

ESTUDIO HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ

PROYECTO:  
"EL EMBARCADERO"

Corregimiento de Juan Díaz, distrito y  
provincia de Panamá

JOHNNY A. CUEVAS M.

INGENIERO CIVIL

IDONEIDAD No. 91-006-036



FIRMA

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

JOHNNY A. CUEVAS MARIN  
Ing. Johnny A. Cuevas Marín  
CI 1991-006-036

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “embarcadero” .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍOJUAN DÍAZ.....</b>	<b>6</b>
3.1. Cuenca del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora..	6
3.2. Red de drenaje del Río Juan Díaz.....	8
<b>4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
<b>5. TEXTURA DE LOS SUELOS:.....</b>	<b>11</b>
<b>6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DEL SUELO .....</b>	<b>15</b>
<b>7. COBERTURA BOSCOSA Y USOS DEL SUELO:.....</b>	<b>18</b>
<b>8. CLIMA.....</b>	<b>24</b>
8.1. Clima tropical con estación seca prolongada .....	24
<b>9. ZONAS DE VIDA SEGÚN HOLDRIDGE.....</b>	<b>24</b>
<b>10. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA.....</b>	<b>27</b>
<b>11. Información meteorológica e hidrológica.....</b>	<b>30</b>
<b>12. ASPECTOS HIDROLÓGICOS:.....</b>	<b>32</b>
<b>13. CAUDALES DE DISEÑO: .....</b>	<b>32</b>
13.1. Descripción del Modelo Hec-Hms .....	33
13.2. Requerimientos del Modelo Hec-Hms .....	33
13.3. Metodología: .....	34
13.4. Evento Seleccionado .....	35
13.5. Método de los Bloques Alternos .....	37
<b>14. CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS: .....</b>	<b>40</b>
14.1. Resultados De Las Corridas De La Modelación De La Subcuenca Del río Juan Díaz Con El Modelo HEC-HMS: .....	42

<b>15. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO POR MEDIO DEL ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS:</b> .....	<b>43</b>
15.1. Método Análisis Regional de Crecidas Máximas.....	43
15.2. Cálculos para la estimación del caudal máximo en el río Juan Díaz	45
15.3. Levantamiento Topográfico .....	47
<b>16. MODELACIÓN HIDRÁULICA .....</b>	<b>47</b>
16.1. Modelación hidráulica para determinar los perfiles de agua	48
16.2. Requerimientos del modelo HEC-RAS.....	49
16.3. Coeficientes de rugosidad de Manning .....	50
16.4. Caudales máximos usados para alimentar el modelo: .....	51
<b>17. MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DEL RÍO JUAN DÍAZ HASTA EL SITIO DEL PROYECTO.....</b>	<b>51</b>
17.1. Descripción del modelo HEC-Ras .....	51
17.2. Requerimientos del modelo .....	52
17.3. Corrida del modelo HEC-Ras .....	52
17.4. Metodología de análisis .....	52
17.5. Resultados de las corridas de la modelación del tramo del río Juan Díaz (sin relleno) .....	53
17.6. Resultados de las corridas de la modelación del tramo del río Juan Díaz con el talud.....	56
<b>18. RESULTADOS Y CONCLUSIONES:.....</b>	<b>63</b>
<b>19. RECOMENDACIONES:.....</b>	<b>64</b>
<b>20. BIBLIOGRAFÍA:.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS:.....</b>	<b>65</b>

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización regional del proyecto “El Embarcadero” .....	4
---	---

Figura 2. Plano de zonificación del proyecto.....	6
Figura 3. Red de drenaje de la subcuenca del Río Juan Díaz .....	9
Figura 4. Mapa de textura del suelo de la cuenca del río Juan Díaz y del área del proyecto.....	14
Figura 5. Capacidad agrológica de los suelos en la subcuenca del río Juan Díaz. ....	17
Figura 6. Mapa de cobertura y usos de los suelos.....	23
Figura 7. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge. ....	25
Figura 8. Mapa de Isoyetas de la subcuenca del río Juan Díaz.....	29
Figura 9. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas. ....	31
Figura 10. Esquema de HEC-HMS mostrando las subcuenca y los tramos en que subdividió la cuenca del río Juan Díaz. ....	35
Figura 11. Hidrograma de la crecida del 25 y 26 de agosto de 2008. ....	36
Figura 12. Lluvia horaria del evento del 25 de agosto 2008.....	37
Figura 13. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica Tocumen .....	40
Figura 14. Extracto del mapa con la ubicación de la cuenca hidrográfica 144 del río Juan Díaz. ....	44
Figura 15. Esquema de modelación hidráulica del Río Juan Díaz.....	48
Figura 16. Localización de las secciones transversales dentro del proyecto Embarcadero en el río Juan Díaz. ....	50
Figura 17. Salida del perfil del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 50 años. ....	54
Figura 18. Salida del perfil del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 100 años. ....	56
Figura 19. Salida del perfil del río Juan Díaz con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años.....	58
Figura 20. Salida del perfil del río Juan Díaz con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años.....	60
Figura 21. Sección transversal 23.57 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años con NAME 4.74 msnm.....	61

Figura 22. Sección transversal 23 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años con NAME 4.74 msnm.....	61
Figura 23. Sección transversal 23.57 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años con NAME 4.96 msnm.....	62
Figura 24. Sección transversal 23 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años con NAME 4.96 msnm.....	62

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora (144).....	7
Tabla 2. Formaciones geológicas de la subcuenca del río Juan Díaz. ....	11
Tabla 3. Distribución de los tipos de textura en los suelos de la subcuenca del río Juan Díaz.....	12
Tabla 4. Clases de suelo según su capacidad de uso. ....	16
Tabla 5. Cobertura Boscosa y Uso de Suelo del área de estudio. ....	18
Tabla 6. Distribución de las Zonas de Vida presentes en la subcuenca. ....	25
Tabla 7. Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora. ....	30
Tabla 8. Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora. ....	30
Tabla 9. Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 Minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la cuenca del río Juan Díaz usando el método de bloques alternos. ....	39
Tabla 10. Resumen de intensidades para determinar la curva IDF para la estación de lluvia de Tocumen, periodo 1975-1996 (22 años).....	39
Tabla 11. Crecida para $Tr = 50$ y 100 años .....	41
Tabla 12. Ecuaciones para determinar el caudal máximo para las distintas zonas del país con sus tablas de distribución de frecuencias.....	45
Tabla 13. Tablas con las frecuencias de distribuciones para obtener los caudales máximos para distintos $Tr$ .....	46
Tabla 14. Caudal Máximo según $Tr$ en años .....	46
Tabla 15. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz para $Tr$ 50 años.....	53
Tabla 16. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz para $Tr$ 50 años.....	55

Tabla 17. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz con talud para Tr 50 años.....	57
Tabla 18. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz con talud para Tr 100 años.....	59

## 1. INTRODUCCIÓN

La elaboración del Estudio hidrológico e hidráulico del río Juan Díaz, ha sido desarrollado para el proyecto: Embarcadero, cuyo promotor es VATIKA, S.A. Con el objetivo principal de determinar el caudal de diseño para períodos de retorno de 50 años y definir las planicies de inundación, los niveles máximos de crecidas, y niveles de terracerías seguras para el diseño final y construcción del proyecto.

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 las superficies de drenajes, pendientes, caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, para el río Juan Díaz.

Este informe contiene una descripción general de la cuenca hidrográfica 144 (Cuenca del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora) y de la subcuenca de Rio Juan Díaz, en donde se incluyen aspectos como la localización y descripción general del área, cálculo de caudal máximo de diseño, modelación hidráulica para determinar las planicies de inundación y terracería segura del río estudiado.

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

## 2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO “EMBARCADERO”

El Proyecto denominado “EMBARCADERO”, se encuentra localizado geográficamente a 79°26'40.79" de longitud oeste y 9° 1'3.20" de latitud norte. El

Este proyecto está ubicado en el corregimiento de Juan Díaz, perteneciente al distrito de Panamá, provincia de Panamá, aproximadamente a 15 km en línea recta al este de la ciudad de Panamá. El acceso al mismo toma aproximadamente 25 minutos viajando por la Ave. Ricardo J. Alfaro y Ave. Domingo Díaz desde Condado del Rey (Ver Figura 1, Mapa de localización regional del proyecto).

El corregimiento de Juan Díaz limita al norte con los corregimientos de José Domingo Espinar, Rufina Alfaro y Pedregal, al sur con la Bahía de Panamá, al este con los corregimientos de Río Abajo y Parque Lefevre y al oeste con el corregimiento de Don Bosco.

De acuerdo con los datos recolectados en el último Censo Poblacional de la República de Panamá (año 2010), la población del corregimiento de Juan Díaz es de 100636 habitantes, consolidándose como un corregimiento con una densidad poblacional alta: 2826.9 hab/km<sup>2</sup>.

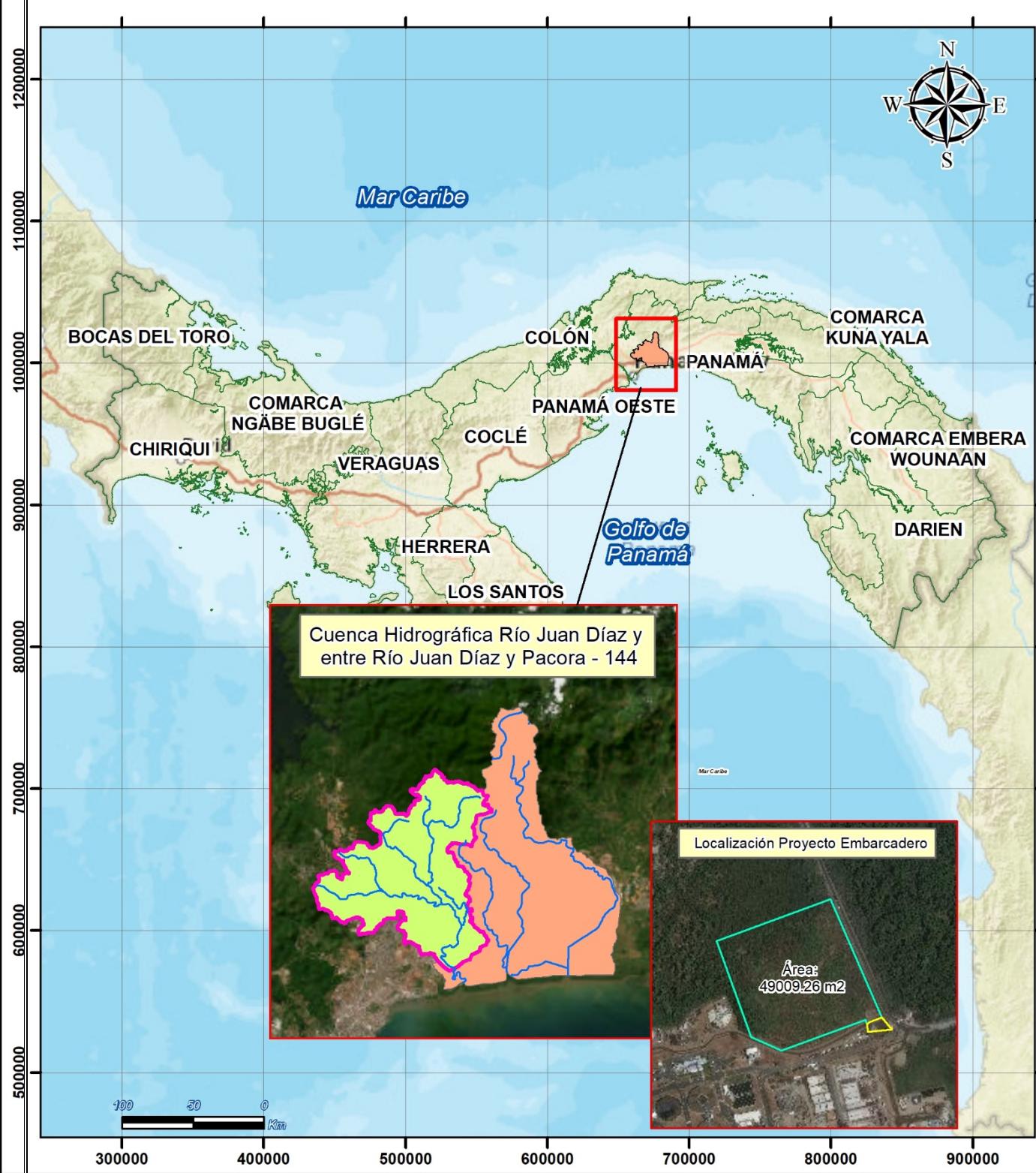
El objetivo del proyecto consiste en la construcción de un complejo Residencial de cinco edificios de apartamentos con área social común, dos terrazas, estacionamientos a nivel y locales comerciales con sus estacionamientos en el sector de Llano Bonito, corregimiento de Juan Diaz, distrito y provincia de Panamá.

El Proyecto denominado “Embarcadero” se desarrollará dentro de una superficial de 49 009,26 m<sup>2</sup>, conformado por las fincas:

- Folio Real N° 273267, Código de ubicación 8712, Propiedad de VATIKA, S.A., con una superficie de 4 ha + 6683 m<sup>2</sup> 84 dm<sup>2</sup>.
- Folio Real N° 419011, Código de ubicación 8712, Propiedad de VATIKA, S.A., con una superficie de 679 m<sup>2</sup> 33 dm<sup>2</sup>.

Adicional, se contempla un área de servidumbre de 1 646,08 m<sup>2</sup>, completando las 49009.26m<sup>2</sup> para el área total del proyecto.

## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ



*ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ*

Figura 1. Mapa de localización regional del proyecto “El Embarcadero”.

*Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero de 2023.*

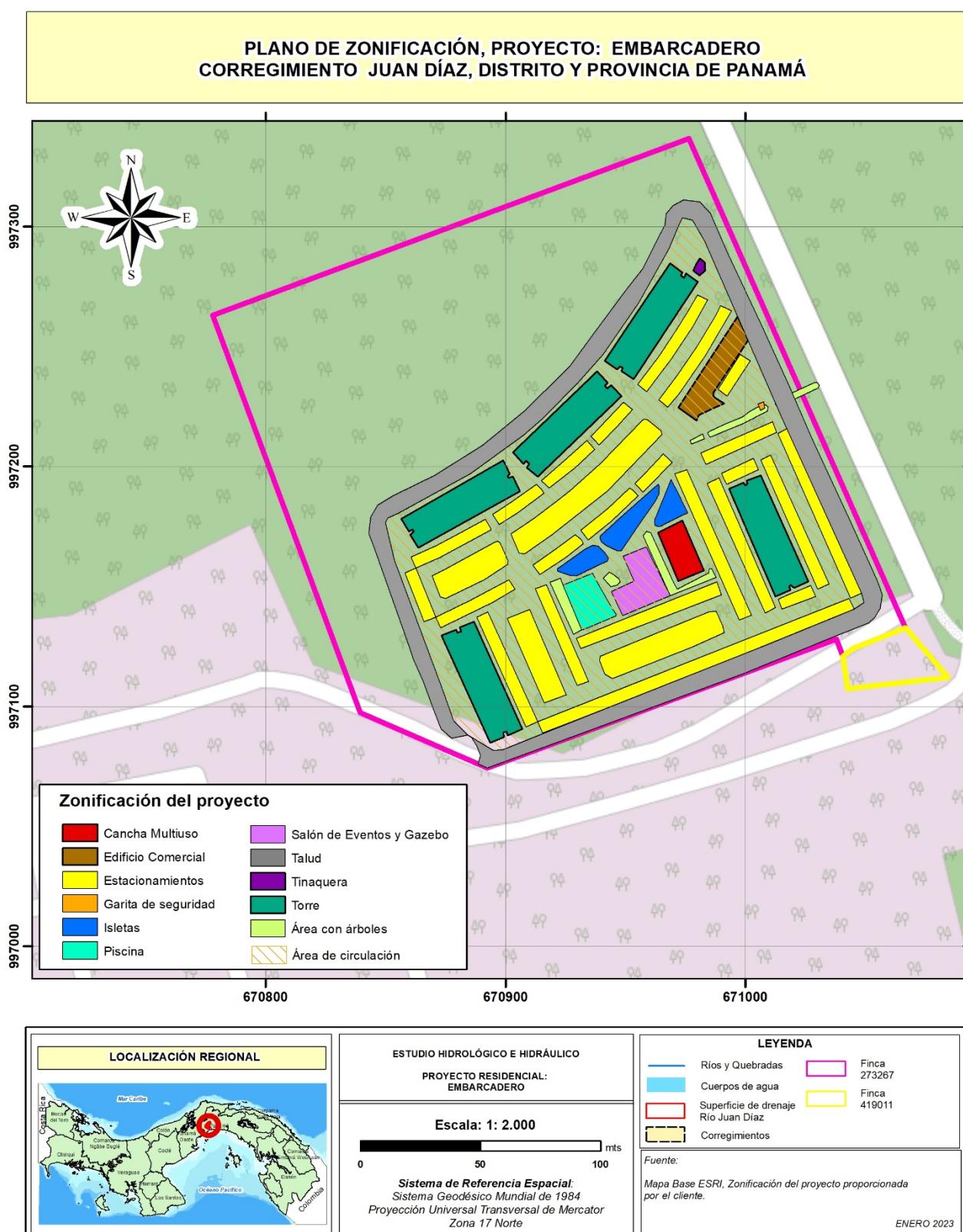


Figura 2. Plano de zonificación del proyecto.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, agosto de 2020.

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO JUAN DÍAZ

La subcuenca del río Juan Díaz, donde se localiza el proyecto Embarcadero y objeto de este estudio hidrológico e hidráulico, pertenece a la región hídrica del Pacífico Oriental. Esta región se extiende desde el este de la provincia de Panamá hasta la de Darién. Sus cursos de agua desembocan en el océano Pacífico y sus rangos de precipitación predominan entre los 1000 y 3000 mm. Forma parte de la cuenca hidrográfica del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora, designada con el número 144 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA). Esta cuenca limita, al norte con la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá o Cuenca del Río Chagres (115), al sur con el océano Pacífico, al este con la cuenca del río Pacora (146) y al oeste con la cuenca 142, entre los ríos Caimito y Juan Díaz.

#### 3.1. Cuenca del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora

La cuenca 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora, está localizada geográficamente en la vertiente del Pacífico, en la provincia de Panamá, entre las entre las coordenadas 9° 00' y 9° 13' Latitud Norte y 79° 18' y 79° 34' Longitud Oeste. (ver *Figura 1, Mapa de localización regional*). Comprende una superficie total de drenaje superficial de 370 km<sup>2</sup> desde su nacimiento en Cerro Azul, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, con una longitud del cauce principal de 22 km. Según el Instituto Meteorológico e Hidrológico de Panamá (IMHPA), antes Dirección de Hidrometeorología de ETESA<sup>1</sup>, la elevación media de la cuenca es de 90 msnm (Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de

<sup>1</sup> La Dirección de Hidrometeorología de ETESA, actualmente IMHPA, es el organismo oficial que administra y mantiene la red de estaciones hidrometeorológicas en el país.

## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ

Panama Periodo 1971-2006, 2008, p. 33); su punto más alto se encuentra en la parte noroeste de la cuenca, con una elevación de 800 msnm, en el área ubicada entre Cerro Azul y Cerro Jefe.

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.

Administrativamente la cuenca del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora (144) pertenece a la provincia de Panamá, distribuida en dos (2) distritos y quince (15) corregimientos:

Tabla 1. Distribución Política Administrativa de la Cuenca del Río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora (144)

PROVINCIA	DISTRITO	CORREGIMIENTO
PANAMÁ	SAN MIGUELITO	Omar Torrijos Herrera
		Belisario Frías
		José Domingo Espinar
		Arnulfo Arias Madrid
		Rufina Alfaro
	PANAMÁ	Pedregal
		Juan Díaz
		Las Cumbres
		24 de Diciembre
		Las Mañanitas
		Alcalde Díaz
		Ernesto Córdoba Campos
		Don Bosco
		Pacora
		Tocumen

### 3.2. Red de drenaje del Río Juan Díaz

La subcuenca del río Juan Díaz está localizada al oeste de la provincia de Panamá, cuenta con una superficie de drenaje de 144.65 kilómetros cuadrados hasta aguas abajo del puente sobre el Corredor Sur en el río Juan Díaz, el cauce principal tiene una longitud de 26.81 kilómetros desde el punto más alto hasta el punto más cercano al sitio del proyecto. Esta Subcuenca 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. (*ver figura 3, subcuenca del río Juan Díaz*).

Esta subcuenca se caracterizaba por presentar en su parte alta vegetación exuberante, pero debido a la presión del crecimiento demográfico y el proceso acelerado de urbanización, se ha incrementado la pérdida del mismo impactando significativamente la escorrentía superficial, por lo cual ha habido un cambio del coeficiente de escurrimiento (C), haciendo los terrenos casi impermeables lo cual causa la reducción del tiempo de concentración (Tc) y, por ende el aumento de los caudales pico con los consiguientes problemas de inundaciones repentinas.

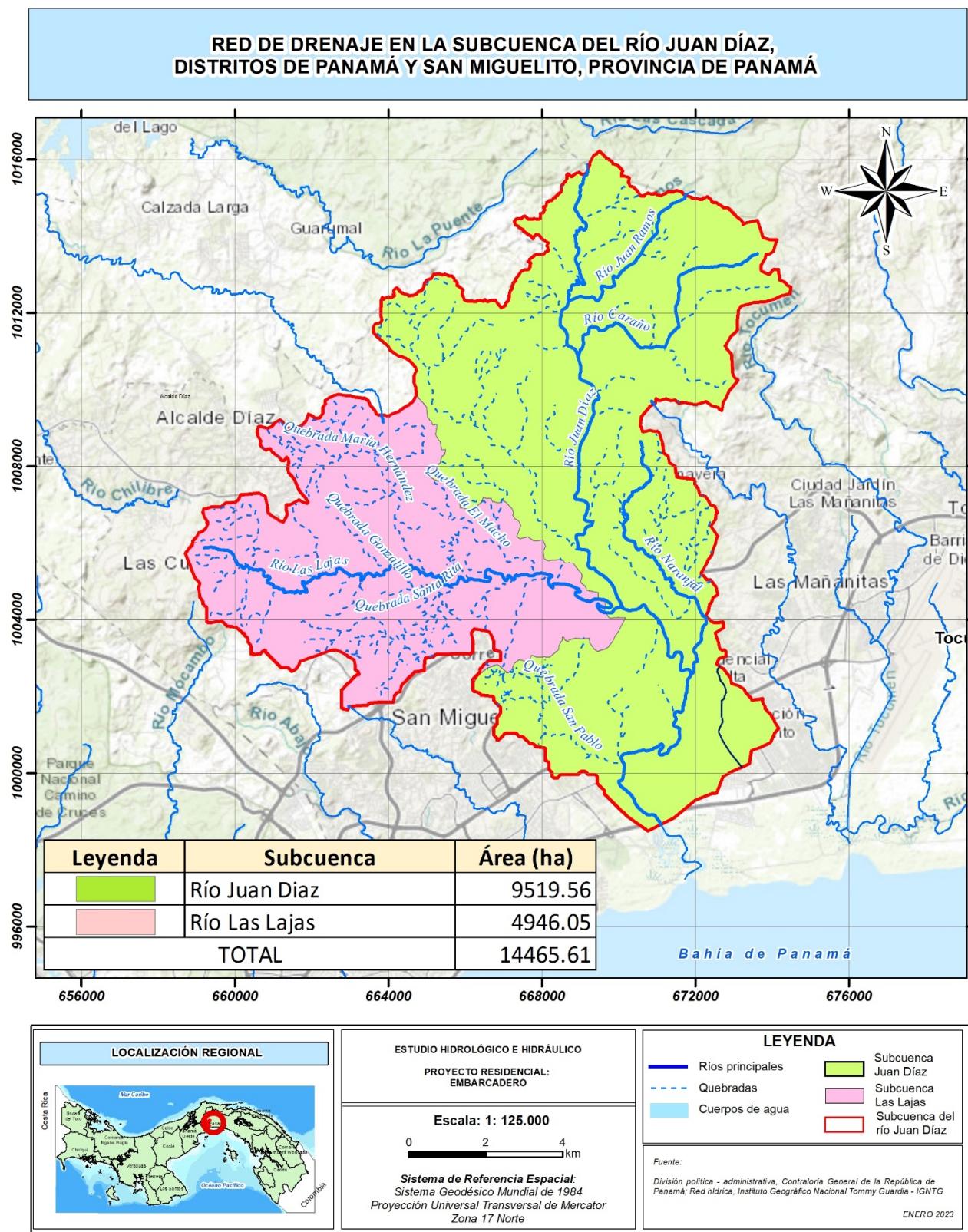


Figura 3. Red de drenaje de la subcuenca del Río Juan Díaz

Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero 2023.

#### 4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En la subcuenca del río Juan Díaz se han identificado tres formaciones geológicas. La primera y más predominante pertenece al grupo Panamá, se identifica con el símbolo TO-PA y ha sido nombrada Panamá Fase Volcánica, las formaciones de este grupo geológico, contiene rocas del Terciario Oligoceno tanto volcánicas como sedimentarias tales como: Aglomerados, tobas continentales, areniscas, calizas, lutitas, conglomerados, piroclásticos, andesitas y basaltos. Las anotaciones geológicas, describen la heterogeneidad extrema, de los sedimentos que conforman el Oligoceno, estos sedimentos se han clasificado como pertinentes a dos distintos tipos: depósitos marinos y sedimentos terrestre, consistiendo los últimos de clásticos volcánicos, despojos y sedimentos marinos de aguas poco profundas.

La segunda en predominancia es la formación Mamoní (K-Coma), forma parte del grupo Colón y pertenece al periodo secundario, esta formación se encuentra en la parte alta de la subcuenca desde el nacimiento del río, hasta aproximadamente 300 metros en línea recta abajo de la confluencia con la quebrada Rincón Bellaco. Se caracteriza principalmente por la predominancia de rocas Granodioritas, dacitas, gabros, cuarzodioritas, sienitas, serpentinas, esquistos e intrusivos ultrabásicos.

Por último, tenemos a la formación Gatuncillo (TE-G), la cual se encuentra en la vecindad del lago Alajuela y se estima que tiene espesores entre 150 y 800 m.

Tabla 2. Formaciones geológicas de la subcuenca del río Juan Díaz.

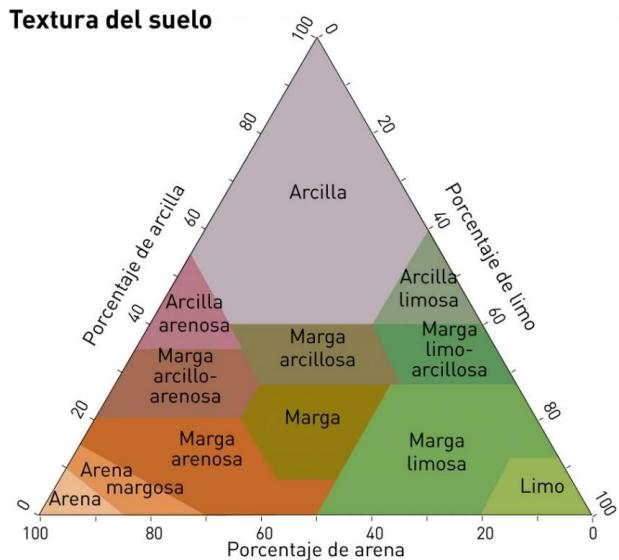
Grupo	Formación	Símbolo	Formas	Significado	Área (km <sup>2</sup> )
Panamá	Panamá (f. Volc)	TO-PA	Volcánicas	Andesita, aglomerado, tobas de rango fino, conglomerado depositado por corrientes	8063.22
Colón	Mamoní	K-Coma	Plutónicas	Cuarzodioritas, granodioritas y sienitas	6050.92
	Gatuncillo	TE-G	Sedimentarias	Esquistos arcillosos, lutitas, arenisca de cuarzo, caliza argácea y foraminífera.	347.86
<b>TOTAL</b>					<b>14462.01</b>

En cuanto a geomorfología se refiere, la superficie de drenaje de la subcuenca del río Juan Díaz está conformada en su mayoría por glacis o explanadas del cuaternario antiguo y medio, sin embargo, existen en menor proporción formaciones de Rocas ígneas extrusivas (basalto, andesita, toba, ignimbrita), Rocas Sedimentarias (Caliza, Lutita, Conglomerado, Arenisca) y rocas ígneas intrusivas (granodiorita, cuarzo- monzonita, diorita, dacita) etc.

## 5. TEXTURA DE LOS SUELOS:

La FAO define como textura de suelo al contenido de partículas o las cantidades relativas de arena, limo y arcilla presentes en los mismos, además, indica que esta propiedad tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en él.

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



Fuente: FAO/CUP

En la tabla 3 se presenta la distribución de los tipos de textura en los suelos de la subcuenca del río Juan Díaz:

Tabla 3. Distribución de los tipos de textura en los suelos de la subcuenca del río Juan Díaz.		
Textura	Área (ha)	%
Franco	6216.786	42.98
Franco Arcillo Arenoso	2954.135	20.42
Franco Arenoso	3546.906	24.52
Franco Arcilloso	1747.875	12.08
<b>TOTAL</b>	<b>14465.702</b>	<b>100</b>

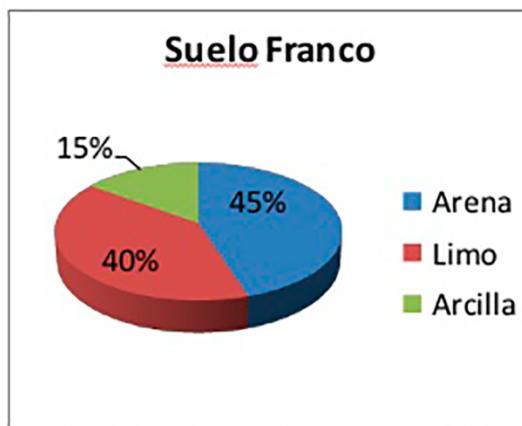
Fuente: Tabla generada por el Consultor con datos del IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá), 2006. Proyecto: “Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes”

Como se observa en la tabla anterior, en la subcuenca del río Juan Díaz existe una predominancia por los suelos fracos, generalmente estos suelos contienen más nutrientes, humedad y humus que los suelos arenosos, tienen mejor drenaje

e infiltración de agua y aire que los suelos ricos en limo y arcilla, y son más fáciles de cultivar que los suelos arcillosos. Cada uno de los diferentes tipos de suelos fracos tiene características ligeramente diferentes, con algunos líquidos drenando más eficientemente que otros. La textura del suelo, especialmente su capacidad para retener nutrientes y agua, son cruciales. El suelo franco es adecuado para cultivar la mayoría de las variedades de plantas.

También encontramos suelos de tipo Franco – arenosos en la subcuenca del río Juan Díaz, cerca del 24% de los suelos de esta subcuenca corresponden a este tipo de suelos con textura gruesa, lo que representa 3546.90 hectáreas de terreno. Dentro de sus características se mencionan su baja capacidad para retener nutrientes y agua debido a que presentan poros grandes que facilitan la lixiviación de estos y la volatilización de nitrógeno nítrico, lo que genera en ellos una limitante en la productividad, que condicionan el crecimiento del volumen radical de las plantas, y limitada capacidad de intercambio catiónico.

La imagen presentada a continuación muestra la distribución de materia orgánica, arena, limoarcilla y poros (macroporos y microporos) en un suelo franco arenoso:



Fuente: *Textura del suelo franco, Agro Krebs. 2020.*

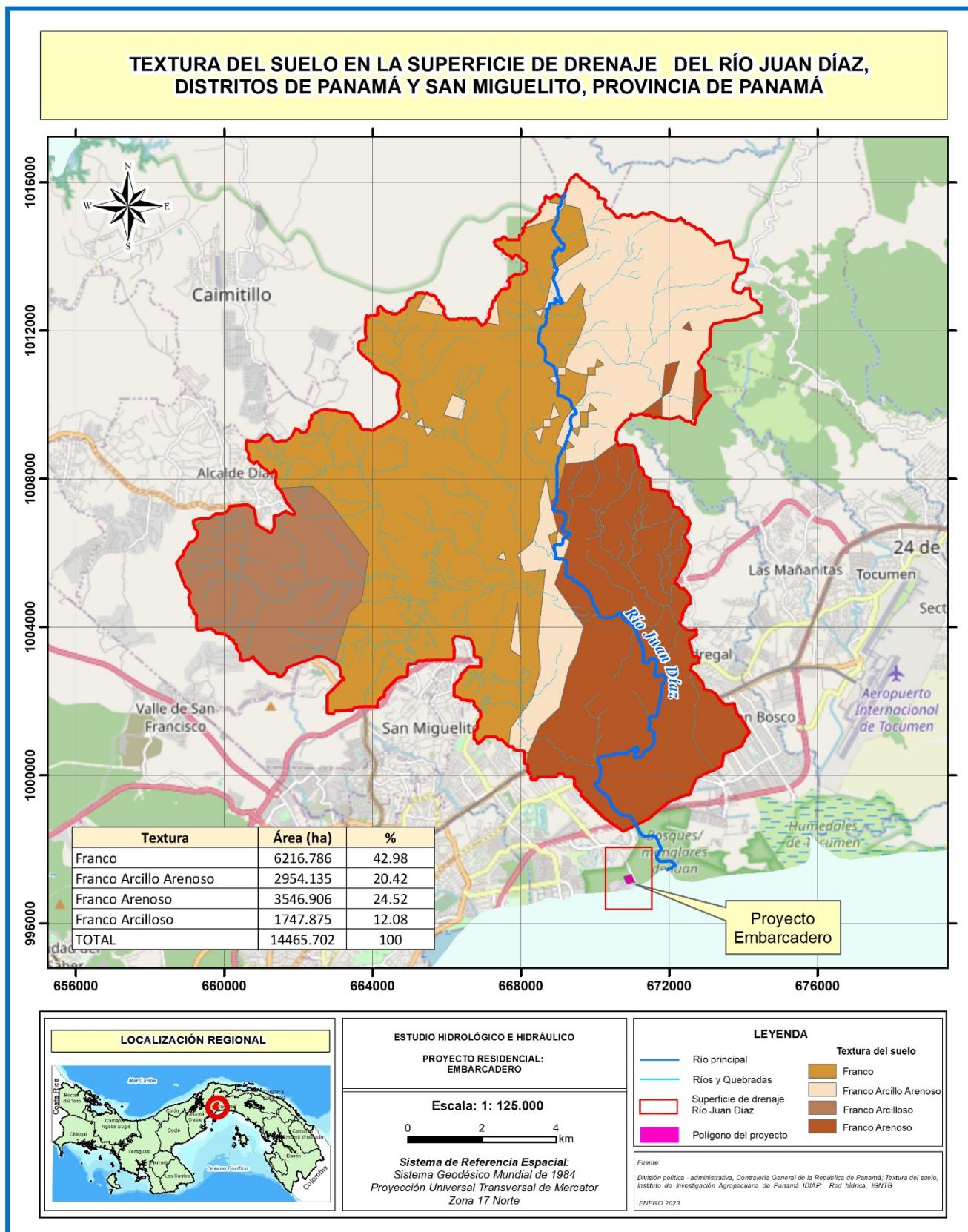


Figura 4. Mapa de textura del suelo de la cuenca del río Juan Díaz y del área del proyecto.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero 2023.

## 6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DEL SUELO

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

Los suelos de la subcuenca del río Juan Díaz se clasifican en cuatro clases, según su capacidad de uso (Ver *Figura 6. Capacidad agrológica de los suelos en la subcuenca del Juan Díaz*):

- **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 terrenos de esta clase presentan limitaciones severas que, restringen la selección de cultivos o incrementan sustancialmente los costos de producción. Requiere conservación especial.
- **CLASE VI No arable, con limitaciones severas:** Los terrenos de esta clase son aptos para la actividad forestal (plantaciones forestales). También se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación, etc.) Son aptos para pastos. Otras actividades permitidas en esta clase son el manejo del bosque natural y la protección. Presentan limitaciones severas.
- **CLASE VII No arable, con limitaciones muy severas:** Esta clase es apta para el manejo del bosque natural, además de protección. Las limitaciones son tan severas que ni siquiera las plantaciones forestales son recomendables en los

terrenos de esta clase. Cuando existe bosque en estos terrenos se deben proteger para provocar el reingreso de la cobertura forestal mediante la regeneración natural. En algunos casos y no como regla general es posible establecer plantaciones forestales con relativo éxito y también pastos.

- **CLASE VIII No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales.** Los suelos y áreas misceláneas tienen limitaciones que impiden su uso para producción comercial de plantas y los restringen, principalmente, a recreación, refugio de vida silvestre, provisión de agua y uso estético.

En la tabla 4 se muestra la superficie de área en hectáreas cubierta por cada una de las categorías de capacidad de uso de la tierra, descritas anteriormente.

Tabla 4. Clases de suelo según su capacidad de uso.

Tipos	Descripción	ha	%
III	Arable, severas limitaciones en la selección de las plantas.	1958.807	13.5
VI	No arable, con limitaciones severas.	6367.404	44.0
VII	No arable, con limitaciones muy severas.	5304.953	36.7
VIII	No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales.	834.538	5.8
TOTAL		14465.702	100

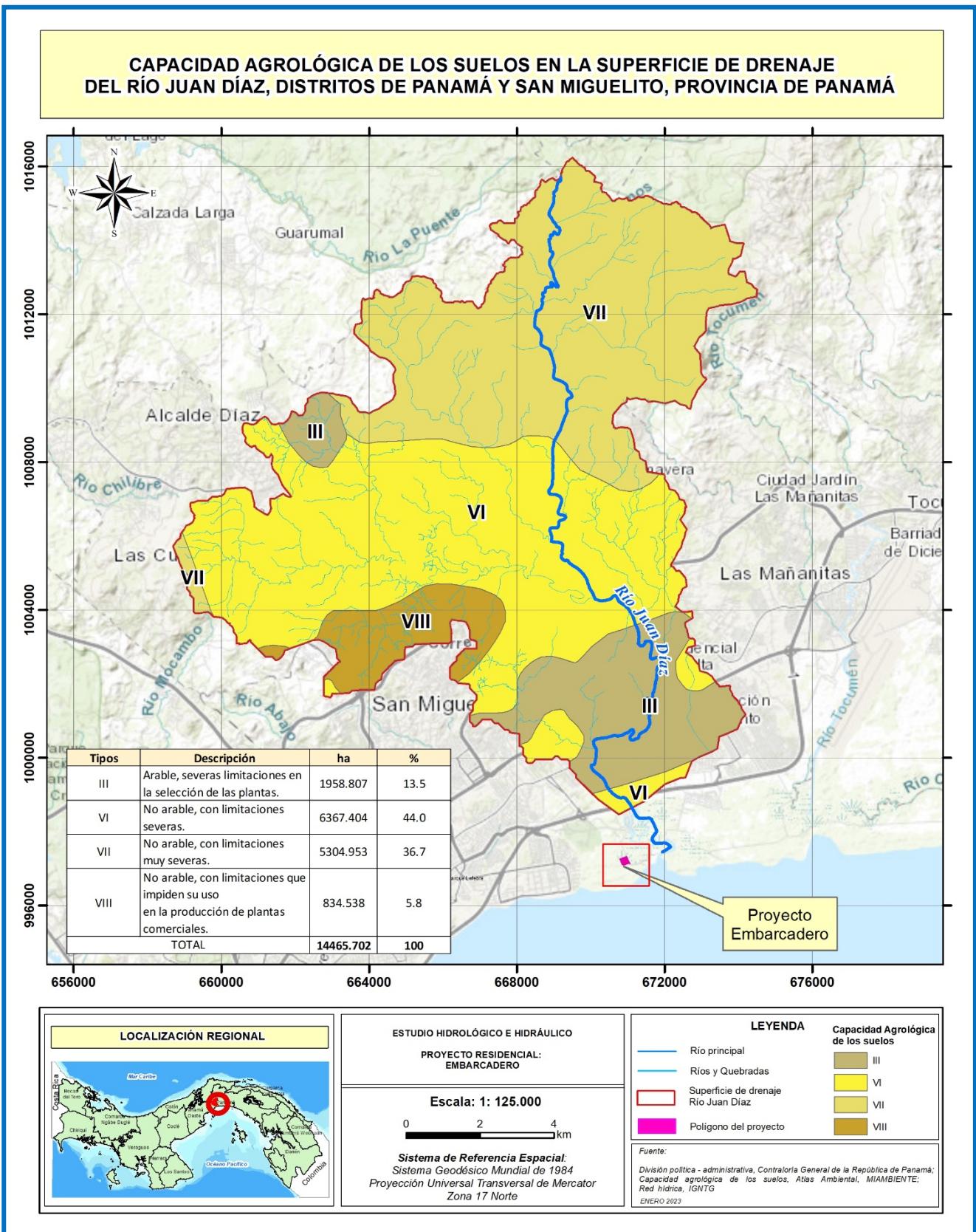


Figura 5. Capacidad agrológica de los suelos en la subcuenca del río Juan Díaz.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero 2023.

## 7. COBERTURA BOSCOSA Y USOS DEL SUELO:

La cobertura y/o uso del suelo en la subcuenca del río Juan Díaz, tiene una relación directa con las variables de elevaciones, clima y tipo de suelo.

De acuerdo con la información oficial del sistema de clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques, realizado por el Ministerio de Ambiente de la República de Panamá (2012), en los suelos de la superficie de drenaje del río Juan Díaz existe una predominancia de uso del 35% de suelos en categoría de Áreas pobladas, 29% con destinación de uso de Bosque secundario, 15% a Bosques Maduros y en menor proporción 11 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.

CLASE O USO DEL SUELO	Área (ha)	%
Bosque de Mangle	1.05	0.007
Vegetación Baja Inundable	2.40	0.017
Playas y arenal natural	4.97	0.034
Afloramiento rocoso y suelo desnudo	6.36	0.044
Rastrojo	21.64	0.150
Bosque Plantado Latifoliado	56.73	0.392
Bosque Plantado de Coníferas	63.37	0.438
Superficie de Agua	100.33	0.694
Infraestructuras	227.91	1.577
Vegetación herbácea	705.36	4.879
Pasto	1614.35	11.168
Bosque Maduro	2268.69	15.694
Bosque Secundario	4309.45	29.811
Áreas Pobladas	5073.06	35.094
<b>TOTAL</b>	<b>14455.68</b>	<b>100</b>

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2012

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

### **Superficie de agua**

Cuerpo y cauce de agua permanente o estacional, localizado en el interior del continente, que puede bordear o encontrarse adyacente a la línea de costa continental. En caso de cuerpos y cauces de agua estacionales, deben permanecer con agua mínimo 4 meses durante el año.

### **Área poblada**

**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 maduro:**

Bosque en un estado sucesional avanzado o en su etapa final de sucesión, que pudo o no estar sujeto a un aprovechamiento selectivo. El bosque maduro se

distingue del bosque secundario por las siguientes características, vinculadas a cada tipo de bosque:

- Predominantemente compuesto por árboles en estado adulto, con una mayor proporción del área basal concentrada en clases diamétricas altas.
- Composición con predominancia de especies similar al estado primario.
- Mayor presencia de árboles con copas grandes.
- Si no ha sido recientemente intervenido, tiene menor presencia de sotobosque.

### **Bosque plantado de coníferas**

Bosque plantado, compuesto predominantemente por especies de coníferas, cuyas especies pertenecen a los géneros Pinus, Abies, Picea, Cupressus, Thuja, Araucaria, etc.

### **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.
- 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.

### **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.

### **Afloramiento rocoso y tierra desnuda**

Los afloramientos rocosos son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y formaciones geológicas.

### **Playa y arenal natural**

Terreno bajo y plano constituido principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación herbácea y/o arbustiva baja y dispersa (cobertura <30%). Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas.

### **Vegetación baja inundable**

Comprende áreas con vegetación baja localizadas principalmente en tierras bajas que permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, pantanos, ciénagas, llanuras de inundación, y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprende hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos, pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas. Se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática.

### **Bosque de mangle**

Bosque natural en el cual 60% de los árboles dominantes y co-dominantes (en términos de número de árboles por hectárea) pertenece a una o varias especies de mangle. Las especies de mangle en Panamá son: *Avicennia bicolor*, *Avicennia germinans*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora racemosa*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* y *Pelliciera rhizophorae*. Incluye también híbridos como el *Rhizophora × harrisonii*.

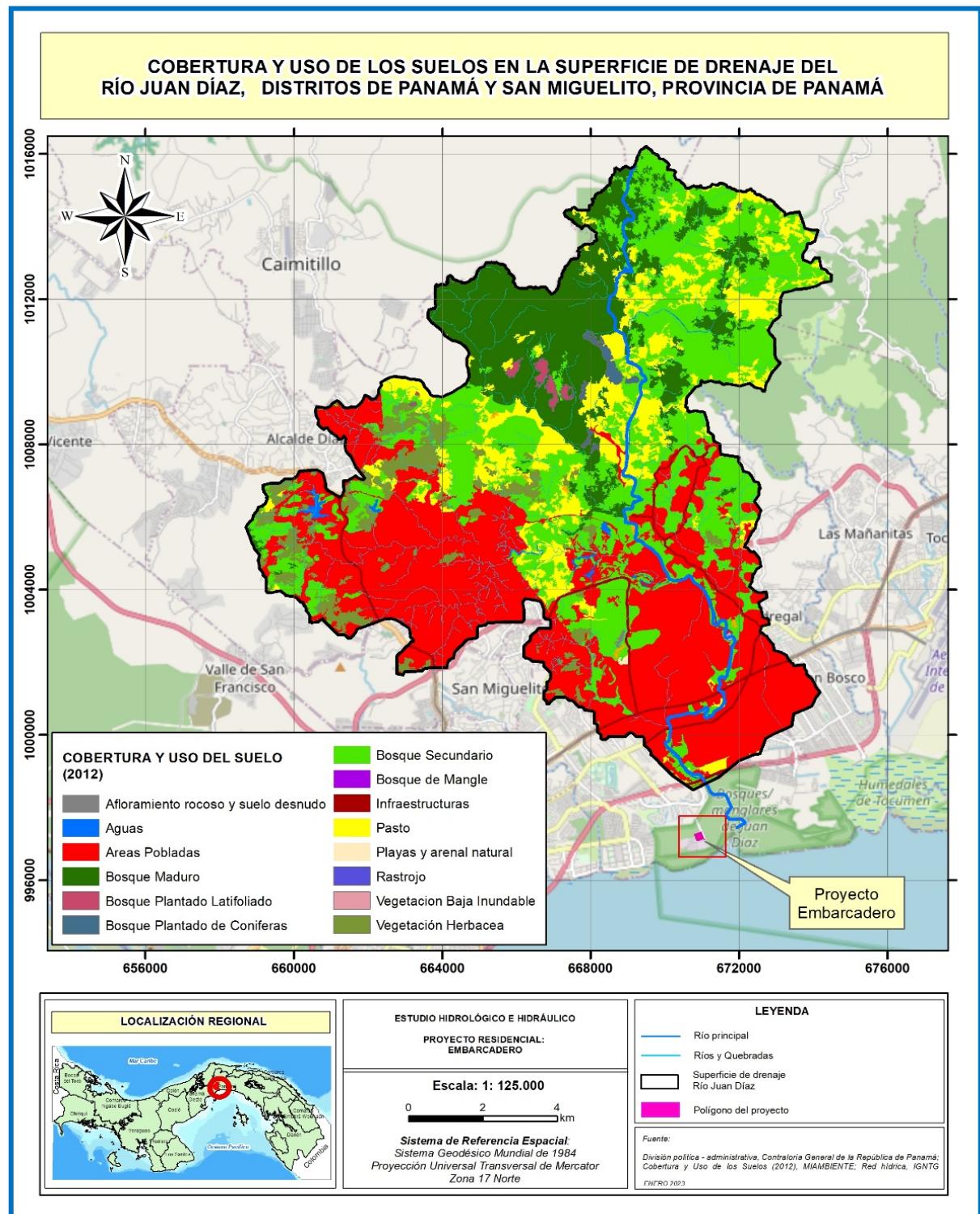


Figura 6. Mapa de cobertura y usos de los suelos.

Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero 2023.

## 8. CLIMA

La República de Panamá cuenta con una superficie terrestre de 75517 km<sup>2</sup> y esta geográficamente localizado dentro de la zona de convergencia intertropical (cercana a la línea Ecuatorial), por lo que cuenta con un clima de tipo tropical, que se caracteriza por lluvias abundantes, bosques tropicales exuberantes y una gran riqueza y diversidad de especies, tanto de flora como de fauna.

En la región a lo largo de todo el año se presentan condiciones de temperatura muy regular. De acuerdo con el régimen de lluvias, el país tiene dos tipos de temporadas: la temporada seca y la lluviosa. La temporada seca se caracteriza por estar presente desde el mes de diciembre hasta finales del mes de marzo y/o mediados de abril, condicionada principalmente por los vientos alisios. La estación lluviosa que es la estación más prolongada del año se desarrolla desde finales del mes de abril hasta inicios de diciembre.

En cuanto régimen térmico se refiere, éste se ve afectado por las condiciones orográficas del relieve, lo que produce una disminución de la temperatura del aire con la elevación, afectándose también la circulación atmosférica. La temperatura media anual del país alcanza los 27°C.

De acuerdo con la clasificación climática de Alberto McKay (2000) que se presenta en el Atlas Ambiental de la República de Panamá (2010); la subcuenca del río Juan Díaz, presenta un clima tropical con estación seca prolongada.

### 8.1. Clima tropical con estación seca prolongada

Este es un clima cálido y se caracteriza por presentar temperaturas medias de entre 27 a 28°C. Los totales pluviométricos anuales, siempre inferiores a 2500 mm son los más bajos de todo el país, los cuales llegan a 1122 en la provincia de Los Santos.

En la estación seca, se generan fuertes vientos, con predominio de nubes medias y altas, además hay baja humedad relativa y fuerte evaporación.

## 9. 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:

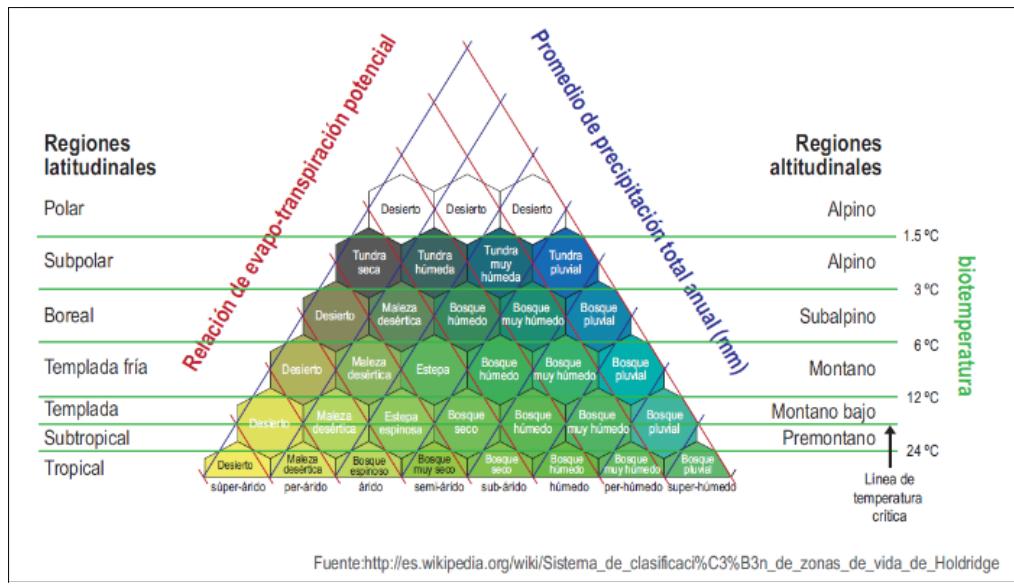


Figura 7. Nomograma de Zonas de Vida según Holdridge.

La subcuenca del río Juan Díaz se encuentra dentro de las siguientes zonas de vida:

Tabla 6. Distribución de las Zonas de Vida presentes en la subcuenca.

Zona de Vida	Área (ha)	%
Bosque Húmedo Tropical	10862.5	75.091
Bosque Muy Húmedo Premontano	3083.8	21.318
Bosque Húmedo Premontano	519.4	3.590
<b>TOTAL</b>	<b>14465.7</b>	<b>100</b>

- **Bosque Húmedo Tropical:**

Esta zona de vida ocupa una extensión total en el país de 24530 kilómetros cuadrados, correspondiente al 32% de la misma. Dentro de la subcuenca del río Juan Díaz es la zona de vida es la de mayor predominancia, ocupando el 75 % de la superficie total de la subcuenca.

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

Se caracteriza porque en pendientes bajas y moderadas los cultivos permanentes se pueden alternar con pequeños campos cultivados a mano para la subsistencia local o para la venta (arroz, maíz). El pastoreo extensivo no es recomendado; mientras que en las pendientes fuertes que deberían estar reservadas para uso forestal o utilizarse para cultivos arbóreos permanentes (frutales u otras especies forestales), 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 óptimas para la agricultura actual o futura para que queden disponibles para el uso forestal.

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

- **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. En la subcuenca del río Juan Díaz ocupa el 21% de su superficie, representando 3083.8 hectáreas.

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.

### **Bosque húmedo premontano**

La zona de vida del Bosque Húmedo Premontano no está bien representada en Panamá. Entre las especies forestales nativas que prosperan aquí en las secciones de transición cálida son las que se desarrollan en el Bosque Seco Tropical y en el Bosque Húmedo Tropical y de valor comercial en el mercado como lo son: algarrobo (*Hymenaea courbaril*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro espino (*Bombacopsis quinatum*), guayacán y robles (*Tabebuia chrysanthia* y *T. pentaphylla*), corotú (*Enterolobium cyclocarpum*), quira (*Platymiscium pinnatum*), entre otras.

## **10. PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA**

En Panamá y en la mayoría de los países tropicales, la precipitación atmosférica consiste casi en su totalidad de lluvia, que es el resultado final del movimiento ascendente del aire, enfriado por expansión más allá del nivel de condensación del vapor de agua.

En la cuenca hidrográfica 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora 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 subcuenca del río Juan Díaz registra una precipitación media anual entre 1912 y 3000 mm. Los meses de mayor precipitación son octubre y noviembre y los de menor precipitación febrero y marzo. La escorrentía media anual está entre 800 y 1600 mm.

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 8, se presenta el Mapa de Isoyetas de la subcuenca del Juan Díaz.

Hablando en términos del régimen térmico, Panamá se caracteriza por la ausencia de una estación fría, lo que hace que las condiciones térmicas sean bastante uniformes, de ahí que el factor determinante para denotar los cambios de temperatura es la altitud. Las temperaturas determinadas para esta subcuenca oscilan entre los 25 y 26°C.

## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ

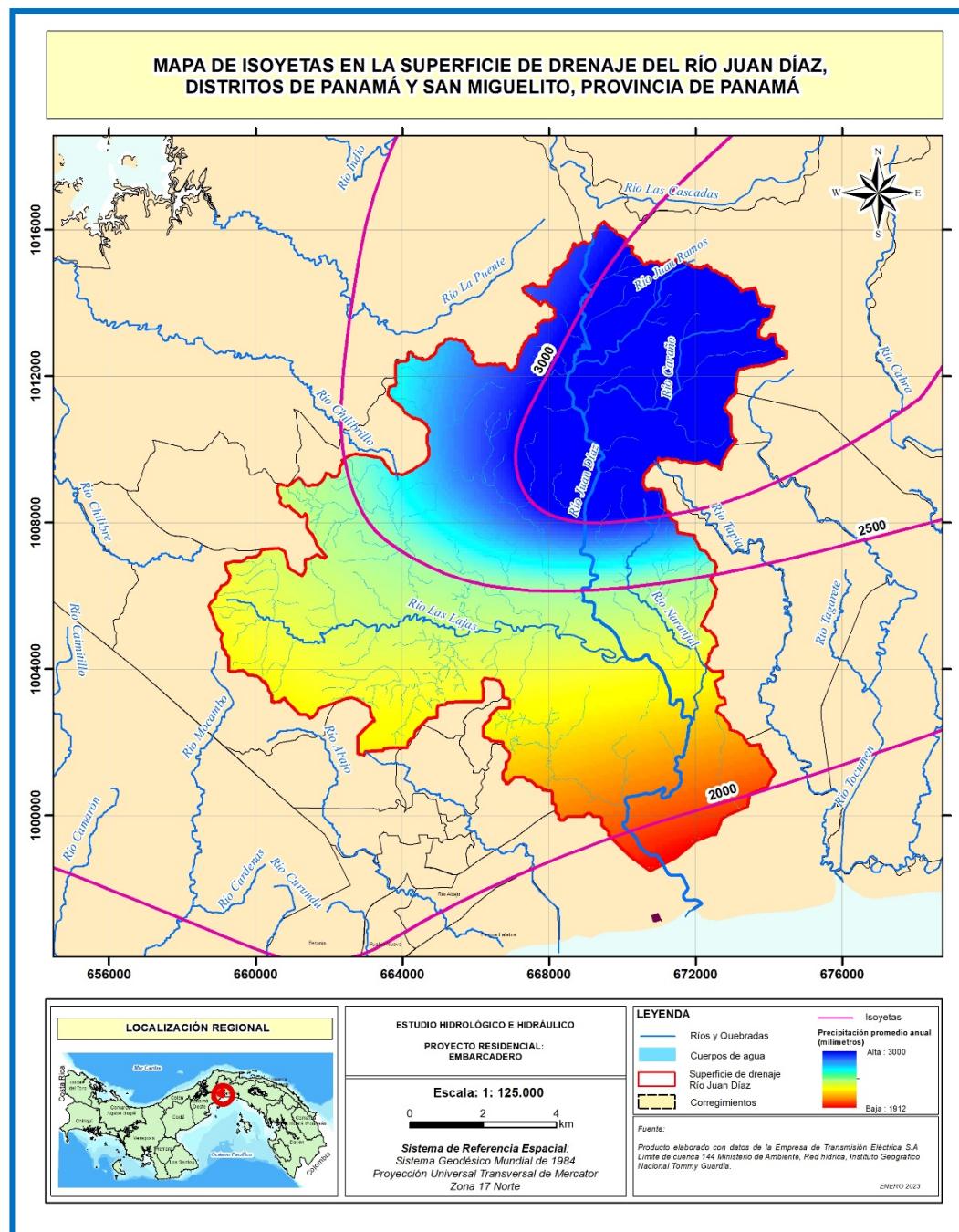


Figura 8. Mapa de Isoyetas de la subcuenca del río Juan Díaz

Fuente: Desarrollado por el Consultor, enero de 2023.

## 11. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA E HIDROLÓGICA

La subcuenca del río Juan Díaz cuenta dentro de su superficie, con 2 estaciones meteorológicas y 1 hidrométrica. A continuación, se muestra la información relacionada con estas estaciones de medición pertenecientes a la cuenca hidrográfica entre el río Juan Díaz y el río Pacora. (cuenca 144) y sus áreas aledañas.

Con respecto a las estaciones meteorológicas, se cuenta con una estación tipo A ubicada en el Aeropuerto de Tocumen. La distribución espacial de las estaciones meteorológicas 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 se presenta en la Tabla 7 (Ver Figura 10. *Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de la cuenca 144*).

Tabla 7. Estaciones Hidrométricas de la Cuenca 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora.

NÚMERO	RÍO	LUGAR	TIPO	ELEVACIÓN (m)	LATITUD	LONGITUD	FECHA INICIO
144-02-01	JUAN DIAZ	JUAN DIAZ	At	8	9° 03' 00"	79° 26' 00"	1/04/1957
144-03-01	CABRA	RANCHO CAFE	At	160	9° 08' 01"	79° 22' 57"	7/01/2005

Tabla 8. Estaciones Meteorológicas de la Cuenca 144 del río Juan Díaz y entre el río Juan Díaz y Pacora.

NÚMERO	NOMBRE	TIPO DE ESTACIÓN	ELEVACIÓN (m)	LATITUD	LONGITUD	FECHA INICIO
144-005	RANCHO CAFE	AA	160	9° 08' 01"	79° 22' 57"	31/12/2006
144-006	SE PANAMA 2	AA	45	9° 05' 40"	79° 27' 38"	1/07/2013
144-007	JUAN DIAZ LOS PUEBLOS	CC	12	9° 02' 55"	79° 26' 54"	13/04/2014
144-011	TOCUMEN 2	AA	38	9° 04' 56"	79° 24' 21"	17/12/2013

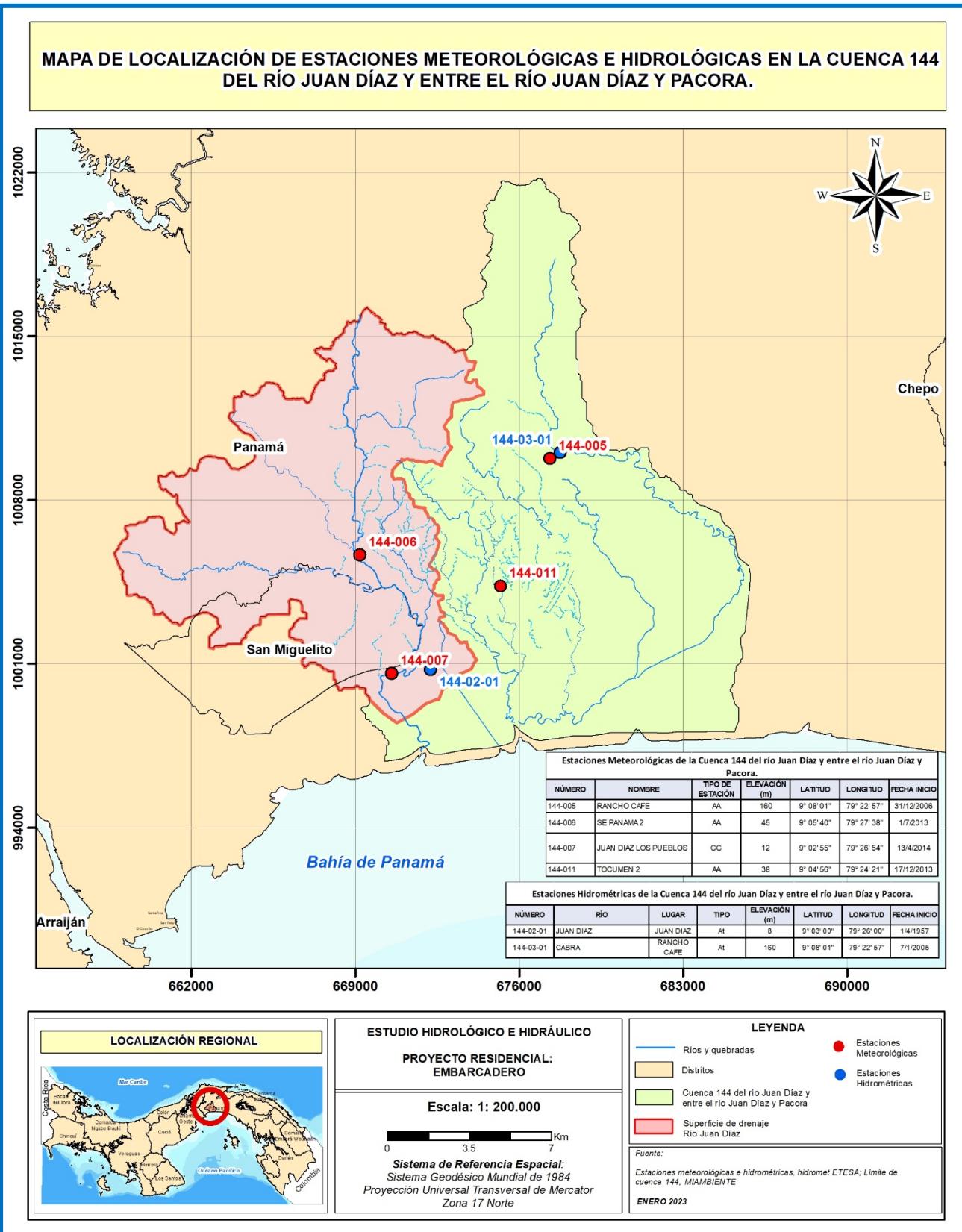


Figura 9. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrológicas de las cuencas vecinas.

## 12. ASPECTOS HIDROLÓGICOS:

Debido a la localización del proyecto de desarrollo habitacional “Embarcadero” el cual se localiza a casi aproximadamente un kilómetro de la desembocadura del río Juan Díaz, la zona aguas abajo y del Puerto Juan Díaz tiene influencia de las mareas del Pacífico lo que causa efecto de remanso o “back water effect” que consiste que cuando la marea está alta, viaja hacia aguas arriba.

Cuando coincide la marea alta con una crecida extraordinaria del río Juan Díaz, se presentan problemas de inundación aguas arriba.

El propósito del talud o terracería propuesta de aproximadamente 3.00 metros sobre el nivel de suelo natural hasta alcanzar 6.50 msnm es mantener el acceso al área en cualquier época del año.

## 13. CAUDALES DE DISEÑO:

La subcuenca del río Juan Díaz tiene una estación limnigráfica que fue instalada en 1957, pero debido al crecimiento de la Ciudad de Panamá hacia el Este del país, ha quedado dentro de la urbe, lo que ha ocasionado que la estación haya sido vandalizada en varias ocasiones con la consecuencia de la pérdida de datos y tener que mudarla de sitio.

Para la determinación de la crecida de diseño para un periodo de retorno de 50 años, se procedió a revisar la estadística de caudales máximos instantáneos de todo el registro aproximadamente 40 años, pero debido a inconsistencia de los datos, se seleccionó un periodo de 22 años (1975 a 1996). Se pudo verificar que en este periodo el registro de la estación fue constante y confiable.

Definido el periodo de análisis, se aplicó el programa FLFREQ y se determinó el caudal para distintos periodos de recurrencia hasta la estación hidrográfica Juan Díaz (142-0201). Estos caudales se tendrán que transitar hasta el sitio de interés localizado a aproximadamente 800 metros aguas abajo del puente del Corredor Norte sobre el río Juan Díaz.

Conocidos el caudal máximo instantáneo para períodos de retorno de 50 y 100 años, el siguiente paso fue el diseño del hidrograma de crecida. Para el diseño se utilizó el programa hidrológico HEC-HMS<sup>2</sup> 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 modelo de precipitación escorrentía y calibrar una crecida significativa de la cuenca usando como control aguas abajo la estación limnigráfica Juan Díaz (142-0201).

Para tal fin, se seleccionó el evento del 25 y 26 de agosto de 2008, el cual se calibró con los datos de lluvia de la estación Tocumen. Los parámetros del modelo fueron obtenidos de las imágenes de satélite, aplicando técnicas de Sistema de Información Geográfica.

El paso siguiente fue diseñar la lluvia para un periodo de retorno de 50 y 100 años.

### **13.1. Descripción del Modelo HEC-HMS**

El modelo HEC-HMS es un modelo precipitación escorrentía el cual fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros por los inicios de los años 60 y 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 3.4 para el análisis de los caudales de diseño.

### **13.2. Requerimientos del Modelo HEC-HMS**

Como lo que se necesita es validar los caudales de diseño para distintos períodos de retorno 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 el evento el hidrograma y la lluvia.

Los requerimientos para este método son características físicas como superficie de drenaje y el tiempo de concentración de la cuenca y de sus subcuenca,

---

<sup>2</sup> HEC-HMS, Sistema de Modelación Hidrológica del Centro de Ingeniería Hidrológica por sus siglas en inglés

longitud y pendiente del cauce y pendiente de las laderas y estimación del número de curva los cuales fueron obtenidos usando SIG.

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

### **13.3. 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 subcuenca; 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 No 4 se presenta el esquema del HEC-HMS de la cuenca del río Juan Díaz.

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 de onda cinemática para calcular los hidrogramas de escorrentía en las subcuenca.

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. Para el tránsito de avenida del río Juan Díaz, se utilizó el método de onda cinemática.

### 13.4. Evento Seleccionado

Para calibrar la cuenca del río Juan Díaz hasta la estación limnigráfica Juan Díaz, se seleccionó el evento del 25 y 26 de agosto de 2008, el cual ocupa el 5 lugar del registro de la estación. Hay que indicar que para octubre de 2008 hubo otro evento que ocupó el primer lugar del registro y el caudal máximo instantáneo fue de 1086 m<sup>3</sup>/s.

En la Figura 11, se presenta el hidrograma de crecida del evento seleccionado y aparece también el ranking de los eventos extraordinarios de la estación para sus 47 años de registro.

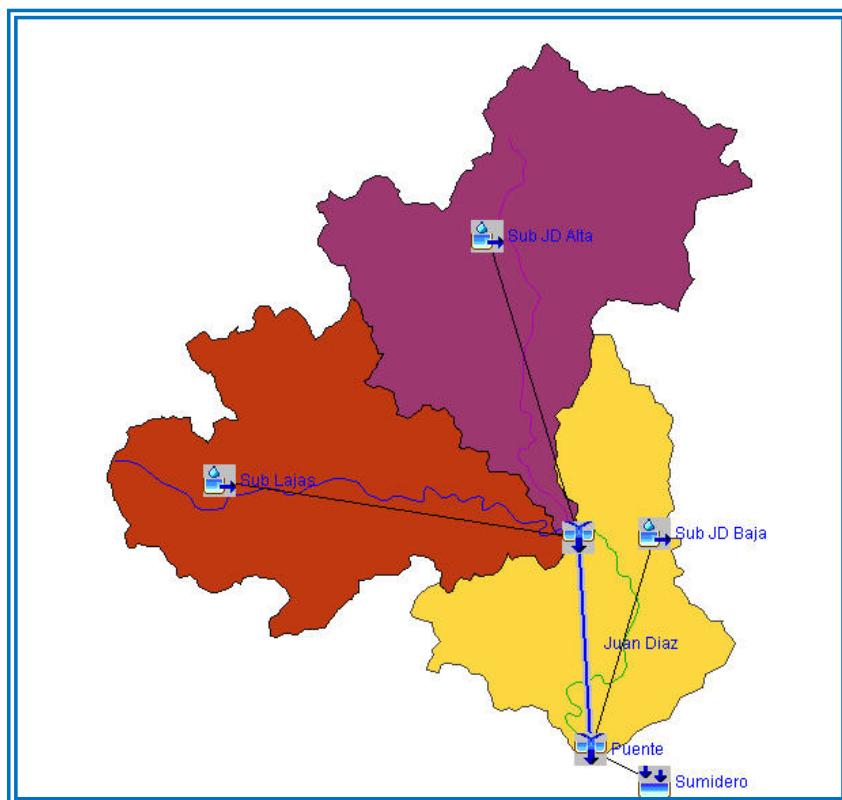


Figura 10. Esquema de HEC-HMS mostrando las subcuenca y los tramos en que subdividió la cuenca del río Juan Díaz.

Fuente: Consultor.

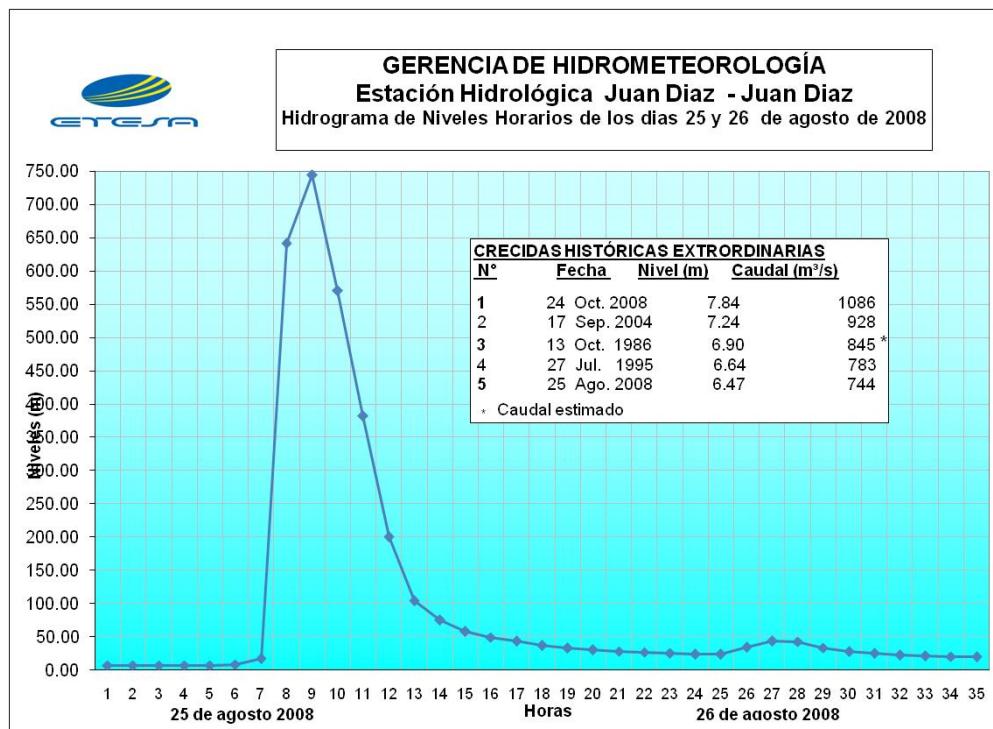


Figura 11. Hidrograma de la crecida del 25 y 26 de agosto de 2008.

Fuente: IMHPA.

En la Figura 12 se presenta la lluvia horaria de la estación Tocumen (142-0201) que se utilizó para la calibración del Evento. El total de lluvia horaria para la primera hora fue 38.7 mm y para la segunda hora 37.8 mm para un total de 76.5 mm para las dos horas.

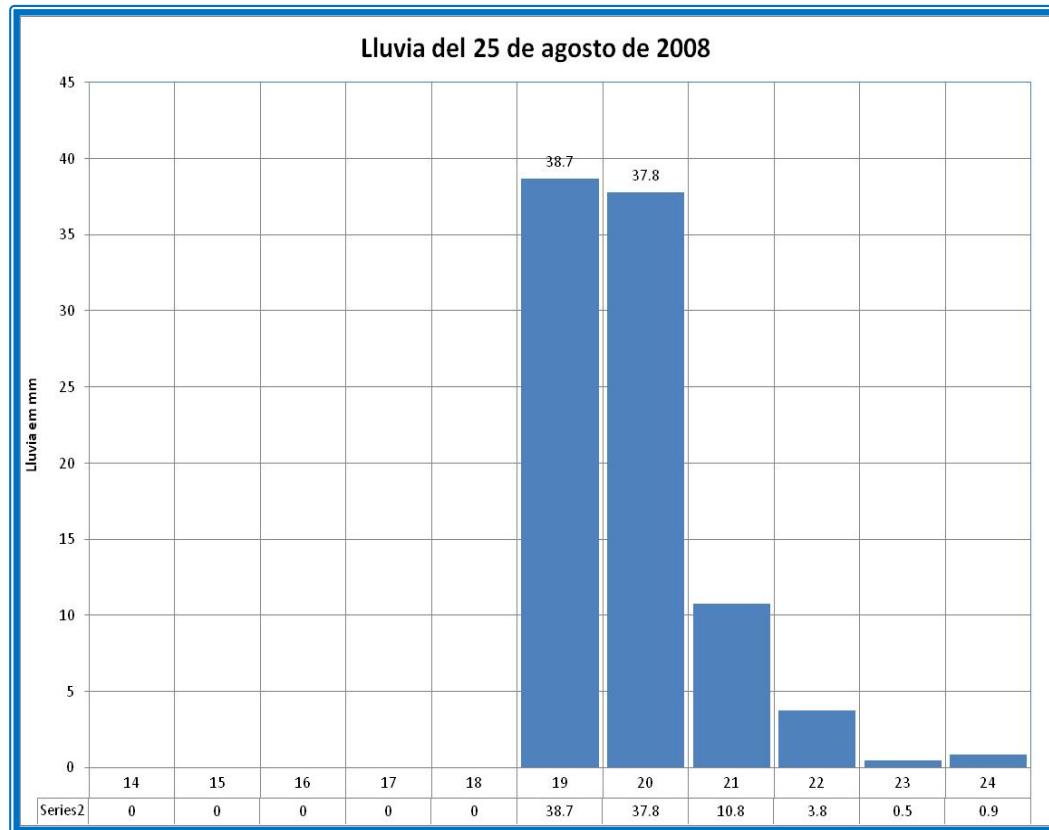


Figura 12. Lluvia horaria del evento del 25 de agosto 2008.

Fuente: Consultor, enero de 2023.

### 13.5. Método de los Bloques Alternos<sup>3</sup>

Debido a que la lluvia es horaria, se requiere de una metodología para distribuir la lluvia y en nuestro caso usamos el método del bloque alterno para distribuirla.

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  $\Delta t$  sobre una duración de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno

<sup>3</sup> Hidrología Aplicada, Ven T. Chow, primera edición.

de diseño y el intervalo de tiempo  $\Delta t$ , 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  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ ..., 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  $\Delta t$ . 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 9 se presenta los datos obtenidos por medio del método de los bloques alternos para el hietograma de la tormenta de diseño usado para estimar la crecida de diseño un periodo de retorno de 100 años y en Figura N° 6 se presenta la gráfica del hietograma de diseño de la misma tormenta.

Para determinar la lluvia de diseño, se utilizaron los datos de las curvas IDF de la estación de lluvia más cercana, que es Tocumen y la cual tiene un periodo de 22 años de registro (1975 a 1996) y la cual se considera válida comparada con la actualización del MOP.

A menor intervalo de tiempo las intensidades de lluvia son mayores y van disminuyendo con respecto al tiempo.

En la Tabla 10, se presentan los valores de las curvas IDF y en la Figura N° 13 se presenta la Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica Tocumen.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ

Tabla 9. Hietograma de lluvia de diseño desarrollado en incrementos de 10 Minutos para una tormenta de 100 años y duración de 120 minutos para la cuenca del río Juan Díaz usando el método de bloques alternos.

tc ( min )	t (hr)	Intensidad para T = 100 años	Inten. (mm/h)	Lluvia Ac. (mm)	Lluvia (mm)	Hietograma (mm)
10	0.17	9.74	201.92	33.65	33.65	0.39
20	0.33	7.71	161.55	53.85	20.20	2.59
30	0.50	6.38	143.20	71.60	17.75	5.39
40	0.67	5.44	125.21	83.47	11.87	9.24
50	0.83	4.74	111.25	92.71	9.24	17.75
60	1.00	4.20	99.85	99.85	7.14	33.65
70	1.17	3.78	90.21	105.24	5.39	20.20
80	1.33	3.43	81.86	109.14	3.90	11.87
90	1.50	3.14	74.49	111.74	2.59	7.14
100	1.67	2.89	67.90	113.17	1.43	3.90
110	1.83	2.68	61.94	113.56	0.39	1.43
120	2.00	2.50	56.90	113.80	0.24	0.24

Tabla 10. Resumen de intensidades para determinar la curva IDF para la estación de lluvia de Tocumen, periodo 1975-1996 (22 años)

tc ( min )	Periodos de retorno en años					
	2	5	10	15	50	100
5	187.5	228.0	239.0	245.6	247.8	248.9
10	128.6	155.0	173.3	189.0	194.5	197.3
15	110.9	121.3	124.7	153.0	164.0	169.5
30	79.6	94.6	99.6	128.0	139.0	144.5
60	55.0	67.8	74.4	89.0	94.5	97.3
120	32.2	37.7	44.0	51.2	55.6	57.8

Fuente: IMHPA. Validado con las ecuaciones IDF MOP.

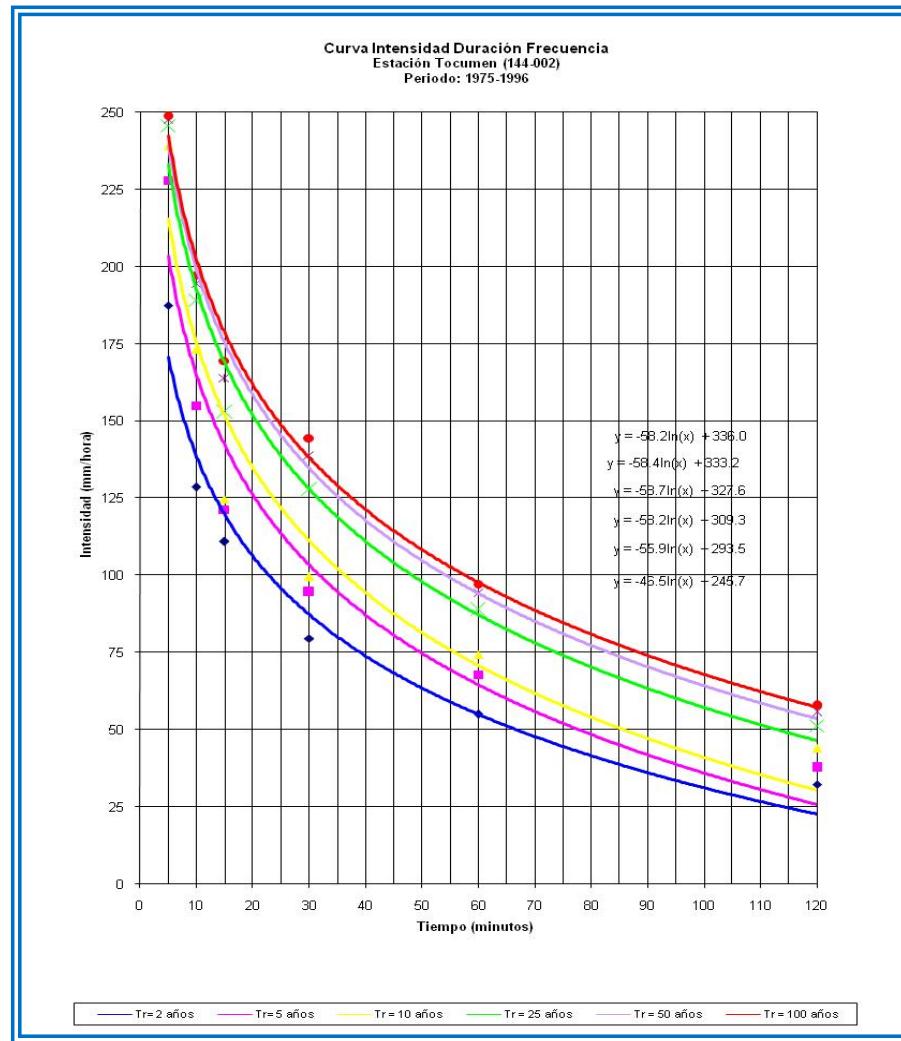


Figura 13. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para la estación meteorológica Tocumen

Fuente: IMHPA.

#### 14. CORRIDA DEL MODELO HEC-HMS:

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

La cuenca del río Juan Díaz se subdividió en 3 subcuenca y se definieron 4 tramos del río para realizar los tránsitos de las crecidas. El trazado y medición de todas las subcuenca del proyecto, se obtuvo mediante medición usando planímetro digital de los mosaicos 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. De los mosaicos, también se obtuvieron las características físicas de la cuenca como área de drenaje,

longitud de los cauces, pendiente media de los cauces y de las laderas perpendiculares al cauce del río para cada subcuenca.

Con estos parámetros se procedió a determinar el tiempo de concentración para toda la cuenca y para cada subcuenca, adoptando el método de Kirpich.

El modelo se ensambló de la siguiente manera:

- Se declararon las subcuenca 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 las tormentas de diseño de 50 años de periodo de retorno.

Tabla 11. Crecida para  $Tr = 50$  y  $100$  años

		Tr = 50 años	Tr = 100 años
25ago2008	16:00	14	14.0
25ago2008	17:00	14	14.0
25ago2008	18:00	14	14.0
25ago2008	19:00	14	14.0
25ago2008	20:00	48.4	49.4
25ago2008	21:00	114.7	118.4
25ago2008	22:00	452.7	467.2
25ago2008	23:00	1046.1	1085.0
26ago2008	0:00	1104.5	1194.1
26ago2008	1:00	674	707.2
26ago2008	2:00	282.9	296.4
26ago2008	3:00	131.6	137.3
26ago2008	4:00	81	84.1
26ago2008	5:00	61.7	63.8
26ago2008	6:00	51.7	53.4
26ago2008	7:00	45.7	47.1
26ago2008	8:00	40.8	42.0
26ago2008	9:00	36.7	37.7
26ago2008	10:00	33.2	34.0

SCS las	26ago2008	11:00	30.2	31.0	seleccionó el método del para calcular pérdidas por infiltración y
	26ago2008	12:00	27.7	28.3	
	26ago2008	13:00	25.6	26.1	
	26ago2008	14:00	23.8	24.3	
	26ago2008	15:00	22.3	22.7	
	26ago2008	16:00	21	21.4	

el método de onda cinemática para determinar los hidrogramas de crecidas.

- Se seleccionó el método del para calcular pérdidas por infiltración y
- Para el tránsito de avenidas se seleccionó también el método de onda cinemática.
- Se realizaron las corridas para los periodos de retorno seleccionados.

Obtenidos los resultados de las corridas con el HEC-HMS, se comparó con los caudales máximos del estudio del 2006.

#### **14.1. Resultados De Las Corridas De La Modelación De La Subcuenca Del río Juan Díaz Con El Modelo HEC-HMS:**

En Tabla 11, se presentan los resultados de las corridas realizadas para la subcuenca del río Juan Díaz hasta el sitio de interés con el HEC-HMS para 50años de periodo de retorno.

Los caudales de diseño hasta el sitio de interés del río Juan Díaz, se han estimado para periodos de retorno de 50 y 100 años en  $1104.5 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $1194.1 \text{ m}^3/\text{s}$  obtenido por el HEC-HMS.

## 15. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO POR MEDIO DEL ANÁLISIS REGIONAL DE CRECIDAS MÁXIMAS:

El Ministerio de Obras Públicas (MOP) a partir del año 2021 actualizó el “MANUAL DE REQUISITOS PARA LA REVISIÓN DE PLANOS, TERCERA EDICIÓN” (PARÁMETROS RECOMENDADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CALLES, Y DRENAJES PLUVIALES DE ACUERDO CON LO EXIGIDO POR EL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS). Tercera Edición, Revisada 2019-2021 según Gaceta Oficial Digital, del martes 15 de junio de 2021, donde recomienda lo siguiente:

El método racional se aceptará sólo para cálculos de soluciones con áreas de drenaje menor o iguales a 250 hectáreas. Para áreas de drenaje mayores a 250 hectáreas, se podrán utilizar otras metodologías de cálculo, como el método de las Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, para la estimación de los caudales de diseño para el dimensionamiento de las obras de drenaje.

Las ecuaciones fueron desarrolladas por la Dirección de Hidrometeorología de ETESA, y relaciona la superficie de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas en el país.

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

### 15.1. Método Análisis Regional de Crecidas Máximas

El modelo es el siguiente:

$$Q = K * A^n \quad (\text{ecuación N}^{\circ} 1)$$

Donde:

$Q$  = Caudal máximo en  $\text{m}^3/\text{s}$

$K$  = Constante dependiendo de la zona del país

$n$  = Exponente dependiendo de la zona del país

Según el mapa del documento Análisis Regional de Crecidas Máximas, desarrollado por el IMHPA, el sitio de interés se encuentra en la Zona 3.

Según la Tabla 12 para la Zona 3 se aplica la ecuación número 2 y se usa la Tabla #1 para la distribución de las frecuencias para distintos períodos de retorno.

En la Figura 14 se presenta un extracto del mapa de zonas con las regiones hidrológicamente homogéneas con la ubicación de la cuenca hidrográfica 144 del río Juan Díaz, el cual se utiliza para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas del país.

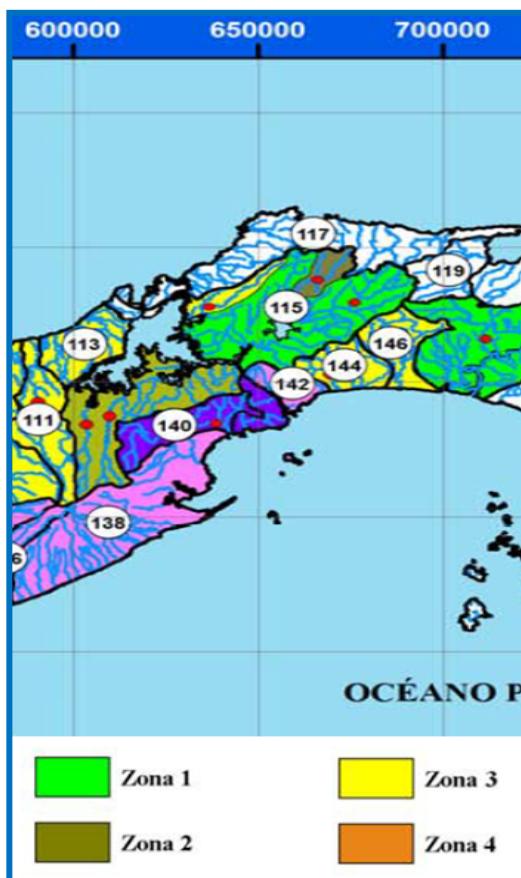


Figura 14. Extracto del mapa con la ubicación de la cuenca hidrográfica 144 del río Juan Díaz.

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

Tabla 12. Ecuaciones para determinar el caudal máximo para las distintas zonas del país con sus tablas de distribución de frecuencias.

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

### 15.2. Cálculos para la estimación del caudal máximo en el río Juan Díaz

Según la Tabla 12 el proyecto se localiza dentro de la Zona 3, por lo que se aplica la ecuación 2, la cual se presenta a continuación.

$$Q = 25 * A^{0.59}$$

Donde:

Q = Caudal Máximo

A = Superficie de drenaje de la cuenca en Km<sup>2</sup>

La superficie de drenaje de la cuenca del río afluente al Estibán es de 60.1665 km<sup>2</sup> hasta el sitio del puente.

$$Q = 25 * A^{0.59}$$

$$Q = 25 * 144.65^{0.59}$$

$$Q_{max} = 470.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para obtener el valor del caudal máximo para el periodo de retorno deseado de uno en 50 años y uno en 100 años, se multiplica por el factor de la Tabla # 1 que aparece dentro de la Tabla 13, por el valor de  $Q_{\max}$  obtenido de la ecuación 2.

Tabla 13. Tablas con las frecuencias de distribuciones para obtener los caudales máximos para distintos Tr.

Factores $Q_{\max}$ ./ $Q_{\text{prom.máx}}$ para distintos Tr.				
Tr, años	Tabla # 1	Tabla # 2	Tabla # 3	Tabla # 4
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1,000	3.81	3.71	3.53	3.14
10,000	5.05	5.48	4.6	4.00

Fuente: IMHPA.

Donde:

$$Q_{50a} = 2.37 * 470.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50a} = 1115.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Úsese 1115  $\text{m}^3/\text{s}$

Tabla 14. Caudal Máximo según Tr en años		
Tr, años	Factor	QTr
1.005	0.28	131.7
1.05	0.43	202.3
1.25	0.62	291.7
2	0.92	432.8

5	1.36	639.8
10	1.66	781.0
20	1.96	922.1
<b>50</b>	<b>2.37</b>	<b>1115.0</b>
100	2.68	1260.8

En la Tabla 14 se presentan los valores de caudales máximos instantáneos calculados para distintos períodos de retorno y utilizados para el desarrollo del proyecto.

### 15.3. Levantamiento Topográfico

El levantamiento batimétrico y topográfico del área de estudio, fue realizado en el mes de febrero de 2023. El mismo contempló el levantamiento del tramo del río Juan Díaz localizado 650 metros aguas abajo del puente sobre el Corredor Sur.

En los anexos se adjunta en informe de levantamiento.

## 16. MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para establecer el modelo y realizar las simulaciones hidráulicas del Proyecto El Embarcadero, para la definición de los mapas de perfiles de agua y planicies de inundación, se usó el modelo de simulación unidimensional HEC-RAS.

La simulación hidráulica del río Juan Díaz para el proyecto, se desarrollará para períodos de retorno de 1 en 50 años y 1 en 100 años y se usará en flujo permanente.

En la Figura 15 se presenta el Esquema utilizado para desarrollar la modelación hidráulica hasta el sitio del proyecto.

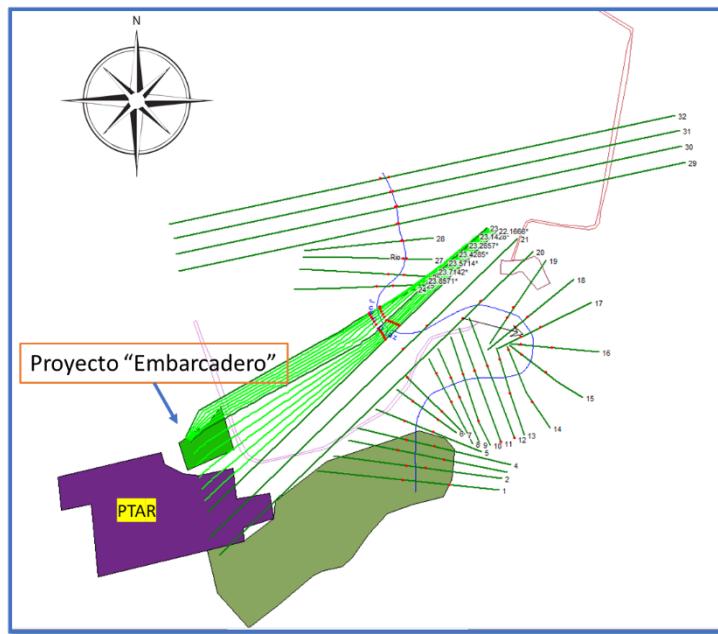


Figura 15. Esquema de modelación hidráulica del Río Juan Díaz.

*Fuente: Elaborado por JACUM. Sin escala*

## 16.1. Modelación hidráulica para determinar los perfiles de agua

Para determinar los perfiles de agua y la planicie de inundación a lo largo del sitio del proyecto del río Juan Díaz para identificar si puede causar afectaciones, se utilizó el programa de modelación hidráulica HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos (US Army Corps).

Se utilizó la versión 4.1.0 de julio de 2010, el cual 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 seleccionó el HEC-RAS ya que es 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, el cálculo hidráulico de estructuras hidráulicas tales como puentes, alcantarillas, etc.,.

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.

### **16.2. Requerimientos del modelo HEC-RAS**

El modelo HEC-Ras requiere de información detallada de mapas topográficos, secciones transversales producto de levantamiento topográfico, parámetros físicos, coeficientes de rugosidad de Manning, curva de elevación-volumen, etc. La información necesaria para la modelación incluyó las Secciones Transversales actualizadas del río Juan Díaz levantadas en febrero de 2023.

Las secciones transversales del río fueron levantadas y suministradas por la empresa Soluciones de Ingeniería RDJ, S.A.

Se suministraron al modelo un total de 32 secciones transversales del río Juan Díaz, que van desde aguas arriba del proyecto hasta aguas abajo del proyecto.

En la figura 11 se presentan las Secciones Transversales para el río Juan Díaz.

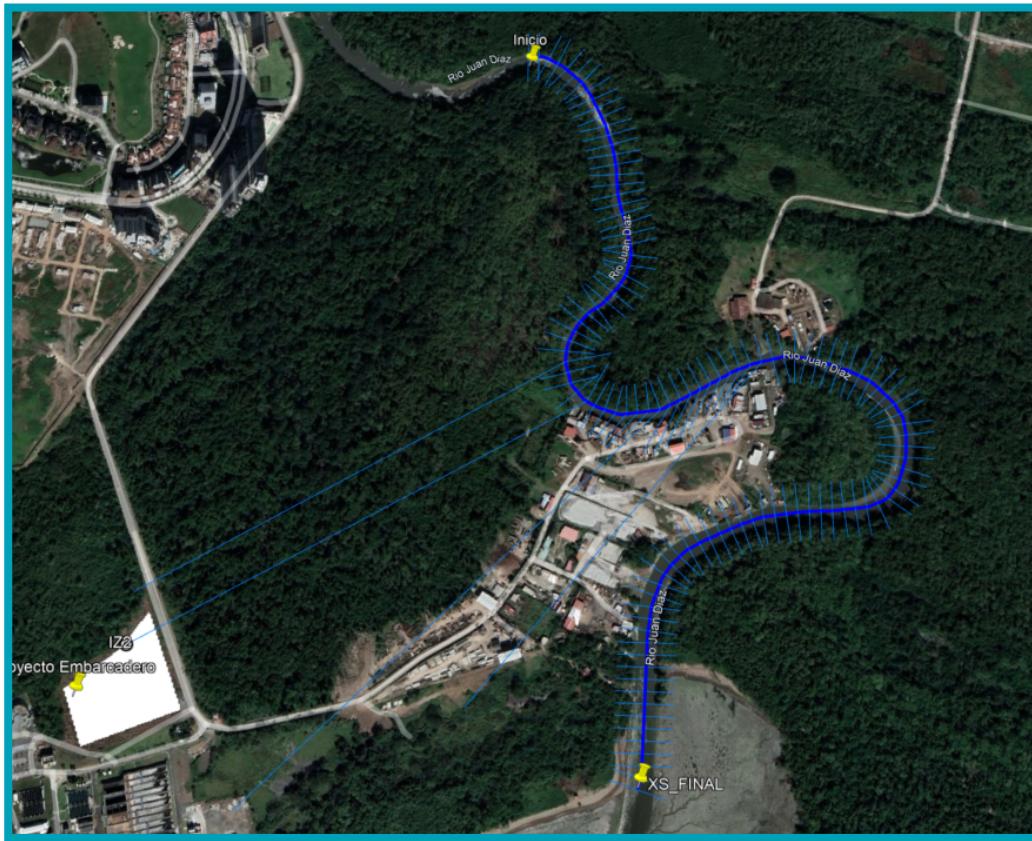


Figura 16. Localización de las secciones transversales dentro del proyecto Embarcadero en el río Juan Díaz.

### 16.3. Coeficientes de rugosidad de Manning

Para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning del cauce y las planicies de inundación, se usó como referencia el documento que se encuentra en línea en la Ayuda del HEC-Ras, desarrollado y actualizado por el USGS “Roughness Characteristics of Natural Channels, U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 1849 de Harry H. Barnes, Jr”.

La técnica consiste en comparar las características de los canales y planicies bajo estudio, con las fotografías y características de cauces y riberas del documento del USGS (del Servicio Geológico de los Estados Unidos por sus siglas en inglés). En ausencia de un procedimiento expedito cuantitativo satisfactorio, esta evaluación indirecta sigue siendo válida.

Los valores “n” seleccionados para el cauce principal del tramo del estudio varían entre 0.028. Para los bancos se usó un valor de Manning de 0.038.

#### **16.4. Caudales máximos usados para alimentar el modelo:**

Para la determinación de los caudales Máximos para periodos de retorno de 50 y 100 años, se usó el método recomendado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), que es el Análisis regional de Crecidas Máximas.

Las ecuaciones fueron desarrolladas por la IMHPA, y relaciona la superficie de drenaje de la cuenca y el promedio de todas las crecidas máximas anuales registradas en el país.

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

Los caudales máximos fueron estimados en el punto 15. Para un periodo de retorno de 1 en 50 años el caudal máximo es 1115 m<sup>3</sup>/s y para 1 en 100 años es 1260 m<sup>3</sup>/s.

### **17. MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA DETERMINAR LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN DEL RÍO JUAN DÍAZ HASTA EL SITIO DEL PROYECTO**

Determinados los caudales máximos para los periodos de retorno de 1 en 50 y 1 en 100 años, el paso siguiente fue la determinación de las planicies de inundación y su posible impacto en el proyecto.

Para determinar las planicies de inundación a lo largo del área de estudio, para el periodo de retorno, de 50 y 100 años se utilizó el programa de modelación hidráulica HEC-RAS

#### **17.1. Descripción del modelo HEC-Ras**

HEC-RAS, que ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hidrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros militares de los Estados Unidos (US Army Corps), el cual tiene como su predecesor al HEC-2, el cual ha sido mejorado considerablemente 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 V 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 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.

### **17.2. 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 de las secciones transversales de la alineación del cauce del río e inspección al sitio para evaluar los coeficientes de rugosidad de Manning y las infraestructuras existentes.

Revisada la topografía se seleccionaron un total de 32 secciones transversales para alimentar el Modelo Hidráulico del río Juan Díaz.

### **17.3. Corrida del modelo HEC-Ras**

Con los caudales máximos obtenidos previamente para períodos de retorno de 1 en 50 y 1 en 100 años, se procedió a montar el modelo hidráulico HEC-RAS.

Se cargaron las secciones transversales para el canal principal y sus respectivos caudales máximos para los períodos de retorno seleccionados.

Corrido el modelo se procedió analizar las salidas que consisten para el caso bajo análisis a los perfiles de agua, las secciones transversales y los niveles de aguas máximas extraordinarias.

### **17.4. Metodología de análisis**

Se procedió a realizar la modelación hidráulica tomando en consideración el análisis de las planicies de inundación del área de influencia del proyecto sin el

talud según las condiciones actuales del terreno y posteriormente se analizó introduciendo el talud o terracería proyectada con una elevación de +6.50 msnm.}

Los resultados obtenidos se compararán para evaluar el impacto del establecimiento del talud o terracería en el área.

### 17.5. Resultados de las corridas de la modelación del tramo del río Juan Díaz (sin relleno)

Los resultados de la modelación hidráulica del río Juan Díaz para los períodos de retorno de 1 en 50 años y 1 en 100 años se presentan en las tablas 16 y 17 respectivamente.

En las figuras 17 y 18 se presentan las salidas de los perfiles del río Juan Díaz con los resultados de las corridas para los períodos de 1 en 50 años y 1 en 10 años, respectivamente.

Tabla 15. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz para Tr 50 años.

Estación	Caudal Total (m <sup>3</sup> /s)	Min. Elev. (m)	Elev. Agua (m)	Elev. Crítica (m)	Velocidad (m/s)	#Froude	Estación
32	1115	-1.14	7.54		0.00003	0.67	0.08
31	1115	-1.43	7.54		0.000031	0.84	0.09
30	1115	-0.98	7.53	4.87	0.000065	1.2	0.13
29	1115	-1.17	4.97	4.97	0.006857	9.9	1.28
28	1115	-1.33	5.15	5.15	0.004425	8.23	1.03
27	1115	-1.36	4.39	4.39	0.004919	7.86	1.06
26	1115	-1.42	4.56		0.001314	3.23	0.52
25	1115	-1.41	4.63		0.000694	2.46	0.38
24	1115	-1.94	4.74		0.00011	0.92	0.15
23	1115	-1.8	4.74		0.000087	0.87	0.13
22	1115	-1.2	4.74		0.000079	0.76	0.12
21	1115	-1.25	4.72		0.000059	0.79	0.11
20	1115	-2.29	4.71		0.000088	0.87	0.13
19	1115	-1.62	4.03		0.001744	3.95	0.6
18	1115	-1.5	4.14		0.001025	2.98	0.46
17	1115	-1.53	3.99		0.001482	3.12	0.54
16	1115	-1.71	3.94		0.001304	2.81	0.5
15	1115	-1.39	3.91		0.00111	2.64	0.46
14	1115	-1.48	4		0.000442	1.6	0.29
13	1115	-2.5	3.87		0.000679	2.14	0.36

12	1115	-4.1	3.95		0.000456	1.26	0.28
11	1115	-3.37	3.91		0.000611	1.32	0.31
10	1115	-3.58	3.86		0.000578	1.48	0.31
9	1115	-2.13	3.64		0.000917	2.6	0.43
8	1115	-1.6	3.49		0.002025	2.89	0.59
7	1115	-1.13	3.59		0.000405	1.62	0.28
6	1115	-2.13	3.52		0.000644	2.03	0.35
5	1115	-2.62	3.24		0.001443	2.81	0.51
4	1115	-2.03	3.21		0.000899	2.54	0.42
3	1115	-1.72	3.26		0.001152	2.04	0.44
2	1115	-1.46	3.25		0.000588	2.04	0.34
1	1115	-1.2	2.74	2.74	0.003931	3.28	0.79

\* Secciones transversales que cruzan el terreno a desarrollar.

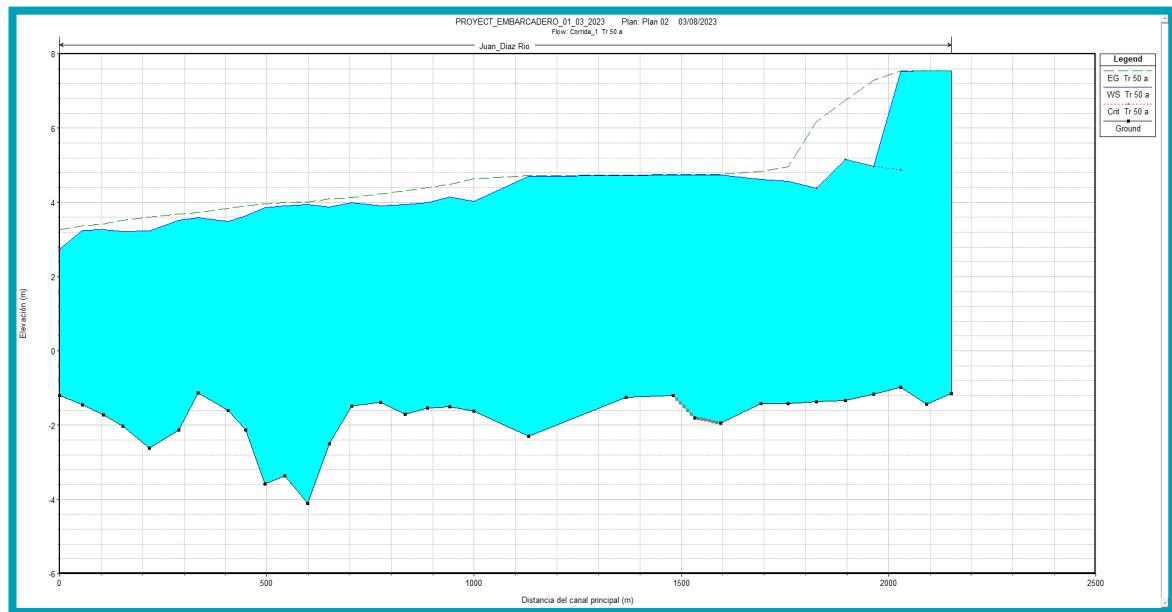


Figura 17. Salida del perfil del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 50 años.

Los resultados de las corridas indican que para un periodo de retorno de 1 en 50 años el Nivel Máximo de Aguas Extraordinarias (NAME) obtenido es de 4.74 msnm.

Tabla 16. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz para Tr 50 años.

Estación	Caudal Total (m <sup>3</sup> /s)	Min. Elev. (m)	Elev. Agua (m)	Elev. Crítica (m)	Velocidad (m/s)	#Froude
32	1260	-1.14	7.35		0.86	0.11
31	1260	-1.43	7.35		1.09	0.12
30	1260	-0.98	7.33		1.62	0.18
29	1260	-1.17	7.31	6.77	2.18	0.24
28	1260	-1.33	5.54	5.54	8.41	1.03
27	1260	-1.36	4.41	4.41	8.8	1.19
26	1260	-1.42	4.76		3.39	0.53
25	1260	-1.41	4.85		2.49	0.37
24	1260	-1.94	4.96		0.93	0.14
23	1260	-1.80	4.96		0.88	0.13
22	1260	-1.20	4.96		0.75	0.12
21	1260	-1.25	4.95		0.8	0.11
20	1260	-2.29	4.93		0.85	0.13
19	1260	-1.62	4.20		4.17	0.62
18	1260	-1.50	4.32		3.13	0.47
17	1260	-1.53	4.15		3.31	0.56
16	1260	-1.71	4.09		3.02	0.53
15	1260	-1.39	4.05		2.83	0.49
14	1260	-1.48	4.16		1.72	0.3
13	1260	-2.50	4.02		2.29	0.38
12	1260	-4.10	4.11		1.31	0.28
11	1260	-3.37	4.07		1.35	0.32
10	1260	-3.58	4.02		1.56	0.32
9	1260	-2.13	3.79		2.71	0.44
8	1260	-1.60	3.65		2.95	0.58
7	1260	-1.13	3.74		1.73	0.29
6	1260	-2.13	3.66		2.17	0.37
5	1260	-2.62	3.34		3.04	0.55
4	1260	-2.03	3.30		2.77	0.45
3	1260	-1.72	3.37		2.14	0.45
2	1260	-1.46	3.36		2.14	0.35
1	1260	-1.20	2.87	2.87	3.34	0.77

\*Secciones transversales que cruzan el terreno a desarrollar.

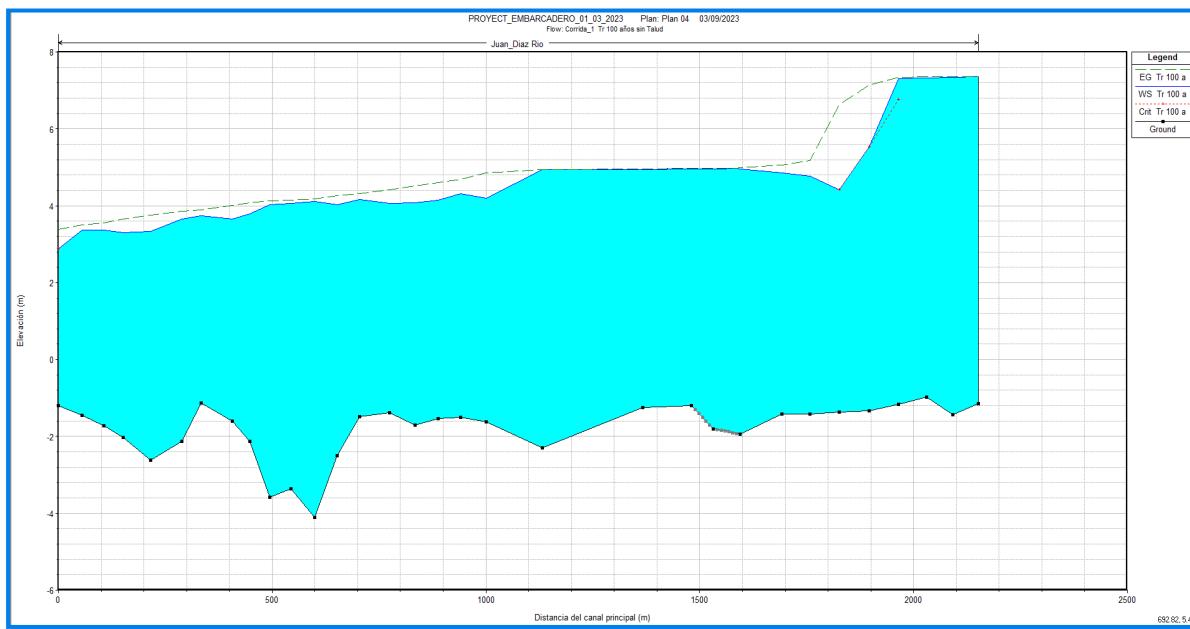


Figura 18. Salida del perfil del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 100 años.

Los resultados de las corridas de las planicies del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 100 años, sin el talud indican que el Nivel Máximo de Aguas Extraordinarias (NAME) obtenido es de 4.96 msnm.

#### 17.6. Resultados de las corridas de la modelación del tramo del río Juan Díaz con el talud

El segundo escenario analizado contempló la introducción en el HEC-Ras, del talud o terracería propuesta de 3.00 metros sobre el terreno natural hasta alcanzar una elevación de +6.50 msnm.

Para este análisis se utilizaron las herramientas de diques y obstrucciones para simular el comportamiento cuando se introduce el talud.

Los resultados de la modelación hidráulica del río Juan Díaz para los periodos de retorno de 1 en 50 años y 1 en 100 años se presentan en las tablas 18 y 19 respectivamente. En las figuras 19 y 20 se presentan las salidas de los perfiles del río Juan Díaz con los resultados de las corridas para los periodos de 1 en 50 años y 1 en 10 años, respectivamente.

Tabla 17. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz con talud para Tr 50 años.

Estación	Caudal Total	Min. Elev.	Elev. Agua	Elev. Talud	Est. Talud	Elev. Critica	Velocidad	#Froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
32	1115	-1.14	7.54		0		0.67	0.08
31	1115	-1.43	7.54		0		0.84	0.09
30	1115	-0.98	7.53		0	4.87	1.2	0.13
29	1115	-1.17	4.97		0	4.97	9.9	1.28
28	1115	-1.33	5.15		0	5.15	8.23	1.03
27	1115	-1.36	4.39		0	4.39	7.86	1.06
26	1115	-1.42	4.57		0		3.23	0.51
25	1115	-1.41	4.63		0		2.46	0.38
24	1115	-1.94	4.74		0		0.92	0.15
23.8571*	1115	-1.92	4.74		0		0.88	0.14
23.7142*	1115	-1.9	4.74		0		0.86	0.14
23.5714*	1115	-1.88	4.74	6.5	1056.88	2.64	0.94	0.15
23.4285*	1115	-1.86	4.74	6.5	1108.06	2.55	0.96	0.15
23.2857*	1115	-1.84	4.74	6.5	1162.98	2.5	1	0.15
23.1428*	1115	-1.82	4.74	6.5	1222.32	2.47	0.96	0.15
23	1115	-1.8	4.74	6.5	1278.49	2.45	0.94	0.14
22.8333*	1115	-1.7	4.74	6.5	1295.22	2.78	0.97	0.15
22.6666*	1115	-1.6	4.73	6.5	1296.95	3.03	0.97	0.15
22.5*	1115	-1.5	4.73	6.5	1306.18	3.15	0.96	0.15
22.3333*	1115	-1.4	4.74		0		0.85	0.13
22.1666*	1115	-1.3	4.74		0		0.81	0.13
22	1115	-1.2	4.74		0		0.76	0.12
21	1115	-1.25	4.72		0		0.79	0.11
20	1115	-2.29	4.71		0		0.87	0.13
19	1115	-1.62	4.03		0		3.95	0.6
18	1115	-1.5	4.14		0		2.98	0.46
17	1115	-1.53	3.99		0		3.12	0.54
16	1115	-1.71	3.94		0		2.81	0.5
15	1115	-1.39	3.91		0		2.64	0.46
14	1115	-1.48	4		0		1.6	0.29
13	1115	-2.5	3.87		0		2.14	0.36
12	1115	-4.1	3.95		0		1.26	0.28
11	1115	-3.37	3.91		0		1.32	0.31
10	1115	-3.58	3.86		0		1.48	0.31
9	1115	-2.13	3.64		0		2.6	0.43
8	1115	-1.6	3.49		0		2.89	0.59
7	1115	-1.13	3.59		0		1.62	0.28

6	1115	-2.13	3.52		0		2.03	0.35
5	1115	-2.62	3.24		0		2.81	0.51
4	1115	-2.03	3.21		0		2.54	0.42
3	1115	-1.72	3.26		0		2.04	0.44
2	1115	-1.46	3.25		0		2.04	0.34
1	1115	-1.2	2.74		0	2.74	3.28	0.79

\*Secciones transversales que cruzan el terreno a desarrollar con el talud.

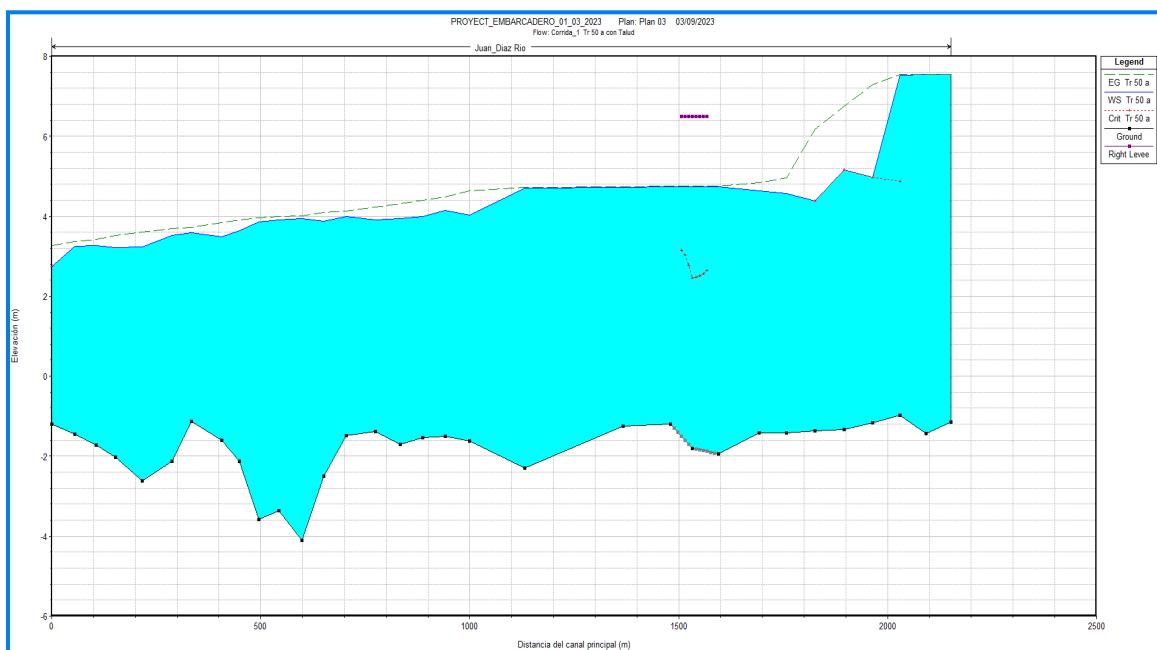


Figura 19. Salida del perfil del río Juan Díaz con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años.

Fuente: Consultor, marzo de 2023.

Los resultados de las corridas de las planicies del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 50 años, incorporando el talud o terracería indican que el Nivel Máximo de Aguas Extraordinarias (NAME) obtenido es de 4.74 msnm.

Tabla 18. Salida Modelación Hidráulica del río Juan Díaz con talud para Tr 100 años.

Estación	Caudal Total	Min. Elev.	Elev. Agua	Elev. Talud	Est. Talud	Elev. Crítica	Velocidad	#Froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	
32	1260	-1.14	7.35		0		0.86	0.11
31	1260	-1.43	7.35		0		1.09	0.12
30	1260	-0.98	7.33		0		1.62	0.18
29	1260	-1.17	7.31		0	6.77	2.18	0.24
28	1260	-1.33	5.54		0	5.54	8.41	1.03
27	1260	-1.36	4.41		0	4.41	8.8	1.19
26	1260	-1.42	4.77		0		3.38	0.53
25	1260	-1.41	4.85		0		2.48	0.37
24	1260	-1.94	4.97		0		0.93	0.14
23.8571*	1260	-1.92	4.97		0		0.89	0.14
23.7142*	1260	-1.9	4.97		0		0.87	0.13
23.5714*	1260	-1.88	4.96	6.5	1056.88	3.17	0.94	0.14
23.4285*	1260	-1.86	4.96	6.5	1108.06	2.71	0.96	0.15
23.2857*	1260	-1.84	4.96	6.5	1162.98	2.64	0.98	0.15
23.1428*	1260	-1.82	4.96	6.5	1222.32	2.6	0.96	0.14
23	1260	-1.8	4.96	6.5	1278.49	2.58	0.96	0.14
22.8333*	1260	-1.7	4.96	6.5	1295.22	3.03	0.96	0.14
22.6666*	1260	-1.6	4.96	6.5	1296.95	3.14	0.96	0.14
22.5*	1260	-1.5	4.96	6.5	1306.18	3.22	0.97	0.14
22.3333*	1260	-1.4	4.96		0		0.83	0.13
22.1666*	1260	-1.3	4.96		0		0.79	0.12
22	1260	-1.2	4.96		0		0.75	0.12
21	1260	-1.25	4.95		0		0.8	0.11
20	1260	-2.29	4.93		0		0.85	0.13
19	1260	-1.62	4.2		0		4.17	0.62
18	1260	-1.5	4.32		0		3.13	0.47
17	1260	-1.53	4.15		0		3.31	0.56
16	1260	-1.71	4.09		0		3.02	0.53
15	1260	-1.39	4.05		0		2.83	0.49
14	1260	-1.48	4.16		0		1.72	0.3
13	1260	-2.5	4.02		0		2.29	0.38
12	1260	-4.1	4.11		0		1.31	0.28
11	1260	-3.37	4.07		0		1.35	0.32
10	1260	-3.58	4.02		0		1.56	0.32
9	1260	-2.13	3.79		0		2.71	0.44
8	1260	-1.6	3.65		0		2.95	0.58
7	1260	-1.13	3.74		0		1.73	0.29
6	1260	-2.13	3.66		0		2.17	0.37

5	1260	-2.62	3.34		0		3.04	0.55
4	1260	-2.03	3.3		0		2.77	0.45
3	1260	-1.72	3.37		0		2.14	0.45
2	1260	-1.46	3.36		0		2.14	0.35
1	1260	-1.2	2.87		0	2.87	3.34	0.77

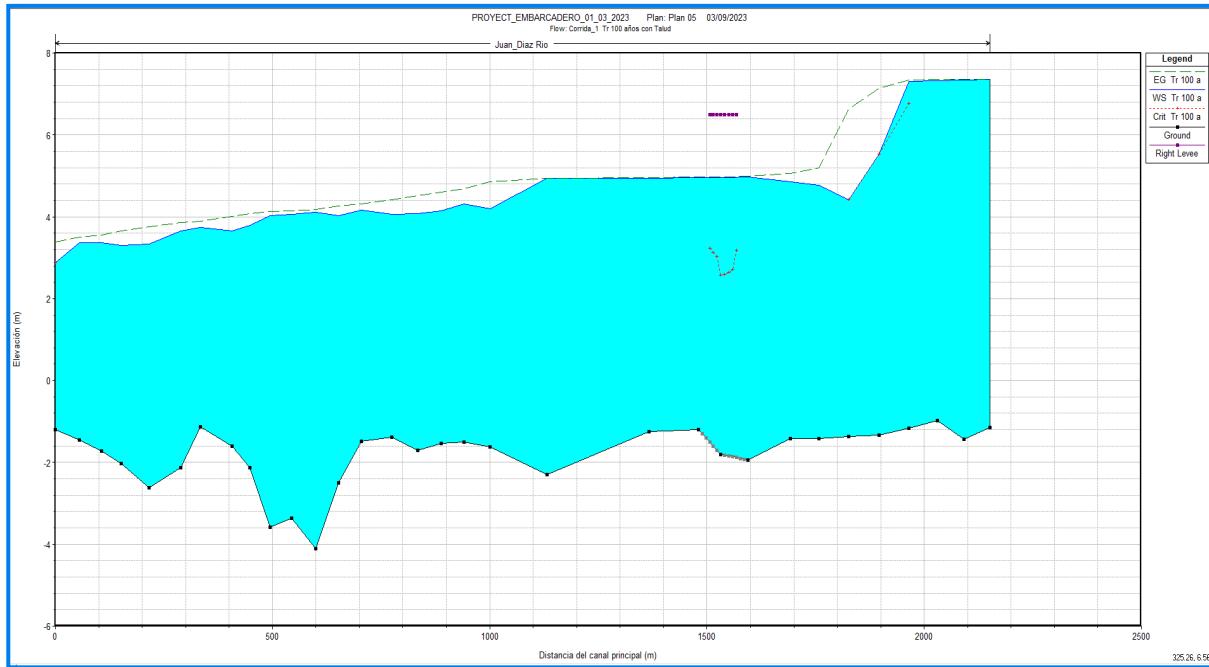


Figura 20. Salida del perfil del río Juan Díaz con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años.

Los resultados de las corridas de las planicies del río Juan Díaz para un periodo de retorno de 1 en 100 años, incorporando el talud o terracería indican que el Nivel Máximo de Aguas Extraordinarias (NAME) obtenido es de 4.96 msnm.

En las figuras 21 y 22 se presentan las secciones transversales con las salidas de la modelación hidráulica incorporando el talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años.

En las figuras 23 y 24 se presenta las secciones transversales con las salidas de la modelación hidráulica incorporando el talud de +6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años.

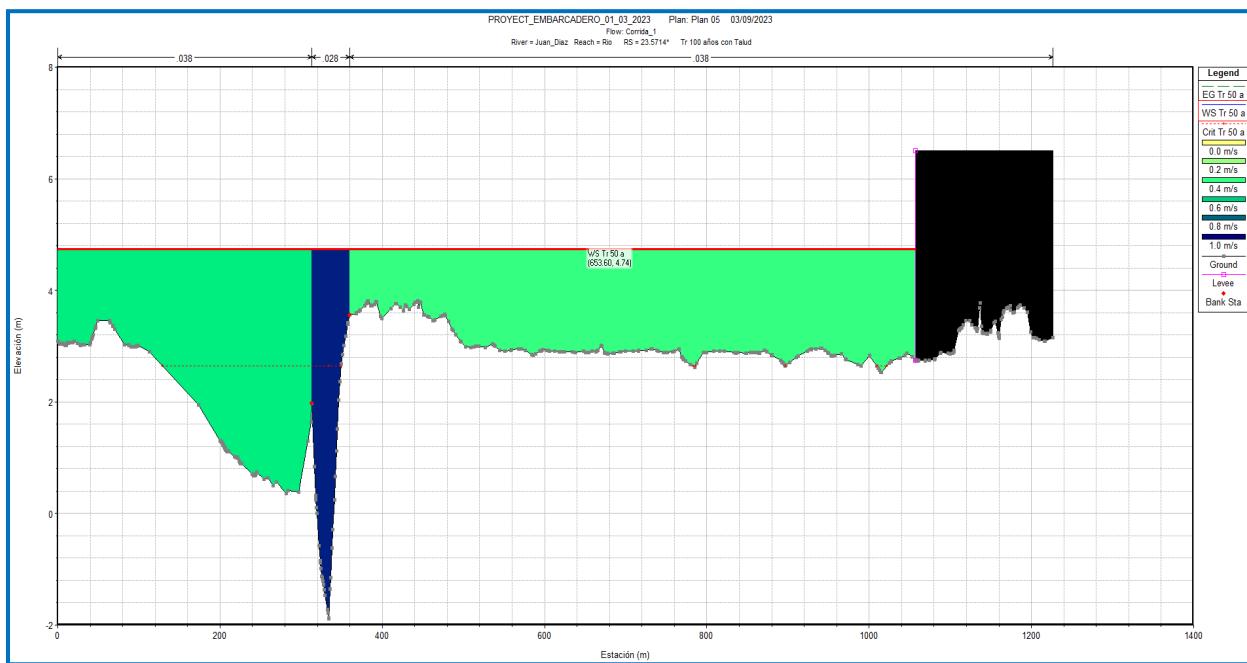


Figura 21. Sección transversal 23.57 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años con NAME 4.74 msnm.

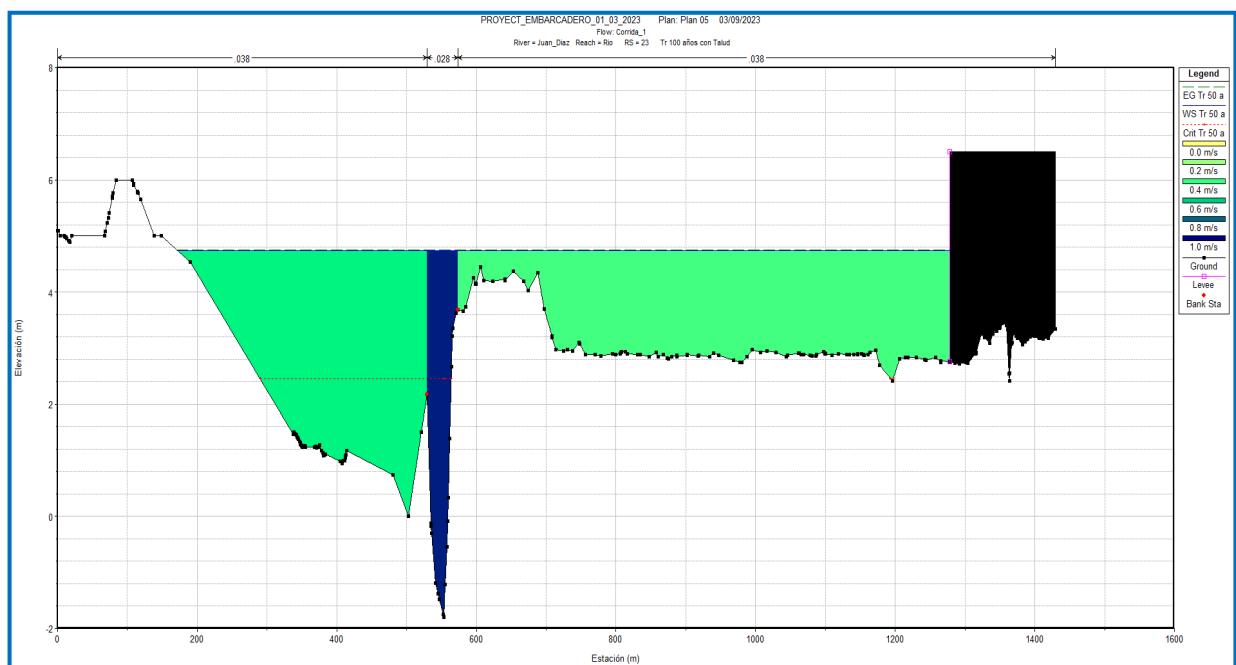


Figura 22. Sección transversal 23 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 50 años con NAME 4.74 msnm

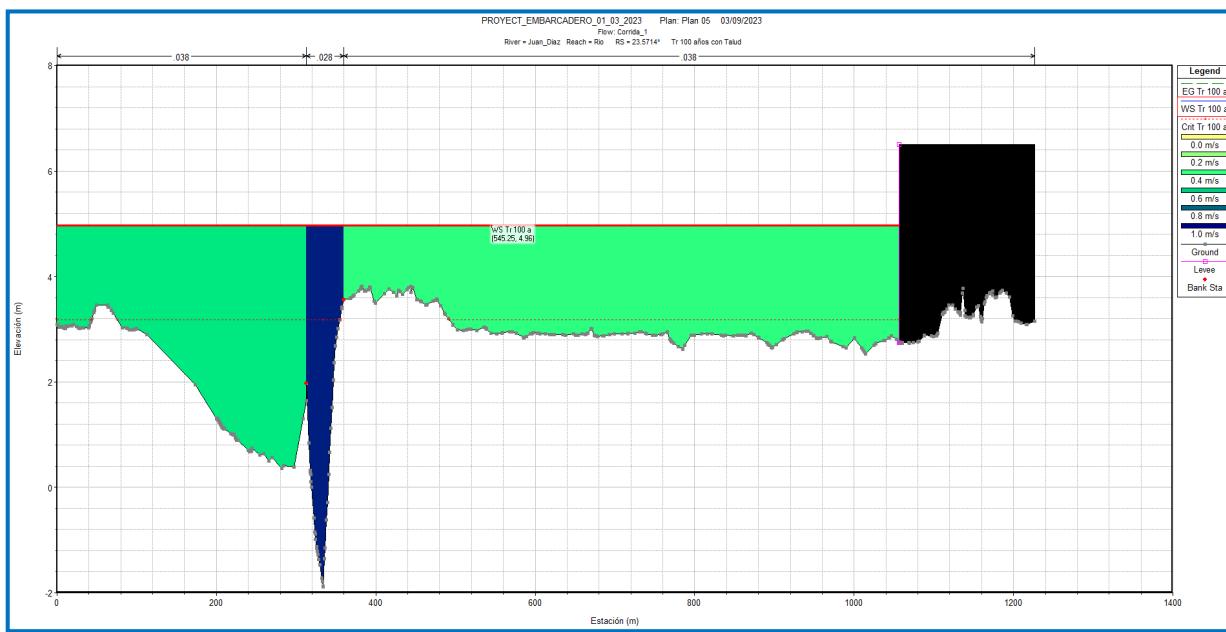


Figura 23. Sección transversal 23.57 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años con NAME 4.96 msnm.

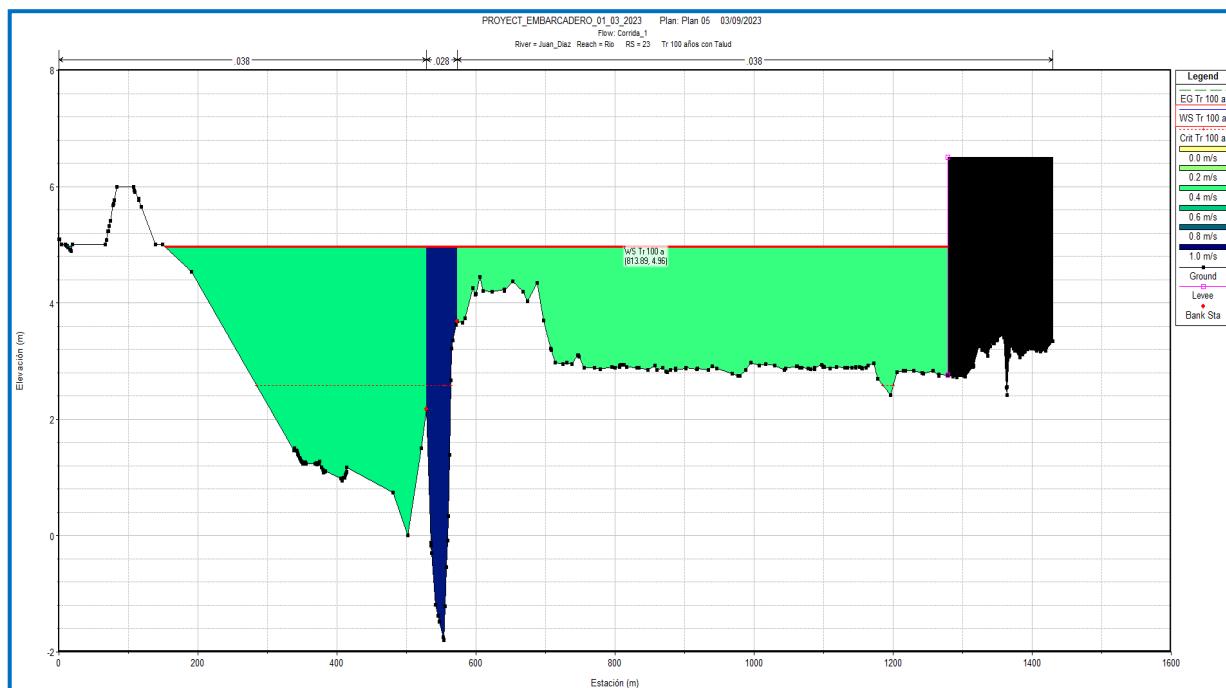


Figura 24. Sección transversal 23 con talud de 6.50 msnm para un periodo de retorno de 1 en 100 años con NAME 4.96 msnm.

## 18. RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

- Los resultados de las modelaciones para el río Juan Díaz los periodos de retorno de 1 en 50 y 1 en 100 años representan las condiciones actuales del área.
- De los métodos analizados para obtener el caudal máximo extraordinario para los distintos periodos a analizar, se seleccionaron los obtenidos mediante el Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá, recomendado por el MOP) a partir del año 2021.
- Los caudales máximos obtenidos mediante este método son muy conservadores con relación a los calculados por los métodos hidrológicos, resultando en caudales entre 20 al 30% mayores.
- Los caudales máximos extraordinarios determinados por el método de Análisis de Crecidas Máximas para el río Juan Díaz hasta el sitio del proyecto es de  $1115 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 1 en 50 años y de  $1260 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 1 en 100 años.
- Los Niveles Máximos de Aguas Extraordinarias (NAME) para periodos de retorno de 1 en 50 años para las secciones transversales que circundan el proyecto terreno sin el talud y con la incorporación del talud son de 4.74 msnm.
- Los Niveles Máximos de Aguas Extraordinarias (NAME) para periodos de retorno de 1 en 100 años para las secciones transversales que circundan el proyecto terreno sin el talud y con la incorporación del talud son de 4.96 msnm.
- Las elevaciones obtenidas de la simulación hidráulica versus la elevación del talud, indican que cumplen con el criterio del MOP de mantener un margen de 1.50 m sobre el NAME, que sería en ambos casos, para Tr 1 en 50 años  $6.24 \text{ msnm}$  ( $4.74\text{m} + 1.50\text{m}$ ) y de  $6.46 \text{ msnm}$  ( $4.96\text{m} + 1.50\text{m}$ ).
- Las velocidades asociadas a las planicies son de  $0.40 \text{ m/s}$ , que son relativamente bajas.
- Los resultados indican que la incorporación del talud o terracería para el desarrollo del proyecto no tiene impacto significativo en la elevación por inundación del río.
- Los resultados de las corridas para el río Juan Díaz, indica que la implantación del talud o terracería para el desarrollo del proyecto cumple con los criterios del MOP y con la zona de amortiguamiento ambiental.

**19. RECOMENDACIONES:**

- Dentro de los terrenos del proyecto, mantener una zona de amortiguamiento con vegetación para el desalojo e infiltración de las aguas pluviales.
- Mantener una elevación de al menos 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

**20. BIBLIOGRAFÍA:**

- Chow, V.T., Maidment, D y Mays, L. (1993). *Hidrología Aplicada*. Lugar: McGraw Hill.
- Chow, V.T. (1995). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Lugar: McGraw Hill.
- Gonzalez D., Jaramillo I y De Calzadilla L. G. (2008). *Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá*. Panamá.
- Linsley, R. y Franzini, J. (1984). *Ingeniería de los Recursos Hidráulicos*. Lugar: CECSA.
- Lau A. y Pérez A. (2015) *Generación de Relaciones Intensidad Duración Frecuencia para Cuencas en La República de Panamá*. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Ministerio de Ambiente (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. Panamá.
- “MANUAL DE REQUISITOS PARA LA REVISIÓN DE PLANOS, TERCERA EDICIÓN” (PARÁMETROS RECOMENDADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CALLES, Y DRENAJES PLUVIALES DE ACUERDO CON LO EXIGIDO POR EL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS). Tercera Edición, Revisada 2019-2021 según Gaceta Oficial Digital, del martes 15 de junio de 2021.
- Ministerio de Vivienda (2003). *Requisitos-Dirección-Nacional-de-Ventanilla-Única-Urbanizaciones-y-Segregaciones*. Panamá.

**ANEXOS:**

Anexo 1: Levantamiento hidrotopográfico del río Juan Díaz, En total se levantaron 119 secciones.

Secciones transversales del tramo del río Juan Díaz.	
LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICO RÍO JUAN DÍAZ	
Sección del levantamiento	Sección del levantamiento
2358.45	1660
2340	1639.15
2320	1620
2300	1600
2280	1580
2260	1554.89
2240	1540
2220	1520
2200	1500
2180	1480
2160	1460
2140	1440
2120	1420
2100	1400
2080	1380
2060	1360
2040	1340
2020	1320
2000	1300
1980	1280
1960	1260
1940	1240
1920	1220
1900	1200
1880	1180
1860	1160
1840	1140
1820	1120
1800	1100
1780	1080
1760	1060
1740	1040
1720	1020
1700	1000
LEVANTAMIENTO HIDROGRÁFICO RÍO JUAN DÍAZ	
Sección del levantamiento	Sección del levantamiento
960	260
940	240
920	220
900	200
880	180
860	160
840	140
820	120
800	100
780	80
760	60
740	40
720	20
700	0
680	
660	
640	
620	
600	
580	
560	
540	
520	
500	
480	
460	
440	
420	
400	
380	
360	
340	
320	
300	

*ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ*

1680	980	280
------	-----	-----

Anexo 2: Informe de levantamiento hidro topográfico.



**SOLUCIONES DE INGENIERIA RDJ, S.A.**

R.U.C. 155705019-2-2021 D.V.78

Teléfono: (507) 6617-6690

[solingrdjsa@gmail.com](mailto:solingrdjsa@gmail.com)



**SISTEMA GEODÉSICO**

Marco de Referencia:	SIR11P01 ≡ ITRF2008
Elipsode:	WGS84
Modelo Geoidal:	EGM08
Época de Referencia:	2011,6
Fecha del Procesamiento:	Octubre de 2011

**VELOCIDADES (Coordenadas U.T.M.)**

V Norte:	0,0122 ± 0,0011 m/a
V Este:	0,0180 ± 0,0009 m/a
V Up:	- 0,0003 ± 0,0018 m/a

**COORDENADAS GEOCÉNTRICAS**

X geocéntrica:	1144297,140 m
Y geocéntrica:	-6195649,800 m
Z geocéntrica:	989518,572 m

**COORDENADAS GEODÉSICAS**

Latitud (N):	08° 59' 05,58877"
Longitud (W):	79° 32' 08,71731"
Altura elipsoidal:	47,561 m

**COORDENADAS U.T.M.**

Norte:	993502,461 m
Este:	660964,482 m
Altura geoidal:	34,700 m
Altura nivelada:	34,320 m
Zona:	17 N

**VELOCIDADES (Coordenadas Geocéntricas)**

VX:	0,0173 ± 0,0003 m/a
VY:	0,0054 ± 0,0003 m/a
VZ:	0,0120 ± 0,0003 m/a



### SOLUCIONES DE INGENIERIA RDJ, S.A.

R.U.C. 155705019-2-2021 D.V.78

Teléfono: (507) 6617-6690

[solinqrdjsa@gmail.com](mailto:solinqrdjsa@gmail.com)



VISTA GENERAL:



CROQUIS DE UBICACION (Imagen de Google Earth):



#### OBSERVACIONES IMPORTANTES

1. La antena está instalada en un mástil de acero galvanizado que se encuentra montado sobre una losa de concreto, en la parte superior de edificio de dos plantas, localizado en el área frontal del IGN1G.
2. El procesamiento y ajuste de la red se realizó con el software Bernese, versión 5.0.



**SOLUCIONES DE INGENIERIA RDJ, S.A.**

R.U.C. 155705019-2-2021 D.V.78

Teléfono: (507) 6617-6690

[solingrdjsa@gmail.com](mailto:solingrdjsa@gmail.com)



PUNTO DE CONTROL  
ESTABLECIDO CON GPS  
JDR1  
X 671066.061  
Y 997149.095  
Z 3.515





**SOLUCIONES DE INGENIERIA RDJ, S.A.**

R.U.C. 155705019-2-2021 D.V.78

Teléfono: (507) 6617-6690

[solingrdjsa@gmail.com](mailto:solingrdjsa@gmail.com)



PUNTO DE CONTROL  
ESTABLECIDO CON GPS  
JDR2  
X 671003.690  
Y 997288.030  
Z 3.330

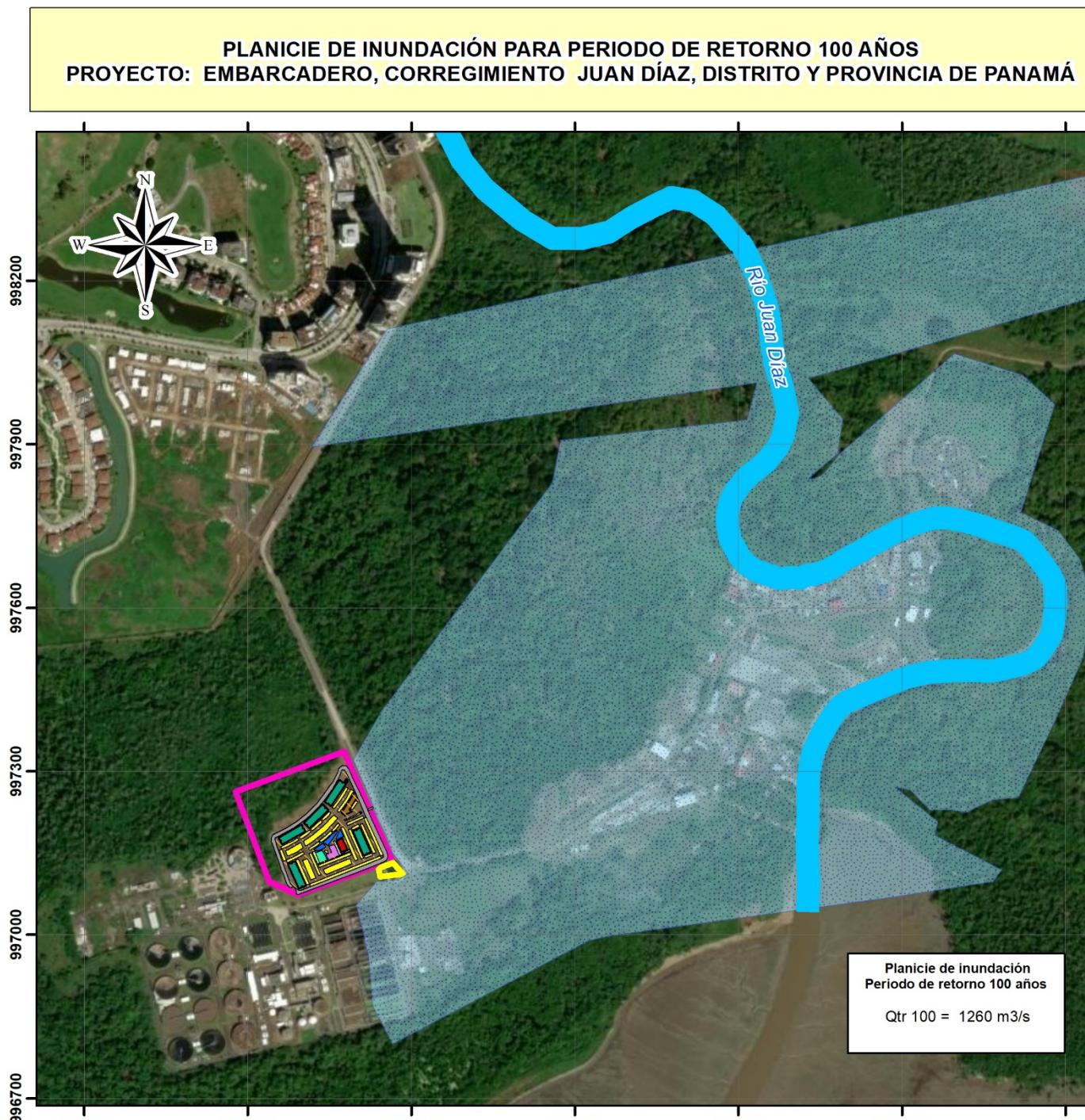


Levantamiento Batimétrico realizado Ecosonda Marca Syqwest Modelo HydroBox



## ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL RÍO JUAN DÍAZ

Figura 26. Mapa de Planicie de inundación, periodo de retorno 100 años.



### LOCALIZACIÓN REGIONAL



### ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

#### PROYECTO RESIDENCIAL:

Sistema de Referencia Espacial:  
Sistema Geodésico Mundial de 1984  
Proyección Universal Transversal de Mercator  
Zona 17 Norte

### LEYENDA

Río Juan Diaz

Proyecto: Embarcadero

Figura 25. Mapa de Planicie de inundación, periodo de retorno 50 años.

Fuente:

Mapa Base ESRI, Zonificación del proyecto proporcionada por el cliente. Planicie de inundación generada por el consultor.

FEBRERO 2023