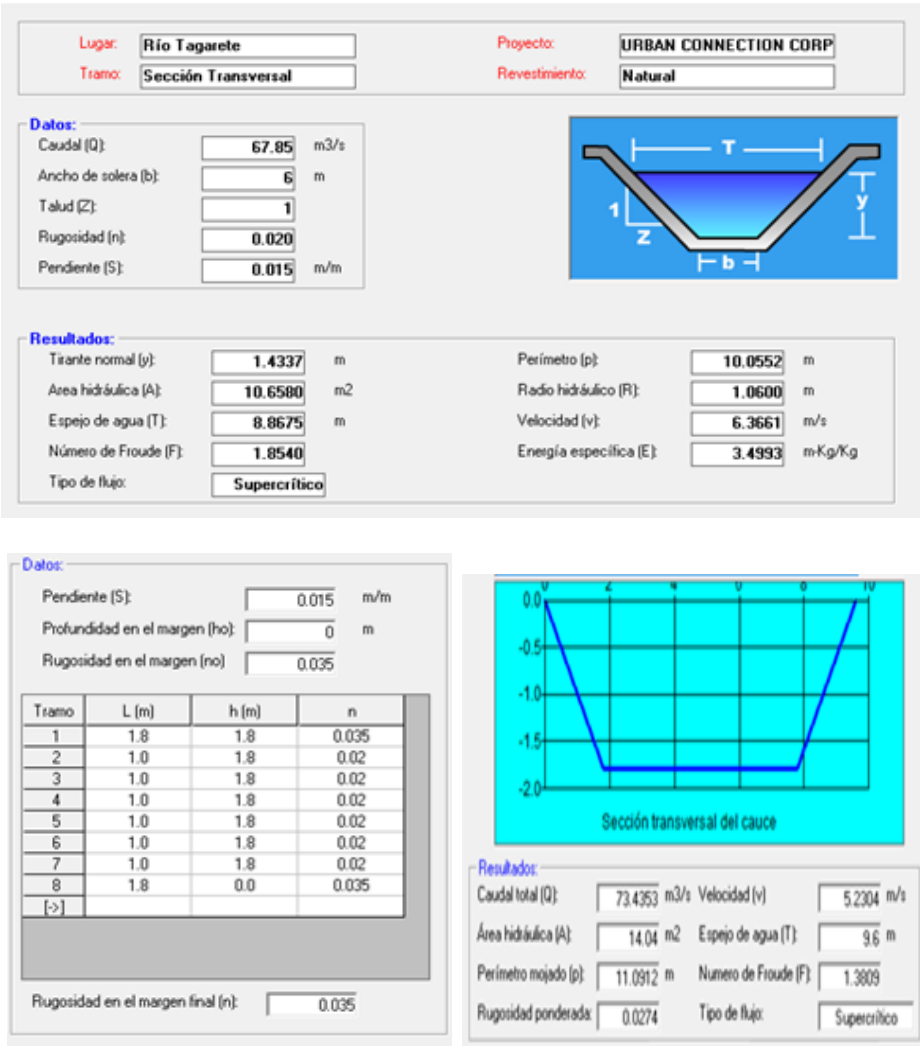


Fuente: Ministerio de Obras Públicas.

21. DISEÑO DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA ÓPTIMA PARA EL RÍO TAGARETE.

En la siguiente tabla se muestran le canal del cauce del río Tagarete. Para caudales máximos de crecida extraordinaria de 100 años, el tirante de crecida es de 1.43 metros desde el nivel de fondo de la sección estimada para el río.

Tabla 20. Datos de resultado de diseño de la sección hidráulica.



Datos:

Pendiente (S): 0.015 m/m

Profundidad en el margen (ho): 0 m

Rugosidad en el margen (no): 0.035

Tramo	L (m)	h (m)	n
1	1.8	1.8	0.035
2	1.0	1.8	0.02
3	1.0	1.8	0.02
4	1.0	1.8	0.02
5	1.0	1.8	0.02
6	1.0	1.8	0.02
7	1.0	1.8	0.02
8	1.8	0.0	0.035
[>]			

Rugosidad en el margen final (n): 0.035

Sección transversal del cauce

Resultados:

Caudal total (Q): 73.4353 m3/s

Área hidráulica (A): 14.04 m2

Perímetro mojado (p): 11.0912 m

Rugosidad ponderada: 0.0274

Velocidad (v): 5.2304 m/s

Espejo de agua (T): 9.6 m

Número de Froude (F): 1.3809

Tipo de flujo: Supercrítico

Fuente: HCANALES. Este estudio 2025.

22. ANÁLISIS HIDRÁULICO.

Para estimar los niveles de crecida a lo largo de las secciones del río Tagarete, se generaron cuatro secciones transversales, sobre 60 metros de longitud del cauce cada 20 metros de separación y se utilizó el caudal hidrológico para el periodo de retorno de 1 en 100 años.

Una vez obtenido el caudal máximo instantáneo para los periodos de retorno calculados en este estudio, se precedió a introducir los caudales determinados, en el modelo HEC-RAS.

En la simulación hidráulica, utilizaremos el programa HEC-RAS, el cual es un programa hidráulico unidimensional creado por USACE (United States Army Corps of Engineer), de libre distribución. Este programa permite la creación de modelos hidráulicos con los cuales es posible estimar los niveles alcanzados por el agua en un canal y/o sistemas de canales (naturales o artificiales), en régimen de río con flujos flujo subcríticos, supercrítico o en combinaciones mixtas de ambos.

Un estudio hidráulico con HEC-RAS consta de elementos fundamentales como:

- La geometría del cauce, definidas por las secciones y coeficientes de rugosidad.
- Las condiciones de flujo, definidas por el caudal y las condiciones de contorno.
- Tipo de análisis de régimen de flujo; subcrítico, supercrítico o mixto.

Para el desarrollo de las planicies de inundación, se utilizó el modelo de elevación digital y polilínea de alineamiento sobre la sección del cauce. Las herramientas y utilidades para procesar datos geoespaciales en ArcGIS. Estas herramientas permiten la preparación de datos geométricos para la importación a HEC-RAS y procesa los resultados de simulación exportados al HEC-RAS.

23.1. Caudal de Diseño.

Debido a que se cuenta con pocas estaciones hidrométricas sobre los ríos de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de proyecto que se estudia, con datos históricos de caudales máximos anuales brindado por IMHPA, se procede a calcular los caudales máximo y promedios, mediante los resultados obtenidos del método de análisis regional de crecidas

máximo o el método racional y las curvas IDF del Ministerio de Obras Públicas el cual no se estime que tenga mucha variación ya que son microcuencas de la misma zona.

22.2. Criterios de Modelación.

Se adoptaron los siguientes criterios de modelación en HEC-RAS:

- El coeficiente n de Manning: Para los canales o cuerpos de agua, en el diseño de la fórmula de Manning, el Ministerio de Obras Públicas establece que se deberá utilizar los siguientes valores de coeficientes de rugosidad “ n ”.

Tabla 21. Valores de coeficientes “ n ” del manual del MOP 2021.

“ n ”	Descripción del tipo de canal
0.012	Para Canales de Matacán repellido.
0.015	Para Canales de Matacán Liso sin Repellar
0.020	Para Canales de Matacán Liso y Fondo de Tierra.
0.025	Para Cauce de tierra lisa con Vegetación Rasante.
0.030	Para Cauce de tierra con Vegetación normal, lodo con escombros o irregular a causa de erosión.
0.035	Excavaciones Naturales, cubiertas de escombros con vegetación.
0.020	Excavaciones Naturales de trazado sinuoso.

Para este análisis se usó un coeficiente de 0.035 y 0.030.

- Caudal definido, en este caso resultó un caudal de $67.85 \text{ m}^3/\text{s}$ para la quebrada sin nombre, para tiempo de retorno de crecidas máxima de 100 años.

22.3. Implicaciones en condiciones existentes.

Para analizar las implicaciones del desarrollo de la huella del proyecto. Se desarrolló un modelo hidráulico del escurrimiento del área de influencia del proyecto, en el que se compara el comportamiento del río en las condiciones existentes.

Los objetivos específicos de la modelación hidráulica fueron:

Presentar el modelo hidráulico de la quebrada escurriendo según las condiciones existentes.

Procesar los resultados para la condición existente y analizar las posibles afectaciones y/o implicaciones ambientales de las obras.

Se realizó un modelo hidráulico en HEC-RAS para determinar las velocidades medias y tirantes en cada una de las secciones representativas del flujo del río Tagarete en la zona del proyecto y hacia aguas arriba para determinar la incidencia que pudiesen tener las obras a construir en las zonas urbanas de las cuencas en estudio.

22.4. Resultado Hidráulico (Río Tagarete).

22.4.1. Condición Existente.

Figura No. 21. Geometría del río.

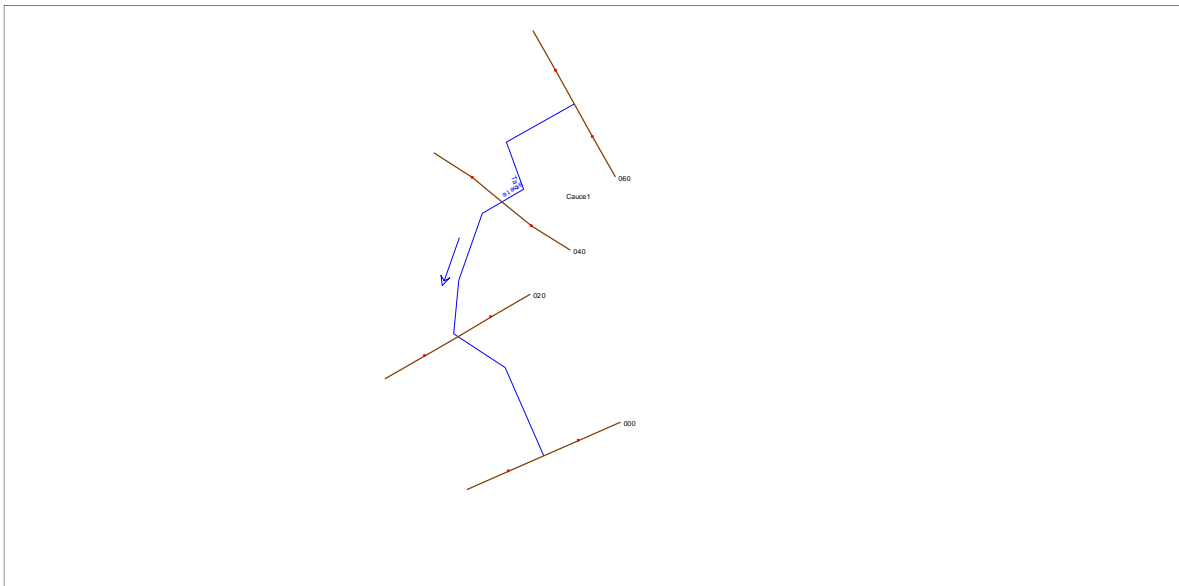
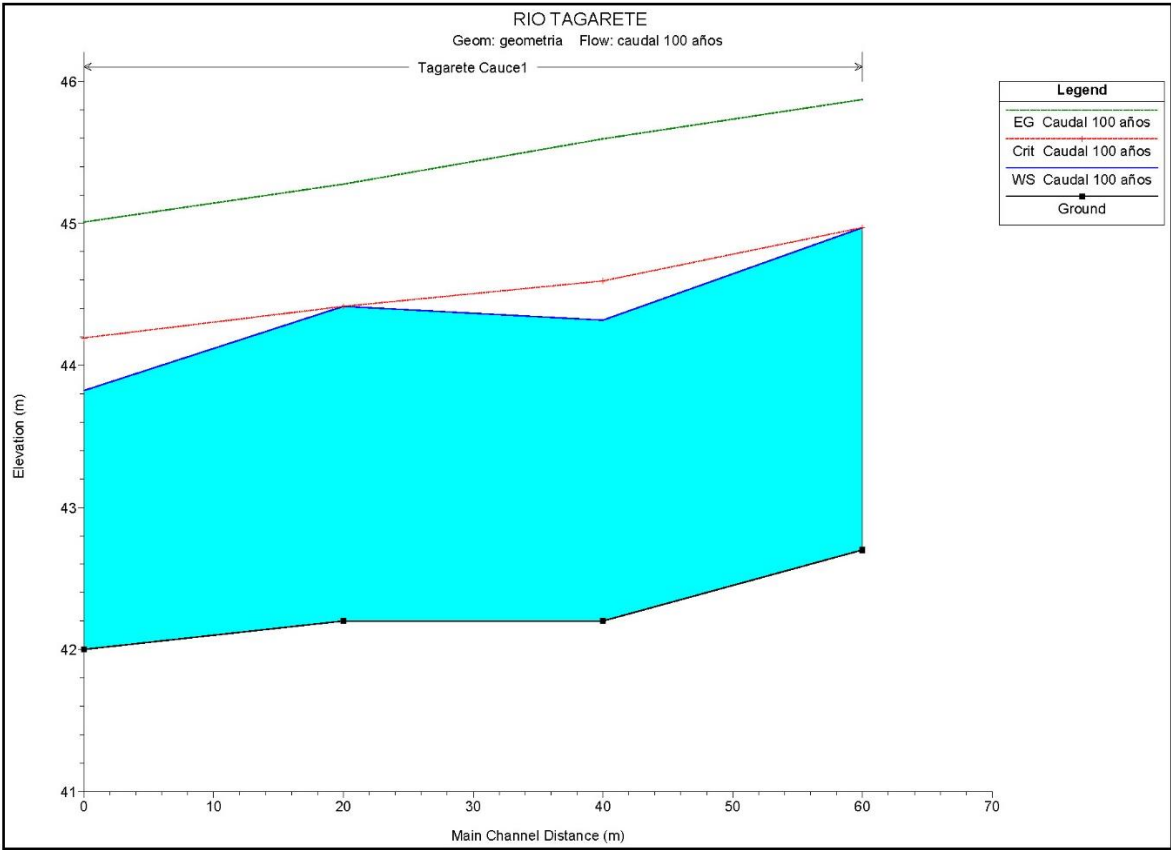
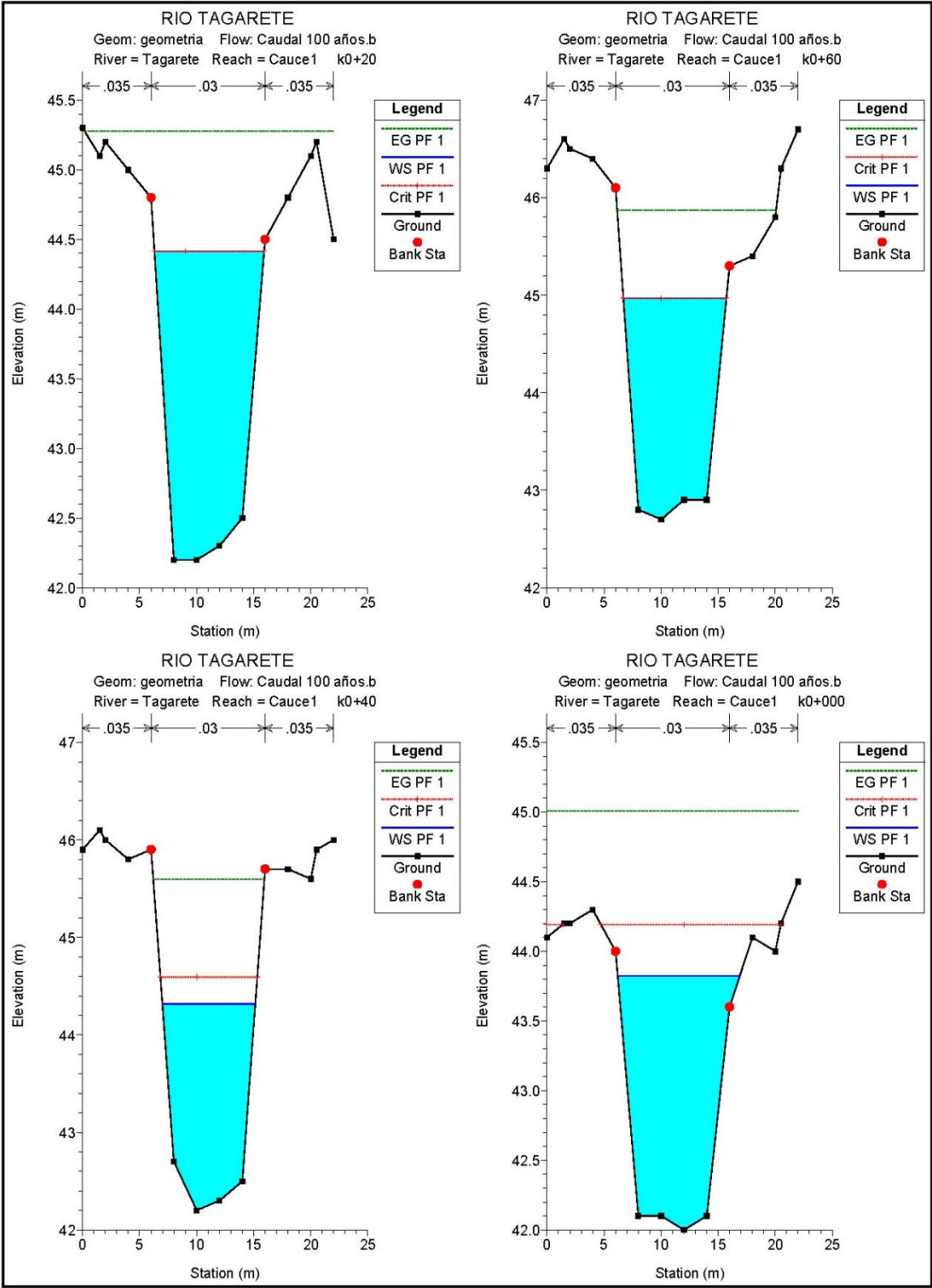


Figura No. 22. Perfil Longitudinal lámina de inundación de agua.



22.4.2. Secciones Transversales (Río Tagarete).



22.5. Niveles de Terracería Seguros.

Estación	Elevación de Fondo (m)	Tirante (m) Yn	NAME (m)	N.T. Recomendado (m)
0 km + 060	42.7	2.27	44.97	46.47
0 km + 040	42.2	2.12	44.32	45.82
0 km + 020	42.2	2.22	44.42	45.92
0 km + 000	42	2.19	44.19	45.32

Tabla 22. Resultados en Condición Existente.

Río Tagarete.

SECCION	Q Total	Elev. Fondo	NAME	Elevación crítica	Cota segura	Tirante	Tirante Critico	Δ elev.	E.G. Pendiente	Vel. Canal	Area de flujo	Espejo de agua	Froude # Chl
	(m3/s)	(m)	(m)	(m.s.n.m)	(m.s.n.m.)	Yn(m)	Yc (m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	
60	67.85	42.7	44.97	44.97	45.87	2.27	2.27	0.9	0.009851	4.21	16.12	9.04	1.01
40	67.85	42.2	44.32	44.59	45.59	2.12	2.39	1.27	0.015277	5	13.56	8.15	1.24
20	67.85	42.2	44.42	44.42	45.28	2.22	2.22	0.86	0.009395	4.11	16.51	9.62	1
0	67.85	42	43.82	44.19	45.01	1.82	2.19	1.19	0.015156	4.83	14.14	10.7	1.29

Fuente: Tabla elaborado por el consultor con datos de salida de HEC-RAS. Este estudio 2025.

NAME (nivel de agua máxima extraordinaria)

Δ elev. (diferencia de elevación de cota segura sobre el NAME)

22.4. Resumen de los resultados del modelo Hidráulico.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del modelo hidráulico para la condición existente sobre el río Tagarete.

Los resultados son un resumen de los análisis obtenidos en el modelo hidráulico para la condición existente.

Tabla 23. Resultados Generales.

Fuente	Estructura	Caudal (m³/seg.)	Nivel del Agua promedio (m)	Velocidad de la corriente promedio (m/seg.)
Quebrada sin nombre	Condición Existente	67.85	44.38	4.53

23. CONCLUSIONES.

Se determinaron y definieron las características hidrográficas que interviene el área de estudio tales como la fuente hídrica, hidrometría; dentro de la hidrometría se realizó una descripción climática del sitio y una descripción geomorfológica.

Se hizo un análisis de la climatología del área objeto de estudio, determinando el comportamiento del clima; en particular del régimen de lluvias de la zona y los niveles de escorrentía superficial.

La demarcación del área de drenaje pluvial hasta sitio de intervención se dio de acuerdo a la topografía del sitio y el caudal de diseño se calculó mediante el método racional para la quebrada a periodos de retorno de 100 años. Posteriormente estos datos fueron utilizados para realizar la simulación hidráulica en condición existente mediante el software HEC-RAS.

24. RECOMENDACIÓN.

Tambien a manera de recomendación seguir la sección hidráulica óptima, para evitar desbordamiento de la misma, frente a caudales extremos de 100 años.

Además de realizar mantenimientos continuos e inmediatos después que la corriente de agua del río alcance su nivel máximo durante eventos extremos, debido a que las crecidas tienden a arrastrar sedimentos, material vegetal (ramas, etc.), así como también basura producto de las escorrentías superficiales y de la mala disposición de la basura por parte de las personas.

25. BIBLIOGRAFÍA.

- Ministerio de Ambiente (2010). Atlas Ambiental de la República de Panamá.
- Mapa hidrogeológico de Panamá. Publicado por la empresa de transmisión eléctrica (1999).
- IMHPA. Información meteorológica, operada por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. (2023).
- Contraloría General de la República de Panamá. Datos de la dirección de estadística y censo de Panamá.
- Herramienta informática de sistema de información geográfica ARCGIS PRO.